

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 ефективності системи електропостачання Товариства з

обмеженою відповідальністю «Спільне українсько-угорське

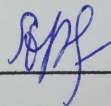
підприємство "Анфол", місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-23м

спеціальності 141 – Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Воробей А.О.

(прізвище та ініціал)

Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ

Войтюк Ю.І.

(прізвище та ініціал)

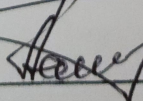
«16»

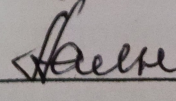
12

2024 р.

Опонент:

к.т.н., доцент каф. КВМСД





О.А.

(прізвище та ініціал)

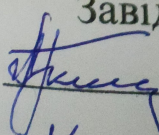
«16»

12

2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 Д.Т.Н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціал)

«16»

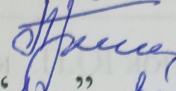
грудень

2024 р.

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 ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“17” вересня 2024 року

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

Воробєю Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Спільне українсько-угорське підприємство "Анфол", місто Вінниця

керівник роботи Войтюк Юрій Петрович д.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“17” вересня 2024 року № 310

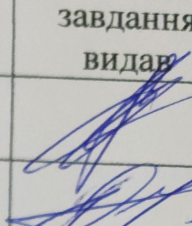
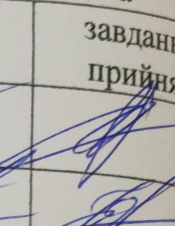
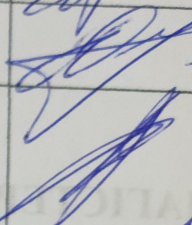
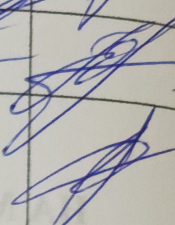
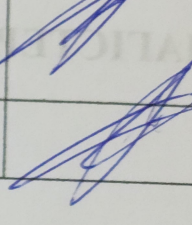
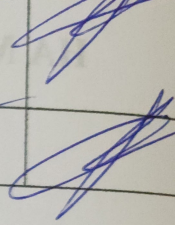
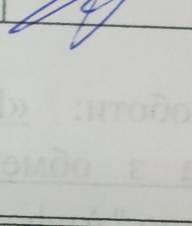
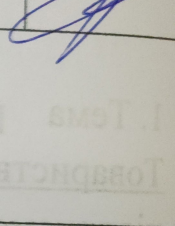
2. Термін подання студентом роботи “10” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика споживачів підприємства. Аналіз використання пристроїв КРП як спосіб підвищення ефективності системи електропостачання. Використання КРП для підвищення ефективності системи електропостачання. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
План підприємства із силовими та живильними мережами. Однолінійна сх
електропостачання підприємства. Основні техніко-економічні показники сист
електропостачання. Оптимальна КРП на підприємстві. Економічний ефект
використання пристроїв КРП. Порівняльний аналіз пристроїв АУКРМ-0.4
УКРМТ-0.4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Нормконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання 17 вересня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	до 30.09.24	Виконав
2	Розрахунок системи електропостачання	до 10.11.24	Виконав
3	Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії	до 16.11.24	Виконав
4	Економічна частина	до 28.11.24	Виконав
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 4.12.24	Виконав

Студент

(підпис)

Воробей А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Войтишен Руслан Валерійович. Розробка системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27, місто Ладижин. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2024 – 104 с.

На укр. мові. бібліогр.: 42 назв; рис.: 9; табл.: 25.

У магістерській кваліфікаційній роботі розв’язано питання розробки системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27, місто Ладижин. В роботі визначено оптимальні параметри системи електропостачання підприємства. Проведено оцінку ефективності впровадження заходів з енергозбереження. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, енергоефективність, енергозбереження, енергонезалежність.

ANOTATION

Voytyshen Ruslan Valeriyovych. Development of the power supply system for the production of raw materials for cosmetic and biologically active additives on the street Khlibzavodska, 27, Ladyzhyn city. Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2024. 104 p.

In Ukrainian language. bibliogr.: 42 titles; Fig. Stk.: 9; table.: 25.

In the master's thesis, the issue of the development of the power supply system for the production of raw materials for cosmetic and biologically active additives on the street was resolved Khlibzavodska, 27, Ladyzhyn city. The optimal parameters of the company's power supply system are determined in the work. The effectiveness of the implementation of energy saving measures was evaluated. The main economic indicators of the power supply system were calculated and measures for labor protection and safety in emergency situations were worked out.

Key words: power supply system, energy efficiency, energy saving, energy independence.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	10
1.1 Характеристика об'єкта дослідження	10
1.2 Особливості технологічних процесів	10
1.3 Висновки до розділу 1	19
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	20
2.1 Вибір оптимальної потужності силового трансформатора	20
2.2 Вибір роз'єднувачів 10 кВ	20
2.3 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ	22
2.4 Вибір запобіжників в КТП-10/0,4 кВ	25
2.5 Ошинування 0,4 кВ трансформаторів 10/0,4 кВ	25
2.6 Ввідні комутаційні апарати 0,4 кВ	26
2.7 Вибір комутаційно-захисної апаратури 0,4 кВ	26
2.8 Облік електроенергії	28
2.9 Вибір повітряної лінії 0,4 кВ	29
2.10 Вибір потужності конденсаторної установки	31
2.11 Ізоляція, заземлення та грозозахист	32
2.12 Перевірка існуючих трансформаторів струму на ПС «Ладизин»	33
2.13 Висновки до розділу 2	36
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ПО ВИРОБНИЦТВУ СИРОВИНИ КОСМЕТИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК	37
3.1 Шляхи енергозбереження для підприємства	37
3.2 Модернізація теплової схеми підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок	39
3.3 Висновки до розділу 3	56

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	57
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	57
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	59
4.3 Розрахунок поточних витрат	60
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	66
4.5 Висновки до розділу 4	70
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	71
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	72
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	75
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС	80
5.4 Висновки до розділу 5	84
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТКИ	92
Додаток А – Технічне завдання	93
Додаток Б – Вихідні дані	96
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	97
Додаток Г – Презентаційні матеріали	98

ВСТУП

Актуальність роботи. Системи електропостачання (СЕП) створюються із метою заживлення електроенергією промислових споживачів, до яких відносяться освітлювальні установки, електродвигуни, електричні печі, апарати електричного зварювання. Сучасні системи електропостачання промислових підприємств забезпечують необхідну надійності електропостачання; економію електроенергії якості електроенергії. Виконання таких важливих завдань забезпечується: лініями електропередач, трансформаторними підстанціями, розподільчими пристроями, комутаційними апаратами, пристроями для підтримки якості електроенергії, засобами регулювання напруги.

Мета роботи: розробка системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладизин.

Основні задачі: оптимальний вибір схем електропостачання виробництва, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

Об'єкт роботи: процес споживання електроенергії підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладизин.

Предмет роботи: методи та засоби, що використовуються для оптимального розрахунку системи електропостачання підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладизин.

Методи магістерської кваліфікаційної роботи: методи й закони загальної електротехніки, метод коефіцієнту попиту, метод коефіцієнтів використання, метод підсумовування навантажень.

Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи. За рахунок використання сучасних методів розрахунку та застосування сучасного електротехнічного

обладнання, для забезпечення технологічного процесу підприємства, розроблена СЕП задовольняє вимогам надійності та безперебійності живлення виробництва.

Практична цінність магістерської кваліфікаційної роботи. Практична цінність МКР полягає у забезпеченні надійного й безперебійного електропостачання підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин, сприяє енергоефективності, знижує витрати на енергію й дозволяє дотримуватися нормативів безпеки та стандартів електробезпеки.

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було висвітлено на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2025). За результатами досліджень було опубліковано тези доповіді [42].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Характеристика об'єкта дослідження

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин із встановленою сумарною потужністю 650 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії.

В роботі передбачено розроблення наступних рішення з електропостачання виробництва:

- прокладання повітряної лінії ПЛ-10 кВ від опори № 6, ПЛ-10 кВ, Ф-5 ПС «Ладижин»;
- встановлення КТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- встановлення АСКОВЕ в РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ;
- встановлення компенсуючих пристроїв з автоматичним регулюванням згідно розрахункових навантажень;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

1.2 Особливості технологічних процесів

Сучасне виробництво сировини для косметичних засобів та біологічно активних добавок (БАД) є складним процесом, що включає кілька ключових аспектів: вибір сировини, технологічні процеси, контроль якості та дотримання нормативних вимог.

Вибір сировини. Для виробництва косметики та БАД використовують різноманітні інгредієнти:

- Натуральні компоненти: рослинні екстракти, ефірні олії, натуральні воски та інші речовини, отримані з природних джерел. Важливо, щоб ці інгредієнти не містили генетично модифікованих організмів (ГМО) та були отримані без шкоди для навколишнього середовища.

– Синтетичні компоненти: хімічні сполуки, створені для забезпечення стабільності, ефективності та безпеки продукту.

Технологічні процеси. Виробництво косметичних засобів та БАД включає кілька етапів:

1. Підготовка сировини: зважування, розчинення, фільтрація та інші процеси, необхідні для підготовки інгредієнтів до змішування.

2. Змішування: ретельне поєднання компонентів для отримання однорідної маси. Цей етап є критичним, оскільки від нього залежить якість кінцевого продукту.

3. Гранулювання та таблетування (для БАД): формування гранул або таблеток із підготовленої маси.

4. Фасування та пакування: розподіл готового продукту в упаковки, що забезпечують зручність використання та збереження якості.

Контроль якості. На всіх етапах виробництва здійснюється суворий контроль якості:

– мікробіологічний аналіз: перевірка на наявність шкідливих мікроорганізмів;
– фізико-хімічний аналіз: оцінка параметрів, таких як рН, в'язкість, стабільність та інші;

– органолептичний аналіз: оцінка зовнішнього вигляду, запаху, кольору та інших сенсорних характеристик.

Нормативні вимоги. Виробництво косметики та БАД регулюється міжнародними та національними стандартами, такими як ISO 22716 (GMP), які визначають належну виробничу практику. Дотримання цих стандартів є обов'язковим для забезпечення безпеки та якості продукції.

Сучасні тенденції. Зростає попит на натуральну та органічну косметику, що стимулює виробників використовувати екологічно чисту сировину та впроваджувати стійкі виробничі практики. Крім того, споживачі все більше звертають увагу на прозорість складу продуктів та етичність виробництва.

Таким чином, сучасне виробництво сировини для косметичних засобів та біологічно активних добавок є багатогранним процесом, що вимагає інтеграції наукових знань, технологічних навичок та суворого дотримання стандартів якості.

Вибір і класифікація сировини. Сировина для виробництва косметичних засобів та БАД поділяється на кілька основних категорій:

- Натуральна сировина: включає рослинні екстракти (алое вера, ромашка, зелений чай), мінерали (глина, солі), ефірні масла, біополімери (гіалуронова кислота, колаген). Її цінність у натуральності, багатофункціональності та низькому ризику токсичності. Використання органічної сировини часто є частиною маркетингової стратегії.

- Синтетична сировина: синтезується в лабораторіях для підвищення стабільності та ефективності продуктів. Наприклад, пептиди використовуються для стимуляції синтезу колагену в шкірі, а антиоксиданти – для захисту клітин від вільних радикалів.

- Біотехнологічна сировина: отримана методами біотехнології, включаючи ферментацію (наприклад, отримання пробіотиків чи ферментованих олій). Ця категорія розвивається через високий попит на інноваційні та екологічні продукти.

- Екологічно стійка сировина: отримується із відновлюваних джерел або з вторинного використання сировини, наприклад, побічних продуктів харчової промисловості.

Технологія виробництва залежить від типу продукту.

Для косметики: створення емульсій (зволожувальних кремів, лосьйонів) вимагає ретельного поєднання водної та жирової фаз за допомогою емульгаторів. Виробництво декоративної косметики передбачає стабільність кольору, текстури та термін зберігання. Сучасні технології дозволяють створювати нанокапсули для інкапсуляції активних інгредієнтів, що забезпечує їхню поступову доставку в шкіру.

Для БАД: основний акцент на збереженні біологічної активності компонентів. Наприклад, сушка при низьких температурах дозволяє зберегти чутливі до тепла вітаміни. Стабілізація пробіотиків потребує сучасних технологій мікрокапсулювання.

Контроль якості охоплює всі етапи виробництва:

- Перевірка відповідності сировини специфікаціям (чистота, вміст активних речовин).

- Оцінка стабільності продукту в різних умовах зберігання (температура, вологість).

- Токсикологічні тести для гарантування безпеки.

- Оцінка ефективності (наприклад, тестування зволожувальних властивостей крему).

Виробники косметики та БАД повинні дотримуватися міжнародних стандартів, таких як:

- GMP (Good Manufacturing Practices): визначає вимоги до чистоти обладнання, гігієни персоналу, документації.

- ISO 22716: регулює виробництво косметики, забезпечуючи контроль на кожному етапі.

- Регламенти ЄС, FDA: встановлюють списки дозволених і заборонених інгредієнтів.

Сучасні виклики включають високу конкуренцію, потребу в екологічній відповідальності та забезпеченні безпеки для споживачів. Однак, розвиток біотехнологій, зростання попиту на органічну косметику та персоналізовані БАД відкривають нові можливості для індустрії.

Обладнання для виробництва косметичної сировини. У косметичній промисловості застосовується різноманітне обладнання для змішування, нагрівання, охолодження та фасування продуктів.

Змішувачі та міксери:

- Гомогенізатори: створюють однорідні емульсії шляхом подрібнення частинок до мікронних розмірів. Принцип дії базується на високошвидкісному зсуві та турбулентності, що руйнує агрегати частинок. Популярні бренди: Silverson, IKA, APV.

- Планетарні міксери: забезпечують інтенсивне змішування густих мас за рахунок обертання змішувальних елементів навколо власної осі та одночасно по колу чаші. Це дозволяє досягти рівномірної консистенції. Відомі виробники: KitchenAid, Hobart, VMI.

– Вакуумні міксери: працюють під зниженим тиском, що запобігає утворенню бульбашок повітря в продукті та покращує його текстуру. Такі міксери особливо корисні при виробництві кремів та гелів. Приклади брендів: NETZSCH, Ross, Heinkel.

Реактори для нагріву та охолодження. Використовуються для контролю температури під час хімічних реакцій або змішування компонентів. Оснащені системами нагріву (електричними або паровими) та охолодження (водяними сорочками). Забезпечують точний температурний контроль, необхідний для стабільності продукту. Виробники: Büchi, Parr Instrument Company, De Dietrich.

Фільтрувальне обладнання. Призначене для очищення рідких компонентів від механічних домішок та мікроорганізмів. Мембранні фільтри використовують пористі мембрани, які затримують частинки певного розміру. Це забезпечує чистоту та безпеку косметичних продуктів. Популярні бренди: Pall Corporation, Sartorius, MilliporeSigma.

Екстрактори. Застосовуються для вилучення активних інгредієнтів з рослинної сировини. Метод CO₂-екстракції використовує надкритичний вуглекислий газ як розчинник, що дозволяє отримувати чисті екстракти без залишків хімічних речовин. Відомі виробники: Apeks Supercritical, Eden Labs, Vitalis Extraction Technology.

Установки для інкапсуляції. Інкапсуляція активних інгредієнтів дозволяє захистити їх від деградації та забезпечити контрольоване вивільнення. Наноканулювання здійснюється за допомогою спеціальних установок, які формують нанорозмірні капсули. Приклади брендів: Microfluidics, Glatt, Freund-Vector.

Лінії фасування. Автоматизовані системи для наповнення та запечаткування упаковок різних форм і розмірів. Забезпечують високу продуктивність та точність дозування. Виробники: Bosch Packaging Technology, IMA Group, Marchesini Group.

Обладнання для виробництва біологічно активних добавок (БАД). Виробництво БАД потребує високотехнологічного обладнання, яке забезпечує стерильність, точність дозування та збереження активності біологічних компонентів. Нижче розглянемо основні категорії обладнання, принцип їхньої роботи та популярні бренди.

Обладнання для подрібнення та змішування сировини:

– Млини. Використовуються для подрібнення рослинної сировини, мінералів та інших інгредієнтів до порошкоподібного стану. Принцип дії: механічне подрібнення шляхом удару, стирання або роздавлювання. Типи млинів:

- Кулькові млини (для дрібного подрібнення).
- Роторно-вальцьові млини (для грубішого подрібнення).

Популярні бренди: Hosokawa Micron, Retsch, Fritsch.

– Змішувачі для сухих інгредієнтів. Застосовуються для рівномірного перемішування порошків, гранул або інших сухих форм. Принцип дії: змішування забезпечується за допомогою обертання, лопатей або барабанів. Типи:

- Лопатеві змішувачі для інтенсивного перемішування.
- Барабанні змішувачі для делікатної сировини.

Бренди: Patterson Kelley, Munson Machinery, Vrieco Nauta.

Сушильне обладнання:

– Ліофілізатори. Застосовуються для сушіння чутливих до тепла речовин, таких як пробіотики, ензими, вітаміни. Принцип дії: заморожена сировина висушується шляхом сублімації води у вакуумі. Особливості:

- Збереження структури й активності компонентів.
- Використовується для отримання порошкових форм БАД.

Бренди: SP Scientific, Labconco, Martin Christ.

– Сушарки зі струмом гарячого повітря. Призначені для сушки менш чутливих до температури речовин. Принцип дії: гаряче повітря циркулює в сушарці, видаляючи вологу.

Бренди: Bühler, GEA Group, Niro.

Таблетувальні преси:

– Преси для формування таблеток. Використовуються для виробництва твердих дозованих форм. Принцип дії: порошок пресується під високим тиском у форму таблетки. Особливості:

- Можливість створення таблеток різних форм і розмірів.
- Оснащення механізмами для нанесення захисної оболонки.

Популярні бренди: Fette Compacting, Korsch, Manesty.

Капсулювальні машини:

– Автоматизовані капсулювальні машини. Використовуються для наповнення твердих і м'яких капсул порошками, рідинами або гранулами. Принцип дії: капсули відкриваються, заповнюються сировиною, а потім герметично закриваються. Особливості:

- Забезпечення точного дозування.
- Використовуються для отримання жорстких капсул (желатинових чи целюлозних).

Бренди: Capsugel, Sejong Pharmatech, IMA.

Екстракційні установки:

– CO₂-екстрактори. Призначені для вилучення активних речовин з рослинної або тваринної сировини без використання хімічних розчинників. Принцип дії: рідина CO₂ під високим тиском розчиняє активні компоненти, а потім, при зниженні тиску, екстракт виділяється. Переваги:

- Висока чистота екстрактів.
- Мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Бренди: Apeks Supercritical, Vitalis Extraction Technology, Eden Labs.

Гранулятори:

– Обладнання для гранулювання. Використовується для формування гранул із порошкових сумішей. Принцип дії: порошок зволожується і формується у гранули за допомогою механічного впливу (наприклад, обертання). Типи грануляторів:

- Вологі гранулятори.
- Сухі гранулятори.

Бренди: Glatt, Alexanderwerk, GEA.

Лінії фасування та пакування:

– Автоматизовані системи фасування. Використовуються для наповнення упаковок (банки, блістери, саше) готовими продуктами. Принцип дії: автоматичне дозування продукту в упаковку з подальшим її запечатуванням. Особливості:

- Висока швидкість і точність.
- Можливість інтеграції з системами маркування.

Бренди: Bosch Packaging Technology, IMA Group, Marchesini Group.

Додаткове обладнання:

– Системи контролю якості. Включають аналізатори розчинності, спектрофотометри, хроматографи для перевірки складу та активності компонентів.

Популярні бренди: Agilent Technologies, Waters Corporation, Thermo Fisher Scientific.

– Системи стерилізації. Використовують парову або радіаційну стерилізацію для знищення мікроорганізмів у готових продуктах.

Бренди: Fedegari, Steris, Getinge.

Це обладнання дозволяє створювати високоякісні, безпечні та ефективні біологічно активні добавки відповідно до сучасних стандартів.

Технологічний процес у виробництві косметичної сировини та біологічно активних добавок (БАД). Розглянемо окремо технологічні процеси для кожного типу виробництва, включаючи ключові етапи та особливості.

Технологічний процес виробництва косметичної сировини. Процес створення косметичних продуктів включає кілька етапів, кожен з яких спрямований на отримання стабільного, якісного та безпечного продукту. Етапи технологічного процесу:

1. Підготовка сировини:

- Очищення, подрібнення та екстрагування активних інгредієнтів.
- Фільтрація компонентів для видалення домішок.
- Використовується обладнання, як-от екстрактори (для рослинних компонентів) або фільтри.

2. Змішування:

- Комбінування водної та жирової фаз за допомогою гомогенізаторів.
- Додаються активні інгредієнти, такі як вітаміни, ефірні масла, антиоксиданти.
- Контроль температури на цьому етапі критично важливий, щоб уникнути руйнування компонентів.

3. Емульгування:

- За допомогою гомогенізаторів утворюється стабільна емульсія.

- Для косметики типу «масло у воді» чи «вода в маслі» використовують емульгатори для стабілізації системи.

4. Охолодження та стабілізація:

- Готовий продукт охолоджують до кімнатної температури, щоб забезпечити стабільність текстури та активних компонентів.

- Додаються консерванти для збільшення терміну придатності.

5. Фасування та пакування:

- Автоматизовані системи наповнюють баночки, тубики чи флакони.

- Наносяться етикетки та маркування.

Особливості процесу:

- Постійний контроль температури, рН, консистенції.

- Суворий контроль чистоти обладнання та приміщень.

Технологічний процес виробництва біологічно активних добавок (БАД). Виробництво БАД спрямоване на збереження біологічної активності інгредієнтів та створення зручних дозованих форм.

Етапи технологічного процесу:

1. Підготовка сировини:

- Подрібнення рослинної або мінеральної сировини за допомогою млинів.
- Екстракція активних речовин (наприклад, CO₂-екстрактори для отримання масел та екстрактів).

- Сушіння компонентів для зменшення вологості та стабілізації.

2. Формування дозованих форм:

- Для капсул: змішування активних речовин із наповнювачами (наприклад, мікрокристалічна целюлоза).

- Для таблеток: гранулювання, таблетування, нанесення захисної оболонки.

- Для порошків: змішування інгредієнтів у сухих змішувачах.

3. Стерилізація:

- Радіаційна або парова стерилізація забезпечує відсутність мікробів.

4. Контроль якості:

- Тестування на розчинність, вміст активних речовин.

- Перевірка на відсутність домішок.

5. Фасування та пакування:

- Автоматизоване фасування у банки, блістери або саше.
- Маркування та нанесення інформації про склад.

Особливості процесу:

- Стерильність виробничих зон.
- Збереження біологічної активності активних речовин.
- Дотримання дозування для забезпечення ефективності.

Відмінності технологічних процесів для косметики та БАД.

Стерильність: виробництво БАД потребує суворішого контролю стерильності через внутрішнє застосування.

Термічна обробка: у косметичі важливий контроль температури для стабільності текстури, а у БАД – для збереження активних речовин.

Дозування: у БАД точність дозування є критично важливою, тоді як у косметичі це менш суворо.

1.3 Висновок до розділу 1

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз об'єкта дослідження – підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок і дано детальний опис обладнання та технологічних процесів виробництва косметики та біологічно активних добавок.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Вибір оптимальної потужності силового трансформатора

Вибір оптимальної потужності силового трансформатора здійснюється із урахуванням аварійних і допустимих систематичних перевантажень.

У аварійному режимі (згідно з Держстандартом) допустиме перевантаження на 40% трансформатора протягом не більше 5 діб і при цьому коефіцієнт початкового навантаження має бути не більше 0,93, а час перевантаження не більше 6 годин на добу.

На одно чи двотрансформаторній підстанції без зв'язків на вторинній напрузі потужність трансформатора обирається по максимальному навантаженню при робочому режимі.

Враховуючи дозволена потужність – 650 кВт, виконаємо розрахунок для даного випадку:

$$S_{т.ном} = \frac{P_H}{k_3 \cdot \cos\varphi} = \frac{650}{0.8 \cdot 0.96} = 846,35 \text{ (кВА)}.$$

Дійсне значення номінальної потужності трансформатора $S_{т.ном.}$ приймається як найближче до $S_{т.ном.розр}$ за стандартною шкалою номінальних потужностей силових трансформаторів.

Отже, згідно із проведенням розрахунком обираємо силовий трансформатор ТМ потужністю 1000 кВА.

2.2 Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Вибір і перевірку електротехнічного обладнання проводимо із врахуванням можливого максимального навантаження $S_{ном} = 650 \text{ кВт}$. Пропонується встановлення роз'єднувача типу РЛНДз-10/400-УЗ. Технічні параметри роз'єднувача представлено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики роз'єднувачів 10 кВ типу РЛНДз-10/400-УЗ

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальний струм $[I_{\text{ном.р.}}]$, А	400
Номинальна робоча напруга $[U_{\text{ном.р.}}]$, кВ	10
Найбільша робоча напруга $[U_{\text{max р.}}]$, кВ	12
Струм термічної стійкості $[I_{\text{терм.р.}}]$, кА	10
Кількість заземлюючих ножів	1
Час протікання струму термічної стійкості, с: – для головних ножів – для ЗН	3 1
Струм динамічної стійкості $[I_{\text{дин.р.}}]$, кА	25

Виконаємо перевірку обраного роз'єднувача 10 кВ:

– по номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; 10 \text{ (кВ)} \geq 10 \text{ (кВ)}.$$

– по найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{max м.}} \leq U_{\text{max р.}}; 12 \text{ (кВ)} \leq 12 \text{ (кВ)}.$$

– за максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max роб.}} \quad (2.1)$$

де $I_{\text{max роб.}}$ – максимальний струм у нормальному режимі роботи КТП:

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.2)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірки КТП, $S_{\text{max}} = 650$ кВА;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга на шинах ТП, $U_{\text{ном}} = 10$ кВ.

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{650}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 39,14 \text{ (А)} - \text{ввідна комірка};$$

$$400 \text{ (А)} > 39,14 \text{ (А)}.$$

– за динамічною стійкістю (при протіканні через роз'єднувач ударного струму короткого замикання):

$$i_{\text{уд.}} \leq I_{\text{дин.р.}}; \quad (2.3)$$

де $i_{уд}$ – ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right); \quad (2.4)$$

де $I_{п0}$ – початкове значення періодичної складової струму короткого замикання,

$$I_{п0} = 1,79 \text{ кА};$$

$I_{дин.р.}$ – електродинамічний струм, який роз'єднувач зможе витримати. У відповідності до каталожних даних для ввідної комірki $I_{дин.р.} = 25 \text{ кА}$.

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання для розрахункової точки, $T_a = 0,03 \text{ с}$.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,79 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 3,16 \text{ (кА)};$$

$$3,16 \text{ (кА)} < 25 \text{ (кА)}.$$

Результати розрахунків роз'єднувача представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати перевірки запропонованого роз'єднувача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{ном.м.} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном.м.} = 10 \text{ кВ}$
$U_{ном.р.} = 12 \text{ кВ}$	$U_{ном.р.} = 12 \text{ кВ}$
$I_{max.p.} = 39,14 \text{ А}$	$I_{max.p.} = 400 \text{ А}$
$i_{уд.} = 3,16 \text{ кА}$	$I_{дин.р.} = 25 \text{ кА}$

2.3 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ

В роботі передбачається встановлення у якості ОПНп-10 кВ обмежувачів перенапруг типу ОПНп-10/12. Технічні характеристики представлено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики високовольного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12

Найменування параметра	Значення параметра
Найбільша тривало допустима робоча напруга [$U_{\text{нр. опн}}$], кВ	12
Номинальна напруга [$U_{\text{ном опн}}$], кВ	10
Струм спрацювання противибухового пристрою ОПН [$I_{\text{зах. ОПН}}$], кА	10
Залишкова напруга при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 5 кА	36
Залишкова напруга при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 500 А	31
Клас розряду лінії	2

У відповідності до СОУ Н ЕЕ 40.1-21677681-67:2012 «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанови щодо вибору та застосування у розподільчих установках» проводимо перевірку обраного обмежувача перенапруг 10 кВ.

Визначення найбільшої тривало-допустимої робочої напруги $U_{\text{нр. опн}}$ й номінальної напруги $U_{\text{ном опн}}$.

$U_{\text{нр. опн}}$ – найбільша тривало-допустима робоча напруга приймається не меншою за найбільшу тривало допустиму робочу напругу $U_{\text{нр}}$ на шинах, яка згідно із ГОСТ 1516.3-96: $U_{\text{нр}}=12$ кВ:

$$U_{\text{нр. опн}} \geq U_{\text{нр}} ; \quad (2.5)$$

$$12 (\text{кВ}) \geq 12 (\text{кВ}).$$

Вибір енергоємності обмежувача перенапруг. Враховуючи відсутність специфічних умов, за яких в обмежувачах може виділятися значна енергія, приймається клас розряду лінії – 2.

Визначення залишкових перенапруг обмежувача перенапруг при нормальних імпульсах струмів. Розрахункові залишкові напруги при комутаційних та грозових перенапругах $U_{\text{залг}}$ визначаються при нормованих імпульсних струмах. Для грозових

перенапруг таким струмом є номінальний розрядний струм I_n з формою хвилі 8/20мкс, що становить $I_n = 5 \text{ кА}$. При комутаційних перенапругах для обмежувача перенапруг 10 кВ залишкову напругу $U_{\text{зальк}}$ прийнято визначати при нормованому струмі $I_{\text{нормк}} = 500 \text{ А}$ із формою хвилі 30/60 мкс.

Розрахункові значення залишкових напруг на ОПН будуть:

$$\begin{aligned} U_{\text{зальк}} &= \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{30/60}; \\ U_{\text{зальз}} &= \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{8/20}; \end{aligned} \quad (2.6)$$

де $K_{30/60}$ та $K_{8/20}$ – коефіцієнти «типових кратностей», що визначаються як відношення залишкових напруг на ОПН до найбільшої тривало допустимої робочої напруги ($K_{30/60} = 1,75$; $K_{8/20} = 2,1$);

$$\begin{aligned} U_{\text{зальк}} &= \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 1,75 = 29,7 \text{ (кВ)}; \\ U_{\text{зальз}} &= \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 2,1 = 35,6 \text{ (кВ)}. \end{aligned}$$

Вибір обмежувачів перенапруг за умови вибухобезпеки.

Струм захисної стійкості ОПН визначається за формулою:

$$I_{\text{зах.ОПН}} > I_{\text{мах зах}}, \quad (2.7)$$

де $I_{\text{зах.ОПН}}$ – максимальне значення струму, який здатний витримати ОПН без будь якого пошкодження;

$I_{\text{мах зах}}$ – максимальне значення струму короткого замикання із урахуванням коефіцієнту запасу, який визначається за виразом:

$$I_{\text{мах зах}} = k_z \cdot I_{\text{кз}}, \quad (2.8)$$

де $I_{\text{кз}}$ – максимальне значення струму короткого замикання на шинах 10 кВ;

$I_{\text{кз}} = 1,209 \text{ кА}$;

k_z – коефіцієнт запасу; $k_z = 1,1$.

$$I_{\text{мах зах}} = 1,1 \cdot 1,209 = 1,32 \text{ (кА)},$$

$$10(\text{кА}) > 1,32(\text{кА}).$$

Результати перевірки обраних нелінійних обмежувачів перенапруги 10 кВ представлено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Узагальнені результати перевірки характеристик ОПН 10 кВ

Розрахункові значення	Каталожні дані ОПН-10/12
$U_{\text{нр.опн}} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\text{нр.опн}} = 12 \text{ кВ}$
$U_{\text{зал.г}} = 35,6 \text{ кВ}$	$U_{\text{зал.г}} = 36 \text{ кВ}$
$U_{\text{зал.к}} = 29,7 \text{ кВ}$	$U_{\text{зал.к}} = 31 \text{ кВ}$
$I_{\text{зах}} = 1,32 \text{ кА}$	$I_{\text{зах}} = 10 \text{ кА}$

2.4 Вибір запобіжників в КТП-10/0,4 кВ

У якості захисних апаратів трансформаторів по стороні 10 кВ пропонуються запобіжники типу ПКТ-012-10-50-31,5 із характеристиками: $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$, $I_{\text{н}}=50 \text{ А}$, $I_{\text{відк}}=31,5 \text{ кА}$.

Виконаємо перевірку:

- за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; 10 (\text{кВ}) \geq 10 (\text{кВ});$$

- за максимальним струмом навантаження:

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{р.мах}}; 50 (\text{А}) \geq 39,14 (\text{А});$$

- за струмом відключення:

$$I_{\text{відк}} \geq I_{\text{п0}}; 31,5 (\text{кА}) \geq 2,93 (\text{кА}).$$

Згідно із результатами перевірки запобіжники відповідають характеристикам та потужності.

2.5 Ошинування 0,4 кВ трансформаторів 10/0,4 кВ

У якості ошинування 0,4 кВ для силових трансформаторів 10/0,4 кВ прийняте жорстке ошинування, що виконане із алюмінієвого сплаву марки АД31Т 10х100 мм. Ошинування закріплюється на опорних ізоляторах із шагом 2 м.

Виконаємо перевірку:

- за струмом в післяаварійному режимі:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.мах}}; 1820 \text{ (A)} \geq 1029,95 \text{ (A)};$$

- за термічною стійкістю жорсткого ошикування:

$$q_{\min} \leq q; \quad (2.9)$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = 244 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$244 \text{ (мм}^2\text{)} \leq 640 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

2.6 Ввідні комутаційні апарати 0,4 кВ

У якості ввідних комутаційних апаратів, враховуючи, що зі сторони 10 кВ силових трансформаторів встановлено запобіжники, а у лінійних комірках 0,4 кВ власні автоматичні вимикачі, пропонується встановити роз'єднувачі типу РЕ-1943 з наступними характеристиками $U_N=1000 \text{ В}$, $I_N=1600 \text{ А}$, $I_{\text{відк}}=20 \text{ кА}$

Виконаємо перевірку:

- за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; 1000 \text{ (В)} \geq 380 \text{ (В)};$$

- за максимальним комутаційним струмом:

$$I_{\text{П0,доп}} \geq I_{\text{П0,розр}}; 20 \text{ (кА)} \geq 12,8 \text{ (кА)};$$

- за термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}}, 2500 \text{ (кА} \cdot \text{с}^2\text{)} \leq 491 \text{ (кА} \cdot \text{с}^2\text{)};$$

- за електродинамічною стійкістю:

$$i_{\text{дин.р.}} \geq i_{\text{уд.}}; 100 \text{ (кА)} \geq 30 \text{ (кА)}.$$

2.7 Вибір комутаційно-захисної апаратури 0,4 кВ

Електричній мережі потрібен захист від струмів короткого замикання, що забезпечить найменший час відключення й вимоги селективності. Апарати захисту по

своїй відмикаючій здатності мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку захисної ділянки електричної мережі. Номінальні струми уставок автоматичних вимикачів, що служать для захисту окремих ділянок мережі, у всіх випадках потрібно вибирати по можливості найменшими по розрахунковим струмам цих ділянок, але таким чином, щоб апарати захисту не відключали електроустановки при короткочасних навантаженнях.

Як апарати захисту мають застосовуватися автоматичні вимикачі чи диференційні вимикачі, що реагують на диференційний струм і служать у якості реле захисту від імпульсних перенапруг.

Апарати захисту потрібно розміщувати у доступних для обслуговування місцях так, щоб була виключена можливість їх механічного пошкодження. Їх встановлення повинно бути виконано таким чином, щоб при оперуванні із ними чи при їх дії були виключені небезпечність для обслуговуючого персоналу й можливість пошкодження предметів, що знаходяться навколо.

Апарати захисту мають встановлюватись безпосередньо у місцях приєднання захисних провідників до живлячої лінії. Допускається в випадках необхідності приймати довжину ділянки між живлячою лінією та апаратом захисту відгалуження до 6 м. Не допускається встановлювати апарати захисту у місцях приєднання до живлячої мережі ліній управління, сигналізації й вимірювання, відключення яких може потягти за собою небезпечні наслідки (відключення пожежних насосів, вентиляторів)

Електромагнітний розчеплювач автомата треба перевірити за струмом спрацювання

$$I_{c.e} > I_p; 1250 \text{ (A)} \geq 1029,95 \text{ (A)},$$

де $I_{c.e}$ – струм спрацювання електромагнітного розчеплювача;

I_p – розрахунковий робочий струм.

Оскільки:

$$P = 650 \text{ кВт}; U = 380 \text{ В.}$$

То:

$$I = 650000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 1029,95 \text{ (A)}.$$

Отже, пропонується встановити на ввіді у трансформаторній підстанції вимикач автоматичний ВА 88-43 із розрахунковим струмом $I_n=1250$ А.

2.8 Облік електроенергії

В роботі передбачається організація обліку електроенергії змонтованого у складі КТП-400/10/0,4 кВ, що має можливість пломбування.

У якості приладу обліку споживання електричної енергії пропонується двонаправлений лічильник електроенергії типу ACE 6000 із захистом та індикацією впливу магнітних полів трансформаторного включення по струму та напрузі.

Лічильник ACE 6000 функціонально є закінченою вимірювальною системою, що розміщена в корпусі трифазного лічильника електроенергії (габаритні й приєднувальні розміри відповідають стандартам DIN), а керуючі/імпульсні виводи, комунікаційні інтерфейси (оптичний, стандарту MEK 62056, й електричні RS-232 чи RS-485) приладу забезпечують обмін даними за стандартними протоколами.

Лічильник виконує вимірювання й обчислення безлічі параметрів енергоспоживання, у тому числі вимір енергії, розрахунок максимуму навантаження й запис даних вимірювань у вигляді «графіків навантаження» за 16 каналами. У пам'яті приладу зберігаються архівні набори даних вимірювань, а у спеціальному «електронному журналі» – до 500 записів про діагностичні й інші події зміни параметрів мережі і якості електроенергії. Лічильник ACE 6000, разом із програмним пакетом AIMS_Pro i/або ACE Pilot, може забезпечувати функцію корекції похибок вимірювальних трансформаторів струму та напруги, оновлення вбудованого програмного забезпечення та деякі інші спеціальні функції.

Лічильник ACE 6000 має потужний тарифікаційний модуль, який дозволяє одночасно вести багатотарифний облік до 10 енергій й 10 навантажень («канал енергії» й «канал навантаження») за незалежними тарифними схемами, які містить до 24 варіантів добових графіків (16 моментів переходу із тарифу на тариф на добу) для 8 різних зонних тарифів. Протягом року, для 100 днів, можна запрограмувати особливі тарифні схеми.

У лічильнику АСЕ 6000 трифазний модуль живлення забезпечує автоматичне налаштування на необхідну робочу напругу у діапазоні номінальних напруг від $3 \times 54\text{В}$ до $3 \times 240/415\text{В}$ й нормальне функціонування лічильника при відсутності напруги однієї чи двох фаз. Ця особливість, а також широкий діапазон вимірювань дозволяє використовувати одну і ту ж модель лічильника АСЕ 6000 для різних об'єктів мережі на всій території, що обслуговується енергокомпанією, що спрощує технічне обслуговування парку приладів обліку і оптимізує експлуатаційні витрати.

Лічильник АСЕ 6000 може бути запрограмований для роботи в три- чи чотирипровідних мережах високої чи низької напруги при прямому або трансформаторному включенні.

2.9 Вибір повітряної лінії 0,4 кВ

Вибір перерізу кабеля здійснюється за розрахунковим струмом:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi, \quad (2.10)$$

де P – встановлена потужність споживача, Вт;

U – номінальна напруга приєднання, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Проведемо розрахунок вибору перерізу кабеля:

$$P = 650 \text{ кВт}; \quad U = 380 \text{ В};$$

$$I = 650000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 1029,95 \text{ (А)}.$$

По даному значенню струму у каталозі обираємо алюмінієвий одножильний кабель 8хАВВГ 1х630 мм² з струмом 744 А.

Кабель, який вибраний за умовами нагріву потрібно також перевірити на допустиму втрату напруги. Згідно із ПУЕ для силових мереж відхилення напруги найбільш віддалених електроприймачів від номінального значення повинно складати не більше $\pm 5\%$.

Виконаємо перевірку мереж трифазного струму по допустимій втраті напруги $\Delta U_{\text{доп}}$:

$$\Delta U = A \cdot P_{\text{уст}} \cdot L \cdot (r_0 + x_0 \cdot \tg \varphi), \quad (2.11)$$

де $A = 1 / 10 U_{\text{н}}^2$;

U_H – номінальна міжфазна напруга (кВ);

$A=0,69$ при $U_H=0,38$ кВ;

$A=4,13$ при $U_H=0,22$ кВ;

$P_{уст}$ – установлена потужність (кВт);

L – довжина ділянки мережі (км);

r_0 – питомий активний опір ділянки мережі (Ом/км);

x_0 – питомий реактивний опір ділянки мережі (Ом/км);

$\text{tg}\varphi$ – коефіцієнт потужності.

Виконаємо розрахунок втрати напруги:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 0,69 \cdot 650 \cdot 0,04 \cdot (0,1 + 0,1 \cdot 0,05);$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 1,88.$$

Оскільки допустима втрата напруги складає 5% і $5 \geq 1,88$, то лінія має допустиме відхилення напруги.

Виконаємо перевірку спрацювання захисту лінії по термічному струму при однофазному короткого замикання:

$$3 I_{к.р.} < I_{к.з.}, \quad (2.12)$$

де $I_{к.р.}$ – струм комбінованого розчеплювача;

$I_{к.з.}$ – струм однофазного короткого замикання.

Однофазне коротке замикання – це вид короткого замикання при якому значення струму найменше, а, отже, якщо однофазне коротке замикання буде задовольняти вимогу, то і всі інші види коротких замикань також.

Струм однофазного короткого замикання:

$$I_{к.з.} = U_{\phi} / (k \cdot l), \quad (2.13)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга;

k – коефіцієнт що враховує опори (залежить від матеріалу жил кабеля та його перерізу);

l – довжина кабеля.

Якщо дана рівність не виконується, потрібно обирати більший переріз кабеля.

Таблиця 2.5 – Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ

Точка КЗ	Трансформатор			Кабель								Струм однофазного КЗ ($I_k(1)=U_{ф}/(Z_{\Sigma}+Z_{T3})$)	Струм плавкої вставки вимикача, А	Виконання умови $I_k(1)>3I_{уст}$		
	Тип	Потужність, кВа	Повний опір, Ом	Марка	Переріз	Питомий опір, Ом/км				Довжина траси, км	Повний опір петлі "Фаза-нуль", Ом					
						Фазного дроту		Нульового дроту								
						активний	реактивний	активний	реактивний							
1	ТМ	1000	0,027	АВВГ	4х 630	0,1	0,05	0,1	0,05	0,04	0,01	12260	1250	12260	>	3750

Оскільки умова виконується (табл. 2.5), то переріз кабелю підходить і це буде 8хАВВГ 1х630 мм².

2.10 Вибір потужності конденсаторної установки

Для визначення ємності реактивної потужності Q_c , необхідної для досягнення заданого $\cos \varphi$, використаємо формулу:

$$Q = P_{вст} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad (2.14)$$

де $P_{вст}$ – встановлена потужність електроприймачів;

φ_1, φ_2 – кути здви́гу фаз.

$$P_{вст} = P_{зам} = 650 \text{ (кВт)}$$

Повну потужність електроприймачів визначаємо за формулою:

$$S_{вст} = P_{вст} / \cos \varphi = 650 / 0,86 = 755,81 \text{ (кВАр)};$$

$$\cos \varphi_1 = 0,96, \text{ для нього } \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,59$$

Приймемо нормативний $\cos \varphi_2 = 0,96$, тоді $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,29$.

$$Q_k = 650 \cdot (0,59 - 0,29) = 195 \text{ (кВАр)}.$$

Обираємо конденсаторну установку УК-Е-0,4-200/6-10-21УЗ потужністю 200 кВАр.

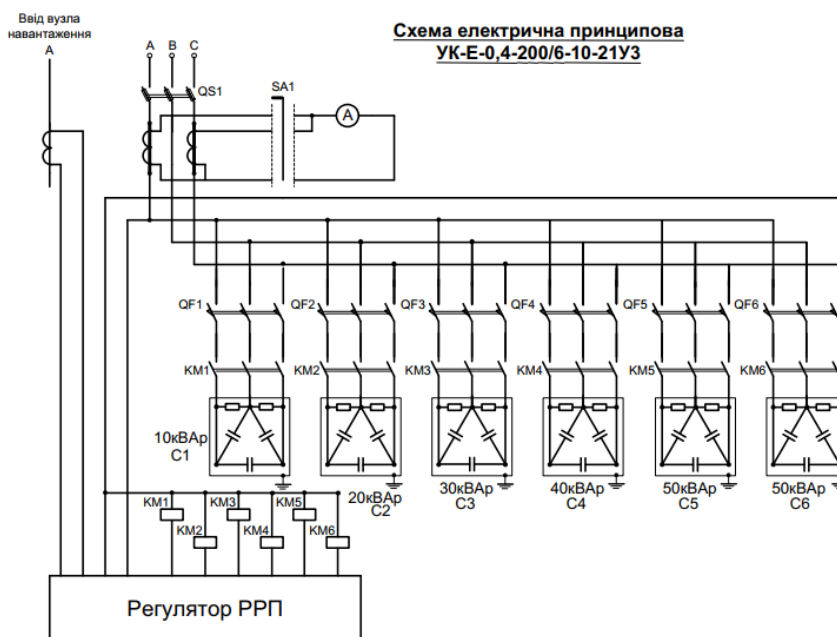


Рисунок 2.1 – Схема підключення конденсаторної установки

2.11 Ізоляція, заземлення та грозозахист

Заземлюючий пристрій електростанції влаштовується із врахуванням наявності на території електростанції:

- електричних мереж до 1 кВ з ізолюованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ з ізолюованою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю.

Відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2017, заземлюючий пристрій підстанції має виконуватись за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ у електричних мережах із глухозаземленою й ізолюованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, аніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ із ізолюованою нейтраллю. Відповідно до пункту 1.7.92 та пункту 1.7.96 ПУЕ:2017 опір заземлюючого пристрою має бути не більше 4 Ом.

В роботі передбачено влаштування контуру заземлення опор ПЛ-10 кВ і роз'єднувача із опором розтікання струму до 10 Ом, до якого приєднуються нульовий провід мережі і елементи конструкції опор.

Залізобетонні опори повинні мати металевий зв'язок між металоконструкціями і арматурою стояків, підкосів й відтяжок.

У роботі передбачено влаштування контуру заземлення КТП-10/0,4 кВ із опором розтікання струму до 4 Ом, до якого приєднано елементи металоконструкцій обладнання, які встановлюється. Заземленню підлягають нейтраль й корпус трансформатора, а також інші металеві частини, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції.

Для захисту електрообладнання і кабельної продукції від грозових перенапруг у ВРЩ-0,4 кВ необхідно встановити нелінійні обмежувачі перенапруги.

2.12 Перевірка існуючих трансформаторів струму на ПС «Ладизин»

Згідно пункту 11.1.1.1 ТУ потрібно перевірити існуючі трансформатори струму типу ТПЛ-10 кВ 150/5 у комірках 10 кВ «Ф-5» і «Ф-34» ПС «Ладизин» відповідно дозволеної до використання потужності й сумарної потужності субспоживачів: 2300 кВт.

Виконаємо перевірку первинної обмотки ТС-10кВ в ПС:

- по напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; 10 \text{ (кВ)} = 10 \text{ (кВ)}.$$

- по найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{мах м.}} \leq U_{\text{мах ТС.}}; 12 \text{ (кВ)} = 12 \text{ (кВ)};$$

- за максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{мах роб.}}$$

де $I_{\text{мах роб.}}$ — максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.15)$$

де $S_{\text{мах}}$ — номінальна потужність ввідної комірки ПС;

$U_{\text{ном}}$ — номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ПС,

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}.$$

$$I_{\max.роб.} = \frac{2300}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 138,49(A) - \text{ввідна комірка};$$

$$150(A) > 138,49(A).$$

Отже, згідно розрахунків існуючі трансформатори струму Ф-5 та Ф-34 ТПЛ-10 класу точності 0,5S 150/5 не потребують заміни. Потрібно встановити лише ще по одному трансформатору струму у кожену комірку для приведення системи обліку до вимог ПУЕ, ПРРЕЕ, ККОЕЕ.

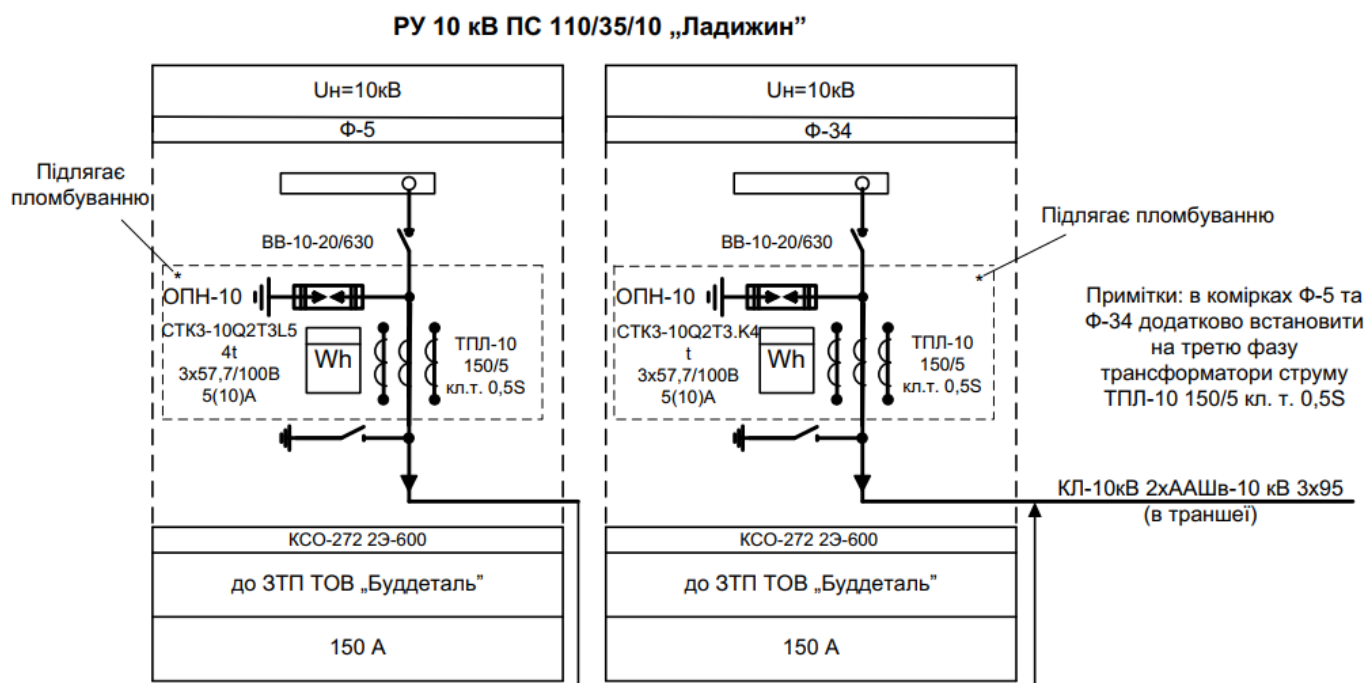


Рисунок 2.2 – Схема електрична однолінійна РУ-10кВ ПС 110/35/10 «Ладизин»

Рисунок 2.3 – Схема електрична однолінійна комплектної трансформаторної підстанції

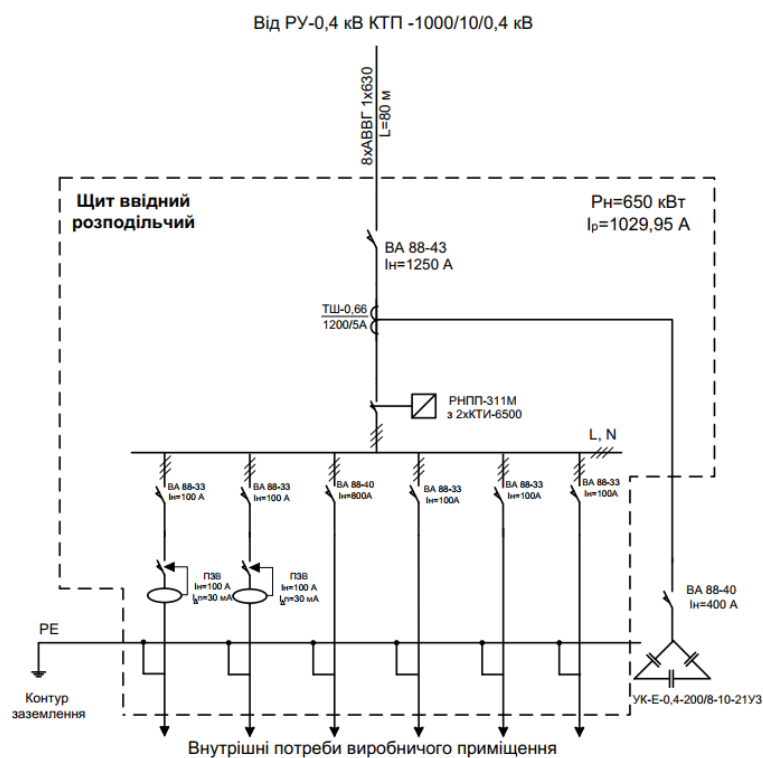


Рисунок 2.4 – Схема електрична однолінійна ввідно-розподільного щита ВРЩ-0,4кВ

2.13 Висновок до розділу 2

В роботі розроблені наступні рішення з електропостачання виробництва:

- прокладання повітряної лінії ПЛ-10 кВ від опори № 6, ПЛ-10 кВ, Ф-5 ПС «Ладизин»;
- встановлення КТП-10/0,4 кВ закритого типу (силовий трансформатор ТМ потужністю 1000 кВА);
- встановлення компенсуючих пристроїв з автоматичним регулюванням (конденсаторна установка УК-Е-0,4-200/6-10-21УЗ потужністю 200 кВАр);
- встановлення АСКОЕ в РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ПО ВИРОБНИЦТВУ СИРОВИНИ КОСМЕТИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК

3.1 Шляхи енергозбереження для підприємства

Енергозбереження є ключовим аспектом для виробництва косметичної сировини та біологічно активних добавок (БАД), оскільки ці процеси потребують значної кількості енергії, особливо для нагріву, охолодження, стерилізації та роботи автоматизованих систем. Розглянемо можливі шляхи та методи енергозбереження в енергетичній та тепловій сферах для обох типів виробництва.

Розглянемо шляхи енергозбереження у виробництві косметичної сировини.

Електроенергетика:

1. Перехід на відновлювані джерела енергії:

- Використання сонячних панелей для забезпечення енергопотреб виробничого обладнання.

- Інтеграція геотермальних систем для забезпечення нагріву та охолодження.

2. Впровадження систем управління енергоспоживанням (EMS):

- Використання розумних систем моніторингу, які автоматично регулюють енергоспоживання обладнання відповідно до навантаження.

3. Оптимізація освітлення:

- Замінити традиційні лампи на світлодіодні (LED) та впровадити датчики руху для зменшення енергоспоживання в неробочих зонах.

4. Ефективні двигуни:

- Перехід на двигуни класу енергоефективності IE3 або IE4 для змішувачів, насосів і компресорів.

Теплоенергетика:

1. Використання рекуператорів тепла:

- Тепло, що виділяється під час нагріву сировини, може бути повторно використане для підігріву води або попереднього нагріву наступних партій сировини.

- Наприклад, у вакуумних міксерах тепло від нагрівальних сорочок може бути передане до теплообмінників.

2. Перехід на низькотемпературні процеси:

- Використання холодної емульгуючої технології, яка знижує потребу у високих температурах для змішування водної та жирової фаз.

3. Ізоляція обладнання:

- Використання термоізоляції на реакторах, трубопроводах і резервуарах, щоб зменшити втрати тепла.

4. Системи регенерації тепла:

- Наприклад, тепло від процесу пастеризації або стерилізації може бути використане для нагріву води для інших етапів виробництва.

Розглянемо шляхи енергозбереження у виробництві БАД.

Електроенергетика:

1. Оптимізація роботи компресорів:

- Використання компресорів із частотними перетворювачами, які адаптують потужність до реального навантаження.

2. Розумне керування енергоспоживанням:

- Встановлення систем моніторингу для виявлення пікових періодів енергоспоживання та їх оптимізації (наприклад, нічні тарифи для сушіння).

3. Інтеграція когенераційних установок:

- Використання когенераційних (теплоелектричних) систем для одночасного виробництва тепла й електроенергії.

4. Використання відновлюваних джерел енергії:

- Геотермальні системи для підтримки необхідної температури в біореакторах.
- Сонячні колектори для нагріву води.

Теплоенергетика:

1. Використання багатоступеневих сушарок:

- У сушильному обладнанні, наприклад, ліофілізаторах, додавання систем рекуперації тепла може зменшити витрати енергії на сублімацію.

2. Оптимізація процесів нагріву:

- Замість традиційного парового нагріву використовувати електричні системи із точним контролем температури для зниження втрат тепла.

3. Теплові насоси:

- Використання теплових насосів для охолодження в біореакторах та регенерації тепла для інших етапів, таких як сушіння чи пастеризація.

4. Утилізація тепла від обладнання:

- Тепло від двигунів капсулювальних машин або таблетувальних пресів можна використовувати для підігріву робочих приміщень.

Інтеграція загальних енергозберігаючих рішень для обох типів виробництв:

1. Енергетичний аудит. Проведення енергетичного аудиту допоможе ідентифікувати найбільш енергоємні процеси та запропонувати рішення для зниження енергоспоживання.

2. Рекуперация енергії. Використання теплових або електричних систем для повторного використання енергії (наприклад, для охолодження після нагрівання).

3. Автоматизація виробництва. Автоматичний контроль температури, часу роботи обладнання та регулювання потужності дозволяє уникнути перевитрат енергії.

4. Зонування виробничих приміщень. Використання окремих зон із різними температурними режимами дозволяє зменшити потребу в загальному нагріві або охолодженні.

5. Екофрендлі підходи. Використання біопалива для забезпечення роботи теплогенераторів. Установка зелених дахів, які зменшують витрати на охолодження приміщень улітку.

Ці рішення допоможуть не лише зменшити енергоспоживання, а й знизити витрати на виробництво, одночасно забезпечуючи екологічність процесів.

3.2 Модернізація теплової схеми підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок

3.2.1 Аналіз початкових даних існуючої теплової схеми

Підприємство по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок використовує для своєї роботи теплову енергію. Тут встановлено парогенератор типу ДКВР-10/13 та один котел типу КБНГ-2,5. Допоміжне обладнання, що встановлено на даному підприємстві: деаератор атмосферного типу ДСА-75 з об'ємом 35м^3 , живильні насоси типу ЦНСГ-60-400, станція ХВО (хімводоочистки), яка складається із двох механічних фільтрів, двох Na-катионових фільтрів I ступеня та одного Na-катионного фільтра II ступеня, а також солерозчинника. В якості палива використовують природний газ, який отримується від місцевого розподільчого пункту.

Система опалення та гарячого водопостачання підключені до водогрійної частини котельні. Паровий споживач і деаератор підключені до парового котла. Втрати мережної води, пари на власні потреби котельні та продувка парогенератора покриваються додатковою водою, яка спочатку підігрівається в підігрівнику сирій води ПСВ, проходить хімводоочистку (ХВО), а потім нагрівається в охолоднику підживлювальної води (ОПВ). Оскільки деаератор обігрівається парою, воду після ОПВ можна подавати прямо в деаератор. Із деаератора частина підготовленої води підживлювальним насосом (ПН) через охолодник підживлювальної води (ОПВ) перекачується в зворотний трубопровід, а решта деаерованої води живильним насосом (ЖН) спрямовується в паровий котел. Підігрівник ПСВ гріється водою після котла.

3.2.2 Розрахунок теплової схеми в опалювальний період

Розрахункова тепла схема зображена на рис. 3.1

Розрахунок проводимо за методикою розрахунку теплових схем промислового підприємства.

Температура в прямому трубопроводі теплової мережі в тепловому пункті, $^{\circ}\text{C}$

$$t'_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}} - 5 = 65 - 5 = 60$$

Температура води в зворотному трубопроводі в теплому пункті, $^{\circ}\text{C}$

$$t'_{\text{ЗВ}} = t_{\text{ЗВ}} + 5 = 25 + 5 = 30$$

Витрата мережної води в підігрівнику ГВП, кг/с

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = Q_{\text{ГВП}} / [c_{\text{В}} (t'_{\text{ПР}} - t'_{\text{ЗВ}}) \eta_{\text{ТО}}] = 2,1 \cdot 10^3 / [4,19(60-30)0,98] = 17,04$$

Витрата мережної води в підігрівнику опалення, кг/с

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ОП}} = Q_{\text{ОП}} / [c_{\text{В}} (t'_{\text{ПР}} - t'_{\text{ЗВ}}) \eta_{\text{ТО}}] = 4,9 \cdot 10^3 / [4,19(60-30)0,98] = 39,77$$

Витрата мережної води, кг/с

$$G_{\text{ТМ}} = G_{\text{ТМ}}^{\text{ОП}} + G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = 39,77 + 17,04 = 56,81$$

Витрата води на підживлення тепломережі, кг/с

$$G_{\text{ПМ}} = G_{\text{ТМ}} \cdot \alpha_{\text{ВТР}} = 56,81 \cdot 0,025 = 1,42$$

Потужність охолодника підживлювальної води ОПВ, кВт

$$Q_{\text{ОПВ}} = G_{\text{ПМ}} \cdot c_{\text{В}} (t_{\text{Д}} - t_{\text{ПМ}}) = 1,42 \cdot 4,19(104-70) = 202,29$$

Витрата пари на промисловий споживач, кг/с

$$\begin{aligned} D_{\text{СП}} &= Q_{\text{СП}} / \left[(h_0 - h'_{\text{К1}}) + (1 - \alpha_{\text{К}}^{\text{СП}}) \cdot (h'_{\text{К1}} - h_{\text{ХВ}}) \right] = \\ &= 2,87 \cdot 10^3 / \left[(2810 - 377,1) + (1 - 0,6)(377,1 - 21) \right] = 1,11 \end{aligned}$$

Паровидатність котельні, кг/с

$$D_0 = D_{\text{Д}} + D_{\text{СП}} = D_{\text{Д}} + 1,11$$

Витрата живильної води, кг/с

$$G_{\text{ЖВ}} = D_0 \cdot (1 + q_{\text{ВП}} + p) = (D_{\text{Д}} + 1,11) \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 1,04 \cdot D_{\text{Д}} + 1,15$$

Витрата конденсату на вході в деаератор, кг/с

$$G_{\text{К2}}^{\text{СП}} = D_{\text{СП}} = 1,11$$

Ентальпія додаткової води після ОПВ, кДж/кг

$$h'_{\text{ДВ}} = h'_{\text{ХВО}} + Q_{\text{ОПВ}} \cdot \eta_{\text{ТО}} / G_{\text{ДВ}} = 84 + 202,29 \cdot 0,98 / G_{\text{ДВ}} = 84 + 198,24 / G_{\text{ДВ}}$$

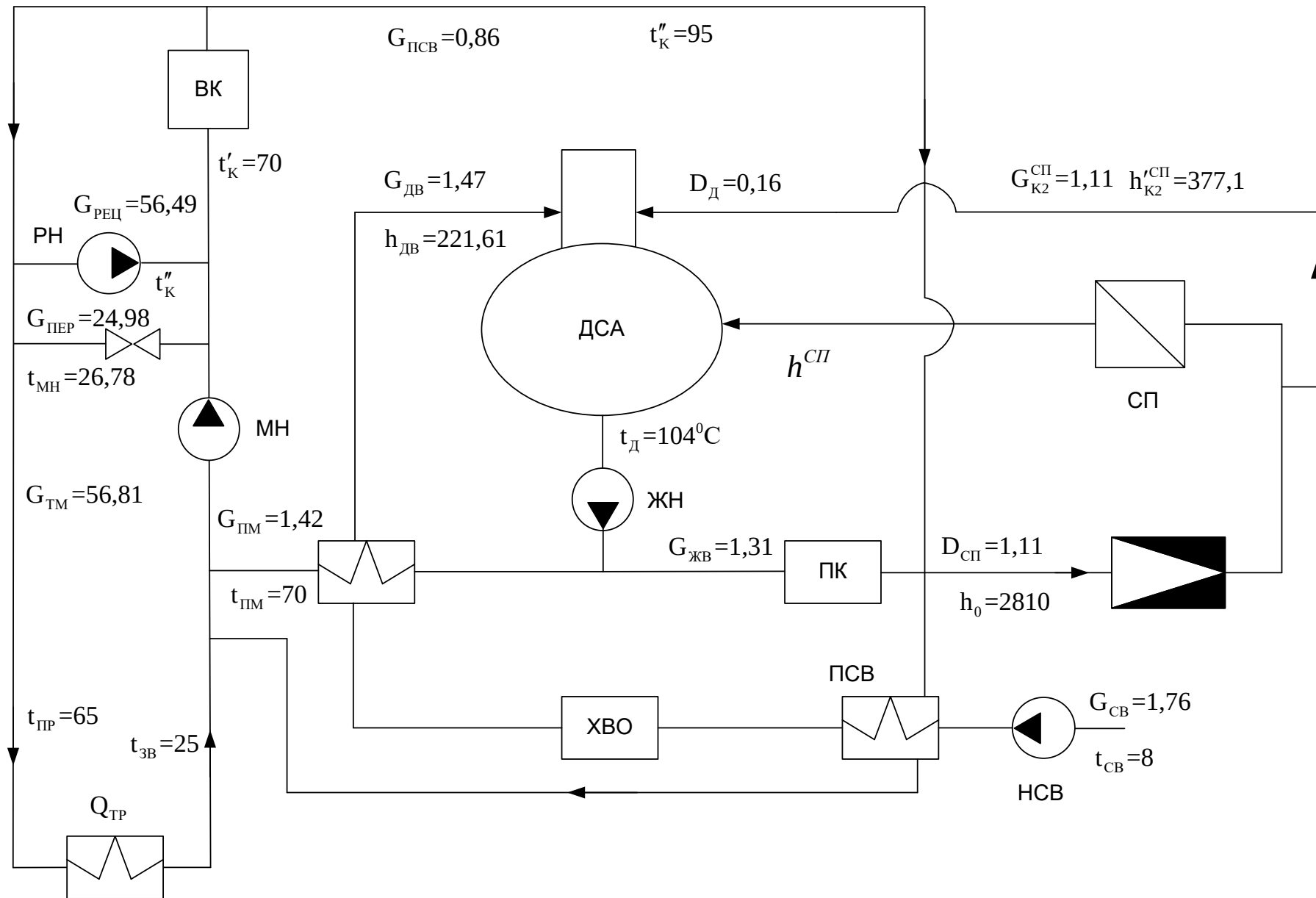


Рисунок 3.1 – Розрахункова тепла схема в опалювальний період

Тепловий баланс деаератора, кВт

$$(G_{\text{ЖВ}} + G_{\text{ПМ}}) \cdot h'_\text{д} = D_\text{д} \cdot h_0 + G_{\text{ДВ}} \cdot h'_{\text{ДВ}} + G_{\text{К2}}^{\text{СП}} \cdot h'_{\text{К2}}^{\text{СП}}, \quad (3.1)$$

або

$$(1,04 \cdot D_\text{д} + 1,15 + 1,42) 104 \cdot 4,19 = D_\text{д} \cdot 2810 + G_{\text{ДВ}} (84 + 198,24/G_{\text{ДВ}}) + 1,11 \cdot 377,1$$

Звідки $D_\text{д} = 0,16$ кг/с.

Витрата теплоносіїв, кг/с

$$D_0 = D_\text{д} + D_{\text{СП}} = 0,16 + 1,11 = 1,27$$

$$G_{\text{ЖВ}} = 1,04 \cdot D_\text{д} + 1,15 = 1,04 \cdot 0,16 + 1,15 = 1,31$$

$$G_{\text{ДВ}} = 0,04 \cdot D_\text{д} + 1,46 = 0,04 \cdot 0,16 + 1,46 = 1,47$$

Ентальпія додаткової води, кДж/кг

$$h'_{\text{ДВ}} = 84 + 202,29/G_{\text{ДВ}} = 84 + 202,29/1,47 = 221,61$$

Витрата сирії води, кг/с

$$G_{\text{СВ}} = G_{\text{ДВ}} \cdot 1,2 = 1,47 \cdot 1,2 = 1,76$$

Потужність підігрівника ПСВ, кВт

$$Q_{\text{ПСВ}} = G_{\text{СВ}} \cdot c_\text{в} \cdot (t_{\text{ХВО}} - t_{\text{СВ}}) = 1,76 \cdot 4,19 \cdot (20 - 8) = 88,4$$

Витрата грієної води через підігрівник ПСВ, кг/с

$$G_{\text{ПСВ}} = Q_{\text{ПСВ}} / [c_\text{в} \cdot (t''_\text{к} - t'_\text{к}) \cdot \eta_{\text{ТО}}] = 88,4 / [4,19 \cdot (95 - 70) \cdot 0,98] = 0,86$$

Витрата мережної води перед мережним насосом МН, кг/с

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{ТМ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) + G_{\text{ПМ}} + G_{\text{ПСВ}} = 56,81 \cdot (1 - 0,025) + 1,42 + 0,86 = 57,66$$

Температура води перед мережним насосом, °С

$$t_{\text{МН}} = [G_{\text{ТМ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПМ}} \cdot t_{\text{ПМ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t'_\text{к}] / G_{\text{МН}} =$$

$$= [56,81 \cdot (1 - 0,025) \cdot 25 + 1,42 \cdot 70 + 0,86 \cdot 70] / 57,66 = 26,78$$

Витрата води в лінії перепуску, кг/с

$$G_{\text{ПЕР}} = G_{\text{ТМ}} \cdot (t''_\text{к} - t_{\text{ПР}}) / (t''_\text{к} - t_{\text{МН}}) = 56,81 \cdot (95 - 65) / (95 - 26,78) = 24,98$$

Витрата води в лінії рециркуляції, кг/с

$$G_{\text{РЕЦ}} = (G_{\text{МН}} - G_{\text{ПЕР}}) \cdot (t'_k - t_{\text{МН}}) / (t''_k - t'_k) = \\ = (57,66 - 24,98)(70 - 26,78) / (95 - 70) = 56,49$$

Витрата мережної води в котлі, кг/с

$$G_K = G_{\text{МН}} - G_{\text{ПЕР}} + G_{\text{РЕЦ}} = 57,66 - 24,98 + 56,49 = 89,17$$

3.2.3 Визначення техніко-економічних показників теплової схеми в опалювальний період

Теплова потужність водогрійної частини котельні, МВт

$$Q_{\text{БК}} = G_K \cdot c_B \cdot (t''_k - t'_k) \cdot 10^{-3} = 89,17 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) = 9,34$$

Теплова потужність парової частини котельні, МВт

$$Q_{\text{ПК}} = [D_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{ВП}}) \cdot (h_0 - h_{\text{ЖВ}}) + D_0 \cdot p \cdot (h_{\text{КВ}} - h_{\text{ЖВ}})] \cdot 10^{-3} = \\ = [1,27 \cdot (1 + 0,025) \cdot (2810 - 436) + 1,27 \cdot 0,02 \cdot (758,7 - 436)] \cdot 10^{-3} = 3,09$$

Витрати умовного палива на водогрійний та паровий котел, кг/с і м³/с

$$B_{\text{УБК}} = Q_{\text{БК}} / (Q_{\text{НУ}}^{\text{P}} \cdot \eta_K) = 9,34 / (29,3 \cdot 0,92) = 0,34$$

$$B_{\text{УПК}} = Q_{\text{ПК}} / (Q_{\text{НУ}}^{\text{P}} \cdot \eta_K) = 3,09 / (29,3 \cdot 0,92) = 0,11$$

Витрати робочого палива на водогрійний та паровий котел, кг/с і м³/с

$$B_{\text{РБК}} = Q_{\text{БК}} / (Q_{\text{Н}}^{\text{C}} \cdot \eta_K) = 9,34 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,3$$

$$B_{\text{РПК}} = Q_{\text{ПК}} / (Q_{\text{Н}}^{\text{C}} \cdot \eta_K) = 3,09 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,099$$

Загальна витрата палива, м³/с

$$B^{\text{о.п.}} = B_{\text{РБК}} + B_{\text{РПК}} = 0,3 + 0,099 = 0,399$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{КОТ}} = (Q_{\text{ОП}} + Q_{\text{ГВП}} + Q_{\text{СП}}) / ((B_{\text{УБК}} + B_{\text{УПК}}) \cdot Q_{\text{НУ}}^{\text{P}}) = \\ = (4,9 \cdot 10^3 + 2,1 \cdot 10^3 + 2,87 \cdot 10^3) / ((0,34 + 0,11) \cdot 29,3 \cdot 10^3) = 0,74$$

Проведений аналіз існуючої теплової схеми показав, що ККД котельні складає 74%. Витрати робочого палива (природного газу) на водогрійний і паровий котел становлять відповідно 0,3 і 0,099 кг/с. Такі витрати є значними і показують велику кількість втрат тепла.

3.2.4 Розрахунок теплової схеми в міжопалювальний період

Розрахункова тепла схема котельні в між опалювальний період зображена на рис. 3.2.

Температура в прямому трубопроводі теплової мережі в тепловому пункті, °C

$$t'_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}} - 5 = 65 - 5 = 60$$

Температура води в зворотному трубопроводі в теплому пункті, °C

$$t'_{\text{ЗВ}} = t_{\text{ЗВ}} + 5 = 25 + 5 = 30$$

Витрата мережної води в підігрівнику ГВП, кг/с

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = Q_{\text{ГВП}} / [c_{\text{В}} (t'_{\text{ПР}} - t'_{\text{ЗВ}}) \eta_{\text{ТО}}] = 2,1 \cdot 10^3 / [4,19 (60 - 30) 0,98] = 17,04$$

Витрата мережної води, кг/с

$$G_{\text{ТМ}} = G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = 17,04$$

Витрата води на підживлення тепломережі, кг/с

$$G_{\text{ПМ}} = G_{\text{ТМ}} \cdot \alpha_{\text{ВТР}} = 17,04 \cdot 0,025 = 0,42$$

Потужність охолодника підживлювальної води ОПВ, кВт

$$Q_{\text{ОПВ}} = G_{\text{ПМ}} \cdot c_{\text{В}} (t_{\text{Д}} - t_{\text{ПМ}}) = 0,42 \cdot 4,19 (104 - 70) = 59,83$$

Витрата пари на промисловий споживач, кг/с

$$\begin{aligned} D_{\text{СП}} &= Q_{\text{СП}} / \left[(h_0 - h'_{\text{К1}}) + (1 - \alpha_{\text{К}}^{\text{СП}}) \cdot (h'_{\text{К1}} - h_{\text{ХВ}}) \right] = \\ &= 2,87 \cdot 10^3 / \left[(2810 - 377,1) + (1 - 0,6) (377,1 - 21) \right] = 1,11 \end{aligned}$$

Паровидатність котельні, кг/с

$$D_0 = D_{\text{Д}} + D_{\text{СП}} = D_{\text{Д}} + 1,11$$

Витрата живильної води, кг/с

$$G_{\text{ЖВ}} = D_0 \cdot (1 + q_{\text{ВП}} + p) = (D_{\text{Д}} + 1,11) \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 1,04 \cdot D_{\text{Д}} + 1,15$$

Витрата конденсату на вході в деаератор, кг/с

$$G_{\text{К2}}^{\text{СП}} = D_{\text{СП}} = 1,11$$

Витрата додаткової води з матеріального балансу атмосферного деаератора, кг/с

$$G_{\text{жв}} + G_{\text{пм}} = D_{\text{д}} + G_{\text{дв}} + G_{\text{к2}}^{\text{сп}}, \quad (3.2)$$

звідки

$$\begin{aligned} G_{\text{дв}} &= G_{\text{жв}} + G_{\text{пм}} - D_{\text{д}} - G_{\text{к2}}^{\text{сп}} = \\ &= (1,04 \cdot D_{\text{д}} + 1,15) + 0,42 - D_{\text{д}} - 1,11 = 0,04 \cdot D_{\text{д}} + 0,46 \end{aligned}$$

Ентальпія додаткової води після ОПВ, кДж/кг

$$h'_{\text{дв}} = h'_{\text{хво}} + Q_{\text{опв}} \cdot \eta_{\text{то}} / G_{\text{дв}} = 84 + 59,83 \cdot 0,98 / G_{\text{дв}} = 84 + 58,11 / G_{\text{дв}}$$

Тепловий баланс деаератора, кВт

$$(G_{\text{жв}} + G_{\text{пм}}) \cdot h'_{\text{д}} = D_{\text{д}} \cdot h_0 + G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв}} + G_{\text{к2}}^{\text{сп}} \cdot h'_{\text{к2}}^{\text{сп}}, \quad (3.3)$$

або

$$(1,04 \cdot D_{\text{д}} + 1,15 + 0,42) \cdot 104 \cdot 4,19 = D_{\text{д}} \cdot 2810 + G_{\text{дв}} \cdot (84 + 58,11 / G_{\text{дв}}) + 1,11 \cdot 377,1$$

Звідки $D_{\text{д}} = 0,071$ кг/с.

Витрата теплоносіїв, кг/с

$$D_0 = D_{\text{д}} + D_{\text{сп}} = 0,071 + 1,11 = 1,18$$

$$G_{\text{жв}} = 1,04 \cdot D_{\text{д}} + 1,15 = 1,04 \cdot 0,071 + 1,15 = 1,22$$

$$G_{\text{дв}} = 0,04 \cdot D_{\text{д}} + 1,46 = 0,04 \cdot 0,071 + 1,46 = 1,46$$

Ентальпія додаткової води, кДж/кг

$$h'_{\text{дв}} = 84 + 202,29 / G_{\text{дв}} = 84 + 59,83 / 1,46 = 124,97$$

Витрата сирої води, кг/с

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot 1,2 = 1,46 \cdot 1,2 = 1,75$$

Потужність підігрівника ПСВ, кВт

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}) = 1,75 \cdot 4,19 \cdot (20 - 8) = 87,99$$

Витрата грійної води через підігрівник ПСВ, кг/с

$$G_{\text{псв}} = Q_{\text{псв}} / [c_{\text{в}} \cdot (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}}) \cdot \eta_{\text{то}}] = 87,99 / [4,19 \cdot (95 - 70) \cdot 0,98] = 0,85$$

Витрата мережної води перед мережним насосом МН, кг/с

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{тм}} \cdot (1 - \alpha_{\text{втр}}) + G_{\text{пм}} + G_{\text{псв}} = 17,04 \cdot (1 - 0,025) + 0,42 + 0,85 = 17,88$$

Температура води перед мережним насосом, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{МН}} = [G_{\text{ТМ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПМ}} \cdot t_{\text{ПМ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t'_{\text{К}}] / G_{\text{МН}} = \\ = [17,04 \cdot (1 - 0,025) \cdot 25 + 0,42 \cdot 70 + 0,85 \cdot 70] / 17,88 = 28,2$$

Витрата води в лінії перепуску, кг/с

$$G_{\text{ПЕР}} = G_{\text{ТМ}} \cdot (t''_{\text{К}} - t_{\text{ПР}}) / (t''_{\text{К}} - t_{\text{МН}}) = 17,04 \cdot (95 - 65) / (95 - 28,2) = 7,65$$

Витрата води в лінії рециркуляції, кг/с

$$G_{\text{РЕЦ}} = (G_{\text{МН}} - G_{\text{ПЕР}}) \cdot (t'_{\text{К}} - t_{\text{МН}}) / (t''_{\text{К}} - t'_{\text{К}}) = \\ = (17,88 - 7,65) \cdot (70 - 28,2) / (95 - 70) = 17,1$$

Витрата мережної води в котлі, кг/с

$$G_{\text{К}} = G_{\text{МН}} - G_{\text{ПЕР}} + G_{\text{РЕЦ}} = 17,88 - 7,65 + 17,1 = 27,33$$

3.2.5 Визначення техніко-економічних показників теплової схеми котельні в між опалювальний період

Теплова потужність водогрійної частини котельні, МВт

$$Q_{\text{БК}} = G_{\text{К}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t''_{\text{К}} - t'_{\text{К}}) \cdot 10^{-3} = 27,33 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) \cdot 10^{-3} = 2,86$$

Теплова потужність парової частини котельні, МВт

$$Q_{\text{ПК}} = [D_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{ВП}}) \cdot (h_0 - h_{\text{ЖВ}}) + D_0 \cdot p \cdot (h_{\text{КВ}} - h_{\text{ЖВ}})] \cdot 10^{-3} = \\ = [1,18 \cdot (1 + 0,025) \cdot (2810 - 436) + 1,18 \cdot 0,02 \cdot (758,7 - 436)] \cdot 10^{-3} = 2,11$$

Витрати умовного палива на водогрійний та паровий котел, кг/с

$$B_{\text{УБК}} = Q_{\text{БК}} / (Q_{\text{НУ}}^{\text{П}} \cdot \eta_{\text{К}}) = 2,86 / (29,3 \cdot 0,92) = 0,1$$

$$B_{\text{УПК}} = Q_{\text{ПК}} / (Q_{\text{НУ}}^{\text{П}} \cdot \eta_{\text{К}}) = 2,11 / (29,3 \cdot 0,92) = 0,078$$

Витрати робочого палива на водогрійний та паровий котел, $\text{м}^3/\text{с}$

$$B_{\text{РБК}} = Q_{\text{БК}} / (Q_{\text{Н}}^{\text{С}} \cdot \eta_{\text{К}}) = 2,86 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,09$$

$$B_{\text{РПК}} = Q_{\text{ПК}} / (Q_{\text{Н}}^{\text{С}} \cdot \eta_{\text{К}}) = 2,11 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,06$$

Загальна витрата палива, $\text{м}^3/\text{с}$

$$B^{\text{м.о.}} = B_{\text{РБК}} + B_{\text{РПК}} = 0,09 + 0,06 = 0,15$$

3.2.6 Рекомендації для схеми теплопостачання підприємства

Теплова схема модернізованої котельні буде відрізнятися від існуючої тим, що

буде встановлений турбоагрегат ПВМ-250 призначений для виробітку електроенергії в існуючих (або які будуються) парових котельнях. Дана модернізація спрямована на зменшення плати за електроенергію.

Модернізована теплова схема зображена на рис. 3.3.

Турбоагрегат ПВМ-250 призначений для виробітку електроенергії в парових котельнях. На сьогоднішній день котельні виробляючи пару й гарячу воду самі є споживачами електроенергії, хоча мають потенційну енергію надлишкового тиску пари, яка корисно не використовується. Важливо, що для таких котелень, перебої з одержанням електроенергії ззовні ведуть до зупинки всіх обслуговуючих агрегатів і систем керування, а отже до повної зупинки котельні, що в зимовий час приводить до розморожування всієї мережі, що живиться від цієї котельні.

Турбоагрегат ПВМ-250 забезпечує:

- виробництво дешевої електричної енергії в будь-якій паровій котельні скрізь, де для виробітку пари, застосовуються котли тиском 1,4 МПа (у комунальному господарстві, на підприємствах лісової, паперової, харчової, текстильної, нафтогазової, фармацевтичної, будівельної й інших галузей промисловості);
- підвищення ефективності використання палива, перехід до когенерації на котельні;
- утилізація енергії дроселюючого пару (енергозбереження);
- забезпечення стійкої роботи котельні в умовах відключення зовнішнього енергопостачання та захист від розморожування систем опалення в зимовий час;
- виробіток додаткової механічної енергії для привода допоміжних механізмів котельні: насосів, димососів, вентиляторів.

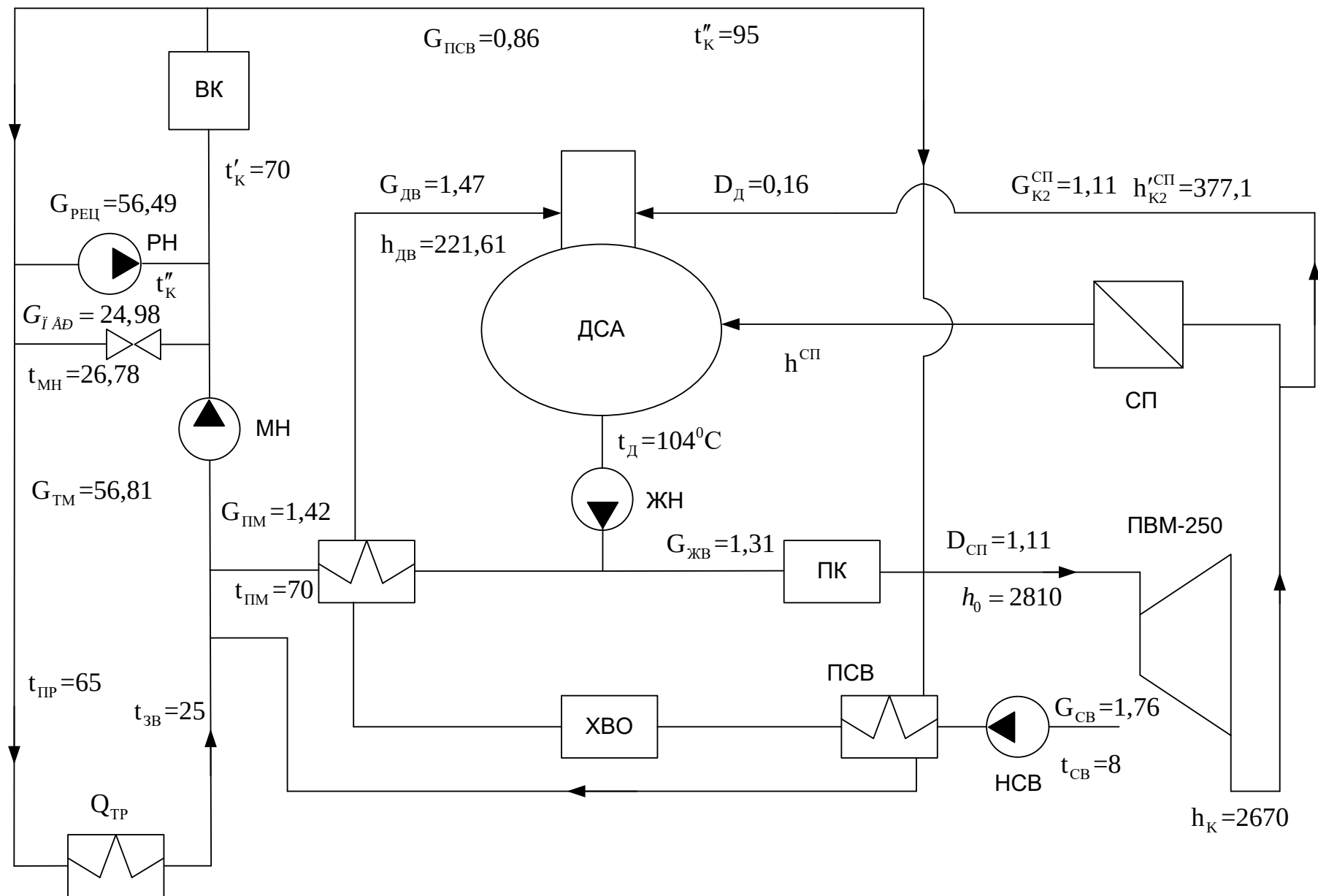


Рисунок 3.3 – Модернізована теплова схема

3.2.7 Принципи роботи паросилової енергетичної установки

Конструктивно ПВМ складається з компактного парового гвинтового розширника (турбіни із протитиском) і електрогенератора. Гвинтові ротори турбіни обертаються в протилежні сторони й перебувають у зачепленні через шестірні зв'язку, що виключають дотик роторів між собою.

У котельні, ПВМ установлюється паралельно до редукційної (редукційної охолоджувальної) установки. Свіжа пара від котла (з тиском від 1,4 до 0,9 МПа й температурою не вище 194⁰С) надходить у турбіну й, проходячи по гвинтовому каналу між зубами гвинтів, розширюється й перетворюючи теплову енергію в механічну, плавно обертає ротори.

Обертальний момент передається генератору (насосу, димососу) через муфту на валу редуктора (число обертів – 1500/3000 об/хв). Відпрацьована пара (з тиском від 0,4 до 0,15 МПа) має достатню тепломісткість і подається в технологічний цикл виробництва або на підігрівники води для гарячого водопостачання й опалення.

Для виробітку 250 кВт/год електроенергії необхідно пропускати через машину від 6 до 9 т/год пари. Турбоагрегат робить електричний струм з напругою 380 В и частотою 50 Гц.

Турбіна оснащена вбудованим редуктором, системою змащення (включаючи масляний бак, насос і циліндричний маслоохолоджувач).

Особливості будови і роботи ПВМ-250

Основні технічні характеристики ПВМ-250 наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики ПВМ-250

Основні технічні дані	
Тиск пари на вході	1,4 - 0,9 МПа
Температура пари на вході (не вище)	194 °С
Тиск пари на виході	0,45 - 0,1 МПа
Витрата пари	6 - 9 т/год
Внутрішній ККД турбіни	0,65 – 0,92
Число обертів вихідного валу	1 500 об/хв (3 000 об/хв)
Напруга виробленого струму	380 В

Частота виробленого струму	50 Гц
Габарити ПВМ-250-ЭГ Д x Ш x В	2,85 x 0,75 x 1,2 м
Вага з рамою	2,5 т
Заміна мастила при нормальній експлуатації	4 600 год
Термін експлуатації до капремонту	50 000 ч. (більше 5 років)
Строк окупності (не більше)	1,2 – 2,8 років

Турбогенератор оснащується системою контролю й керування, що забезпечує роботу ПВМ у всіх режимах її експлуатації. Система керування забезпечує індексацію й реєстрацію основних параметрів, автоматичний захист і сигналізацію при аварійній ситуації, дистанційне керування агрегатом з місцевого щита (шафи) керування або з диспетчерського щита котельні, автоматичне регулювання навантаження ПВМ.

Система керування й захисту виконується на високонадійній елементній базі сучасної мікропроцесорної техніки фірми Шнайдер.

Малі габарити й вага (2,5 т) забезпечують можливість установки парової гвинтової машини в існуючому будинку без спорудження додаткового приміщення й масивного фундаменту.

На рис. 3.4 показана схема приєднання установки ПВМ-250 до мережі

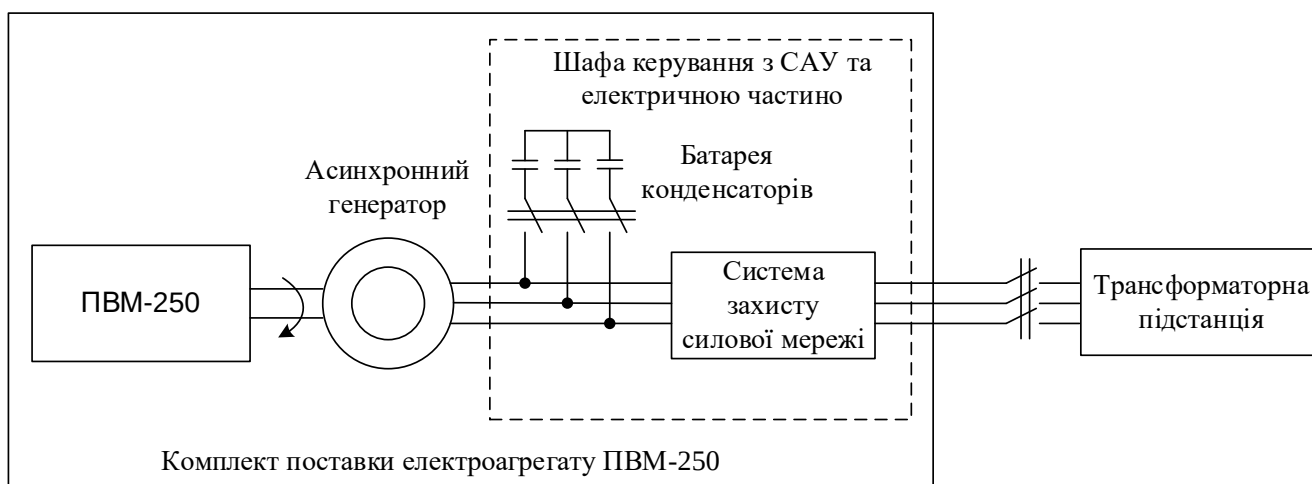


Рисунок 3.4 – Схема приєднання установки ПВМ-250 до мережі

3.2.8 Визначення електричної потужності турбіни ПВМ-250

Для того, щоб визначити електричну потужність турбіни побудуємо графік робочого процесу розширення пари в паровій турбіні на h - S діаграмі (рис.3.5)

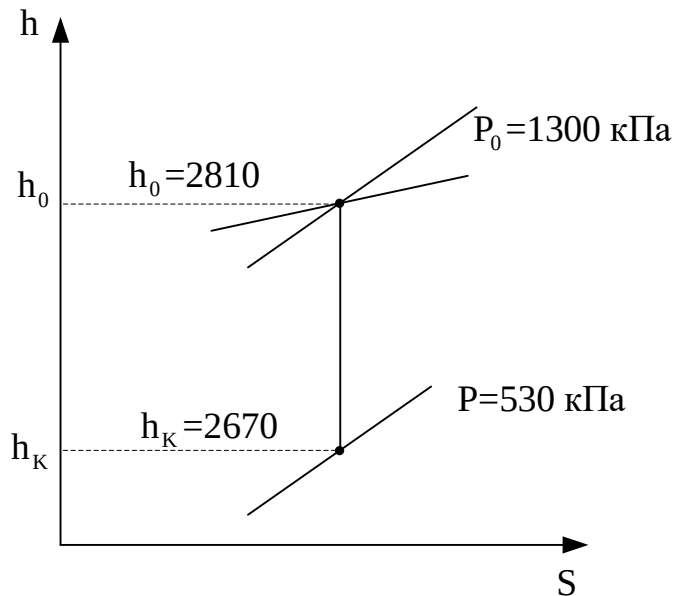


Рисунок 3.5 - Графік робочого процесу розширення пари в паровій турбіні

З графіка робочого процесу при $P_0=1300$ (кПа) знаходимо перепад ентальпій, кДж/кг

$$H_0 = h_0 - h_K = 2810 - 2670 = 140$$

$$H_p = H_0 \cdot \eta_{oi} = 140 \cdot 0,8 = 128,8$$

Електрична потужність турбіни в опалювальному періоді, кВт/год

$$N_e^{o.p.} = H_p \cdot D_0^{o.p.} = 128,8 \cdot 1,27 = 163,576$$

Електрична потужність турбіни в міжопалювальному періоді, кВт/год

$$N_e^{m.o.} = H_p \cdot D_0^{m.o.} = 128,8 \cdot 1,18 = 151,984$$

Річна електрична потужність турбіни, кВт

$$N_e = N_e^{o.p.} \cdot 4560 + N_e^{m.o.} \cdot 4200 = 745560 + 637980 = 1383540$$

Затрати на електроенергію яку виробляє турбіна в опалювальному періоді, грн/рік

$$З^{o.p.} = N_e^{o.p.} \cdot 4560 \cdot 5 = 163,57 \cdot 8760 \cdot 5 = 3729396$$

Затрати на електроенергію яку виробляє турбіна в між опалювальному періоді, грн/рік

$$З^{м.о.} = N_e^{м.о.} \cdot 4200 \cdot 5 = 151,98 \cdot 4200 \cdot 5 = 3191580$$

Річні затрати на електроенергію яку виробляє турбіна, грн.

$$З_T = 3729396 + 3191580 = 6920976$$

Кількість електричної енергії яку використовує все підприємство, кВт/рік

$$N_3 = 5694000$$

3.2.9 Економічний ефект модернізації

Річні витрати коштів на паливо

$$Z_{\Pi} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\Pi} \cdot 10^{-6} \quad (3.4)$$

де $B_{\text{річ}}$ – річна витрата палива, тис.м³/рік

Π_{Π} – ціна на природний газ, 15000 грн/тис.м³

Для того, щоб отримати річну витрату палива переведемо загальну витрату палива з кг/сек в тис. м³/рік

$$B_{\text{річ}} = B_{\text{заг}} \cdot \rho_{\text{газ}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3}$$

де $B_{\text{заг}}$ – загальна витрата палива, тис.м³/рік

$$B_{\text{заг}} = B^{\text{о.п.}} + B^{\text{м.о.}} = 0,399 + 0,15 = 0,549$$

$$B_{\text{річ}} = 0,549 \cdot 0,235 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 4068,61$$

Тоді підставивши значення річних витрат палива маємо:

$$Z_{\Pi} = 4068,61 \cdot 15000 \cdot 10^{-6} = 60,99 \text{ (млн.грн./рік)}$$

Річні витрати на власні потреби котельні складають від 5% до 10% річних витрат на паливо, що використовується в котельні

$$Z_{\text{ВП}} = 0,075 \cdot Z_{\Pi} = 0,075 \cdot 60,99 = 4,57 \text{ (млн.грн./рік)}$$

Загальні річні витрати, млн.грн./рік

$$Z_K = Z_{\Pi} + Z_{\text{ВП}} = 60,99 + 4,57 = 65,56$$

Витрати на воду

$$Z_B = G_{\text{річ}} \cdot \Pi_B \cdot 10^{-6} \quad (3.5)$$

де $G_{\text{річ}}$ – річна витрата води, тис.м³/рік

Π_B – ціна на воду, 15000 грн/тис.м³

Для того, щоб отримати річну витрату використаємо витрату води на підживлення системи

$$G_{\text{річ}} = (G_{\text{пм}} \cdot \tau_{\text{оп}} + G_{\text{пм}} \cdot \tau_{\text{мо}}) 3600 = (1,42 \cdot 0,6 + 0,42 \cdot 0,15) \cdot 3600 = 3294$$

(тис.м³/рік)

Тоді підставивши значення річних витрат сирової води маємо

$$Z_B = 3294 \cdot 15000 \cdot 10^{-6} = 49,41 \text{ (млн.грн./рік)}$$

Інші витрати, млн.грн./рік

$$Z_{\text{ін}} = 0,06(Z_{\text{п}} + Z_{\text{вп}} + Z_B) = 0,06(60,99 + 4,57 + 49,41) = 6,89$$

Загальні експлуатаційні витрати, млн.грн./рік

$$Z_{\text{експ}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{вп}} + Z_B + Z_{\text{ін}} = 60,99 + 4,57 + 49,41 + 6,89 = 121,86$$

Кількість електричної енергії яку використовує все підприємство, кВт/рік

$$N_3 = 5694000$$

Річні затрати на електроенергію яку використовує все підприємство, грн.

$$Z_3 = N_3 \cdot 5 = 28470000$$

Річні затрати на електроенергію яку використовує все підприємство з працюючою турбіною, грн.

$$Z = Z_3 - Z_{\text{т}} = 28470000 - 6920976 = 21549024$$

Капітальні вкладення на установку турбіни, грн.

$$K = N_e \cdot C_{\text{т}} \tag{3.6}$$

де N_{e_m} - електрична потужність турбін:

$$C_{\text{т}} - \text{на встановлення турбіни: } C_{\text{т}} = 5000 \text{ (грн/кВт),}$$

$$K = 250 \cdot 5000 = 1250000 \text{ (грн).}$$

Витрати на транспорт, грн.

$$Z_{\text{т}} = 0,1 \cdot K \tag{3.7}$$

$$Z_{\text{т}} = 0,1 \cdot 1250000 = 125000$$

Витрати на монтаж, грн.

$$Z_M = 0,05 \cdot K \quad (3.8)$$

$$Z_M = 0,05 \cdot 1250000 = 62500$$

Витрати на амортизацію, грн

$$Z_a = 0,15 \cdot K \quad (3.9)$$

$$Z_a = 0,15 \cdot 1250000 = 187500$$

Загальні витрати на встановлення турбіни. млн.грн.

$$Z = K + Z_T + Z_M + Z_a \quad (3.10)$$

$$Z = (1250000 + 125000 + 62500 + 187500) \cdot 10^{-6} = 1,625$$

Термін окупності встановлення турбін типу ПВМ-250, рік

$$\tau = \frac{Z}{3_T} \quad (3.11)$$

$$\tau = \frac{1,625}{6,921} = 0,23$$

Таблиця 3.2 – Порівняльні річні показники роботи базової і модернізованої котельні

№	Показники	Котельня	
		Базова	Модернізована
1	Витрати на електроенергію, млн.грн	28,47	21,54
2	Загальні витрати на встановлення обладнання, млн.грн	-	1,625
3	Термін окупності, рік	-	0,23

3.3 Висновки до розділу 3

Після застосування наведених пропозицій для схем тепло та електропостачання підприємства буде підвищено рівень енергозбереження в цілому на підприємстві. Пропозиції енергоменеджера мають на меті забезпечення економії коштів та підвищення ККД обладнання шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, що було наведено в даному розділі.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [16].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка $B = 120$ (млн. грн/рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 45$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{пл}$, грн/рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 115$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 15000$ грн/міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{пл} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 15000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,18 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 45 \cdot 0,18}{0,12} = 93,15 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 120 - 93,15 = 26,85 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{115}{26,85} = 4,3 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 4,3 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрат в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМГ-1000	1	650

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Лінія	Довжина лінії, км
СП-3-10 1x70 мм ²	1,90
АПвЭгаПу-15 3x120/35 мм ²	0,05
АВВГ 1x630 мм ²	0,32

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 6,5 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [16].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн/км;

$K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладання, тис. грн/км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
СПП-3-10 1х70 мм ²	3	1,90	75,00	15,00	456,00
АПвЭгаПу-15 3х120/35 мм ²	1	0,05	930,00	9,30	46,97
АВВГ 1х630 мм ²	1	0,32	550,00	5,50	177,76
Разом					680,73

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [16]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	1,00	550,00	110,00	660,00

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 660 + 50 = 710 \text{ (тис. грн).}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 680,73 + 710 = 1390,73 \text{ (тис. грн).}$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год/рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.7)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [16];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год/рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.8)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [16];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
ТМ-1000	1,00	0,33	300,00	99,00	12,00	20,00	240,00
Вимикач	1,00	1,00	16,00	16,00	12,00	2,00	24,00
ЗхСП-10 1х70	1,90	1,00	54,00	102,60	1,00	13,50	25,65
АПвЭгаПу-15 3х120/35	0,05	1,00	54,00	2,70	1,00	13,50	0,68
АВВГ 1х630	0,32	1,00	54,00	17,28	1,00	13,50	4,32
Разом				237,58			294,65

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудо-місткість люд.год.	
ТМ-1000	1,00	2	0,1	12	720,00	960,00
Вимикач	1,00	2	0,1	12	38,40	62,40
ЗхСП-10 1х70	1,90	2	0,1	12	246,24	271,89
АПвЭгаПу-15 3х120/35	0,05	2	0,1	12	6,48	7,16
АВВГ 1х630	0,32	2	0,1	12	41,47	45,79
Разом					1052,59	1347,24

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{1347,24}{1900 \cdot 1,05} = 0,68,$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{237,58}{1900 \cdot 1,1} = 0,11.$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1] $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол.

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн/рік:

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.9)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I, \quad (4.10)$$

де $K3$, $K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [16];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.11)$$

$$C_I = 8000 \cdot 1/176 = 45,45 \text{ (грн/год)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 45,45 = 55,68 \text{ (грн/год)},$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 55,68 \cdot 1900 = 190431,818 \text{ (грн/рік)},$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн/рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.12)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.13)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [16].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 45,45 = 59,77 \text{ (грн/год)},$$

$$\Phi_p = 237,58 \cdot 59,77 = 14200,80 \text{ (грн/рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн/рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \text{ (грн/рік)}, \quad (4.14)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн/рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oc} = 190431,818 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 239944,09 \text{ (грн/рік)},$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 14200,80 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 18603,05 \text{ (грн/рік)}.$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн/рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.15)$$

$$\Phi_{оед} = 239944,09 \cdot 1,15 = 275935,7 \text{ (грн/рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 18603,05 \cdot 1,15 = 21393,51 \text{ (грн/рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн/рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.16)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 275935,7 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 372513,2 \text{ (грн/рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 21393,51 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 28881,24 \text{ (грн/рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
ТМ-1000	33000
Лінії	34036

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.17)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 74391,64$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 427362,33$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.18)$$

$$C_{обс} = 372513,20 + 427362,33 = 799875,53 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.19)$$

$$C_{\text{пр}} = 28881,24 + 74391,64 = 103272,88 \text{ (грн/рік)}.$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.20)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1390730 = 83443,50 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}}(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.21)$$

де $\beta_{\text{іп}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (799875,53 + 103272,88 + 83443,50) = 246647,98 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	799875,53	64,86
Витрати на поточний ремонт	103272,88	8,37
Витрати на амортизацію	83443,50	6,77
Інші витрати	246647,98	20,00
Разом	1233239,89	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності

усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год/рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.22)$$

де P_p – розрахункова потужність i -го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження i -ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Визначаємо річні витрати активної електроенергії. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії

Назва	T_m , год.	$\cos \varphi$	P_p , кВт	E_a , кВт·год/рік
Підприємство	4000	0,96	650,00	2600000

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.23)$$

де I_m – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год/рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.24)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [16].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3} U_H}. \quad (4.25)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	К-сть ліній	Довжина, км	I _м , А	R, Ом	τ, год/рік	ΔE _л , кВт·год.
СП-10 1х70	3,00	1,90	39,09	0,20	2405,29	2234,77
АПвЭгаПу-15 3х120/35	1,00	0,05	39,09	0,02	2405,29	176,43
АВВГ 1х630	1,00	0,32	39,09	0,10	2405,29	1129,15
Разом						3540,35

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год/рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.26)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{кз} і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год/рік (приймається рівним 8760 год/рік);

S_φ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_н - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторі

№	Тип	шт	ΔP _х , кВт	ΔP _к , кВт	S _p , кВА	S _н , кВА	ΔE _т , кВт·год/рік
КТП-1	ТМ-1000	1,00	2,00	10,50	650,00	1000,00	28190,45

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год/рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.27)$$

$$E = 2600000 + 3540,35 + 28190,45 = 2631730,80 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 6,5 \cdot 2631730,80 = 17106250,19 \text{ (грн)}.$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.28)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год/рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн/рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.29)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.30)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 799875,53 + 103272,88 + 83443,50 + 246647,98 = 1233239,89 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 17106250,19 + 1233239,89 = 18339490,08 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{18339490,08 \cdot 100}{2600000,00} = 705,37 \text{ (грн/кВт·год)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Е _а	2600000,00	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	2631730,80	кВт·год
Плата за електроенергію	П	17106250,19	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	С _п	1233239,89	грн
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	18339490,08	грн
Собівартість електроенергії	С	705,37	коп/кВт·год

4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 705 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в процесі підвищення ефективності функціонування системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок.

Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює реконструкцію та експлуатацію системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

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, переважно 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: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Все силове обладнання підприємства повинно відповідати вимогам нормативних документів і на них повинна бути експлуатаційна документація, а крани та інші машини, що придбані за кордоном – повинні мати сертифікат відповідності вимогам безпеки праці. Забороняється експлуатація засобів механізації без передбачених їх конструкцією огорож, блокувань, систем сигналізації та інших засобів колективного захисту працюючих. До управління і обслуговування машин і механізмів допускаються особи (працівники), що отримали відповідну професійно-технічну підготовку, пройшли навчання і перевірку знань із безпеки праці.

Персонал, який експлуатує засоби механізації, оснащення, пристрої та ручні машини, до початку робіт повинен бути навчений безпечним методам та способам робіт відповідно до інструкцій заводу-виробника та інструкції з охорони праці. Робочі місця, засоби підмоцнування (риштовання, помости, робочі площадки тощо, які забезпечують безпеку виконання робіт на висоті) повинні відповідати вимогам будівельних норм і правил. Під час виконання будівельно-монтажних робіт необхідно застосовувати переважно інвентарні засоби підмоцнування.

За відсутності вказівок щодо закріплення риштовань їх кріплення до стін споруди необхідно здійснювати не менше ніж через один ярус для верхніх стояків, через два прогони для верхнього ярусу й одного кріплення на кожних 50

м² проекції поверхні риштувань на фасад споруди. Не допускається кріплення риштувань до парапетів, карнизів, балконів, інших виступних частин споруди.

Робочі навантаження на риштування в процесі виконання робіт не повинні перевищувати визначених технічною документацією. За необхідності передавання на риштування додаткових навантажень (від підйомників, вантажопідіймальних площадок тощо) їх конструкцію необхідно перевірити на ці навантаження. У місцях піднімання людей на риштування повинні бути вивішені плакати, на яких зазначено схеми навантажень, їх величини, а також схеми евакуації працівників на випадок аварійних ситуацій.

Засоби підмоцнування повинні бути зроблені з рівних робочих настилів із зазором між дошками не більше ніж 5 мм, а у разі розміщення настилу на висоті 1,3 м та вище встановлювати огорожі з суцільною бортовою обшивкою по низу. Висота огорожі повинна бути не менше ніж 1,1 м, бортові обшивки - не менше ніж 0,15 м, відстань між горизонтальними елементами огорожі - не більше ніж 0,5 м. Засоби підмоцнування, які використовуються під час робіт у місцях, під якими здійснюються інші роботи або є прохід, необхідно виконувати настилами без зазорів. Риштування та помості висотою до 4 м допускаються в експлуатацію після їх приймання керівником робіт та реєстрації в журналі робіт, а вище ніж 4 м - після приймання комісією, призначеною особою, яка відповідає за забезпечення охорони праці в організації, та оформлення відповідного акту.

Під час виконання робіт із риштувань висотою понад 6 м і більше повинно бути улаштовано не менше ніж два настили: робочий (верхній) і захисний (нижній); кожне робоче місце на риштуваннях, що прилягає до будинку чи споруди, повинно бути захищене зверху настилом, розташованим на висоті не вище ніж 2 м від робочого настилу. Якщо під час виконання робіт рух людей чи транспорту під риштуваннями і поблизу від них не передбачається, улаштування захисного (нижнього) настилу не обов'язкове.

Для убезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності

розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками. Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства 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 – особливо небезпечні, так як виконуються назовні.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 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;
- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби до 1000 В. 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 та знаки безпеки.

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.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в табл. 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Вуглець (II) оксиду	20		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	1	0,6

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). При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» (табл. 5.4).

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 і наведені в табл.5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, ккал/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 30 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (ккал/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни;нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання

інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

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. Визначення області працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС

Існує ймовірність впливу на пристрої СЕП електромагнітних та іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на електро-радіоелементи викликає зворотні та незворотні процеси, внаслідок яких може бути порушена робота елементів схеми, що призводить до виходу з ладу апаратури.

Надзвичайна ситуація є наслідком сукупності виняткових обставин, що склалися у відповідній зоні в результаті надзвичайної події техногенного, природного, антропогенного та воєнного характеру, а також під впливом можливих надзвичайних умов.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України і здійснювати негативний вплив на функціонування об'єктів економіки та життєдіяльність населення, поділяються за такими основними ознаками: за сферою виникнення; за галузевою ознакою; за масштабами можливих наслідків.

Проникаюча радіація - це гамма-випромінювання і потік нейтронів. Ступінь тяжкості променевого ураження головним чином залежить від поглиненої дози. При дії проникаючої радіації на людей може виникнути променева хвороба різного ступеня. Матеріали, що володіють захисними властивостями, активно використовуються в будівництві захисних споруд.

Радіоактивне забруднення є четвертим фактором, на який припадає близько 10 % енергії ядерного вибуху. Під час ядерного вибуху утворюється велика кількість радіоактивних речовин, які, осідаючи з димової хмари на поверхню землі, забруднюють повітря, місцевість, воду, а також всі предмети, що знаходяться на ній, споруди, лісові насадження, сільськогосподарські культури, урожай, незахищених людей і тварин.

При проходженні потоку гамма-опромінення через елементи РЕА, в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до збою в роботі пристрою.

Особливо чутливими до радіації елементами є елементи з високим вмістом металів, яким в свою чергу властива висока концентрація вільних носіїв зарядів.

Таким чином радіація в РЕА викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, що залежать від проходження процесів іонізації, порушення структури матеріалів, що призводить до пошкодження апаратури.

Під час дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ) у тілах, що проводять електричний струм на частку секунди (час дії ЕМІ) виникає імпульс електричного струму і з'являється різниця потенціалів відносно землі. Під дією цих напруг може відбутись пошкодження РЕА, ліній зв'язку, вихід з ладу запобіжників і т.д.

5.3.1 Визначення області працездатності СЕП в умовах дії іонізуючого випромінювання

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки

(діелектрики, смоли та інші). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Визначаємо потужність експозиційної дози для кожного елементу і знаходимо елемент, який найбільш чуттєвий до дії іонізуючого випромінювання.

Таблиця 5.6 – Стійкість елементів до радіації.

№	Блоки елементів	Елементи РЕА СЕП	Найменування	Ргр.і, р/год	Ргр, р/год
1	Основний пристрій	Конденсатори	K50-35, K10-17	10^5	10^4
		Резистори	C2-23	10^6	
		Транзистори	КТ3102А	10^5	
		Мікросхеми	FT232RL, AT24C512	10^4	
2	Система керування	Діоди	АЛ307	10^5	10^5
		Сенсорна панель	SBL6	10^5	

Аналізуючи дані таблиці, визначаємо, що найбільшого впливу зазнають мікросхеми та діелектричні матеріали. В них незворотні дії виникають при рівні p_i , яка для пристрою в цілому є граничною, отже, $p_{гран}=10^4$ Рад/с.

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовують значення рівня радіації гамма-випромінювання, яке розраховується за формулою:

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [P / год], \quad (5.1)$$

де $p_{гран}$ – межа стійкості роботи СЕП, Рад/с;

K_H – коефіцієнт надійності елементної бази, $K_H = 0,9 \dots 0,95$,

приймаємо $K_H = 0,92$;

$K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення радіації, із завдання: $K_{посл} = 2$.

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 (P / год).$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{доп} = \frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.2)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{10^4 \cdot 7 + 2 \cdot 17,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 17,8} = 1967,2921 \text{ год}$$

5.3.2 Визначення області працездатності в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи пристрою в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де U_Γ – напруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань горизонтальних струмопровідних частин плати, В;

U_∂ – допустиме коливання напруги живлення, В.

Визначасмо допустиме коливання напруги живлення

$$U_\partial = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot \Delta \quad (5.4)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення СЕП ($U_{\text{ж}} = 30\text{В}$);

N - допустиме коливання напруги живлення ($N \pm 5\%$).

$$U_\partial = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Плата пристрою розташована в горизонтальній площині. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях з рівності:

$$20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} = 40 \quad (5.5)$$

$$U_\Gamma = \frac{U_\partial}{100} [\text{кВ}], \quad (5.6)$$

$$U_\Gamma = \frac{31,5}{100} = 0,315 \text{ (кВ)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_\Gamma = E_B \cdot l_\Gamma, \quad (5.7)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_\Gamma}{l_\Gamma} [\kappa B / м], \quad (5.8)$$

де l_Γ – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми, м ($l_\Gamma = 0,1$ м).

$$E_B = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 (\kappa B / м).$$

Згідно з розрахунками СЕП здатна працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при напруженості вертикальної складової електричного поля $E_B \leq 3,15$ кВ/м.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що СЕП здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до $1,84 \cdot 10^4$ Р /год.

Також в даному розділі було визначено область працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елементу, яка в цілому для пристрою є граничною і складає: $p_{гран} = 10^4$ Р/год.

5.4 Висновки до розділу 5

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи підприємства.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що СЕП підприємства здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до $1,84 \cdot 10^4$ Р /год.

Також, в даному розділі було визначено область працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елементу, яка в цілому для пристрою є граничною і складає: $p_{гран}=10^4$ Р/год.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі було проведено розрахунки й прийнято рішення по створенню ефективної системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в м. Ладижин з встановленою сумарною потужністю 650 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії. В роботі розроблені наступні рішення з електропостачання виробництва:

- прокладання повітряної лінії ПЛ-10 кВ від опори № 6, ПЛ-10 кВ, Ф-5 ПС «Ладижин»;
- встановлення КТП-10/0,4 кВ закритого типу (силовий трансформатор ТМ потужністю 1000 кВА);
- встановлення компенсуючих пристроїв з автоматичним регулюванням (конденсаторна установка УК-Е-0,4-200/6-10-21УЗ потужністю 200 кВАр);
- встановлення АСКОВЕ в РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Підприємство по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок використовує для своєї роботи теплову енергію. Тут встановлено парогенератор типу ДКВР-10/13 та один котел типу КБНГ-2,5. Проведений аналіз існуючої теплової схеми показав, що ККД складає 74%. Витрати робочого палива (природного газу) на водогрійний і паровий котел становлять відповідно 0,3 і 0,099 кг/с. Такі витрати є значними і показують велику кількість втрат тепла.

Теплова схема модернізованої котельні буде відрізнятися від існуючої тим, що буде встановлений турбоагрегат ПВМ-250 призначений для виробітку електроенергії. Турбоагрегат ПВМ-250 забезпечує:

- виробництво дешевої електричної енергії;
- підвищення ефективності використання палива, перехід до когенерації на котельні;

- утилізація енергії дроселюючого пару (енергозбереження);
- забезпечення стійкої роботи котельні в умовах відключення зовнішнього енергопостачання та захист від розморожування систем опалення в зимовий час;
- виробіток додаткової механічної енергії для привода допоміжних механізмів котельні: насосів, димососів, вентиляторів.

Термін окупності турбоагрегату ПВМ-250 – 0,23 роки.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 705 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. Харків: Міненерговугілля України, 2017. 617с.
2. ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77094 (дата звернення 16.11.2024)
3. ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=25837 (дата звернення 16.11.2024)
4. РД 153-34.0-15.501-00 «Методичні вказівки по контролю і аналізу якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Частина 1. Контроль якості електричної енергії»: веб-сайт. URL: https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94_153-34.0-15.501-00 (дата звернення 16.11.2024)
5. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 122 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних завантажень». веб-сайт. URL: <https://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf> (дата звернення 16.11.2024)
7. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
8. Камінський А. В., Мокін Б. І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія. Вінниця: Універсум Вінниця, 2005. 122с.
9. Каталог конденсаторних установок: веб-сайт. URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 16.11.2024)
10. Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 16.11.2024)
11. Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення 16.11.2024)
12. Експлуатація освітлювальних установок: веб-сайт. URL: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html (дата звернення 16.11.2024)

13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / за ред. Ю.Г.Барыбин. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 464 с.

14. Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу Електричні системи і мережі: веб-сайт. URL: http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html (дата звернення 16.11.2024)

15. Правила установки электроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.

16. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: веб-сайт. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 16.11.2024)

18. ГОСТ 12.0.003 - 74. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=48127 (дата звернення 16.11.2024)

19. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=6264 (дата звернення 16.11.2024)

20. ДНАОП 0.03-3.01-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=22186 (дата звернення 16.11.2024)

21. ГОСТ 12.1.008-83. Шум. Загальні вимоги безпеки: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48130 (дата звернення 16.11.2024)

22. СН 32.23-85. Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях: веб-сайт. URL: https://dnaop.com/html/43077/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_3223-85 (дата звернення 16.11.2024)

23. ГОСТ 12.1.012.-90. Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48132 (дата звернення 16.11.2024)

24. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. : веб-сайт. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/95.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-28-2006.%20%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%20%D1%96%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5%>

20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf (дата звернення 16.11.2024)

25. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення 16.11.2024)

26. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125> (дата звернення 16.11.2024)

27. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: веб-сайт. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 16.11.2024)

28. ДСТУ Б В.1.1-36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек: веб-сайт. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (дата звернення 16.11.2024)

29. ДБН В.1.1-7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf (дата звернення 16.11.2024)

30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 16.11.2024)

31. ГОСТ 12.1.030-81. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення : веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=7051 (дата звернення 16.11.2024)

32. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

33. 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. [Чинний від 2007-12-01]. 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->.

34. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

35. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
36. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
37. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
38. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
39. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
40. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infravzuku-nor4878.html>.
41. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
42. Войтишен Р.В., Шулле Ю.А. Підвищення енергоефективності підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок. LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2025) Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22978/18950> (дата звернення: 19.12.2024).

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” 2024 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЦТВА
СИРОВИНИ КОСМЕТИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК
ПО ВУЛ. ХЛІБЗАВОДСЬКА, 27, МІСТО ЛАДИЖИН.**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю. А.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-23м

Войтишен Р. В.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №310 від 17.09.2024.

Дата початку роботи 17.09.2024р.

Дата закінчення роботи 10.12.2024

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

а) мета - розробка системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27, місто Ладижин;

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи;

в) вихідні дані для виконання МКР: відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Енергетичний менеджмент») / Уклад. О. В. Бабенко, Ю. А. Шулле. Вінниця : ВНТУ, 2023. 52 с.

3.2 Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук. Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.

3.3 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. Х : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	17.09.2024	20.09.2024
4.2 Проведення необхідних розрахунків	20.09.2024	20.10.2024
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.2024	17.11.2024
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.2024	10.12.2024

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

Додаток Б

ВИХІДНІ ДАНІ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладизин із встановленою сумарною потужністю 650 кВт.

Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії.

В роботі передбачено розроблення наступних рішення з електропостачання виробництва:

- прокладання повітряної лінії ПЛ-10 кВ від опори № 6, ПЛ-10 кВ, Ф-5 ПС «Ладизин»;
- встановлення КТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- встановлення АСКОВ в РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ;
- встановлення компенсуючих пристроїв з автоматичним регулюванням згідно розрахункових навантажень;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Керівник роботи	Шулє Ю. А.
_____	_____
(підпис)	(прізвище, ініціали)

Додаток Г

ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

Розробка системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27, місто Ладижин

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕМ-23м

Войтишен Руслан Валерійович

Керівник Щулле Юлія Анрівна

Вінниця ВНТУ – 2024

Актуальність роботи. Сучасні системи електропостачання (СЕП) промислових підприємств забезпечують необхідну надійності електропостачання та економію електроенергії. Виконання таких важливих завдань забезпечується: лініями електропередач, трансформаторними підстанціями, розподільними пристроями, комутаційними апаратами, пристроями для підтримки якості електроенергії, засобами регулювання напруги.

Мета роботи: розробка системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин.

Основні задачі: оптимальний вибір схем електропостачання виробництва, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

Об'єкт роботи: процес споживання електроенергії підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин.

Предмет роботи: методи та засоби, що використовуються для оптимального розрахунку системи електропостачання підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин.

Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи. За рахунок використання сучасних методів розрахунку та застосування сучасного електротехнічного обладнання, для забезпечення технологічного процесу підприємства, розроблена система електропостачання задовольняє вимогам надійності та безперебійності живлення виробництва. Модернізація теплової схеми підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок дозволяє значно скоротити витрати на енергію.

Практична цінність магістерської кваліфікаційної роботи. Практична цінність МКР полягає у забезпеченні надійного і безперебійного електропостачання підприємства по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин, сприяє енергоефективності, знижує витрати на енергію й дозволяє дотримуватися нормативів безпеки та стандартів електробезпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в місті Ладижин із встановленою сумарною потужністю 650 кВт.

Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії.

Сучасне виробництво сировини для косметичних засобів та біологічно активних добавок (БАД) є складним процесом, що включає кілька ключових аспектів: вибір сировини, технологічні процеси, контроль якості та дотримання нормативних вимог.

Для виробництва косметики та БАД використовують різноманітні інгредієнти:

- **Натуральні компоненти:** рослинні екстракти, ефірні олії, натуральні воски та інші речовини, отримані з природних джерел. Важливо, щоб ці інгредієнти не містили генетично модифікованих організмів (ГМО) та були отримані без шкоди для навколишнього середовища.

- **Синтетичні компоненти:** хімічні сполуки, створені для забезпечення стабільності, ефективності та безпеки продукту.

Виробництво косметичних засобів та БАД включає кілька етапів:

1. Підготовка сировини: зважування, розчинення, фільтрація та інші процеси, необхідні для підготовки інгредієнтів до змішування.

2. Змішування: ретельне поєднання компонентів для отримання однорідної маси. Цей етап є критичним, оскільки від нього залежить якість кінцевого продукту.

3. Гранулювання та таблетування (для БАД): формування гранул або таблеток із підготовленої маси.

4. Фасування та пакування: розподіл готового продукту в упаковки, що забезпечують зручність використання та збереження якості.

На всіх етапах виробництва здійснюється суворий контроль якості:

- **Мікробіологічний аналіз:** перевірка на наявність шкідливих мікроорганізмів.

- **Фізико-хімічний аналіз:** оцінка параметрів, таких як рН, в'язкість, стабільність та інші.

- **Органолептичний аналіз:** оцінка зовнішнього вигляду, запаху, кольору та інших сенсорних характеристик.

Таким чином, сучасне виробництво сировини для косметичних засобів та біологічно активних добавок є багатогранним процесом, що вимагає інтеграції наукових знань, технологічних навичок та суворого дотримання стандартів якості.

3

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір оптимальної потужності силового трансформатора

Враховуючи дозволена потужність – 650 кВт, виконаємо розрахунок для даного випадку:

$$S_{\text{т.ном}} = \frac{P_{\text{н}}}{k_z \cdot \cos \varphi} = \frac{650}{0.8 \cdot 0.96} = 846,35 \text{ (кВА)}.$$

Дійсне значення номінальної потужності трансформатора $S_{\text{т.ном}}$ приймається як найближче до $S_{\text{т.ном розр}}$ за стандартною шкалою номінальних потужностей силових трансформаторів.

Отже, згідно із проведеним розрахунком обираємо силовий трансформатор ТМ потужністю 1000 кВА.

Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Вибір і перевірку електротехнічного обладнання проводимо із врахуванням можливого максимального навантаження $S_{\text{ном}} = 650$ кВт. Пропонується встановлення роз'єднувача типу РЛНДз-10/400-УЗ.

Технічні характеристики роз'єднувачів 10 кВ типу РЛНДз-10/400-УЗ

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальний струм $[I_{\text{ном.р}}]$, А	400
Номінальна робоча напруга $[U_{\text{ном.р}}]$, кВ	10
Найбільша робоча напруга $[U_{\text{макс.р}}]$, кВ	12
Струм термічної стійкості $[I_{\text{терм.р}}]$, кА	10
Кількість заземлюючих ножів	1
Час протікання струму термічної стійкості, с:	
– для головних ножів	3
– для ЗН	1
Струм динамічної стійкості $[I_{\text{дин.р}}]$, кА	25

Згідно із результатами перевірки роз'єднувачів 10 кВ типу РЛНДз-10/400-УЗ відповідає характеристикам та потужності.

4

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір запобіжників в КТП-10/0,4 кВ

У якості захисних апаратів трансформаторів по стороні 10 кВ пропонуються запобіжники типу ПКТ-012-10-50-31,5 із характеристиками: $U_n=10$ кВ, $I_n=50$ А, $I_{відк}=31,5$ кА.

Виконаємо перевірку:

- за номінальною напругою:
 $U_{ном.м.} \geq U_{ном.р.}; 10 \text{ (кВ)} \geq 10 \text{ (кВ)};$
- за максимальним струмом навантаження:
 $I_n \geq I_{р.маж.}; 50 \text{ (А)} \geq 39,14 \text{ (А)};$
- за струмом відключення:
 $I_{відк} \geq I_{по}; 31,5 \text{ (кА)} \geq 2,93 \text{ (кА)}.$

Згідно із результатами перевірки запобіжники відповідають характеристикам та потужності.

Ввідні комутаційні апарати 0,4 кВ

У якості ввідних комутаційних апаратів, враховуючи, що зі сторони 10 кВ силових трансформаторів встановлено запобіжники, а у лінійних комірках 0,4 кВ власні автоматичні вимикачі, пропонується встановити роз'єднувачі типу РЕ-1943 з наступними характеристиками $U_n=1000$ В, $I_n=1600$ А, $I_{відк}=20$ кА

Виконаємо перевірку:

- за номінальною напругою:
 $U_{ном.м.} \geq U_{ном.р.}; 1000 \text{ (В)} \geq 380 \text{ (В)};$
- за максимальним комутаційним струмом:
 $I_{по,доп} \geq I_{по,розр.}; 20 \text{ (кА)} \geq 12,8 \text{ (кА)};$
- за термічною стійкістю:
 $B_K \leq I_{терм.в.}^2 \cdot t_{терм.в.}; 2500 \text{ (кА} \cdot \text{с}^2) \leq 491 \text{ (кА} \cdot \text{с}^2);$
- за електродинамічною стійкістю:
 $i_{дин.р.} \geq i_{уд.}; 100 \text{ (кА)} \geq 30 \text{ (кА)}.$

6

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ

В роботі передбачається встановлення у якості ОПНп-10 кВ обмежувачів перенапруг типу ОПНп-10/12.

Технічні характеристики високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12

Найменування параметра	Значення параметра
Найбільша тривало допустима робоча напруга [$U_{нр.опн}$], кВ	12
Номінальна напруга [$U_{ном.опн}$], кВ	10
Струм спрацювання протививбухового пристрою ОПН [$I_{зах.ОПН}$], кА	10
Залишкова напруга при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 5 кА	36
Залишкова напруга при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 500 А	31
Клас розряду лінії	2

Згідно із результатами перевірки високовольтний нелінійний обмежувач перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12 відповідає характеристикам та потужності.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір потужності конденсаторної установки

Для визначення ємності реактивної потужності Q_c , необхідної для досягнення заданого $\cos \varphi$, використаємо формулу:

$$P_{вст} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2),$$

де $P_{вст}$ – встановлена потужність електроприймачів;

φ_1, φ_2 – кути здвигу фаз.

$$P_{вст} = P_{зам} = 650 \text{ (кВт)}$$

Повну потужність електроприймачів визначаємо за формулою:

$$S_{вст} = P_{вст} / \cos \varphi = 650 / 0,86 = 755,81 \text{ (кВАр)};$$

$$\varphi_1 = 0,96, \text{ для нього } \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,59$$

Прийнемо нормативний $\cos \varphi_2 = 0,96$, тоді $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,29$.

Обираємо конденсаторну установку УК-Е-0(4-200/6-10-21УЗ потужністю 200 кВАр.

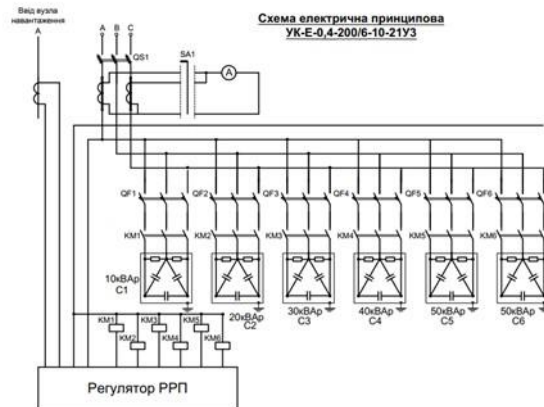
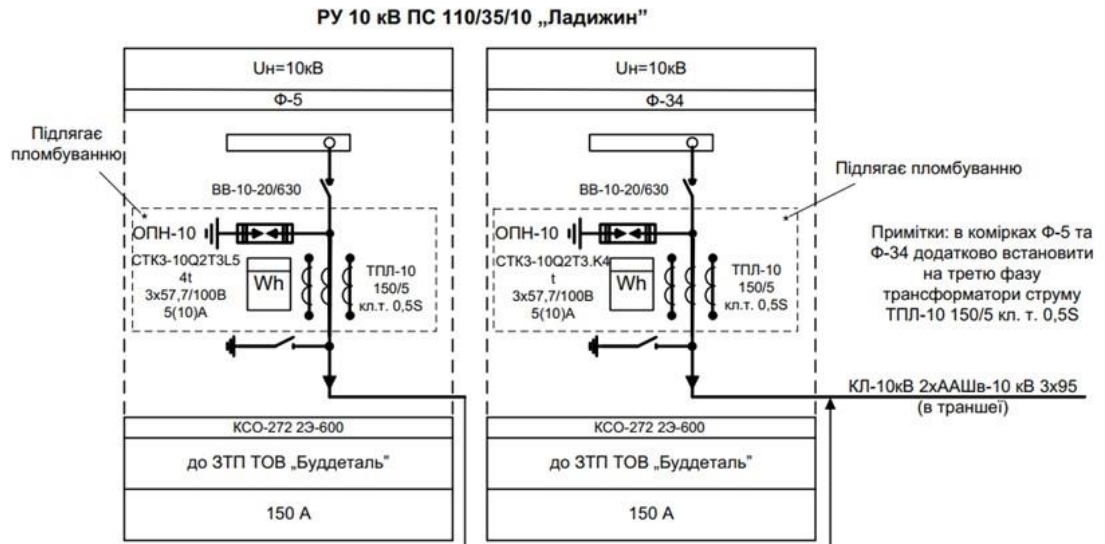


Схема підключення конденсаторної установки

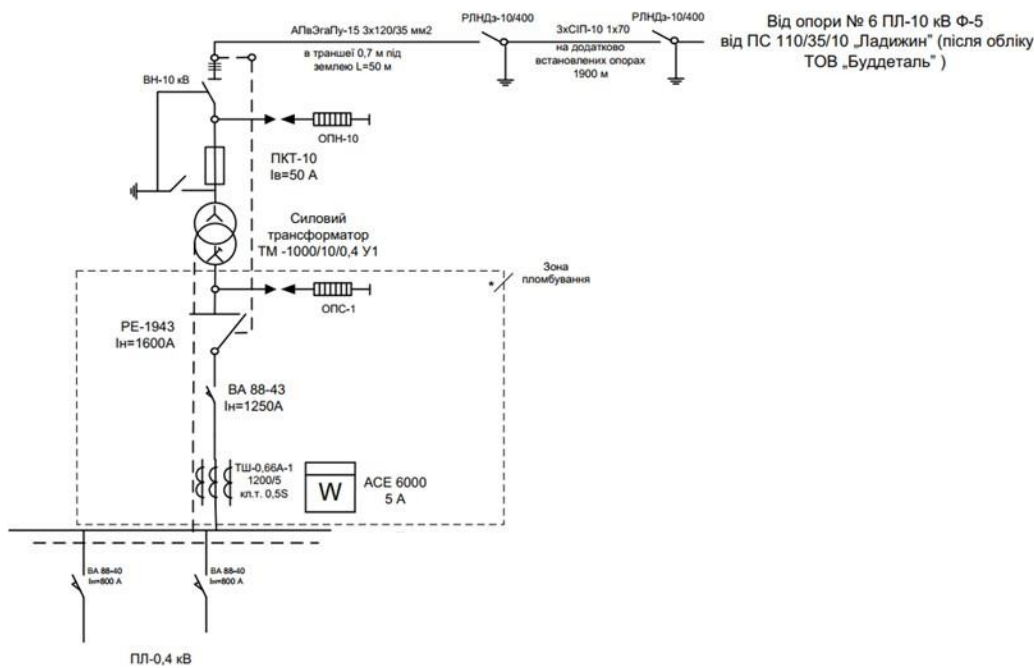
7

Схема електрична однолінійна РУ-10кВ ПС 110/35/10 «Ладизин»



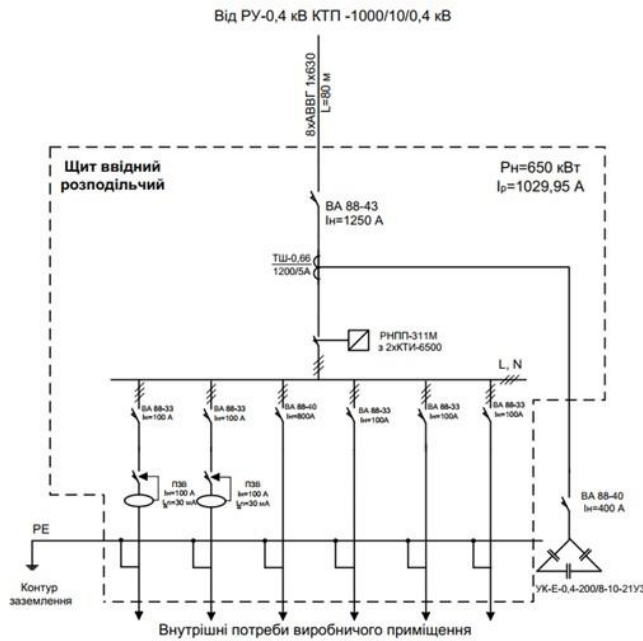
8

Схема електрична однолінійна комплектної трансформаторної підстанції



9

Схема електрична однолінійна ввідно-розподільного щита ВРЩ-0,4кВ



10

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ПО ВИРОБНИЦТВУ СИРОВИНИ КОСМЕТИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК

Енергозбереження є ключовим аспектом для виробництва косметичної сировини та біологічно активних добавок (БАД), оскільки ці процеси потребують значної кількості енергії, особливо для нагріву, охолодження, стерилізації та роботи автоматизованих систем. Розглянемо можливі шляхи та методи енергозбереження в енергетичній та тепловій сферах для обох типів виробництва.

Розглянемо шляхи енергозбереження у виробництві косметичної сировини.

Електроенергетика:

1. Перехід на відновлювані джерела енергії.
2. Впровадження систем управління енергоспоживанням (EMS).
3. Оптимізація освітлення.
4. Ефективні двигуни.

Теплоенергетика:

1. Використання рекуператорів тепла.
2. Перехід на низькотемпературні процеси.
3. Ізоляція обладнання.
4. Системи регенерації тепла.

Розглянемо шляхи енергозбереження у виробництві БАД.

Електроенергетика:

1. Оптимізація роботи компресорів.
2. Розумне керування енергоспоживанням.
3. Інтеграція когенераційних установок.
4. Використання відновлюваних джерел енергії.

Теплоенергетика:

1. Використання багатоступеневих сушарок.
2. Оптимізація процесів нагріву.
3. Теплові насоси.
4. Утилізація тепла від обладнання.

Інтеграція загальних енергозберігаючих рішень для обох типів виробництв:

1. Енергетичний аудит. Проведення енергетичного аудиту допоможе ідентифікувати найбільш енергоємні процеси та запропонувати рішення для зниження енергоспоживання.

2. Рекуперация енергії. Використання теплових або електричних систем для повторного використання енергії (наприклад, для охолодження після нагрівання).

3. Автоматизація виробництва. Автоматичний контроль температури, часу роботи обладнання та регулювання потужності дозволяє уникнути перевитрат енергії.

4. Зонування виробничих приміщень. Використання окремих зон із різними температурними режимами дозволяє зменшити потребу в загальному нагріві або охолодженні.

5. Екофрендлі підходи. Використання біопалива для забезпечення роботи теплогенераторів. Установки зелених дахів, які зменшують витрати на охолодження приміщень улітку.

Ці рішення допоможуть не лише зменшити енергоспоживання, а й знизити витрати на виробництво, одночасно забезпечуючи екологічність процесів. ¹¹

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПІДПРИЄМСТВА ПО ВИРОБНИЦТВУ СИРОВИНИ КОСМЕТИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК

Підприємство по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок використовує для своєї роботи теплову енергію. Тут встановлено парогенератор типу ДКВР-10/13 та один котел типу КБНГ-2.5.

Проведений аналіз існуючої теплової схеми показав, що ККД складає 74%. Витрати робочого палива (природного газу) на водогрійний і паровий котел становлять відповідно 0,3 і 0,099 кг/с. Такі витрати є значними і показують велику кількість втрат тепла.

Теплова схема модернізованої котельні буде відрізнятися від існуючої тим, що буде встановлений турбоагрегат ПВМ-250 призначений для виробітку електроенергії. Дана модернізація спрямована на зменшення плати за електроенергію.

На сьогоднішній день котельні виробляючи пару й гарячу воду самі є споживачами електроенергії, хоча мають потенційну енергію надлишкового тиску пари, яка корисно не використовується. Важливо, що для таких котельнь, перебої з одержанням електроенергії ззовні ведуть до зупинки всіх обслуговуючих агрегатів і систем керування, а отже до повної зупинки котельні, що в зимовий час приводить до розморожування всієї мережі, що живиться від цієї котельні.

Турбоагрегат ПВМ-250 забезпечує:

- виробництво дешевої електричної енергії;
- підвищення ефективності використання палива, перехід до когенерації на котельні;
- утилізація енергії дроселюючого пару (енергозбереження);
- забезпечення стійкої роботи котельні в умовах відключення зовнішнього енергопостачання та захист від розморожування систем опалення в зимовий час;
- виробіток додаткової механічної енергії для привода допоміжних механізмів котельні: насосів, димососів, вентиляторів.

Порівняльні річні показники роботи базової і модернізованої котельні

№	Показники	Котельня	
		Базова	Модернізована
1	Витрати на електроенергію, млн.грн	28,47	21,54
2	Загальні витрати на встановлення обладнання, млн.грн	-	1,625
3	Термін окупності, рік	-	0,23

Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 705 коп/кВт·год.

Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	799875,53	64,86
Витрати на поточний ремонт	103272,88	8,37
Витрати на амортизацію	83443,50	6,77
Інші витрати	246647,98	20,00
Разом	1233239,89	100,00

Результати розрахунків основних економічних показників спроектованої СЕП

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Еа	2600000,00	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	2631730,80	кВт·год
Плата за електроенергію	П	17106250,19	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	Сп	1233239,89	грн
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	18339490,08	грн
Собівартість електроенергії	S	705,37	коп/кВт·год

13

Висновок

У магістерській кваліфікаційній роботі було проведено розрахунки й прийнято рішення по створенню ефективної системи електропостачання виробництва сировини косметичної та біологічно активних добавок по вул. Хлібзаводська, 27 в м. Ладижин з встановленою сумарною потужністю 650 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 3-ї категорії. В роботі розроблені наступні рішення з електропостачання виробництва:

- прокладання повітряної лінії ПЛ-10 кВ від опори № 6, ПЛ-10 кВ, Ф-5 ПС «Ладижин»;
- встановлення КТП-10/0,4 кВ закритого типу (силовий трансформатор ТМ потужністю 1000 кВА);
- встановлення компенсуючих пристроїв з автоматичним регулюванням (конденсаторна установка УК-Е-0,4-200/6-10-21УЗ потужністю 200 кВАр);
- встановлення АСКОВ в РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Підприємство по виробництву сировини косметичної та біологічно активних добавок використовує для своєї роботи теплову енергію. Тут встановлено парогенератор типу ДКВР-10/13 та один котел типу КБНГ-2,5. Проведений аналіз існуючої теплової схеми показав, що ККД складає 74%. Витрати робочого палива (природного газу) на водогрійний і паровий котел становлять відповідно 0,3 і 0,099 кг/с. Такі витрати є значними і показують велику кількість втрат тепла.

Теплова схема модернізованої котельні буде відрізнятись від існуючої тим, що буде встановлений турбоагрегат ПВМ-250 призначений для виробітку електроенергії. Турбоагрегат ПВМ-250 забезпечує:

- виробництво дешевої електричної енергії;
- підвищення ефективності використання палива, перехід до когенерації на котельні;
- утилізація енергії дроселюючого пару (енергозбереження);
- забезпечення стійкої роботи котельні в умовах відключення зовнішнього енергопостачання та захист від розморожування систем опалення в зимовий час;
- виробіток додаткової механічної енергії для привода допоміжних механізмів котельні: насосів, димососів, вентиляторів.

Термін окупності турбоагрегату ПВМ-250 – 0,23 роки.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 705 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

14