

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

Магістерська кваліфікайна робота на тему:
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМУНАЛЬНОГО
ПІДПРИЄМСТВА “ХМІЛЬНИКВОДОКАНАЛ”

Виконав: студент 2–го курсу, групи
ЕСЕ– 22м

Освітня програма: «Електротехнічні
системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Володимир ШЕЛЕСТІЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Олексій БАБЕНКО

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2024 р.

Опонент к.т.н., ст. вик. каф. ЕСС

Сікорська О.В.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

«11» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
Шелестію Володимирі Васильовичу

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності комунального підприємства «Хмільникводоканал».

керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затверджені наказом 81 від «11» березня 2024 року.

Строк подання студентом роботи «12» червня 2024 року.

Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; основні техніко-економічні показники.

Зміст розрахунково- пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. характеристики підприємства та режимів електроспоживання
2. визначення параметрів системи електропостачання на КП «Хмільникводоканал»
3. оптимізація заходів з енергозбереження в системі електропостачання підприємства
4. Економічна частина роботи
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

Перелік графічного матеріалу

- Генеральний план підприємства
- Однолінійна схема

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальний розділ роботи	Бабенко О.В., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулє Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		
Нормоконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання «18» 03 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Характеристики підприємства та режимів електроспоживання	18.03-18.04	вик
2	Визначення параметрів системи електропостачання на підприємстві «Публічне акціонерне товариство «Хмельницький елеватор»	18.04-01.05	вик
3	Оптимізація заходів з енеоргозбереження в системі електропостачання підприємства	01.05-18.05	вик
4	Економічна частина роботи	18.05-30.05	вик
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.05-5.06	вик

Студент

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Нормоконтроль

(підпис)

(підпис)

(підпис)

Володимир ШЕЛЕСТІЙ
(прізвище та ініціали)Олексій БАБЕНКО
(прізвище та ініціали)Юрій ВОЙТЮК
(прізвище та ініціали)

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

Магістерська кваліфікайна робота на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМУНАЛЬНОГО
ПІДПРИЄМСТВА “ХМІЛЬНИКВОДОКАНАЛ”**

Виконав: студент 2–го курсу , групи
ЕСЕ– 22м

Освітня програма: «Електротехнічні
системи електроспоживання»
(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Володимир ШЕЛЕСТІЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Олексій БАБЕНКО
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2024 р.

«___» _____ 2024 р.

Опонент _____

(прізвище та ініціали)
«___» _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«__» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
Шелестію Володимиру Васильовичу

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності комунального підприємства “Хмільникводоканал”.

керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затверджені наказом 81 від «11» березня 2024 року.

2. Строк подання студентом роботи «12» червня 2024 року.

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково– пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. характеристики підприємства та режимів електроспоживання

2. визначення параметрів системи електропостачання на КП «Хмільникводоканал»

3. оптимізація заходів з енеоргозбереження в системі електропостачання підприємства

4. Економічна частина роботи

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

– Генеральний план підприємства

– Однолінійна схема

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бабенко О.В., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулє Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		
Нормоконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання «18» 03 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристики підприємства та режимів електроспоживання	18.03-18.04	
2	Визначення параметрів системи електропостачання на підприємстві «Публічне акціонерне товариство «Хмельницький елеватор»	18.04-01.05	
3	Оптимізація заходів з енеоргозбереження в системі електропостачання підприємства	01.05-18.05	
4	Економічна частина роботи	18.05-30.05	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.05-5.06	

Студент

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Володимир ШЕЛЕСТІЙ

(прізвище та ініціали)

Олексій БАБЕНКО

(прізвище та ініціали)

Юрій ВОЙТЮК

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шелестій Володимир Васильович. Підвищення енергоефективності комунального підприємства “Хмільникводоканал”. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електротехнічні системи електроспоживання – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 83 с.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено деякі аспекти покращення енергоефективності підприємства за допомогою частотно-керованого електропривода. Дані, отримані під час практики на підприємстві, використані для аналізу електропостачання цехів, урахування параметрів лінії живлення та внутрішніх кабельних мереж тощо.

В межах науково-дослідної частини роботи проведено розрахунки зниження споживання електроенергії від встановлення частотних перетворювачів для керування електроприводом. Описано заходи з охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: частотні перетворювачі, кабельні лінії, асинхронні двигуни.

ANNOTATION

Volodymyr Vasyliovych Shelesty. Increasing the energy efficiency of the Khmilnykvodokanal utility company. Master's qualification work. Specialty 141 – Electrical systems of power consumption – Vinnytsia: VNTU, 2024 – 83 p.

Aspects of improving the energy efficiency of the enterprise with the help of a frequency-controlled electric drive were investigated in the master's qualification work. The data obtained during practice at the enterprise were used to analyze the power supply of shops, take into account the parameters of the power line and internal cable networks, etc. As part of the research part of the work, calculations were made to reduce electricity consumption from the installation of frequency interrupters to control the electric drive. Occupational health and safety measures in emergency situations are described.

Keywords: frequency converters, cable lines, asynchronous motors.

Figures – 14

Tables – 20

Bibliographies – 22

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	7
1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства.....	7
1.2 Відомості про режими електроспоживання на підприємстві.....	10
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	13
2.1 Розрахунок навантажень підприємства.....	13
2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП	18
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	21
2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ	24
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП	25
РОЗДІЛ 3 ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	29
3.1 Розрахунок компенсації реактивних навантажень	29
3.2 Визначення оптимального способу керування продуктивністю насосною установкою	33
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	36
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	36
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	38
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	40
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії.....	47
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	47
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	49

	3
4.5 Висновки до четвертого розділу	50
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.....	53
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті під час встановлення та обслуговування електрообладнання	53
5.1.2 Електробезпека.....	55
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	56
5.2.1 Мікроклімат.....	56
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	57
5.2.3 Виробниче освітлення.....	58
5.2.4 Виробничий шум.....	59
5.2.5 Виробничі вібрації.....	60
5.2.6 Психофізіологічні фактори	60
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	62
5.3.1 Визначення області працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії іонізуючих випромінювань	63
5.3.2 Визначення області працездатності СЕП КП «Хмільник водоканал» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	65
5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи СЕП КП «Хмільник водоканал» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	66
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ.....	73
Додаток А Технічне завдання.....	74
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових	

запозиченьь.....	77
Додаток В Графічна частина.....	78

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне електропостачання підприємства "Хмільникводоканал" суттєво залежить від проєктування системи електропостачання даного підприємства. У зв'язку з цим є актуальним акцент на виборі оптимальних систем живлення, новітнього електрообладнання та впровадження в експлуатацію сучасної провідниково-кабельної продукції, що має на меті покращення рівня надійності електропостачання, а також якості електроенергії в мережах підприємства [1-11].

Правильному вибору та поєднанню системи електропостачання КП «Хмільникводоканал» в великій мірі сприяють ефективній роботі підприємства. Отже, вибір ефективних систем для живлення, застосування сучасного електрообладнання, а також провідниково-кабельної продукції, підвищення надійності електропостачання та застосування частотно-керованого електропривода в мережах підприємств є надзвичайно важливими.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розроблення та обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності підприємства.

Об'єкт дослідження – система електропостачання та насосні установки підприємства «Хмільникводоканал».

Предмет дослідження – витрати електроенергії насосними установками та втрати електроенергії в системі електропостачання КП «Хмільникводоканал».

Методи досліджень. У магістерській кваліфікаційній роботі використано загально прийняті математичні методи розрахунку, а також метод поелементних розрахунків під час розрахунку втрат електроенергії в електричній мережі.

Наукова новизна. Обґрунтовано ефективність застосування частотних перетворювачів, що дозволяє знизити споживання електроенергії електроприводами насосів і втрати електроенергії в лініях живлення.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені розрахунки дозволяють пропонувати КП «Хмільникводоканал» використовувати частотно-керованих електроприводів.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Теоретичні положення та вагомі практичні результати здійсненого дослідження було обговорено на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ у 2024 р.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства

КП «Хмільникводоканал» з 1969 р. забезпечує питною водою усіх жителів м. Хмільник. Джерелом водопостачання є ріка Південний Буг. Для підготовки води виконана водопровідна станція загальною потужністю 13,5 тис.м³ за добу. Вода транспортується до споживачів по мережі водопроводу, загальна довжина котрої складає 101400 метрів. Для очистки стічних вод у 1974 р. введено в дію очисні споруди каналізації з потужністю 10,0 тис.м³ за добу. Для перекачки стоків побудовано 3 каналізаційні насосні станції – КНС-1, КНС-3, КНС-4. Стічні води транспортуються від споживачів по мережі каналізації, загальна довжина котрої складає 43 885 метрів.

Джерелом водопостачання є ріка Південний Буг. Потужність очисних споруд 13 450 м³ за добу. Сира вода з річки проходить у водоприймальний колодязь. Далі з нього електронасосами I-го підйому по двох водопроводах вода дається на змішувачі старого і нового блоку очисних споруд. У зв'язку зі зниженням рівня води, і також в період великих повіней у річці, силами підприємства у 80-х роках було побудовано поверхневий водозабір, від котрого подача води здійснюється безпосередньо у змішувач. В змішувачі сира вода з метою обеззараження змішується з розчином гіпохлориду натрія, а потім з реагентами, котрі сприяють подальшій очистці, оброблена вода надходить до освітлювачів. А далі подача освітленої води на фільтри виконується зверху вниз і надходить до резервуара з чистою водою (РЧВ). З РЧВ очищена вода, котра задовольняє вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, що призначена для споживання людиною», насосами II-го підйому по водопроводах потрапляє в місто споживачам. Знезараження води здійснюється гіпохлоридною установкою розчином оксидантів на базі гіпохлориду натрію котру в 2019 р введено в

експлуатацію. Гіпохлоридна установка в свою чергу є більш безпечною в порівнянні зі звичайним хлором. Гіпохлоридна установка призначена для екологічно чистого а також безпечного використання у системах очищення і дезінфекції питної води з метою підтримання прийнятних гігієнічних параметрів у відповідності з ДСанПіН 2.2.4-171-10 “ Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” . Для роботи установки використовується натуральна харчова кухонна сіль, яка відповідає ДСТУ 3583: 2015 “Сіль кухонна.” В якості реагенту для освітлення а також очищення води від твердих домішок різноманітної природи застосовується коагулянт.

Насосами другого підйому вода подається до споживачів по водопровідній мережі в м. Хмільник довжина яких складає 101400 метрів, в тому числі: магістральних водогонів, довжиною 15 600 м, водорозподільних мереж, довжиною 67 600 м, внутрішньо дворових мереж, довжиною 18200 м. Водогінна мережа складається переважно із чавунних та сталевих труб, зустрічаються також ділянки із поліетилену (ПЕ), збудовані протягом останніх років. Діаметр труб, які зустрічаються на водогінній мережі, від Ø 50 мм на водорозподільній мережі і до Ø 400 мм – це магістральний трубопровід із станції водопідготовки. За останні роки здійснено ряд робіт по заміні ділянок водогону. Завершена реконструкція водогону по вулиці Кутузова з переключення споживачів, перекладені водопроводи по вул.: Котляревського, Коцюбинського, Монастирській, Меморіальній, а також побудовано ділянку нового водопроводу по вулиці Шевченка. Виконано капітальний ремонт водогонів по вулиці Лугова, Марка Вовчка та ін. Щороку силами підприємства проводиться ремонт і заміна невеликих діаметрів засувок, але й цього недостатньо, тому вкрай необхідно провести заміну вузлових засувок великих діаметрів, і виконати капітальний ремонт колодязів та камер, у яких знаходиться ця запірна арматура.

Для підтримання стабільного тиску в мережі, безпосередньо в місті облаштовані ще насосні станції III-го підйому, а саме: ВНС по вулиці Пирогова, ВНС по вулиці Монастирська, ВНС по вулиці Декабристів, ВНС по вулиці

Слобідській. Перераховані насосні станції являються локальними та працюють автономно.

Загальна довжина каналізаційної мережі міста Хмільника становить 43885м, в тому числі:

- колектори головні 12040 м;
- колектори бічні 20060 м;
- мережі внутрішньо дворові 11300 м.

Самопливна каналізаційна мережа виконана із керамічних, залізобетонних, азбестоцементних і чавунних трубопроводів. Напірна мережа виконана переважно із чавуна. Зустрічаються також ділянки із азбесту та НПВХ, ПВХ. Діаметр даних трубопроводів, знаходяться у межах від Ø 100 мм до Ø 500 мм. На даний час проводиться реконструкція ще й напірного колектора Ø 300 мм від КНС-3 до ОСК. Централізованим водовідведенням є охоплено лише 40% населення м. Хмільника. Проектна потужність каналізаційних насосних станцій і очисних споруд дозволяє розширити обсяг послуг водовідведення практично до 100%, збільшувати кількість і протяжність каналізаційних мереж до приєднання нових споживачів.

КП «Хмільникводоканал» експлуатує 3 каналізаційні насосні станції (КНС), за допомогою яких вихідні стоки надходять до очисних споруд: КНС-1 по вулиці Тургенєва, КНС-3 по вулиці 1-го Травня, КНС-4 по вулиці Комарова.

КНС-3 по вул. 1-го Травня в 2017 році виконана реконструкція, встановлено енергозберігаюче обладнання, відновлена робота системи вентиляції. Змонтовано 3 насосні агрегати і це повністю забезпечує потреби КНС. Також здійснено ремонт внутрішніх приміщень, а також покрівлі та покращено зовнішній вигляд будівлі.

Очисні споруди забезпечують повну механічну і біологічну очистку змішаних побутових та промислових стоків з території міста Хмільника. Проектна пропускна спроможність споруд – 10 000 м³/добу, очищені стоки відводяться до р. Південний Буг відкритим бетонним каналом (що побудований у 2017 році).

З двох головних КН станцій неочищені стоки надходять у приймальну камеру. Звідти стоки потрапляють на змонтовані решітки, на котрих затримуються значні механічні забруднення. Залізобетонними каналами стоки надходять у два пісколовлювачі, де усуваються мінеральні забруднення, а потім через розподільчу камеру стічні води надходять у первинні відстійники. Біологічне очищення відбувається з використанням аеробних мікроорганізмів – активного мулу. Друга частина двокоридорного аеротенка – це є камера регенерації активного мулу, у котру він рециркулюється із вторинних відстійників. Повітря для процесу та допомоги при транспортуванні рідини поступає із станції повітродувки. З біологічного реактора стоки надходять до вторинного відстійника. Останній об'єкт технологічного процесу – це контактний резервуар, в якому стічні води додатково аеруються. Далі, уже очищені стічні води скидаються в річку Південний Буг по скидному відкритому залізобетонному каналу.

Якість води і стоків контролюється двома підрозділами хіміко-бактеріологічної спеціальної лабораторії підприємства, котрі відповідають всім критеріям на проведення вимірювань. Один підрозділ проводить дослідження якості для питної води, котрий знаходиться на водопровідній станції та підрозділ дослідження стічної води, котрий знаходиться безпосередньо на очисних спорудах каналізації. Вони оснащені відповідними приладами та допоміжним обладнанням, мірним посудом і реактивами, щоденно у лабораторії проводяться дослідження питної і стічної води.

1.2 Відомості про режими електроспоживання на підприємстві

Підприємство за ступенем надійності електропостачання відноситься до споживачів I категорії.

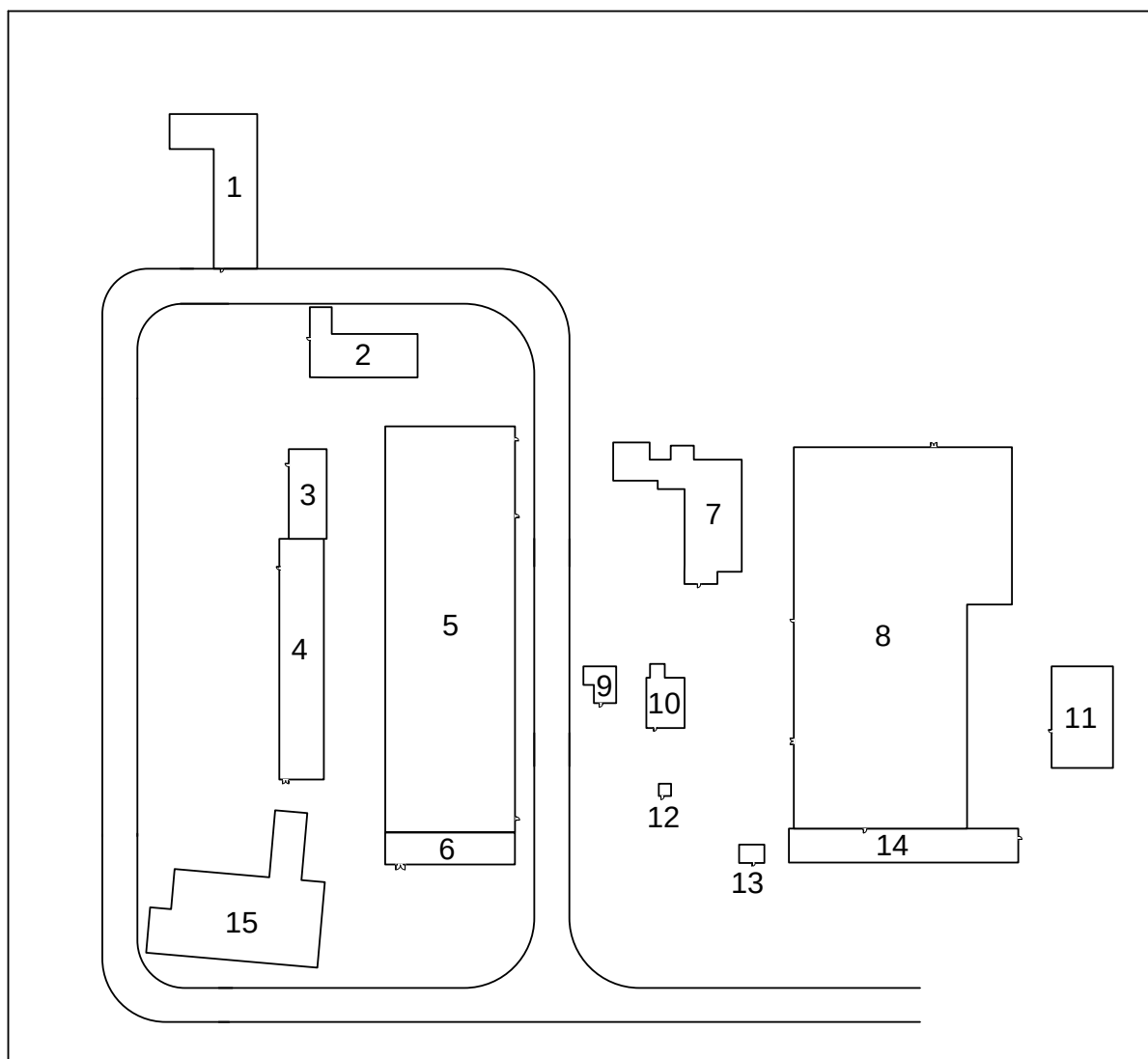


Рисунок 1.1 – Генплан публічного КП “Хмільникводоканал”

Таблиця 1.1–Відомості про електричні навантаження підприємства

№ по генплану	Найменування	Рн, кВт	Площа, м ²
1	Гараж із побутовими приміщеннями	2,7	673
2	Матеріальний склад	1	429
3	Склад для хімічної сировини	5,4	277
4	Склад для хлорних хімікатів	5	872
5	Виробничий корпус із підготовчим цехом	1624	4284
6	Будівля побутових приміщень	20	337
7	Котельня із чотирма котлами	160	772
8	Виробничий корпус із цехом КВПША, ВГМ	400	5951
9	Склад для хлорних хімікатів	5	83
10	Насосна станція ШРЗ №1	30	172
11	Насосна станція ШРЗ №2	50	508

12	Насосна станція над артезіанською свердловиною	12	12
13	Центральна прохідна	1	38
14	Адміністративно-промисловий корпус із їдальнею	1,2	635
15	Склад ремфонду	100	1308

Розглянемо електричне навантаження більш детально на прикладі виробничого корпусу. План виробничого корпусу зображено на рисунку 1.2, а відомості про електричні навантаження вказаного цеху зведено в таблицю 1.2.

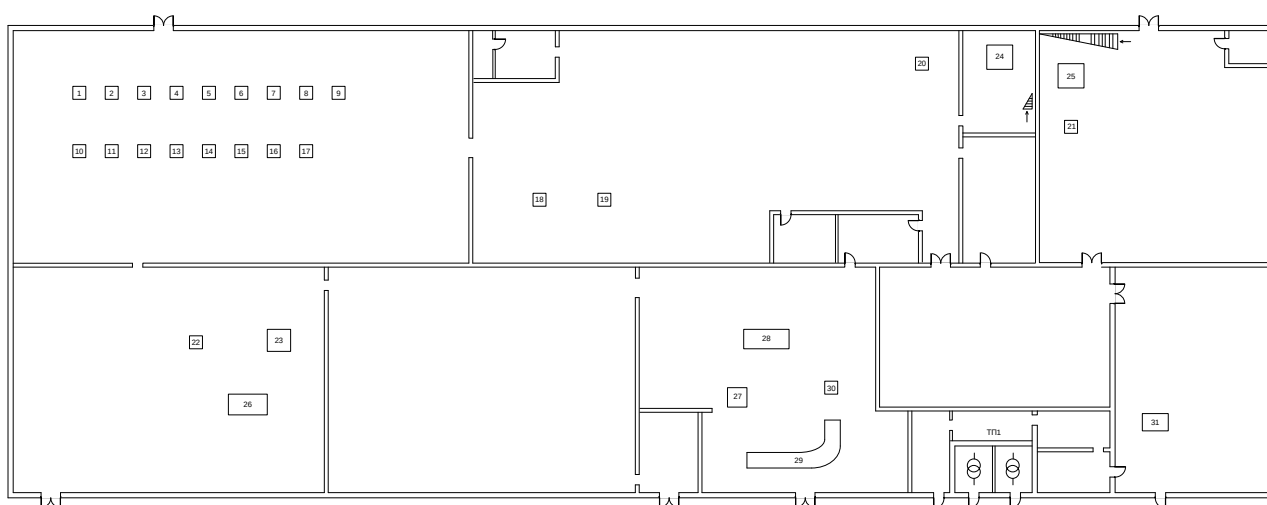


Рисунок 1.2 – Генеральний план виробничого корпусу

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження виробничого корпусу

№	Назва споживача	Потужність, кВт
1-17	Прес	17
18-22	Установка для дозування хлору	125
23	Установка ПД-2100	200
24-25	Змішувач	160
26	Установка для дозування хлору	50
27	Установка для хімреагентів	10
28	Автоклав	35
29	Лінія для хімреагентів	15
30	Шерохувальний станок	37
31	Компресор	45

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

При визначенні електричного навантаження підприємства дуже важливе правильне його визначення у всіх елементах мережі, оскільки заниження навантаження може призвести до неможливості доброго функціонування, як мережі в цілому, а також і окремих електроприймачів; а завищення – до невиправданих додаткових економічних витрат [1-3].

Визначення середніх і розрахункових навантажень здійснюється з використанням методів коефіцієнтів використання і попиту відповідно.

Розрахунки проводяться з використанням функцій робочого листа Excel, а використані розрахункові вирази відповідають алгоритму розрахунку відповідно до спрощеного методу коефіцієнта попиту.

Математична модель, що необхідна для розрахунку електричних навантажень, відповідно до вказаного методу наведена нижче:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 P_{H\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{H_i} \\
 \operatorname{tg}(\varphi)_i = \operatorname{tg}(\arccos(\varphi)_i) \\
 S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_i \\
 P_{o_i} = S_i \cdot k_{\text{по}_i} \cdot k_{\text{пра}_i} \cdot P_{\text{пит}_i} \\
 P_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{o_i} \\
 Q_{o_i} = P_{o_i} \cdot \operatorname{tg}(\varphi)_i \\
 Q_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{o_i} \\
 P_{c_i} = k_{B_i} \cdot P_{H_i} \\
 P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{c_i} \\
 Q_{c_i} = k_{B_i} \cdot P_{H_i} \cdot \operatorname{tg}(\varphi)_i \\
 Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{c_i} \\
 S_{c_i} = \sqrt{P_{c_i}^2 + Q_{c_i}^2} \\
 S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} \\
 P_{p_i} = k_{\Pi_i} \cdot P_{H_i} + P_{o_i} \\
 P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^n P_{p_i} - \sum_{i=1}^n P_{o_i} \right) \cdot K_o + \sum_{i=1}^n P_{o_i} \\
 Q_{p_i} = k_{\Pi_i} \cdot P_{H_i} \cdot \operatorname{tg}(\varphi)_i \\
 Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^n Q_{p_i} - \sum_{i=1}^n Q_{o_i} \right) \cdot K_o + \sum_{i=1}^n Q_{o_i} \\
 S_{p_i} = \sqrt{P_{p_i}^2 + Q_{p_i}^2} \\
 S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \\
 \rho_i = \frac{S_{p_i}}{S_i}
 \end{array} \right.$$

де P_{H_i} – номінальна активна потужність цеху i -го цеху, кВт;

$P_{H\Sigma}$ – активна сумарна номінальна потужність заводу, кВт;

$\cos(\varphi)_i$ - коефіцієнт акт. потужності i -го цеху;

$\operatorname{tg}(\varphi)_i$ - коефіцієнт реакт. потужності i -го цеху;

S_i - площа i -го цеху, м²;

S_{Σ} - сумарна площа усіх цехів заводу, m^2 ;

P_{o_i} - активна розрахункова потужність освітлення i -го цеху, кВт;

$k_{по_i}$ - коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження i -го цеху;

$k_{пра_i}$ - коефіцієнт втрат потужності у пускорегулювальній апаратурі;

$P_{пит_i}$ - питома потужність для освітлення i -го цеху, кВт;

$P_{o\Sigma}$ - сумарна розрахункова активна потужність для освітлення заводу, кВт;

Q_{o_i} - розрахункова реактивна потужність для освітлення i -го цеху, кВАр;

$tg(\varphi o)_i$ - коефіцієнт реактивної потужності для освітлення i -го цеху;

$Q_{o\Sigma}$ - сумарна розрахункова реактивна потужність для освітлення заводу, кВАр;

P_{c_i} - середня активна потужність для i -го цеху, кВт;

$k_{в_i}$ - коефіцієнт використання потужності для i -го цеху;

$P_{c\Sigma}$ - середня сумарна активна потужність заводу, кВт;

Q_{c_i} - середня реактивна потужність для i -го цеху, кВАр;

$Q_{c\Sigma}$ - середня сумарна реактивна потужність заводу, кВАр;

S_{c_i} - повна середня потужність i -го цеху, кВА;

$S_{c\Sigma}$ - середня сумарна повна потужність заводу, кВА;

P_{p_i} - активна розрахункова потужність i -го цеху, кВт;

$k_{п_i}$ - коефіцієнт попиту потужності для i -го цеху;

$P_{p\Sigma}$ - сумарна розрахункова активна потужність для заводу, кВт;

K_o - коефіцієнт одночасності максимумів для силового навантаження;

Q_{p_i} - розрахункове реактивне значення потужності i -го цеху, кВАр;

$Q_{p\Sigma}$ - сумарна реактивна розрахункова потужність заводу, кВАр;

S_{p_i} - повна розрахункова потужність i -го цеху, кВА;

$S_{p\Sigma}$ - сумарна повна розрахункова потужність заводу, кВА;

ρ_i - питома густина для навантажень i -го цеху, кВА/м²;

Для визначення середньої і розрахункової потужності цехів та заводу у цілому створюється електронна таблиця в робочому листі Excel, котра заповнюється вихідними даними про навантаження кожного з цехів окремо. Вихідними даними для цієї таблиці є потужність номінальна (P_n), коефіцієнт потужності ($\cos\phi_i$), коефіцієнт попиту (K_{pi}) і коефіцієнт використання (K_{vi}), площа цеху (F), а також питома потужність освітлення ($P_{пит.о}$) та коефіцієнт попиту освітлення ($K_{по}$), коефіцієнт одночасності (K_o), а також коефіцієнт втрат в пускорегулюючій апаратурі ($K_{пра}$) та коефіцієнт потужності освітлення ($\cos\phi_o$), напруга живлення (U).

Вигляд заповненої даними таблиці і розрахунок шуканих потужностей показано на рисунку 2.1.

№	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
№	Найменування цехів		Дані про силові навантаження				Дані про освітлювальні навантаження				Осв. навантаж.		Середні навантаження				Розрахункові навантаження				Uном=	Kо=			ρ0
№	Рн, кВт	Кл	cosφ	tgφ	Кв	S,м²	Кло	Рплт, кВт/м²	Кпра	tgφ0	Рмо, кВт	Qмо, кВт/д	Рс, кВт	Qс, кВт/д	Sc, кВА	Iс, А	Рр, кВт	Qр, кВт/д	Sp, кВА	Ip, кВА	ρ0	кВА/м²			
1	Гараж з побутовими приміщеннями	2,8	0,3	0,7	1,02	0,2	673	0,8	0,012	1,1	0,48	3,41	7,67	3,98	8,64	13,13	7,95	4,27	9,02	13,71	0,0134				
2	Матеріальний склад без рамп	1	0,2	0,6	1,33	0,25	429	0,6	0,012	1,1	0,48	3,40	3,65	1,96	4,14	6,29	3,60	1,90	4,07	6,18	0,00948				
3	Склад сировини РТИ	5,5	0,2	0,6	1,33	0,2	276	0,6	0,016	1,1	0,48	2,91	4,01	2,87	4,93	7,49	4,01	2,87	4,93	7,49	0,01787				
4	Склад готової продукції РТИ	5	0,35	0,8	0,75	0,2	872	0,6	0,016	1,1	0,48	9,21	4,42	10,21	11,44	17,39	10,96	5,73	12,37	18,79	0,01418				
5	Виробничий корпус РТИ з підготовчим цехом	1625	0,65	1,17	0,5	4285	0,8	0,014	1,2	0,48	57,39	27,64	870,09	977,56	1308,70	1988,36	1113,84	1262,54	1683,64	2558,02	0,39291				
6	Будівля побутових приміщень	20	0,4	0,7	1,02	0,2	337	0,8	0,014	1,2	0,48	4,53	2,17	8,53	6,25	10,58	16,07	12,53	10,34	16,24	24,68	0,0482			
7	Котельня з чотирма котлами	160	0,35	0,8	0,75	0,4	772	0,8	0,014	1,1	0,48	9,51	4,57	73,51	52,57	90,37	137,31	97,51	70,57	120,37	182,88	0,15591			
8	Виробничий корпус з цехом	400	0,35	0,55	1,52	0,55	5952	0,8	0,015	1,1	0,48	78,57	37,71	298,57	371,78	476,82	724,46	218,57	250,30	332,30	504,87	0,05383			
9	Клеєва ШРЗ	5	0,65	0,5	1,73	0,25	83	0,85	0,014	1,1	0,48	1,09	0,52	2,34	2,69	3,56	5,41	4,34	6,15	7,53	11,43	0,09067			
10	Насосна станція ШРЗ №1	30	0,3	0,6	1,33	0,35	173	0,8	0,012	1,1	0,48	1,83	0,88	12,33	14,88	19,32	29,35	10,83	12,88	16,82	25,56	0,09725			
11	Насосна станція ШРЗ №2	50	0,3	0,6	1,33	0,35	508	0,8	0,012	1,1	0,48	5,36	2,57	22,86	25,91	34,55	52,50	20,36	22,57	30,40	46,19	0,05985			
12	Насосна станція над ярцем, свердл.	12	0,3	0,6	1,33	0,3	12	0,8	0,012	1,1	0,48	0,13	0,06	3,73	4,86	6,13	9,31	3,73	4,86	6,13	9,31	0,51042			
13	Центральна прохідна	1	0,2	0,6	1,33	0,15	38	1	0,02	1,2	0,48	0,91	0,44	1,06	0,64	1,24	1,88	1,11	0,70	1,32	2,00	0,03464			
14	Адмін.-пром. корпус з дільницею	1,2	0,5	0,9	0,48	0,3	634	0,9	0,02	1,2	0,48	13,69	6,57	14,05	6,75	15,59	23,69	14,29	6,86	15,86	24,09	0,02501			
15	Склад рефконд. і столу заказів	100	0,2	0,6	1,33	0,2	1308	0,6	0,015	1,1	0,48	12,95	6,22	32,95	32,88	46,55	70,73	32,95	32,88	46,55	70,73	0,03559			
16	Всього	2419	0,56				16352				208,785	100,217	1365,55	1510,74	2042,56		1249,88	1369,69	1854,25			0,1134			

Рисунок 2.1 – Розрахунок середніх і розрахункових навантажень

Сумарна питома густина навантажень становить $\sum \rho_0 = 0,11$ кВА/м², повна середня потужність підприємства становить $\sum S_c = 2042,56$ кВА, а повна

розрахункова потужність враховуючи коефіцієнт одночасності становить $\sum S_p = 1854,25$ кВА.

2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

Для визначення кількості і потужності цехових ТП необхідно провести розподілення потужності усіх цехів між ТП. Створюється таблиця, в котрій будуть знаходитись дані для розрахункової та середньої потужності цехів та ТП, котрі будуть живити відповідні цехи [4-6].

За нашої повної середньої потужності, яка складає 2042,56 кВА, для забезпечення живлення підприємства запропоновано три трансформаторні підстанції.

Розташування ТП планується таким чином, щоб усі потужні цехи живились від окремих ТП, а територіально близько розташовані усі малопотужні цехи були додатковими споживачами вказаних підстанцій [7].

Маючи на підприємстві два потужних цехи 5 і 8, котрі розташовані на значній відстані один від одного, і значну кількість малопотужних цехів, встановимо, для скорочення довжини низьковольтних мереж, що в свою чергу значно зменшить втрати потужності в останніх, біля кожного з двох потужних цехів трансформаторні підстанції. Кількість трансформаторів на кожній з ТП $k_T=2$ – виходячи з міркування надійності електропостачання (майже усі споживачі відносяться до другої категорії з надійності електропостачання).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		№ ТП	№	Цехи	Рс кВт	Qс квар	Sc кВА	Рр кВт	Qр квар	Sp кВА
3										
4		ТП1	1	Гараж з побутовими приміщеннями	7,67	3,98	8,64	7,95	4,27	9,02
5			2	Матеріальний склад без рампи	3,65	1,96	4,14	3,60	1,90	4,07
6			3	Склад сировини РТИ	4,01	2,87	4,93	4,01	2,87	4,93
7			4	Склад готової продукції РТИ	10,21	5,17	11,44	10,96	5,73	12,37
8			5	Виробничий корпус РТИ з підготовчим цехом	435,05	488,78	654,35	556,92	631,27	841,82
9		Всього по ТП1			460,58	502,76	681,84	583,44	646,03	870,49
10		ТП2	5	Виробничий корпус РТИ з підготовчим цехом	435,05	488,78	654,35	556,92	631,27	841,82
11			6	Будівля побутових приміщень	8,53	6,25	10,58	12,53	10,34	16,24
12			15	Склад ремфонду і столу заказів	32,95	32,88	46,55	32,95	32,88	46,55
13		Всього по ТП2			476,52	527,92	711,18	602,40	674,49	904,33
14		ТП3	7	Котельня з чотирма котлами	73,51	52,57	90,37	97,51	70,57	120,37
15			8	Виробничий корпус з цехом вулканізації	298,57	371,78	476,82	218,57	250,30	332,30
16			9	Клеєва ШРЗ	2,34	2,69	3,56	4,34	6,15	7,53
17			10	Насосна станція ШРЗ №1	12,33	14,88	19,32	10,83	12,88	16,82
18			11	Насосна станція ШРЗ №2	22,86	25,91	34,55	20,36	22,57	30,40
19			12	Насосна станція над артез. свердл.	3,73	4,86	6,13	3,73	4,86	6,13
20			13	Центральна прохідна	1,06	0,64	1,24	1,11	0,70	1,32
21			14	Адмін.- пром. корпус з їдальнею	14,05	6,75	15,59	14,29	6,86	15,86
22		Всього по ТП3			428,45	480,06	643,45	370,74	374,90	527,25

Рисунок 2.2– Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Під час вибору трансформаторів ТП необхідно дотримуватись слідуючого [8]:

- показником ефективності мають бути річні приведені затрати в п-ст;
- кількість стандартних потужностей для трансформаторів ТП на підприємстві не повинна перевищувати дві (макс. 3).

Вибір оптимальної потужності ТП здійснюється по математичній моделі:

Керована змінна – S_T .

Множина доступних значень – це всі стандартні потужності S_{CT} .

ПЕР – річні приведені затрати, котрі залежать від керованої змінної.

$$Z(S_T) = (E_e + E_a) \cdot k_{TP}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{xx}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{kz}(S_T) \cdot \frac{S_{TP}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}} \quad (2.1)$$

Згідно ГОСТ 14209-97 [4] річна еквівалентна температура міста Вінниця складає 10,7°C [1]. Поправка на температуру охолоджуючого середовища для двох встановлених трансформаторів внутрішньої установки, для споруд із гарною

природньою вентиляцією, становить 6 °С (таблиця 3, [4]). Температура середовища відповідно становитиме $10,7+6=16,7$ °С. Коефіцієнт навантаження трансформатора із системою охолодження ONAN, в нормальному режимі, для 20 °С становить $k_n=1$ (пункт 3.3, таблиця 6, [4]).

Максимально можлива температура під час П-А режиму на протязі 24 годин визначається по еквівалентній літній температурою, що становить 30°С.

Визначаємо з Додатку Н [4] коефіцієнт П-А режиму, що становить $k_{па}=1,3$.

Для вибору потужності ТП1 сформуємо електронну таблицю Excel на робочому листі «ТП1» (

Рисунок 2.3). Вибір потужностей для усіх інших ТП проводиться аналогічно.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТПІ ЗА МІНІМУМОМ ЗАТРАТ												
2													
3	Економічні характеристики												
4	Питома вартість втрат, грн/кВт							Bo = 1968,16176					
5	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Ee = 0,1					
6	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Ea = 0,066					
7													
8	Дані нормального режиму												
9	Середня потужність ТП, кВА							Sc = 681,84					
10	Розрахункова потужність ТП, кВА							Sp = 870,49					
11	Кількість трансформаторів							kt = 2					
12	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в нормальному режимі							Kn = 1					
13													
14	Дані післяаварійного режиму												
15	Коефіцієнт перевантаження в п.а. режимі							Kпа = 1,3					
16	Доля навантаження у п.а. режимі							Kппа = 0,8					
17													
18													
19		St, кВА	ΔРхх, кВт	ΔРкз, кВт	Ктп, грн	ΔРзм, кВт	ΔРпос, кВт	ΔР, кВт	Втп, т.грн	Вв, т.грн.	З т.грн	Х	
20		63	0,24	1,28	76,626	-	-	-	-	-	-	-	
21		100	0,33	1,97	81,37	-	-	-	-	-	-	-	
22		160	0,51	3,1	87,56	-	-	-	-	-	-	-	
23		250	0,74	4,2	95,57	-	-	-	-	-	-	-	
24		400	0,95	5,9	110	13,971	1,90	15,871	18,260	31,237	49,497	+	
25	V	630	1,31	8,5	127,62	8,114	2,62	10,734	21,185	21,126	41,092	+	
26		1000	2,1	10,5	150,58	3,978	4,20	8,178	24,996	16,096	42,311	+	
27		1600	2,8	18	187,2	2,664	5,60	8,264	31,075	16,265	47,340	+	
28		2500	3,85	23,5	214,182	1,425	7,70	9,125	35,554	17,959	53,513	+	
29													
30													
31	Коефіцієнт завантаження							Kз = 0,691					
32	Мінімальні затрати, тис грн							Змін = 41,092					
33	Оптимальна потужність ТП, кВА							St* = 630					
34	Втрати активної потужності в ТП, кВт							ΔРтп = 10,734					
35	Втрати реактивної потужності в ТП, квар							ΔQтп = 58,277					

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

Отже, для живлення підприємства було обрано дві двотрансформаторних підстанції з трансформаторами ТМ-630/10, а також одну двохтрансформаторну підстанцію з трансформаторами ТМ-400/10.

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Підприємство належить до 1-ої категорії за надійністю електропостачання, знаходиться поблизу житлового масиву, потужність його відносно невелика, а тому буде живитись двома кабельними лініями напругою 10 кВ від найближчої підстанції 35/10 кВ, яка знаходиться на відстані 0,8 км [11].

Вибір оптимального перерізу для кабельної лінії живлення напругою 10кВ проводиться за допомогою Excel на робочому листі «КЛ_живляча». Для цього формується електронна таблиця, де будуть подані стандартні перерізи для проводів, допустимі струми, а також опори та вартість КЛ, які залежать від її перерізу, і де будуть розраховані річні приведені витрати в зовнішню лінію живлення. Керованою змінною в цій задачі буде переріз кабельної лінії F . Показником ефективності є річні приведені затрати Z , а критерієм оптимальності є мінімальні річні приведені затрати.

За мінімумом річних приведених затрат знаходиться оптимальний переріз для КЛ 10 кВ, котрий в той же час задовільняє умовам роботи в нормальному та після аварійному режимах і витримує термічну дію струмів короткого замикання. Математичну модель для вибору оптимального перерізу КЛ 10 кВ:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_{\text{л}}^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_{\text{л}} \rightarrow \min_{x \in X_{\text{cm}}} \\ x \geq x_{\text{дон}} \equiv k_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_{\text{л}} \\ x \geq x_{\text{дон}} \equiv k_{\text{на}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_{\text{л}} \cdot k_{\text{л}} \cdot k_{\text{нна}} \\ \Delta U_{\text{н}}(x) \leq \Delta U_{\text{дон}} \\ \Delta U_{\text{на}}(x) \leq \Delta U_{\text{дон}} \\ x \geq x_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{n}}}}{C} \\ x \in X_{\text{cm}} \end{array} \right. \quad (2.2)$$

де $B_{\text{кл}}(x)$ – витрати в КЛ перерізом X , що приведені до експлуатаційних;

$B_{\text{в}}(x)$ – річна вартість втрат електроенергії в КЛ перерізом X ;

$k_0(x)$ – питома вартість КЛ, яка залежить від перерізу і кількості ліній;

$I_{\text{л}}$ – сила струму однієї лінії;

$I_{\text{дон}}(x)$ – допустимий струм відповідно до ПУЕ по перерізу ([3] §1.3.13–§1.3.18);

$K_{\text{дон}}(x)$ – коефіцієнт допустимого навантаження ([3] §1.3.22);

$\Delta U_{\text{н}}(x)$ – втрати напруги в лінії у нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{на}}(x)$ – втрати напруги в лінії перерізом x в післяаварійному режимі;

$\Delta U_{\text{дон}}$ – допустимі втрати напруги ([8] А.4.7);

$k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, $k_{\text{доп}} = k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}}$;

$k_{\text{с}}$ – коефіцієнт середовища. Згідно з [3] §1.3.9 приймаємо, що для КЛ прокладених при температурі повітря $+20^{\circ}\text{C}$ напругою 10 кВ температура жили не перевищує 60°C , а землі – 15°C , що він складає 0,94;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладання, $k_{\text{п}} = 1$ ([3] таблиця 1.3.26.).

$k_{\text{на}}$ – максимальний допустимий коефіцієнт навантаження КЛ в п-а. р., [3] табл. 1.3.2. приймаємо $k_{\text{на}} = 1,25$ для найважчих умов перевантаження в п-а.р. за тривалості перевантаження 6 год і $K_3 = 0,6$.

$x_{кз}$ – мінімальний переріз лінії за умови термічної дії струмів к. з. [8];

$$I_{кз} \text{ – струм КЗ. на початку лінії } I_{\epsilon\varsigma} = \frac{S_{\epsilon\varsigma}}{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot U} \text{ [A];}$$

t_n – приведений час КЗ (с) $\approx 1,7$ с;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$ ([8], який для кабелів 10кВ з алюмінієвими жилами = 90).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															

Рисунок 2.4 – Таблична форма Excel для вибору живлячої КЛ 10кВ

Проектне рішення: на основі виконаного в табличній формі розрахунку для зовнішньої лінії живлення обираємо дві кабельні лінії напругою 10 кВ марки АСБ з перерізом 50 мм².

2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ

Оскільки територія підприємства досить мала, а отже довжина розподільної КЛ не перевищує кілометра, то можна прийняти її за коротку радіальну мережу. В таких мережах, за умови допустимого значення навантаження має місце допустима втрата напруги, а тому нехтуємо обмеженням на допустимість втрат напруги, і це спрощує пошук оптимального перерізу КЛ.

Коефіцієнт $k_{\text{нпа}}$ – частка загального навантаження, яке протікає по даній КЛ, що повинна залишитися в роботі в після аварійному режимі. Даний коефіцієнт приймається рівним коефіцієнту $k_{\text{нпа}}$ для відповідних ТП [1-2].

Коефіцієнт допустимого навантаження для розподільних КЛ буде відрізнятися від цього коефіцієнта для зовнішньої лінії живлення. Оскільки розподільні КЛ прокладаються в одній траншеї, то враховується поправочний коефіцієнт на кількість поряд розташованих працюючих кабелів, які лежать в землі, з відстанню між кабелями в просвіті 200 мм ([3], таблиця 1.3.26):

$$k_{\text{аті}} = 1 \cdot 0,94 \cdot 0,92 = 0,865$$

Таблична форма для розрахунку, за допомогою Excel, оптимальних перерізів розподільних КЛ, аналогічна табличній формі визначення оптимальних перерізів зовнішньої КЛ і є показана на рис. 2.5.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														

Рисунок 2.5 – Вибір оптимального значення перерізу КЛ 10 кВ від ЦРП до ТП1

Проектне рішення: для живлення кожної з ТП обрано кабелі ААБ напругою 10 кВ перерізом 50 мм².

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

Визначення оптимальних координат розташування ЦРП дозволить розмістити його на території підприємства найбільш ефективно. Це в свою чергу, дасть змогу зменшити довжину низьковольтних неекономічних мереж, в котрих є

великі втрати потужності, а також зменшити витрату матеріалів на прокладку КЛ, а отже зменшити затрати в СЕП. Потрібно пам'ятати, що ЦРП може бути встановлений на довільному місці території підприємства, яке не зайняте цехом або дорогою [7-10].

При визначенні довжини кабелів враховується евклідова та неевклідова метрики, оскільки при щільній забудові даного підприємства можливість прямої прокладки кабелів є не завжди.

В даній задачі довжина живильної КЛ на території підприємства є розрахована за евклідовою метрикою, оскільки є можливість її прокладання по прямій лінії, на відміну від розподільних КЛ, довжини котрих розраховуватиметься за неевклідовою метрикою.

Довжина лінії визначається за такими формулами:

$L_{ж} = \sqrt{(X_0 - X)^2 + (Y_0 - Y)^2}$ – для евклідової метрики живлячої мережі;

$L_i = |X_0 - X| + |Y_0 - Y|$ – для неевклідової метрики розподільної мережі.

Сформуємо модель задачі для вибору оптимальних проектних рішень:

Керовані змінні – це координати розміщення ЦРП (X_0 , Y_0);

Область допустимих рішень – множина координат території підприємства;

ПЕР – витрати в систему електропостачання.

$$\begin{cases} 3(x_0, y_0) = \left[(Ee + Ea) \cdot (\alpha_{жс} + K_0(F_{жс}) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot B_0) \right] \cdot k_{жс} \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ \sum_{i=1}^n \left[(Ee + Ea) \cdot (\alpha + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_i, y_i)) \rightarrow \min_{(x_0, y_0)} \\ \min_{i=1}^n (x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n (x_i) \\ \min_{i=1}^n (y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n (y_i) \end{cases} \quad (2.3)$$

де $3(x_0, y_0)$ – річні приведені затрати;

Ee – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

Ea – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$ – питома вартість КЛ перерізом F_i ;

- $I_{кли}$ – струм окремої КЛ від ЦМ до i -тої ТП;
 $r_0(F_i)$ – питомий опір КЛ з перерізом F_i ;
 B_0 – питома вартість втрат активної потужності в КЛ;
 $I_{ж}$ – струм для живлячої КЛ;
 $k_{ж}$ – кількість кабелів для живлячої КЛ;
 $\alpha_{ж}$ – складова питомої вартості на 1км живлячої КЛ незалежно від її перерізу;
 k_i – кількість кабелів ЦМ до i -тої ТП;
 F_i – переріз кабельної лінії;
 α – складова питомої вартості КЛ на 1 км незалежно від перерізу;
 n – кількість ТП;
 x_i, y_i – координати i -ї ТП;
 x_0, y_0 – координати ЦМ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		ВИБІР ЦЕНТРА КАБЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 10 кВ														
2																
3		Технічні характеристики мережі														
4		Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ										U _ж = 10				
5		Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)										Метрика ЖЛ = НЕ				
6		Напруга розподільних мереж, кВ										U = 10				
7		Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)										Метрика = Е				
8																
9		Економічні характеристики мережі														
10		Питомі витрати, які не залежать від перерізу зовнішньої лінії живлення, грн/км										a = 4000				
11		Питомі витрати, які не залежать від перерізу ліній розподільної мережі, грн/км										a _ж = 4000				
12		Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo = 1968,16				
13		Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee = 0,1				
14		Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea = 4%				
15		Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії										Ea _ж = 4%				
16																
17																
18		Лінії живлення	X, м	Y, м	F, мм^2	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/к м	L, м	B, грн	Bп, грн	З, грн	
19		ЛЖ	160	300	50	2	1273,57	1505,39	56,9225	0,62	27,12	114,419	997,0	2714,4	3711,4	
20		КЛ_ТП1	134,65	157	35	2	591,616	696,765	26,3864	0,89	23,55	38,2036	273,3	279,6	552,9	
21		КЛ_ТП2	134,65	70,1	35	2	610,892	727,021	27,4127	0,89	23,55	118,231	845,8	933,8	1779,6	
22		КЛ_ТП3	220,2	126,5	35	2	377,764	407,333	16,0371	0,89	23,55	84,3484	603,4	228,0	831,4	
23		Сумарні приведені річні затрати в мережу, грн														6875,2
24																
25		Центр мережі, м											Xo =	160	Yo =	186

Рисунок 2.6 – Таблична форма визначення оптимальних координат центра електричної мережі «Хмільникводоканал»

За допомогою засобу «Поиск решений» було отримано оптимальні координати ЦМ: $X=160$ м, $Y=186$ м.

Проектне рішення: оскільки встановлення ЦРП в центрі мережі є можливе, то встановимо його в центрі мережі з координатами: $X=160$ м, $Y=186$ м. Місце розташування ЦРП зображене на рис 4.3. При цьому сумарні розрахункові затрати становитимуть 6875,2 грн.

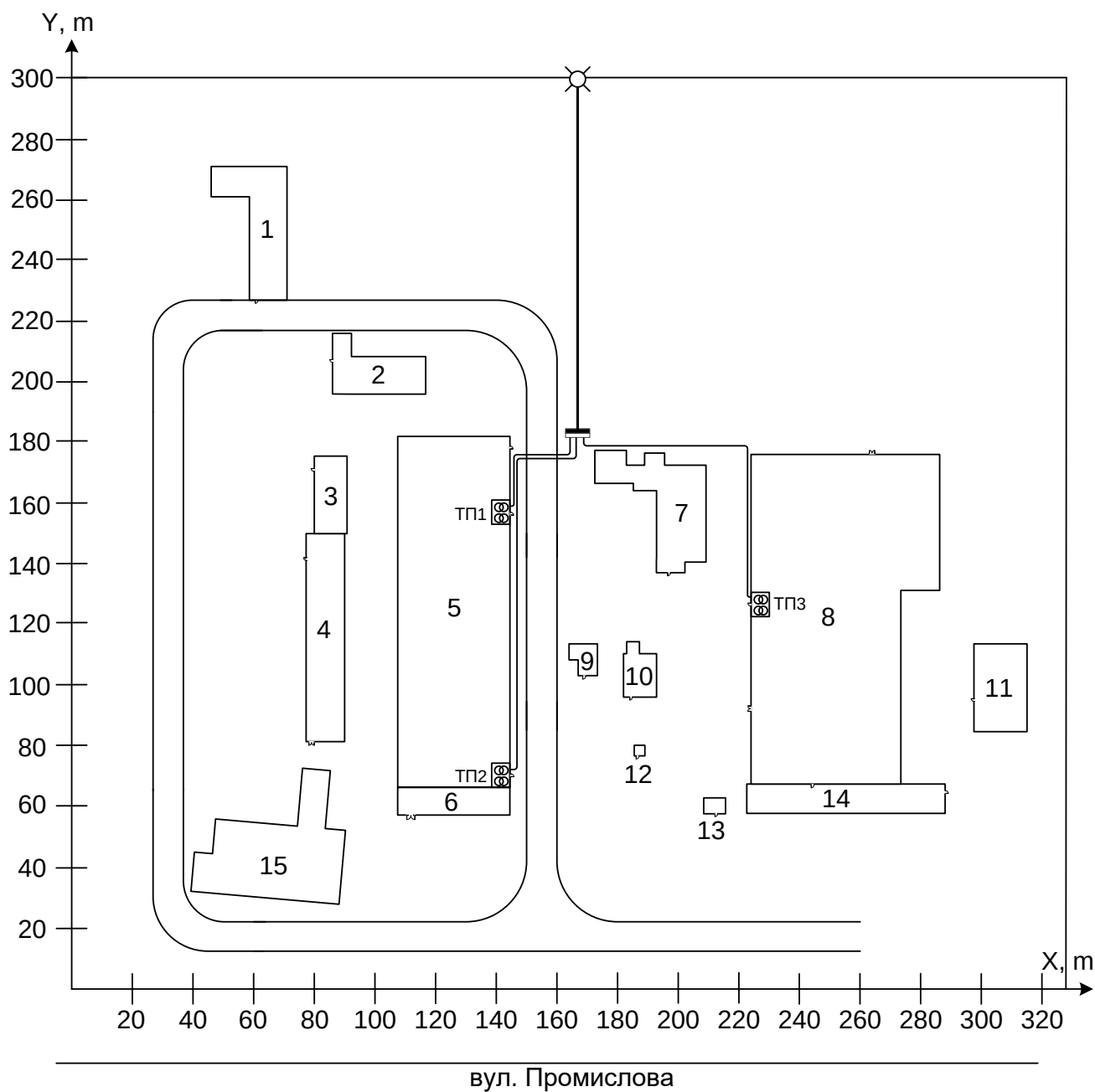


Рисунок 2.7 – Генплан підприємства «Хмільникводоканал» із розташуванням ТП та ЦРП

РОЗДІЛ 3

ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Розрахунок компенсації реактивних навантажень

Метою задачі є визначення потужності батарей конденсаторів у вузлах навантаження [6-9]. Керованими змінними в даній задачі будуть потужність батарей конденсаторів q_k . Показник ефективності рішення – це річні приведені затрати Z .

Для простоти розрахунків введемо такі наступні припущення:

1) не враховується вплив компенсації реактивних потужностей, навантажень (КРН) на вибір силових елементів СЕП;

2) можливість заміни елементів СЕП по котрим протікає реактивна потужність у зв'язку з її компенсацією не передбачається

3) напруга в вузлах мережі вважається приблизно однаковою та приймається рівною номінальній. Це дає можливість не враховувати втрати активної потужності від перетікання активної потужності споживача.

За наведених припущень показник ефективності рішень складається з двох основних складових:

$$Z(q_k) = Z_{\pi}(q_k) + Z_k(q_k), \quad (3.1)$$

де Z_{π} - затрати на передавання;

Z_k - затрати на компенсацію.

Затрати на передавання визначаються як:

$$Z_{\pi}(q_k) = \sum_{i=1}^m \frac{(q_i - q_{ki})}{U_H^2} \cdot r_{oi} \cdot L_i \cdot B_0 \quad (3.2)$$

Затрати на компенсацію:

$$Z_k(q_k) = (E_e + E_a) \cdot B_{k0} \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} + \Delta P_k \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \cdot B_0 \quad (3.3)$$

Тоді математична модель для визначення оптимальної потужності КРН:

$$\begin{aligned} Z(q_k) = & \frac{B_o}{U_H^2} \cdot \sum_{i=1}^m (q_i - q_{ki}) \cdot r_{oi} \cdot L_i + \\ & + ((E_e + E_a) \cdot B_{k0} \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} + \Delta P_k \cdot B_o) \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (3.4)$$

Обмеження на керовані змінні є:

$$0 \leq q_{ki} \leq q_i \quad (3.5)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i - \sum_{i=1}^n q_{ki} = Q_{вх} \quad (3.6)$$

де n – кількість вузлів навантаження;

m – кількість віток у мережі;

$Q_{вх}$ – вхідна реактивна потужність, квар;

L_i – довжина i -ї вітки мережі;

r_{oi} – питомий активний опір i -ї вітки мережі, Ом/км;

B_{k0} – питома значення вартість КУ;

ΔP_k – питомі втрати активної потужності, кВт/Мвар;

q_i – сума реактивних навантажень, що отримують живлення через i -ту вітку мережі;

q_{ki} – сума потужностей КУ тих вузлів мережі, котрі отримують живлення через i -ту вітку мережі.

Оскільки всі ТП заводу двотрансформаторні, а навантаження всіх ТП симетрично є розподілене між двома секціями шин НН ЦРП, то складемо схему заміщення для розрахунку балансової задачі КРН на окрему секцію шин НН ЦРП. Інша секція шин має таку ж схему та навантаження.

Схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН, яка відповідає однолінійній схемі електропостачання (Рисунок 3.1), показана на Рисунок 3.2.

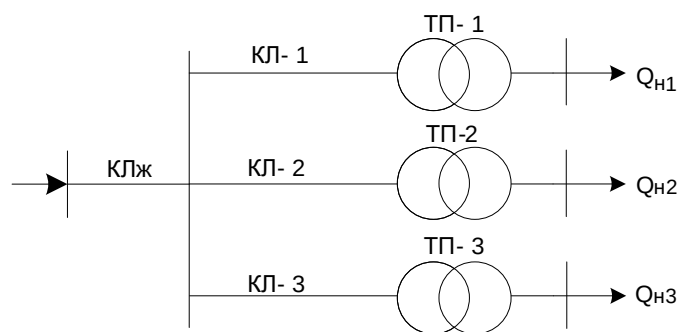


Рисунок 3.1 – Однолінійна схема електропостачання окремої секції шин НН
КП «Хмільникводоканал»

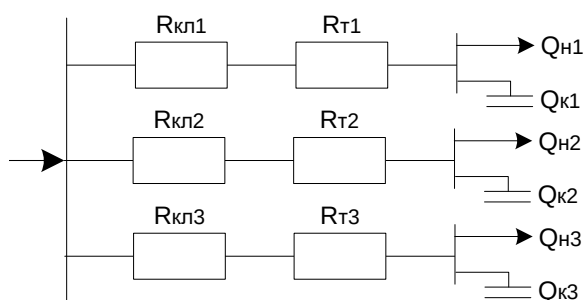


Рисунок 3.2 – Схема заміщення мережі електропостачання підприємства
Розрахунок виконується за допомогою математичного САПР MathCad.

Для цього відповідно до наведеної математичної моделі задачі створимо комп'ютерну модель на робочому листі MathCad. Комп'ютерна модель з вихідними даними та результатами розрахунку подана на Рисунок 3.3.

Вихідні дані

Вхідна реактивна потужність, квар

$$Q_{ВХ} := 320$$

Кількість ланцюгів КЛ, штук

$$k := 2$$

Питова вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$B_0 := 1968.16$$

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

РОЗПОДІЛЬНІ
МЕРЕЖІ

ТРАНСФОРМАТОРИ

ВУЗЛИ НАВАНТАЖЕННЯ

$$R_{oКЛ} := \begin{pmatrix} 0.89 \\ 0.89 \\ 0.89 \end{pmatrix} \quad L_{КЛ} := \begin{pmatrix} 36.5 \\ 116 \\ 82.8 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad R_T := \begin{pmatrix} 2.142 \\ 2.142 \\ 3.688 \end{pmatrix}$$

$$Q_H := \frac{1}{k} \cdot \begin{pmatrix} 646.03 \\ 674.49 \\ 374.9 \end{pmatrix} \quad Q_K := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{КЛ} := \begin{pmatrix} R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \\ R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \\ R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \end{pmatrix}$$

Спрощена модель балансової задачі КРН

+

$$z(Q_K) := \frac{B_0 \cdot 10^{-3}}{U^2} \cdot \sum \begin{bmatrix} (Q_{H_1} - Q_{K_1})^2 \cdot (R_{КЛ_1} + R_{T_1}) \\ (Q_{H_2} - Q_{K_2})^2 \cdot (R_{КЛ_2} + R_{T_2}) \\ (Q_{H_3} - Q_{K_3})^2 \cdot (R_{КЛ_3} + R_{T_3}) \end{bmatrix}$$

Given

Обмеження на керовані змінні:

$$Q_K \geq 0 \quad \sum Q_H - \sum Q_K = \frac{1}{k} Q_{ВХ}$$

Визначимо оптимальне проектне рішення:

$$\text{Minimize}(z, Q_K) = \begin{pmatrix} 261.555 \\ 275.785 \\ 150.37 \end{pmatrix}$$

Рисунок 3.3 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Проектне рішення: При вирішенні балансової задачі КРН прийнято встановити на підприємстві автоматично регульовані конденсаторні установки УКМ-0,4 таких номінальних потужностей:

ТП1: 2×ККУ-0,4-260-21У3;

ТП2: 2×ККУ-0,4-280-21У3;

ТП3: 2×ККУ-0,4-150-21У3.

3.2 Визначення оптимального способу керування продуктивністю насосною установкою

Досліджено насосну установку з електроприводом – асинхронним двигуном, потужністю 110 кВт, який живиться кабелем АБВГ 3х150, довжиною 200 м. Для підтримання тиску в системі необхідно періодично регулювати продуктивність насосу. Розглядається 2 способи: регулювання дросельною засувкою та регулювання швидкістю обертання робочого колеса насоса з використанням частотно-керованого електропривода.

Мета дослідження – визначити зниження споживання електроенергії насосної установки за умови використання частотно-керованого електропривода.

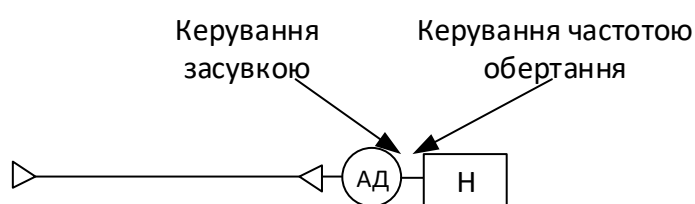


Рисунок 3.3 – способи керування продуктивністю насосної установки

В табл. 3.1 використано значення продуктивностей насосної установки протягом години.

Таблиця 3.1 – Параметри насосної установки під час керування продуктивності дроселем

t, хв	10	20	30	40	50	60
ПР%	100	80	60	80	40	100
Рл1	110	110	99	110	82,5	110
Qл1	88	70,4	47,52	70,4	26,4	88

Дані в табл. 3.1. отримано з допомогою діаграми залежності потужності насоса від продуктивності за двох способів керування продуктивністю (рис. 3.4.)

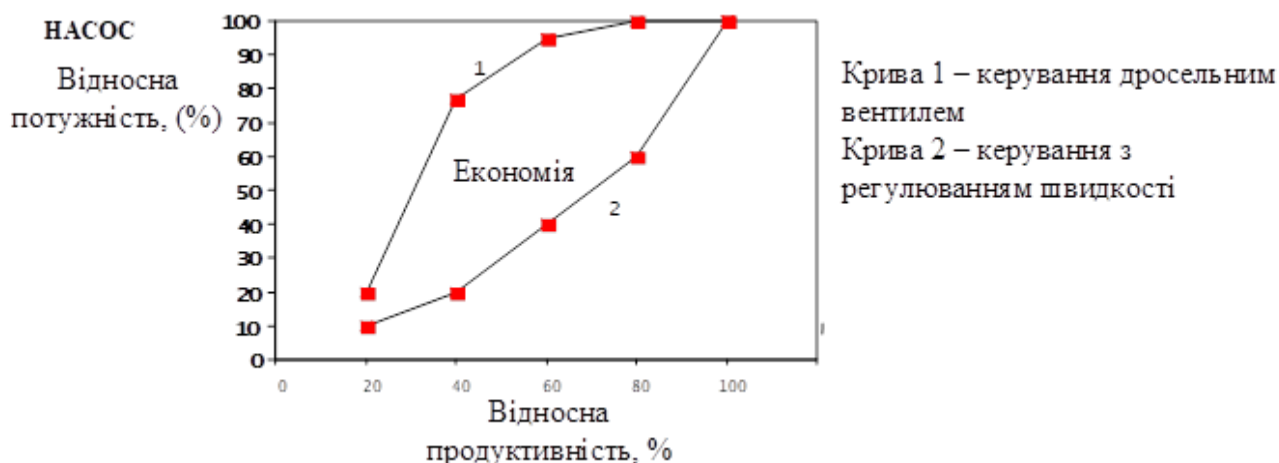


Рисунок 3.4 – Залежність потужності насоса від способу регулювання його продуктивністю

Для визачення годинного споживання електроенергії насосною установкою необхідно підсумувати значення споживаних потужностей протягом години за усі 10-хвилинні періоди:

$$W = \sum_n \frac{10}{60} P_n = 103,6 \text{ кВт.}$$

На основі методу поелементних розрахунків, який оснований на використанні графіку струму (який може бути одержаний на основі даних про споживані активну та реактивну потужності), розраховано втрати активної електричної енергії в мережі живлення насосу:

$$\Delta W = 3 \cdot R_n \cdot \frac{\Delta t}{60} \cdot \sum_{i=1}^m I_{ni}^2 = 6,47 \text{ кВт*год.}$$

Тут Δt – інтервал запису показів лічильника, хв.; m – кількість зафіксованих показів лічильника за розрахунковий період часу T .

Аналогічно виконано математичне моделювання процесу регулювання продуктивності насосу з використанням частотного перетворювача.

В табл. 3.2 використано значення продуктивностей насосної установки протягом години.

Таблиця 3.1 – Параметри насосної установки під час керування продуктивності регулюванням швидкості

t, хв	10	20	30	40	50	60
ПР%	100	80	60	80	40	100
Рл1	110	66	44	66	22	110
Qл1	88	42,24	21,12	42,24	7,04	88

В такому разі годинне споживання електроенергії насосною установкою буде:

$$W = \sum_n \frac{10}{60} P_n = 69,7 \text{ кВт.}$$

Відповідно, втрати активної електричної енергії в мережі живлення насосу:

$$\Delta W = 3 \cdot R_n \cdot \frac{\Delta t}{60} \cdot \sum_{i=1}^m I_{ni}^2 = 3,8 \text{ кВт*год.}$$

Фрагмент програми розрахунку зниження втрат електроенергії за використання регулювання продуктивності швидкістю обертання двигуна наведено в додатку Ж.

Висновок

Зниження споживання потужності навантаження в результаті використання ЧП складає 32,7%. Зниження втрат електроенергії в лінії в результаті використання ЧП складає 41,2%

Зниження сумарного споживання електроенергії насосною установкою (з урахуванням втрат електроенергії в лінії) – 33,2%.

РОЗДІЛ 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 [22].

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 від реалізації продукції $B = 22,5$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 20$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{\Pi}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 8,5$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 6700$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\Pi} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0.18 \quad (\text{млн грн/рік}), \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1.38 \cdot Ч \cdot ЗП}{d} = \frac{1.38 \cdot 20 \cdot 0.18}{0.12} = 18.5 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 22,5 - 18,5 = 4 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{op} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{8,5}{4} = 2,1 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{op} = 2,1 < T_{ок} = 10 \text{ (років)}.$$

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

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1 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 трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМ-1000	3	879,66

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ТЕЦ-ГПП	132	АПвЭБВ-35	2
ГПП-ТП	67	АПвЭБВ-10	3

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам:
4,7 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%.

Розрахунки виконують на основі однолінійної схеми електропостачання підприємства, див. додаток Г.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

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

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 таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	К _{пит} , тис.грн	К _{прок} , тис.грн	Кл, тис.грн
ГПП-ТП1	АПвЭБВ-35	2	0,132	113,63	15	9,2476
ПС-ГПП	АПвЭБВ-10	3	0,067	186,35	15	103,279
Разом						112,53

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

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

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 т-ра	Кількість	Код, тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
ТП-1	ТМ-1000	1	230,15	127	357,15
Трансформатори струму на напругу 10 кВ	ТПЛ-10 150/5 0,5S	6	7,5	1,5	54
Трансформатори струму нульової понеобхідноовності	ТЗЛУ-125- 30/1	2	3	0,6	7,2
Разом:					418,35

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів та роз’єднувачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт., кількість роз’єднувачів 10 кВ – 7 шт. Вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн. Вартість роз’єднувачів 10 кВ рівною 5 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів та роз'єднувачів:

$$K_B = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 7 + 6 \cdot 3,5 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 11 = 175 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами та роз'єднувачами:

$$K_{\text{пс}} = 418,35 + 135 = 553,35 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 112,53 + 553,35 = 665,88 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

Для початку розрахуємо потреби в робочій силі на підприємстві.

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

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:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

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

n – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого 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. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Роз'єднувач 10 кВ	7	1	18	18	12	2	24
Вимикач 10 кВ	2	1	16	32	12	2	48
ТМ-1000	3	0,33	300	297	12	20	432
ТПЛ-10 150/5 0,5S	6	1	16	96	12	1	72
ТЗЛУ-125-30/1	2	1	16	32	12	1	24
АПвЭБВ-35, км	0,13 2	1	14,4	1,9	1	3,6	0,216
АПвЭБВ-10, км	0,06 7	1	156,6	10,4922	1	37,8	20,412
Разом				547,1			620,6

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.	
Роз'єднувач 10 кВ	1	2	0,1	12	43,2	67,2
Вимикач 10 кВ	12	2	0,1	12	591,2	979,2
ТМ-1000	3	2	0,1	12	240	357,3
ТПЛ-10 150/5 0,5S	6	2	0,1	12	30,4	45,6
ТЗЛУ-125-30/1	2	2	0,1	12	38,8	58,2
Кабельна лінія АПвЭБВ-35, км	0,132	2	0,1	12	2,025	3,04
Кабельна лінія АПвЭБВ-10, км	0,067	2	0,1	12	44,68	67,02
Разом					1069,88	1532,23

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{1532.23}{1900 \cdot 1.05} = 0.768 \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{1069.88}{1900 \cdot 1.1} = 0.512 \quad (4.13)$$

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

Виконаємо оозрахунок 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:

$$\Phi_{\text{с}} = H_{\text{обс}} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3 + K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

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

$$C_i = \frac{Z_{\min} \cdot k_{г.і}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1/176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 38,07 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 38,07 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 547,1 \cdot 50,06 = 27387,8 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

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:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200953,17 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 27387,8 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 35878,02 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 200953,17 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 35878,02 \cdot 1,15 = 41259,7 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

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:

$$C_{\text{зпе}} = 231096,15 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 311979,81 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 41259,7 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 56110 \text{ (грн./рік)},$$

Проведемо 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
Трансформатор ТМ-100	45000
Трансформатор струму Т-0,66 1000/5	1000
КЛ	2900

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{\text{м}} = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{л0}} \right), \quad (4.26)$$

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,

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

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{\text{мпр}} = 11927,58$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{\text{мто}} = 116179,47$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 311979,806 + 116179,47 = 428159,27 \text{ (грн/рік)};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 56110 + 11927,58 = 68037,58 \text{ (грн/рік)}.$$

Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 665880 = 39952,8 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}}(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

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

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (428159,27 + 68037,58 + 39952,8) = 134037,4 \text{ (грн/рік)}.$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановок і мереж	428159,27	67,97
Витрати на поточний ремонт	68037,58	9,98
Витрати на амортизацію	39952,8	2,04
Інші витрати	134037,4	19,99
Разом	670187,97	100

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:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_{\pi} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

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

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

K_{π} – коефіцієнт попиту.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для механічного цеху №1:

$$E_{a1} = 224,9 \cdot 2740 = 616226 \text{ кВт год./ рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
Механічний цех №1	1	2740	0,6	224,9	616205
Механічний цех №2	1	1406	0,8	208,2	292725
Оброблювальний цех	1	1406	0,8	215,1	302412
Складальний цех	1	1406	0,75	201,6	283446
Лабораторне приміщення	1	1406	0,8	225,4	316936
Адмінкорпус	1	653	0,8	398,2	259917

Склад матеріалів	1	1406	0,8	119,6	168155
Склад виробів	1	1406	0,8	101,8	143157
Транспортний цех	1	1406	0,75	115,3	162067
Всього					2545020

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

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

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

Розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і їх результати дивимось в табл. 3.6

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

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_{\text{р}}$ - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_{\text{ф}}$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_{\text{н}}$ - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Розрахунок витрати енергії в трансформаторах був проведений у 3 розділі і заведений у табл. 3.5

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{т}}; \quad (4.36)$$

$$E = 2545020 + 220884,6 + 55759,15 = 2821663,75 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Величина оплати за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 2821663,75 = 14672651,5 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Це показник собівартості корисної, тобто споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

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

E_a – це річна кількість корисної споживаної електроенергії, тобто не включаючи втрати у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Як бачимо, загальні (сумарні) витрати на електроенергію за рік будуть становити, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.39)$$

де Π – це оплата за спожиту електроенергію підприємством;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Витрати на протязі року промисловим підприємством, повзв'язані з передаванням та розподілом електричної енергії, беруть за основу такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – це сума витрат підприємства на потрібні матеріали та зарплатню персоналу при роботі з електромережами і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – це парметр річних витрат на поточний ремонт устаткування підприємства і мереж, грн/рік;

C_a – це наші амортизаційні відрахування на експлуатацію електроустановок нашого підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 428159,27 + 68037,58 + 39952,8 + 134037,4 = 670187,97 \text{ (грн/рік)}.$$

Розраховуємо, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 14672651,5 + 670187,97 = 15342839,47 \text{ (грн/рік)}.$$

Тоді, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{15342839,47 \cdot 100}{2545020} = 597,2 \text{ (коп./кВт * год)},$$

Для спрощення розуміння результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.10 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	2545020	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	2821663,75	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	14672651,5	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{π}	670187,97	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	15342839,47	грн
Собівартість електроенергії	S	597,2	коп/кВт·год

4.5 Висновки до четвертого розділу

В економічній частині магістерської кваліфікаційної роботи були проведені розрахунки основних техніко-економічних:

$$\text{Кількість корисно спожитої електроенергії} = 2545020 \text{ кВт·год}$$

$$\text{Річне споживання електроенергії із втратами} = 2821663,75 \text{ кВт·год}$$

$$\text{Плата за електроенергію} = 14672651,5 \text{ грн}$$

$$\text{Витрати на передачу і розподіл електроенергії} = 670187,97 \text{ грн}$$

Сумарні витрати підприємства = 15342839,47 грн

Собівартість електроенергії = 597,2 коп/кВт·год

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської роботи розглянуті заходи з охорони праці та цивільного захисту під час підвищення енергоефективності комунального підприємства «Хмільник-водоканал». При виконанні робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання системи електропостачання передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмопровідні частини (корпуси електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Визначаємо небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що обслуговує електрообладнання системи електропостачання, у відповідності з прийнятою класифікацією [1, 2]:

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 (металевий і будівельний 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 та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

У цьому розділі будуть досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря

робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, безпеки в надзвичайних ситуаціях для працівників в цілому та для об'єкта проектування під час його експлуатації.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті під час встановлення та обслуговування електрообладнання

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Всі роботи за розпорядженнями, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються [4, 5]:

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

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

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

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

- ким віддано розпорядження;
- зміст і місце роботи;
- заходи безпеки;

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

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

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

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

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

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

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

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

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним

канатом, що є відповідним до вимог ДСТУ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

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

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

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

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

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

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при

напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення [6].

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

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]:

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

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

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даних робіт можливим забруднювачем являється нетоксичний пил.

Таблиця 5.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

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

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціювання повітря [7].

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

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 5.3.

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

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).

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».

Основні параметри виробничого шуму на постійних робочих місцях в промислових приміщеннях [9] наведені у таблиці 5.4.

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

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

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

5.2.5 Виробнича вібрація

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

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

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

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

5.2.6 Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота оперативно-ремонтного персоналу, що обслуговує електрообладнання системи електропостачання та займається встановленням обладнання дахової сонячної електростанції, потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму ($\text{кг}/\text{м}$) – до 290; зовнішнє фізичне

динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(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 (кг/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 – одностійна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є: матеріальні збитки, істотне погіршення стану довкілля, наявність або загроза загибелі людей, чи суттєві погіршення умов їх життєдіяльності. Надзвичайні ситуації можуть мати природний та техногенний характер. Зростання кількості надзвичайних ситуацій, важкість їх наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та довкіллю, а також як загрозу електричним системам.

Вплив радіації на матеріал і деталі обладнання залежить від виду випромінювань, дози радіації і умов оточуючого середовища. В елементній базі системи електропостачання під дією іонізуючих випромінювань можливі зміни електричних і експлуатаційних характеристик, що залежать від порушення структури матеріалів.

Органічні матеріали є дуже чутливими до радіації. Дія останньої призводить до перетворення молекул в цих матеріалах, яка супроводжується хімічними реакціями, в яких виникають незворотні зміни структури речовин та їх механічних властивостей. До даних речовин належать полімерні матеріали, зокрема лавсанова плівка, якою здійснено ізоляцію. Дія іонізуючих і електромагнітних випромінювань на електричні системи може призвести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з великими антенами чи відкритими провідниками. В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть виникнути порушення в роботі електричних елементів схеми, що приведе до виходу з ладу апаратури.

Обладнання має в своєму складі ряд радіоелементів, серед яких резистори, конденсатори, діоди та мікросхеми. Останні особливо піддаються дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання, оскільки в них

найменша границя стійкості до іонізуючого випромінювання. Цей фактор буде врахований при подальших розрахунках.

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу на струмопровідні елементи необхідно враховувати, що електромагнітний імпульс мають горизонтальну і вертикальну складові напруженостей електричного поля і тому повинні визначатися значення напруг, які наводяться як на вертикальних, так і на горизонтальних ділянках ліній. Основну небезпеку при наземних і повітряних вибухах являє вертикальна складова напруженості електричного поля, яка перевищує горизонтальну складову приблизно на три порядки.

5.3.1 Визначення області працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії іонізуючих випромінювань

В якості критерію стійкості роботи СЕП використовується граничне значення рівня радіації.

Основними елементами в даному дипломному проекті, від яких залежить робота системи електропостачання, є транзистори, мікросхеми, діоди загального призначення, резистори, конденсатори. Для кожного з цих елементів визначається максимальне значення потужності експозиційних доз, при яких можуть відбутися зворотні зміни. Дані заносяться до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 — Максимально-допустимі значення потужності дози γ – випромінювання

№	Блоки	Елементи СЕП	Потужність дози γ – випромінювання $P_{\text{гр}}$, Р/год	Границя стійкості $P_{\text{гр}}$, Р/год
1	Блок живлення	Резистори, R12	10^6	10^4
		Конденсатори, K21У-4	10^6	

2	Блок управління	Транзистори, Т-123	10^5
		Діоди, Т143-1000	10^5
		Мікросхеми, LW1521	10^4

Із таблиці 5.6 визначимо найбільш уразливий елемент. Такими елементами є мікросхеми, $P_{звор} = 10^4 P/год$.

Тоді визначаємо граничне значення рівня радіації із врахуванням $K_{посл}$

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

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

K_H – коефіцієнт надійності елементної бази, $K_H = 0,9...0,95$, приймаємо $K_H = 0,92$;

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

Тоді:

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

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

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

$$t_{доп} = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 1,84 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 1,84} = 5435,78 \text{ год}$$

Отже, область працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії іонізуючих випромінювань лежить в межах від 0 до $1,84 \cdot 10^4$ Р/год.

5.3.2 Визначення області працездатності СЕП КП «Хмільник водоканал» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $U_{ж} = 220 \text{ В}$ - напруга живлення пристрою;

$L_{\Gamma} = 2,5 \text{ м}$ - довжина горизонтальних струмоведучих частин.

Область працездатності системи електропостачання в умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнтом безпечної роботи K_6

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_{\partial}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (5.3)$$

де U_{∂} - допустимі коливання напруги живлення пристрою, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення

$$U_{\partial} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N \text{ [В]}, \quad (5.4)$$

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

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

$$U_{\partial} = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5$$

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

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

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

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

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

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

звідки

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

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

$$E_B = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 (kB / m).$$

Отже, область працездатності системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» в умовах дії електромагнітного імпульсу визначається вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 3,15 кВ/м.

5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи СЕП КП «Хмільник водоканал» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Для підвищення стійкості роботи системи електропостачання до дії іонізуючого випромінювання можна застосувати більш якісні електричні елементи, або використовувати захисне покриття з сплавів на основі тугоплавких і рідкоземельних металів та використовувати спеціальні екрани для збільшення $K_{\text{посл}}$.

Для підвищення безпеки роботи системи електропостачання до дії електромагнітного імпульсу слід застосувати пасивний екран. Щоб визначити якої товщини необхідна його стінка, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}} , \quad (5.7)$$

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

$K_{\text{Бмін}}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий під час розрахунків. Для блоку живлення ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40 + 12,25 = 52,25 \text{ (дБ)}.$$

Для блоку управління ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40 + 14,13 = 54,13 \text{ (дБ)}.$$

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]} . \quad (5.8)$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Для блоку живлення товщина екрану:

$$t_1 = \frac{52,25}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,076 \text{ (см)} .$$

Для блоку управління товщина екрану:

$$t_2 = \frac{54,13}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,0847 \text{ (см)} .$$

Отже, із застосуванням сталевих пасивних екранів товщиною не менше 1 мм робота системи електропостачання КП «Хмільник водоканал» буде стійкою.

Також, у даному розділі було визначено область працездатності КП «Хмільник водоканал» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій і доведено, що в умовах дії іонізуючих випромінювань система електропостачання буде стабільно працювати при рівні радіації, який знаходиться в межах від 0 до $1,84 \cdot 10^4$ Р/год та при дії електромагнітного імпульсу, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля буде знаходитись в межах від 0 до 3,15 кВ/м.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання досліджень у магістерській кваліфікаційній роботі, направлених на підвищення енергоефективності електропостачання комунального підприємства «Хмільникводоканал» у місті Хмільник, були отримані наступні висновки.

У ході дослідження було визначено середні та розрахункові навантаження цехів підприємства за допомогою методу коефіцієнтів використання а також попиту. Оптимальний переріз повітряних ліній живлення підприємства був обраний на основі цих розрахунків.

У науково-дослідній частині роботи було проаналізовано особливості використання засобів компенсації реактивної потужності. Розраховано, що на стороні низької напруги кожного трансформатора доцільно встановити конденсаторні батареї, потужністю 160, 250, 280 квар.

Проаналізовано регулювання продуктивності насоса з використанням засувки та зміни частоти обертання двигуна. Останній спосіб реалізується за допомогою частотного перетворювача. В результаті отримано такі результати: зниження споживання потужності насоса за використання ЧП складає 32,7%, зниження втрат електроенергії в кабельній лінії живлення в результаті використання ЧП складає 41,2%, зниження сумарного споживання електроенергії насосною установкою (з урахуванням втрат електроенергії в лінії) – 33,2%.

Економічна сторона дослідження передбачає визначення капітальних вкладень, витрат на електроенергію, а також кількості робітників і собівартості електроенергії. У результаті були виконані розрахунки, які визначають ефективність впровадження запропонованих технічних рішень.

В останньому розділі роботи було розглянуто питання охорони праці, що включали в себе аналіз та рекомендації з покращення умов праці та безпеки на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2012. 204 с.
2. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах: Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 110 с.
3. Рогальський Б. С. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами / Б. С. Рогальський, Л. М. Мельничук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2004. № 1. С. 38–41.
4. Мельничук Л. М. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами з урахуванням їх графіків навантажень / Л. М. Мельничук // Енергетика та електрифікація. 2006. № 5. С. 19–21.
5. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження: ГНД34.09.204-2004: Затв. Міністерством палива та енергетики України 09.06.2004: Термін дії встановлений з 09.06.2004 до 09.06.2009. – К.: 2004. – 159 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
6. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України Про затвердження нормативного документа "Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Методика" №532 від 22 вересня 2011 року.
7. Методичні рекомендації з аналізу технологічних витрат електричної енергії та вибору заходів щодо їх зниження. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-96:2014. ЗАТВЕРДЖЕНО наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24 лютого 2014 р. № 217 (зі змінами, внесеними наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 27.03.2014 № 267.1).
8. Кирик В. В., Циганенко Б. В., Яндульський О. С. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи. К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. 233 с.

9. Бурбело М. Й., Войтюк Ю. П., Мельничук Л. М. Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2019. 88 с.

10. Демов О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсувальних установок у розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016. 97 с.

11. Демов О. Д., Півнюк Ю. Ю. Оптимізація впровадження та використання компенсувальних установок у розподільних електричних мережах енергопостачальних споживачів: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 80 с.

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

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

14. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

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

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

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

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

19. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

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

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

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

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ____ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення енергоефективності комунального підприємства

“Хмільникводоканал”

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. _____
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ – 22м

Шелестій В.В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ № 81 від 11.03.2024 р.

Дата початку роботи 18 . 03 .24р.

Дата закінчення роботи 11 . 06 .24.

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

а) мета – обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності комунального підприємства «Хмільникводоканал».

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

1. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2012. 204 с.
2. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження: ГНД34.09.204-2004: Затв. Міністерством палива та енергетики України 09.06.2004: Термін дії встановлений з 09.06.2004 до 09.06.2009. – К.: 2004. – 159 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
3. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України Про затвердження нормативного документа "Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Методика" №532 від 22 вересня 2011 року.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	18.03.24	18.04.24
4.2 Проведення дослідних розрахунків	18.04.24	18.05.24
4.3 Розробка робочих креслень	18.05.24	25.05.24
4.4 Написання розрахунково– пояснювальної записки і захист магістерської роботи	25.05.24	11.06.24

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

Керівник роботи _____ Бабенко О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Підвищення енергоефективності комунального підприємства
“Хмільникводоканал”

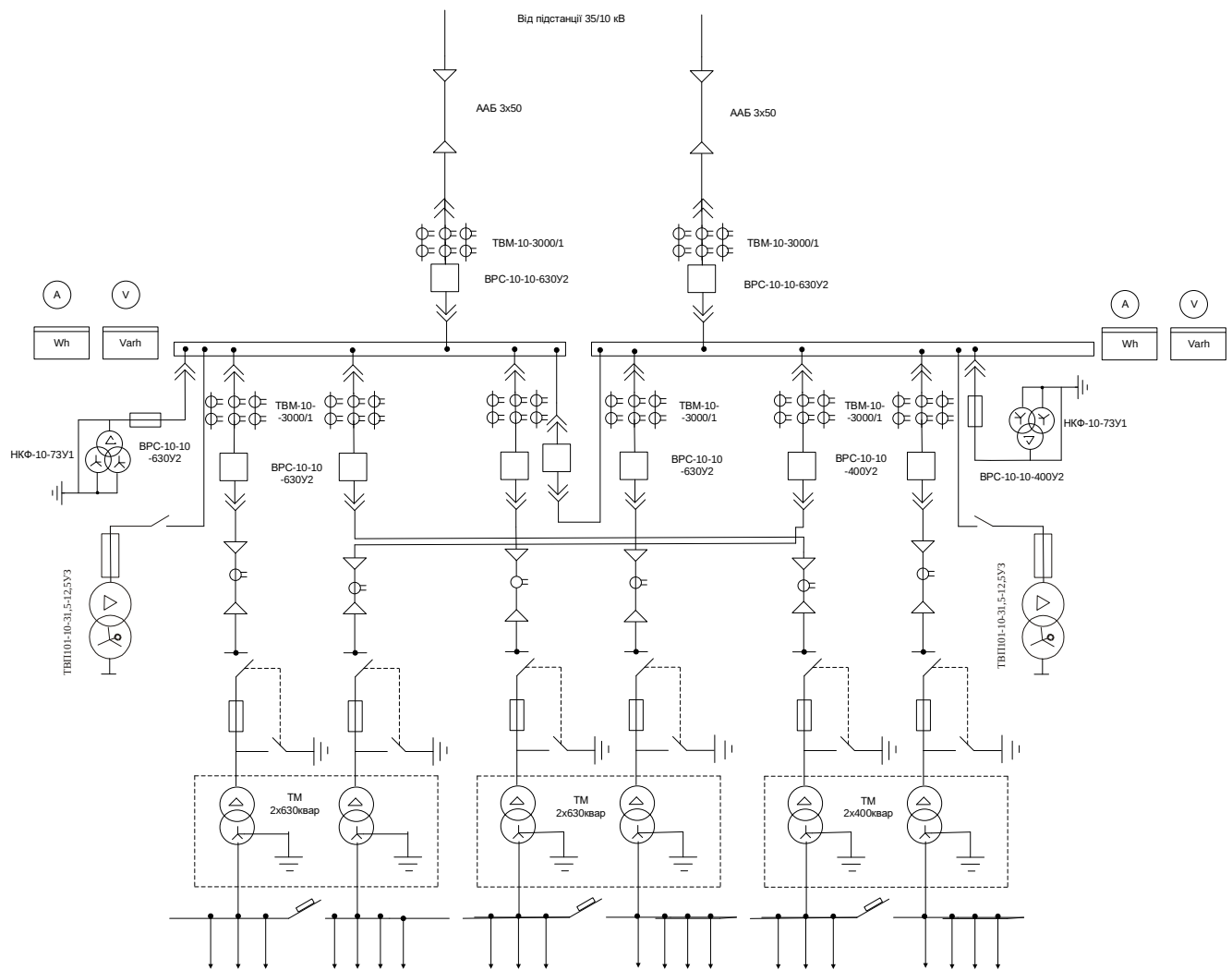


Рисунок В.1– Однолінійна схема

Рисунок В.2 – Генплан підприємства з розміщенням ЦРП і ТП

Математична модель визначення оптимальної потужності КРН:

$$Z(q_k) = \frac{B_o}{U_H^2} \cdot \sum_{i=1}^m (q_i - q_{ki}) \cdot r_{oi} \cdot L_i + \\ + ((E_e + E_a) \cdot B_{k0} \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} + \Delta P_k \cdot B_o) \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \rightarrow \min$$

Обмеження на керовані змінні:

$$0 \leq q_{ki} \leq q_i$$

$$\sum_{i=1}^n q_i - \sum_{i=1}^n q_{ki} = Q_{вх}$$

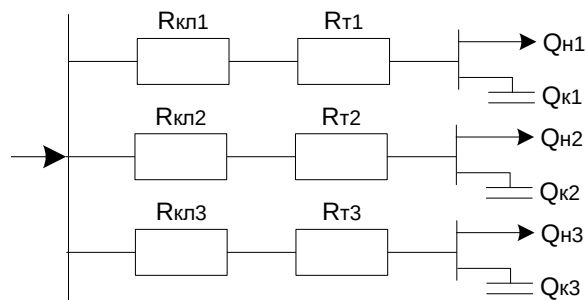


Рисунок В.3– Схема заміщення мережі електропостачання підприємства

Вихідні дані

Вхідна реактивна потужність, квар

$$Q_{ВХ} := 320$$

Кількість ланцюгів КЛ, штук

$$k := 2$$

Питова вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$Bo := 1968.16$$

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

РОЗПОДІЛЬНІ
МЕРЕЖІ

ТРАНСФОРМАТОРИ

ВУЗЛИ НАВАНТАЖЕННЯ

$$R_{oКЛ} := \begin{pmatrix} 0.89 \\ 0.89 \\ 0.89 \end{pmatrix} \quad L_{КЛ} := \begin{pmatrix} 36.5 \\ 116 \\ 82.8 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad R_T := \begin{pmatrix} 2.142 \\ 2.142 \\ 3.688 \end{pmatrix}$$

$$Q_H := \frac{1}{k} \cdot \begin{pmatrix} 646.03 \\ 674.49 \\ 374.9 \end{pmatrix} \quad Q_K := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{КЛ} := \begin{pmatrix} R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \\ R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \\ R_{oКЛ} \cdot L_{КЛ} \end{pmatrix}$$

Спрощена модель балансової задачі КРН

+

$$z(Q_K) := \frac{Bo \cdot 10^{-3}}{U^2} \cdot \sum \left[\begin{pmatrix} (Q_{H1} - Q_{K1})^2 \cdot (R_{КЛ1} + R_{T1}) \\ (Q_{H2} - Q_{K2})^2 \cdot (R_{КЛ2} + R_{T2}) \\ (Q_{H3} - Q_{K3})^2 \cdot (R_{КЛ3} + R_{T3}) \end{pmatrix} \right]$$

Given

Обмеження на керовані змінні:

$$Q_K \geq 0 \quad \sum Q_H - \sum Q_K = \frac{1}{k} Q_{ВХ}$$

Визначимо оптимальне проектне рішення:

$$\text{Minimize}(z, Q_K) = \begin{pmatrix} 261.555 \\ 275.785 \\ 150.37 \end{pmatrix}$$

Рисунок В.4 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Керування продуктивністю дроселем							
2	t, хв	10	20	30	40	50	60	
3	ПР%	100	80	60	80	40	100	
4	Pл1	110	110	99	110	82,5	110	
5	Qл1	88	70,4	47,52	70,4	26,4	88	
6								
7	W	18,333333	18,33333	16,5	18,33333	13,75	18,33333	103,6
8								
9	ln1	214,0279	198,425	166,8454	198,425	131,6071	214,0279	
10	ln1^2	45807,941	39372,48	27837,37	39372,48	17320,43	45807,94	215518,7
11								
12	dt	10 хв						
13	RI1	0,06 Ом						
14								
15	ΔW	6,4655596 кВт*год						
16								
17	Керування продуктивністю регулюванням швидкості							
18		10	20	30	40	50	60	
19	ПР%	100	80	60	80	40	100	
20	Pл1	110	66	44	66	22	110	
21	Qл1	88	42,24	21,12	42,24	7,04	88	
22								
23	W	18,333333	11	7,333333	11	3,666667	18,33333	69,7
24								
25	ln1	214,0279	119,055	74,15349	119,055	35,09523	214,0279	
26	ln1^2	45807,941	14174,09	5498,741	14174,09	1231,675	45807,94	126694,5
27								
28	dt	10 хв						
29	RI1	0,06 Ом						
30								
31	ΔW	3,8008346 кВт*год						
32								
33	Зниження споживання потужності навантаження в результаті використання ЧП							
34	dW=	32,7						
35	Зниження втрат електроенергії в лінії в результаті використання ЧП							
36	dΔW	41,2						
37	Сумарне споживання електроенергії (навантаження+втрати)							
38	регулювання дроселем				Wсум	110,0		
39	регулювання керуванням швидкості				Wсум	73,5		
40	Зниження сумарного споживання електроенергії насосною установкою							
41	dΔW	33,2						

Рисунок В.5 – Розрахунок зниження втрат електроенергії в середовищі Excel