

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання
Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»

08-23.МКР.017.01.023 ПЗ


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

(цифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Цибульський С. М.

(прізвище та ініціали)

Доктор фізико-математичних наук, професор
Керівник Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ.


Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

доцент каф. ЕСЕ
Опонент Немребашиї В.В.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ


проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 8 » 12 2023 р

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ 19 ” 09 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Цибульському Євгенію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»

керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ.

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247





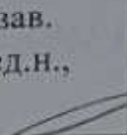

2. Термін подання студентом роботи “04” грудня 2023 року

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальні відомості про підприємство. 2 Використання засобів сапр для проектування системи електропостачання промислових підприємств. 3 Підвищення якості електроенергії системи електропостачання. 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання. Крім спеціальної частини роботи.
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання
Спеціальний розділ роботи	Лобода Ю. В, доцент кафедри ЕСЕЕМ, Ph. D.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання 03.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Характеристика закладу	25.09.23
2	Синтез зовнішньої СЕП	29.09.23
3	Науково дослідна частина	25.10.23
4	Економічна частина	22.11.23
5	Охорона праці	29.11.23
6	Графічна частина	30.11.23

Студент


 (підпис)

Цибульський Є. М.

(прізвище та ініціали)

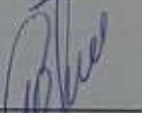
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи


 (підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


 (підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання
Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»
08-23.МКР.017.01.023 ПЗ

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Цибульський Є. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ.

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2023 р

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ _____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Цибульському Євгенію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»

керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247

2. Термін подання студентом роботи “04” грудня 2023 року

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальні відомості про підприємство. 2 Використання засобів сапр для проектування системи електропостачання промислових підприємств. 3 Підвищення якості електроенергії системи електропостачання. 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання. Креслення спеціальної частини роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Лобода Ю. В, доцент кафедри ЕСЕЕМ, Ph. D.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання 03.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика закладу	25.09.23	
2	Синтез зовнішньої СЕП	29.09.23	
3	Науково дослідна частина	25.10.23	
4	Економічна частина	22.11.23	
5	Охорона праці	29.11.23	
6	Графічна частина	30.11.23	

Студент

(підпис)

Цибульський Є. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТОЦІЯ

Цибульський Є. М. Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс». МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2023. – 82 с.

Магістерська кваліфікаційна робота, яка зосереджена на проектуванні електропостачання промислового підприємства з використанням математичних моделей та елементів автоматизованого проектування.

В спеціальній частині роботи проведено дослідження впливу вищих гармонік на елементи СЕП у промислових електричних мережах. Було розглянуто проблематику наявності нелінійних споживачів та їхній внесок у генерацію вищих гармонік, зокрема від керованих та некерованих випрямлячів та тиристорних регуляторів напруги.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, електропостачання, гармоніки, тиристорний регулятор напруги, коефіцієнт гармонічного спотворення, реактивна потужність, конденсаторна установка.

ANNOTATION

Tsybulskiy E. M. Improving the quality of electricity in the power supply system of Avis Limited Liability Company. MKR. Specialty 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, ESEEM department, 2023. – 98 p.

Master's qualification work, which focuses on the design of the power supply of an industrial enterprise using mathematical models and elements of automated design.

In a special part of the work, a study of the influence of higher harmonics on SEP elements in industrial electrical networks was carried out. The problems of the presence of non-linear consumers and their contribution to the generation of higher harmonics, in particular from controlled and uncontrolled rectifiers and thyristor voltage regulators, were considered.

The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Key words: power supply system, power supply, harmonics, thyristor voltage regulator, harmonic distortion coefficient, reactive power, capacitor installation.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	11
1.1 Короткий опис технологічного процесу	11
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика	12
2 ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ САПР ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	14
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	14
2.2 Вибір напруги живлення підприємства	14
2.3 Використання засобів САПР для визначення потужності та кількості цехових ТП.....	27
2.4 Використання засобів САПР для вибору лінії живлення	31
2.5 Застосування засобів САПР для вибору перерізу внутрішньозаводської мережі	35
3 ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «АВІС».....	40
3.1 Вплив вищих гармонік напруги на конденсаторні установки[13].....	40
3.2 Вплив вищих гармонік на трансформатор	43
3.3 Вплив вищих гармонік синхронну машину	46
3.4 Використання фільтрових дросельних конденсаторних установок	47
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	50
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	50
4.2 Розрахунок поточних витрат.....	52
4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі	52
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	55

4.2.3	Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	58
4.2.4	Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	60
4.3	Розрахунок собівартості електроенергії	62
4.3.1	Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	62
4.3.2	Розрахунок собівартості електроенергії	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
5.1	Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт на об'єкті	67
5.1.1	Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць під час робіт на комутаційних апаратах і комплектному розподільчому устаткуванні.....	67
5.1.2	Електробезпека	68
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	70
5.2.1	Мікроклімат	70
5.2.2	Склад повітря робочої зони.....	71
5.2.3	Виробниче освітлення	72
5.2.4	Виробничий шум.....	72
5.2.5	Виробничі вібрації	74
5.2.6	Психофізіологічні фактори	74
5.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електропостачання ТОВ «Авіс» м. Вінниця в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	76
5.3.1	Дослідження безпеки роботи стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	77
5.3.2	Дослідження безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії електромагнітного імпульсу	78

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах надзвичайних ситуацій	80
ВИСНОВОК.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
Додаток А.....	87
Додаток Б – Генплан підприємства	92
Додаток В – Однолінійна схема підприємства	93
Додаток Г – Модель дослідження впливу вищих гармонік на КУ	94
Додаток Д – Результати моделювання.....	95
Додаток Е – Фільтрокомпенсувальні пристрої дросельного типу.....	96
Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	97
Додаток Є – Презентаційні матеріали.....	98

ВСТУП

Актуальність теми. Магістерська кваліфікаційна робота, яка зосереджена на проектуванні електропостачання промислового підприємства з використанням математичних моделей та елементів автоматизованого проектування, має високу актуальність в контексті сучасних вимог до енергоефективності та надійності промислових систем.

Однією з ключових переваг цієї роботи є використання математичних моделей, які не лише дозволяють більш точно оцінити потреби в електроенергії, але й сприяють покращенню якості та швидкості прийняття проектних рішень. Це особливо важливо в умовах сучасного швидкозмінюючого бізнес-середовища, де швидкість реагування на зміни і оптимізація процесів грають ключову роль в конкурентоспроможності підприємства.

Застосування елементів автоматизованого проектування також підсилює актуальність роботи. Автоматизований підхід спрощує процес розробки та підтримки системи електропостачання, зменшуючи ризики помилок та забезпечуючи ефективність витрат ресурсів. Це особливо важливо в умовах стрімкого розвитку технологій та поглиблення цифрової трансформації в промисловості.

Дослідження включало в себе аналіз впливу вищих гармонік на різні компоненти системи електропостачання, такі як трансформатори, конденсаторні установки, та інші електричні пристрої. Результати дозволяли визначити та розробити стратегії для зменшення негативного впливу вищих гармонік на ці елементи.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерського дослідження є розробка та оптимізація системи електропостачання промислового підприємства з використанням математичних моделей та автоматизованого проектування. Дослідження спрямоване на підвищення якості та швидкості прийняття

проектних рішень, а також на врахування впливу вищих гармонік на елементи системи електропостачання.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс».

Предмет дослідження – є методи та засоби автоматизованого проектування.

Наукова новизна. Проаналізовано вплив погіршення якості електроенергії на систему електропостачання ТОВ «Авіс» та запропоновано методи їх покращення.

Методи досліджень. У роботі використовується математичне моделювання для розробки моделей енергоспоживання та динаміки системи електропостачання. Експериментальне дослідження базується на зборі та аналізі реальних даних про споживання та характеристики обладнання. Аналіз впливу вищих гармонік використовує спеціалізовані програми. Такий комплексний підхід дозволяє системно та ефективно дослідити та вдосконалити систему електропостачання промислового підприємства.

Практична цінність. Результати роботи можуть мати практичне застосування для промислових підприємств, де ефективне електропостачання є ключовим елементом виробничих процесів. Дані математичні моделі та автоматизований підхід можуть бути використані для оптимізації енергоспоживання, підвищення надійності системи та зниження витрат на утримання електроенергетичної інфраструктури.

Публікація по темі роботи:

Ю. В. Лобода, Є. М. Цибульський. Дослідження впливу вищих гармонік на конденсаторні установки// ЛІІІ Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19542> .

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Підприємство ТОВ «АВІС» - великий виробник високоякісних легких маргаринів, олій, майонезів та безалкогольних напоїв. Підприємство почало свою роботу у 1991 році в місті Вінниця.

1.1 Короткий опис технологічного процесу

Технології виробництва газованих напоїв

Газована вода - це продукція, насичена вуглекислим газом, яка має своєрідний смак, втамовує спрагу і наділяє свіжістю. Але не кожен знає, який процес проходить напій перед тим, як потрапити на полицю магазину.

Найперший та основний крок – підготувати воду, яка є основним компонентом будь-якого напою. Для цього використовують різні установки з водопідготовки.

Очищення рідини проходить у кілька етапів, у процесі чого видаляються всі домішки та солі. Далі готовий компонент вміщують у ємності для зберігання, з яких далі відбувається подача води.

Технологія газованих напоїв під час виробництва лимонадів включає процес приготування цукрового сиропу. У спеціальному сироповарувальному обладнанні змішують кип'ячену воду та цукор. Цей процес вимагає поступових дій, постійного помішування суміші і видалення піни, що з'являється.

В кінці додають лимонну кислоту, і сироп відправляється в пластинковий фільтр та теплообмінник.

Щоб пофарбувати напій у необхідний відтінок, використовують відтінок, який надає світло-коричневий відтінок. Без нього немає жодного виробничого процесу безалкогольного напою.

Кольоровий апарат перепалює цукор протягом півтори години, внаслідок чого виходить необхідний склад.

Виробництво газованих напоїв не обходиться без купажного сиропу. Це суміш смакового та ароматичного наповнення майбутнього продукту. Саме до нього згодом додають такі компоненти:

- цукровий сироп;
- ягідний сік чи фруктовий настій;
- колір;
- органічні кислоти.

Після закінчення змішування всіх інгредієнтів готова суміш проходить процес фільтрації та потрапляє в холодильник, з якого потім надходить у напірні ємності.

Останній виробничий етап – розлив напою по пляшках.

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

Вінницький ТОВ «АВІС» живиться від «Вінницької ПС-110 кВ «Південна»» яка знаходиться на відстані 2,6 км.

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

Споживачі	Рн кВт
1. Завод полімерного упакування	375
2. Цех (друкарня)	240
3.Завод безалкогольних напоїв	690
4.Очисні споруди	360
5.Очисні споруди	360
6.Котельня	390
7.Склад № 1	187
8.Склад № 2	187
9.Склад № 3(гот.прод)	240
10.Склад № 4(гот.прод)	255
11.Олієочисний завод	540
12.Цех фасування олії	345
13.Цех по виробництву майонезу	270
14.Холодильно компресорна станція	405
15.Завод по виготовленню печива	375

РОЗДІЛ 2

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ САПР ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок проводимо методом коефіцієнтів використання та попиту [2].

№	Цех	Дані сили					Розрахунок навантаження освітлювальної мережі								Середні на-ня					Розрах. на-ня		K _о =0,95
		P _н , кВт	cos	tg	K _п	K _в	Площ., м ²	K _{п0}	Р _п , Вт/м ²	K _{п1}	tg0	Q _{п0} , квар	P _{п0} , кВт	P _с , кВт	Q _с , квар	Sc, кВА	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , А	ρ ₀ , кВА/м ²	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	Завод полімерного упакування	375	0,8	0,75	0,40	0,5075	840	0,85	0,016	1,2	0,43	5,89	13,71	204,02	148,63	252,42	217,73	154,52	266,99	405,65	0,32	
2	Цех (друкарня)	240	0,8	0,75	0,45	0,3625	1056	0,6	0,012	1,1	0,43	3,60	8,36	95,36	68,85	117,62	103,73	72,44	126,52	192,23	0,12	
3	Завод безалкогольних напоїв	690	0,8	0,75	0,50	0,5075	1936	0,85	0,012	1,2	0,43	10,19	23,70	373,87	272,82	462,83	397,57	283,01	488,01	741,46	0,25	
4	Очисні споруди	360	0,76	0,86	0,90	0,6525	1763	0,85	0,014	1,2	0,43	10,83	25,18	260,08	211,70	335,35	285,25	222,53	361,78	549,67	0,21	
5	Очисні споруди	360	0,76	0,86	0,90	0,3625	960	0,85	0,012	1,2	0,43	5,05	11,75	142,25	116,65	183,96	154,00	121,70	196,29	298,23	0,20	
6	Котельня	390	0,8	0,75	0,60	0,3625	720	1	0,017	1,2	0,43	6,32	14,69	156,06	112,35	192,30	170,75	118,66	207,93	315,92	0,29	
7	Склад № 1	187,5	0,5	1,73	0,35	0,3625	2240	0,85	0,016	1,2	0,43	15,72	36,56	104,53	133,44	169,51	141,08	149,16	205,31	311,94	0,09	
8	Склад № 2	187,5	0,7	1,02	0,35	0,3625	800	0,85	0,015	1,2	0,43	5,26	12,24	80,21	74,61	109,54	92,45	79,87	122,17	185,62	0,15	
9	Склад № 3(гот.прод)	240	0,8	0,75	0,40	0,3625	6064	0,85	0,015	1,2	0,43	39,90	92,78	179,78	105,15	208,27	272,56	145,04	308,75	469,09	0,05	
10	Склад № 4(гот.прод)	255	0,8	0,75	0,40	0,3625	950	0,6	0,012	1,1	0,43	3,24	7,52	99,96	72,56	123,52	107,49	75,80	131,52	199,83	0,14	
11	Оліє-очисний завод	540	0,6	1,33	0,56	0,6525	4600	0,85	0,015	1,2	0,43	30,26	70,38	422,73	500,06	654,80	493,11	530,33	724,16	1100,24	0,16	
12	Цех фасування олії	345	0,8	0,75	0,56	0,3625	400	0,6	0,01	1,2	0,43	1,24	2,88	127,94	95,04	159,38	130,82	96,27	162,43	246,79	0,41	
13	Цех по виробництву майонезу	270	0,8	0,75	0,46	0,435	420	0,6	0,012	1,1	0,43	1,43	3,33	120,78	89,52	150,33	124,10	90,95	153,86	233,77	0,37	
14	Колодильно-компресорна станція	405	0,9	0,48	0,40	0,6525	336	0,85	0,017	1,2	0,43	2,51	5,83	270,09	130,49	299,96	275,91	133,00	306,30	465,37	0,91	
15	Завод по виготовленню печива	375	0,76	0,86	0,60	0,29	1016	0,85	0,016	1,2	0,43	7,13	16,58	125,33	100,13	160,42	141,91	107,26	177,89	270,27	0,18	
Всього по підприємству		5220					24101						148,56	345,48	2777,99	2247,99	3573,61	2984,57	2284,15	3758,32	5710,18	0,16

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

Результат моделювання розрахунку навантажень наведено на рисунку 2.1

Основні результати розрахунку:

- Повна середня потужність підприємства складає $S_{сум} = 3573$ кВА;
- Загальна площа цехів складає 24101 м²;
- Питома густина навантаження $0,16$ кВА/м²;
- Повна розрахункова потужність навантаження складає $S_{р сум} = 3758$ кВА.

2.2 Вибір напруги живлення підприємства

Актуальність вибору оптимальної напруги живлення для промислового підприємства, зокрема зовнішньої лінії живлення, базується на декількох ключових аспектах:

1. Ефективність використання електроенергії:

Визначення оптимальної напруги дозволяє максимізувати ефективність використання електроенергії. Високі напруги можуть забезпечити ефективну передачу електроенергії на великі відстані, зменшуючи втрати енергії.

2. Економічні вигоди:

Вибір оптимальної напруги дозволяє підприємствам економити на витратах на трансформацію та передачу електроенергії. Оптимальний рівень напруги може зменшити витрати на устаткування та підтримку енергетичної інфраструктури.

3. Безпека та надійність:

Вищі напруги можуть забезпечити більшу надійність подачі електроенергії та зниження ймовірності виникнення перебоїв. Це особливо важливо для промислових підприємств, де перебої електропостачання може впливати на виробничий процес.

4. Відповідність стандартам та нормативам:

Вибір напруги повинен враховувати відповідність встановленим стандартам та нормативам електробезпеки. Визначення оптимальної напруги сприяє відповідності нормам та підтримує безпечну експлуатацію.

5. Можливість розширення та модернізації:

Вибір оптимальної напруги повинен враховувати потенційні потреби у розширенні та модернізації. Рівень напруги повинен задовольняти поточні потреби підприємства і залишатися можливою до нарощування споживаної потужності без суттєвих змін в зовнішній СЕП.

6. Можливість прокладання ліній електропередач:

Вибір оптимальної напруги повинен враховувати можливість прокладання ліній електропередач. Рівень напруги повинен бути сумісним з технічними та економічними можливостями будівництва енергетичної інфраструктури. Також важливо враховувати вплив на довжину ліній та зниження втрат електроенергії при передачі.

7. Можливість приєднання до існуючих мереж:

Вибір оптимальної напруги також повинен враховувати можливість приєднання до існуючих електричних мереж. Це дозволяє підприємству забезпечити надійне та стабільне живлення, використовуючи вже існуючі інфраструктурні об'єкти та мережі.

Узагальнюючи, вибір оптимальної напруги для промислового підприємства відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності, ефективності та сталості енергетичної системи підприємства.

Техніко-економічні розрахунки, виконані у 80-х роках минулого століття, показали, що застосування номінальної напруги 110 кВ економічно вигідне в таких інтервалах потужності [4]:

$$P_p = \begin{cases} 25 \dots 175 \text{ МВт, якщо } l = 5 \text{ км;} \\ 9 \dots 95 \text{ МВт, якщо } l = 25 \text{ км;} \\ 5 \dots 60 \text{ МВт, якщо } l = 50 \text{ км.} \end{cases} \quad (2.1)$$

У разі менших потужностей або відстаней економічною є напруга 35 кВ, а при більших – 220 кВ. Підприємства невеликої потужності $P_p \leq 5$ МВт можуть отримувати електроенергію на напрузі 10 кВ. У будь-якому випадку обов'язковою умовою вибору тієї чи іншої напруги є наявність вільних потужностей на районних підстанціях енергосистеми з вказаною напругою.

Для наближених розрахунків на стадії ескізного проектування застосовується така методика:

а) визначається орієнтовне економічно доцільне значення напруги з використанням економічних інтервалів або емпіричних формул, наприклад:

$$U_{ек} = 4,34 \cdot \sqrt{l + 16P_p} \quad (2.2)$$

або

$$U_{ек} = 1000 / \sqrt{\frac{500}{l} + \frac{2500}{P_p}}, \quad (2.3)$$

де l [км], P_p [МВт], $U_{ек}$ [кВ] – відстань, розрахункова потужність та економічне значення напруги;

б) проводять техніко-економічні розрахунки декількох варіантів з вищою і нижчою номінальними напругами.

Відповідно до даних розрахованих в п. 2.1 та виразу 1.2 визначимо економічну напругу живлення:

$$U_{\text{ЕК}} = 4,34 \cdot \sqrt{3,2 + 16 \cdot 3,7} = 44 \text{ кВ}$$

Відповідно до розрахунку економічна напруга живлення становить 34 кВ. Для детальнішого аналізу необхідно було б розрахувати техніко-економічне порівняння напруги 10 кВ та 35 кВ. Оскільки на відстані 2,6 км проходить лінія 110 кВ розглянемо 3 варіанти живлення:

1. двоковою КЛ 10 кВ;
2. двоковою ПЛ 110 кВ з встановленням двотрансформаторної ГПП 110/10 кВ;
3. комбінованої схеми з основних живлення на напрузі 110 кВ та резервуванням на напрузі 10 кВ.

Спорудження електричних мереж та підстанцій СЕП пов'язані з великими матеріальними витратами. Для порівняння економічності варіантів можна користуватися зведеними річними витратами

$$Z = E_n K + V, \quad (2.4)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,1$); K – капітальні вкладення; V – щорічні поточні витрати на експлуатацію СЕП.

Капітальні вкладення K є одноразовими витратами на придбання основних і оборотних фондів. Крім ціни обладнання вони повинні включати витрати на його транспортування, будівельні, монтажні та пусконаладжувальні роботи (додаток Д). Капітальні вкладення у випадку реконструкції визначаються за вартістю обладнання із застосуванням коефіцієнта 1,1.

Щорічні поточні витрати в електроенергетиці, як правило, містять такі складові:

$$B = B_a + B_o + B_{\Delta W}, \quad (2.5)$$

де B_a – відрахування на амортизацію основних фондів, в які не входить їх реновація, B_o – витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання; $B_{\Delta W}$ – вартість річних втрат електричної енергії.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт обладнання знаходять на основі системи TOP EO, згідно з якою B_o включають в себе витрати на заробітну плату ремонтного і експлуатаційного персоналу, витрати на комплектуючі, запасні частини і матеріали, які використовуються під час обслуговування та ремонтів. Витрати на заробітну плату визначаються, виходячи з трудомісткості ремонтних робіт і тарифних ставок ремонтного та обслуговувального персоналу. Витрати на матеріали знаходяться пропорційно витратам на заробітну плату персоналу. В системі TOP EO регламентується періодичність, трудомісткість проведення ремонтів основних видів електрообладнання. На етапі техніко-економічного обґрунтування варіантів можна розраховувати витрати на поточний ремонт і обслуговування пропорційно капітальним вкладенням, тобто

$$B_o = E_o K, \quad (2.6)$$

де E_o – норма витрат на поточний ремонт і обслуговування.

Вартість втрат електричної енергії розраховують за формулою

$$B_{\Delta W} = c_0 \cdot \Delta W_H + 0,75 \cdot c_0 \cdot \Delta W_X, \quad (2.7)$$

де c_0 – вартість 1 кВт · год. електроенергії;

ΔW_H , ΔW_X – відповідно навантажувальні втрати електроенергії і втрати електроенергії холостого ходу.

Коефіцієнт до середнього тарифу для визначення вартості втрат холостого ходу – 0,75 – 0,8.

Об'єм втраченої електроенергії визначається за формулою:

$$\Delta W = \Delta P_M \tau = \Delta P_c T_p (K_{ф.р})^2, \quad (2.8)$$

де $\Delta P_M, \Delta P_c$ – відповідно максимальні і середні втрати потужності.

Час максимальних втрат і річний коефіцієнт форми можуть бути розраховані за наближеними формулами

$$\tau \approx \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760; \quad K_{ф.р} \approx 0,876 + \frac{0,124}{K_{з.г}}, \quad (2.9)$$

де T_M – час використання максимального навантаження ($T_M = W/P_M$, тут W – кількість спожитої енергії, P_M – максимальна потужність);

$K_{з.г}$ – коефіцієнт заповнення річного графіка, що є відношенням потужностей P_c/P_M або відношенням кількості годин використання максимальної потужності до річної кількості годин T_M/T_p .

Відповідно до даних постачальника електроенергії в даному регіоні [<https://vin.enera.ua/el/tariff>] ТОВ "ЕНЕРА ВІННИЦЯ" тариф на електричну енергію можна розділити на Тариф на розподіл електричної енергії, грн/МВт*год без ПДВ АТ "Вінницяобленерго", (Постанова НКРЕКП №1794 від 21.12.2022 року зі змінами) та Прогнозована ціна закупівлі електричної енергії на ринку електричної енергії, грн/МВт*год без ПДВ (Постанова НКРЕКП №1177 від 05.10.2018 року зі змінами та доповненнями)

Прогнозована ціна закупівлі
електричної енергії на ринку
електричної енергії, грн/
МВт*год без ПДВ

Значення тарифу
4107.49

* Постанова НКРЕКП №1177 від 05.10.2018 року зі змінами та доповненнями

Тариф на розподіл електричної
енергії, грн/МВт*год без ПДВ

АТ "Вінницяобленерго", (Постанова НКРЕКП №1794 від
21.12.2022 року зі змінами)

I клас
Значення тарифу
315.93

II клас
Значення тарифу
1769.78

Ціна на універсальні послуги
для малих побутових
споживачів (споживачів 1-ї
групи)

електроустановки яких приєднані до електричних мереж АТ
"Вінницяобленерго", грн/МВт*год без ПДВ

I клас
Значення тарифу
5039.88

II клас
Значення тарифу
6493.73

Рисунок 2.1 – Значення тарифів на електроенергію відповідно до даних постачальника

З рисунку видно, що значення тарифу можна розділити на перший та другий клас напруги живлення.

Відповідно до постанови НКРЕКП (№1430 від 25.08.2021 р.):

До 1 класу напруги належать споживачі, які:

- отримують електричну енергію від оператора системи розподілу на межі балансової належності номінальною напругою 27,5 кВ та вище;
- приєднані до шин електростанцій (за винятком суб'єктів господарювання, що виробляють електричну енергію з альтернативних джерел);

До 2 класу напруги належать споживачі, які:

- отримують електричну енергію від оператора системи розподілу на межі балансової належності номінальною напругою нижче 27,5 кВ.

Відповідно до цього необхідно врахувати річне споживання електроенергії підприємством, так як тариф на ел. ен. для першого варіанта (напруга 10 кВ) становить 6,493 грн/кВт*год, а для другого та третього 5,039 грн/кВт*год.

Приведемо схему живлення підприємства варіанта 1. Живлення виконано від ПС «Південна» на напрузі 10 кВ кабелем з зшитого поліетилену АПвЄБВ-10 3х350/16.

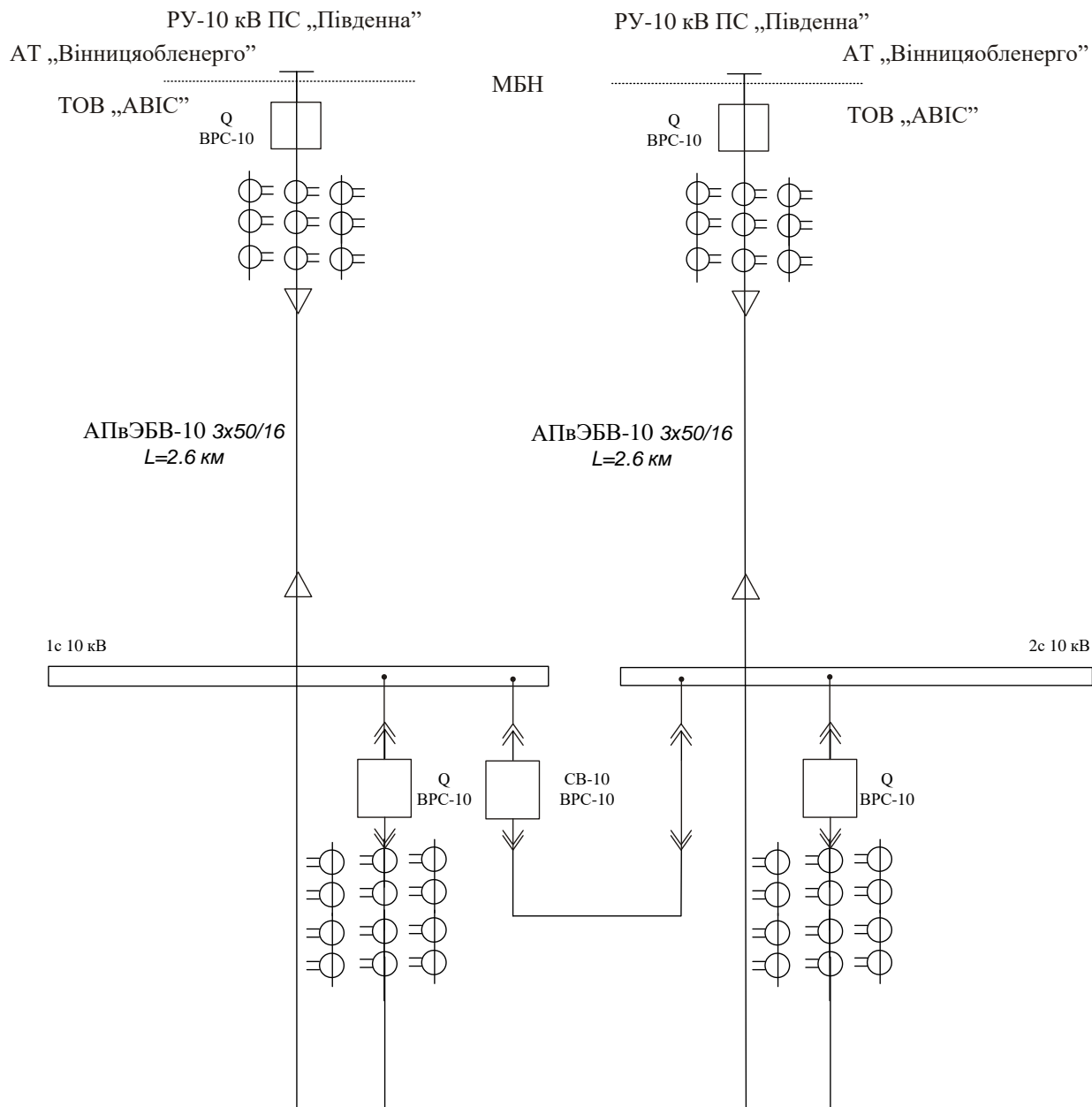


Рисунок 2.2 – Схема зовнішнього електропостачання першого варіанта
Розрахуємо техніко-економічні показники та заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні показники першого варіанту живлення

Втрати електричної енергії, ΔW	Головна понижувальна підстанція, кВт*год	0
	Зовнішня лінія живлення, тис. кВт*год	67.773
	Загалом, тис. кВт*год	67.773
Вартість основних фондів	Головна понижувальна підстанція, К тис. грн	0
	Зовнішня лінія живлення, К тис. грн	4897.1
	Загалом, тис. грн	4897.1
Щорічні поточні витрати в СЕП, В тис. грн	Відрахування на амортизацію основних фондів, Ва тис. грн	195.884
	Витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання, Во тис. грн	112.6333
	Вартість річних втрат електричної енергії, $V\Delta W$ тис. грн	440.5245
	Загалом, тис. грн	749.0418
Споживання електроенергії, тис. кВт*год		12167.59296
Вартість основних фондів, тис. грн.		749.0418
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.		79089.35423
Зведені річні затрати, тис. грн.		80328.10603

Приведемо схему живлення підприємства варіанта 2. :Живлення виконано двоколовою ПЛ-110 кВ від існуючої ЛЕП.

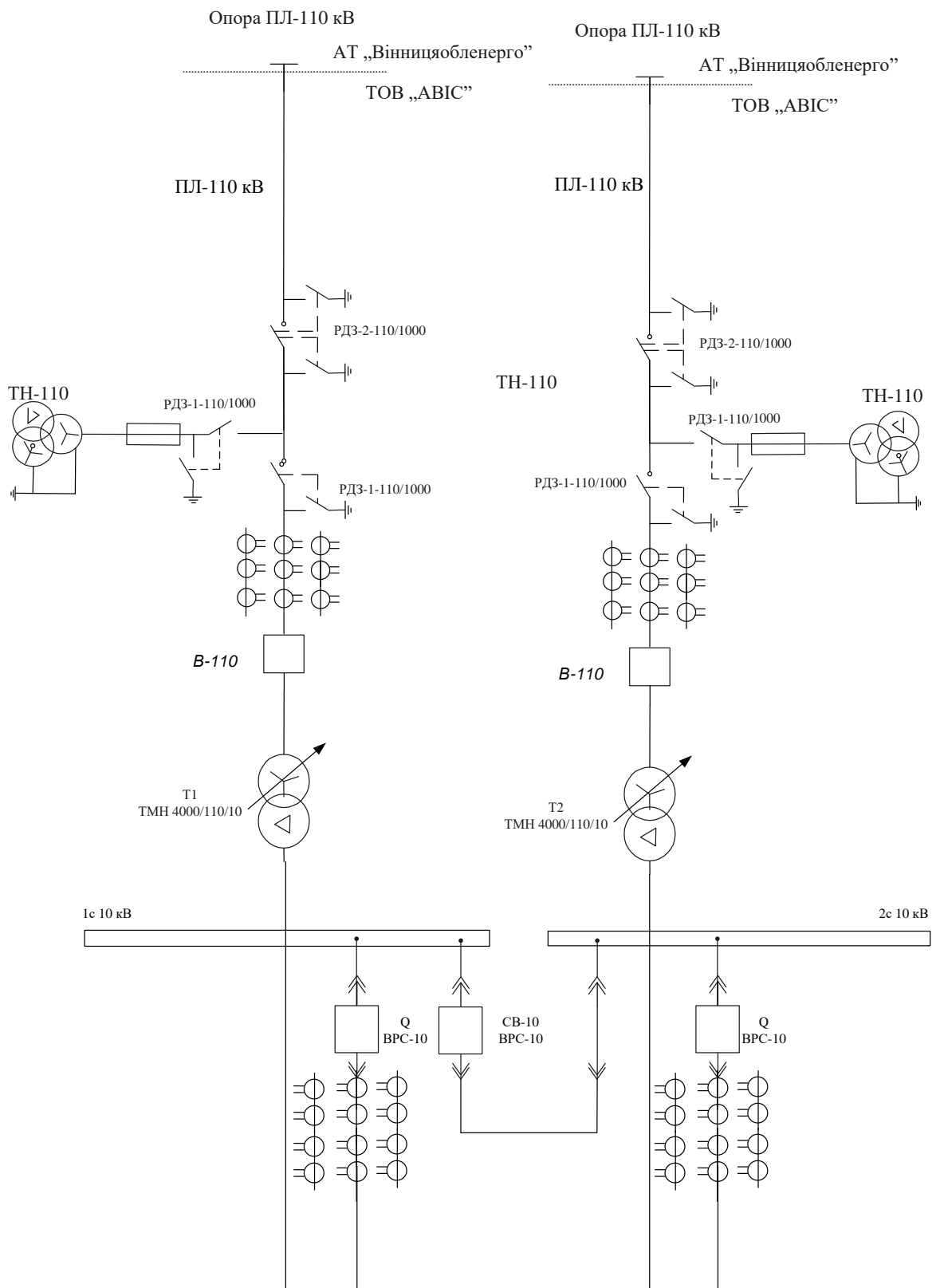


Рисунок 2.3 – Схема зовнішнього електропостачання другого варіанта
Розрахуємо техніко-економічні показники та заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники другого варіанту живлення

Втрати електричної енергії, ΔW	Головна понижувальна підстанція, кВт*год	26.38439112
	Зовнішня лінія живлення, тис. кВт*год	0.297768207
	Загалом, тис. кВт*год	26.68215933
Вартість основних фондів	Головна понижувальна підстанція, К тис. грн	15200
	Зовнішня лінія живлення, К тис. грн	4050.8
	Загалом, тис. грн	19250.8
Щорічні поточні витрати в СЕП, В тис. грн	Відрахування на амортизацію основних фондів, Ва тис. грн	770.032
	Витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання, Во тис. грн	442.7684
	Вартість річних втрат електричної енергії, $V\Delta W$ тис. грн	133.4107967
	Загалом, тис. грн	1346.211197
Споживання електроенергії, тис. кВт*год		12167.59296
Вартість основних фондів, тис. грн		19250.8
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.		60837.96479
Зведеними річні затрати, тис. грн.		64109.25599

Приведемо схему живлення підприємства варіанта 3. Живлення виконано одноколуюю ПЛ-110 кВ від існуючої ПЛ-110 та резервною кабельною лінією 10 кВ від ПС «Південна».

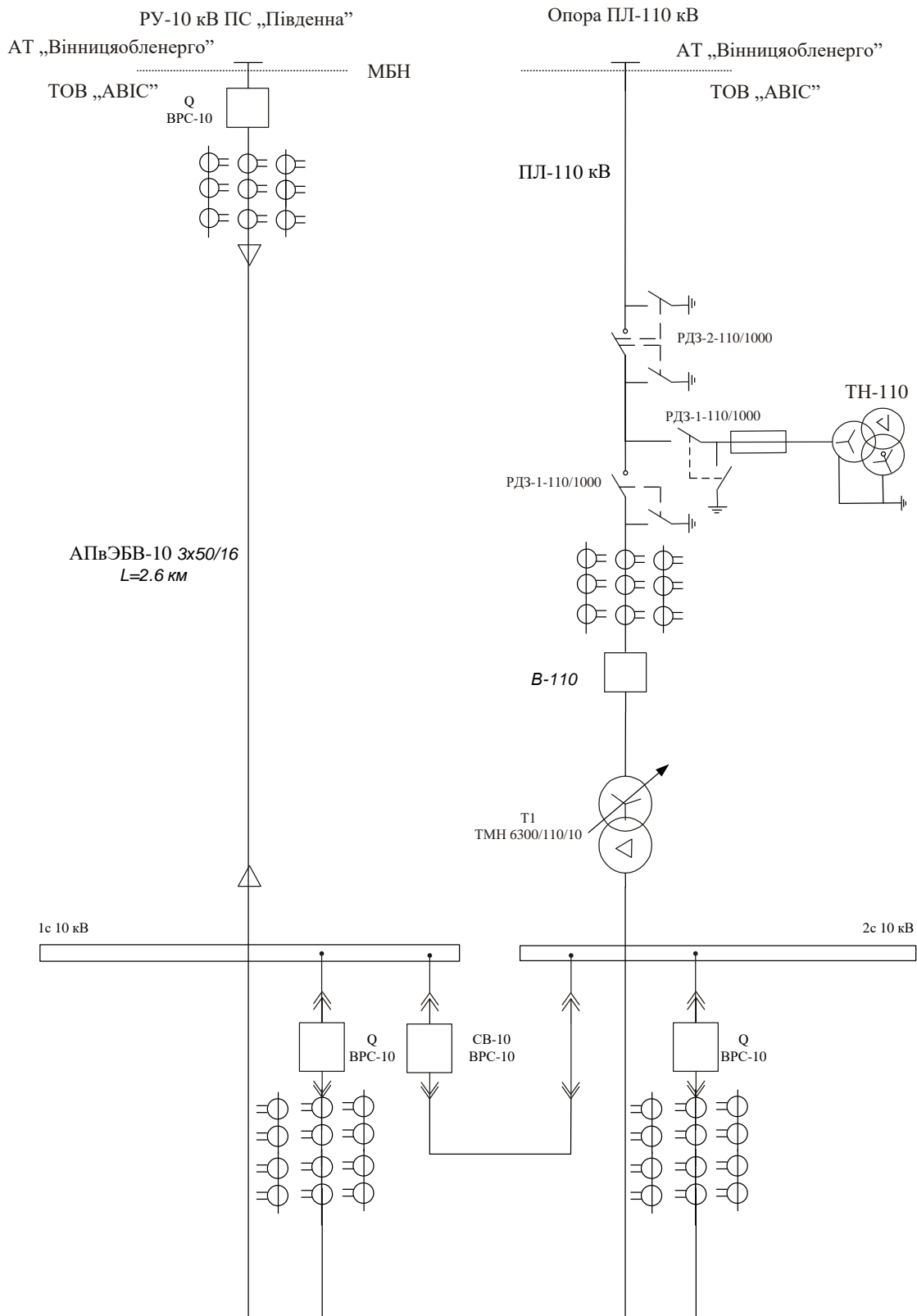


Рисунок 2.4 – Схема зовнішнього електропостачання другого варіанта

Розрахуємо техніко-економічні показники та заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Техніко-економічні показника третього варіанту живлення

Втрати електричної енергії, ΔW	Головна понижувальна підстанція, тис. кВт*год	19.9
	Зовнішня лінія живлення, тис. кВт*год	0.59
	Загалом, тис. кВт*год	20.49
Вартість основних фондів	Головна понижувальна підстанція, К тис. грн	8444.444444
	Зовнішня лінія живлення, К тис. грн	5289.411111
	Загалом, тис. грн	13733.85556
Щорічні поточні витрати в СЕП, В тис. грн	Відрахування на амортизацію основних фондів, Ва тис. грн	549.3542222
	Витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання, Во тис. грн	315.8786778
	Вартість річних втрат електричної енергії, $V\Delta W$ тис. грн	102.45
	Загалом, тис. грн	967.6829
Споживання електроенергії, тис. кВт*год		12167.59296
Вартість основних фондів, тис. грн.		13733.85
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.		60837.96479
Зведеними річні затрати, тис. грн.		63179.03325

2.3 Використання засобів САПР для визначення потужності та кількості цехових ТП

Для визначення попереднього визначення кількості ТП можна використати параметр густину навантаження яка становить $\sum \rho_0 = 0,16 \text{ кВА/м}^2$. Відповідно до [2] рекомендовано встановлювати двотрансформаторні ТП з трансформаторами 1 та 1,6 МВА. Відповідно до встановленої потужності підприємства та коефіцієнтів завантаження оптимальна кількість ЦТП становить 3.

Відповідно до генплану розділимо цехи на три групи для їх живлення відповідними ТП.



Рисунок 2.5 – Генплан підприємства

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахунок а активна потужність Pr, кВт	Розрахунок реактивна потужність Qr, кВАр	Повна розрахунок потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pc, кВт	Середня реактивна потужність Qc, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
ТП1	1	Завод полімерного упакування	217.7301	154.523943	266.9907216	204.0213	148.629159	252.418933
	2	Цех (друкарня)	103.72704	72.4426272	126.5196944	95.36352	68.8463136	117.6180932
	6	Котельня	170.751	118.66293	207.934593	156.063	112.34709	192.2954201
	7	Склад № 1	141.08235	149.1641763	205.3148338	104.52555	133.4447523	169.5083848
	8	Склад № 2	92.44875	79.86839479	122.1709125	80.20875	74.60519479	109.5416755
	9	Склад № 3(гот.прод)	272.5584	145.040112	308.7470089	179.7792	105.145056	208.2691613
			Всього по ТП1	998.29764	719.7021833	1230.678435	819.96132	643.0175657
ТП2	3	Завод безалкогольних напоїв	397.56828	283.0103604	488.0116816	373.87164	272.8208052	462.8295528
	4	Очисні споруди	285.25128	222.5285895	361.7834516	260.07564	211.7030643	335.3468741
	5	Очисні споруди	154.0008	121.7039768	196.2857722	142.2504	116.6513048	183.9638639
	10	Склад № 4(гот.прод)	107.4855	75.798765	131.5240871	99.9615	72.563445	123.5222856
			Всього по ТП2	944.30586	703.0416917	1177.277018	876.15918	673.7386193
ТП3	11	Оліє-очисний завод	493.11	530.3268	724.1574324	422.73	500.0634	654.8007765
	12	Цех фасування олії	130.8225	96.273675	162.4288983	127.9425	95.035275	159.3768703
	13	Цех по виробництву майонезу	124.1028	90.948204	153.8605888	120.7764	89.517852	150.334243
	14	Холодильно-компресорна стан	275.91498	132.9987366	306.296817	270.08874	130.4934534	299.9607789
	15	Завод по виготовленню печив	141.91224	107.2586239	177.8861891	125.33112	100.1287423	160.4171271
			Всього по ТП3	1165.86252	957.8060395	1508.849835	1066.86876	915.2387227

Рисунок 2.6- Розподіл цехів між ЦТП

Приведемо математичну модель для вибору потужності цехових ТП:

$$\begin{cases}
 3(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T). \\
 B_{ТП}(S_T) = (E_a + E_c) \cdot K_{ТП}(S_T, k_T). \\
 B_B(S_T) = \left[\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot k_3(S_T)^2 \right] \cdot k_T \cdot B_0; \quad k_3(S_T) = \frac{S_{ТП}}{S_T \cdot k_T}; \quad B_0 = t \cdot \tau. \\
 (S_T) = (E_a + E_c) \cdot K_{ТП}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{xx}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot \frac{S_{ТП}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min. \\
 S_T \in S \\
 k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{ТП,н} \\
 k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{ТП} \\
 k_T > 1 \Rightarrow k_{па} \cdot S_T \geq k_{ппа} \cdot S_{ТП}; \\
 S_T \in S.
 \end{cases}$$

Рисунок 2.7- Математична модель вибору цехових трансформаторних підстанцій

Вибір потужності трансформаторних підстанцій 10 кВ має велике значення з економічної точки зору, і його актуальність обумовлена кількома аспектами, включаючи мінімізацію річних приведених затрат. При виборі потужності ТП слід враховувати:

Надійності. Потужність та кількість трансформаторних підстанцій перед усім повинна відповідати необхідній категорії надійності електропостачання.

Виробнича діяльність. Потужність підстанцій повинна відповідати потребам виробничої діяльності підприємства. Недостатня потужність може призвести до втрат прибутку через відключення даних ТП.

Ріст енергоспоживання. Врахування тенденції зростання енергоспоживання підприємства для уникнення необхідності зміни потужності трансформаторів підстанцію.

Енергоефективність. Визначення оптимальної потужності підстанції для забезпечення ефективного використання енергії та уникнення збитків в мережі.

Затрати на будівництво та обслуговування. Оптимізація розміру підстанції для мінімізації витрат на будівництво та подальше обслуговування.

Забезпечення відповідності підстанції стандартам безпеки та надійності, уникнення перевантажень та можливість відновлення роботи в разі аварій.

Врахування цих факторів при виборі потужності трансформаторних підстанцій 10 кВ допомагає мінімізувати річні приведені затрати, оптимізуючи економічну ефективність та забезпечуючи стабільність електропостачання на підприємстві.

Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат														
Дані нормального режиму														
Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	1230.678		
Середня потужність ТП, кВА											Sc=	1042.021		
Кількість трансформаторів											kt=	2		
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1		
Дані післяаварійного режиму														
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі											kpa=	1.3		
Доля навантаження в п.а. режимі											knpa=	0.8		
Економічні характеристики														
Питома вартість втрат, грн/кВт											Vo=	4318.505		
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0.1		
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0.036		
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
	63	1.28	0.24	646.515	87.92604	244.2238	0.48	244.7038	1056.755	---		---	---	---
	100	1.97	0.33	686.5425	93.36978	149.1851	0.66	149.8451	647.1067	---		---	---	---
	160	3.1	0.51	738.7875	100.4751	91.70244	1.02	92.72244	400.4223	---		---	---	---
	250	4.2	0.74	806.355	109.6643	50.88953	1.48	52.36953	226.1581	---		---	---	---
	400	5.9	0.95	967.815	131.6228	27.92487	1.9	29.82487	128.7989	---		---	---	---
	630	8.5	1.31	1076.828	146.4485	16.21799	2.62	18.83799	81.35195	---		---	+	---
V	1000	10.5	2.1	1270.553	172.7951	7.951489	4.2	12.15149	52.47627	225.2714	V	+	+	+
	1600	18	2.8	1579.5	214.812	5.324658	5.6	10.92466	47.17819	261.9902		+	+	+
	2500	23.5	3.85	1807.178	245.7761	2.84739	7.7	10.54739	45.54896	291.3251		+	+	+
									Змін=	225.2714				
									Опт. Пот. Трансформатора	St*=	1000			

Рисунок 2.8- Використання засобів САПР для вибору потужності ЦТП1

Вибір оптимальної потужності ТПЗ за мінімумом затрат															
Дані нормального режиму															
Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	1177.277			
Середня потужність ТП, кВА											Sc=	1105.25			
Кількість трансформаторів											kt=	2			
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
Дані післяаварійного режиму															
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі											kpa=	1.3			
Доля навантаження в п.а. режимі											knpa=	0.85			
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат, грн/кВт											Vo=	4318.505			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0.1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0.036			
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
	63	1.28	0.24	646.515	87.92604	223.489	0.48	223.969	967.2113	---		---	---	---	
	100	1.97	0.33	686.5425	93.36978	136.5191	0.66	137.1791	592.4088	---		---	---	---	
	160	3.1	0.51	738.7875	100.4751	83.91683	1.02	84.93683	366.8001	---		---	---	---	
	250	4.2	0.74	806.355	109.6643	46.56897	1.48	48.04897	207.4997	---		---	---	---	
	400	5.9	0.95	967.815	131.6228	25.55403	1.9	27.45403	118.5604	---		---	---	---	
	630	8.5	1.31	1076.828	146.4485	14.84107	2.62	17.46107	75.40571	---		---	+	---	
V	1000	10.5	2.1	1270.553	172.7951	7.276401	4.2	11.4764	49.56089	222.356	V	+	+	+	
	1600	18	2.8	1579.5	214.812	4.87259	5.6	10.47259	45.22593	260.0379		+	+	+	
	2500	23.5	3.85	1807.178	245.7761	2.605645	7.7	10.30564	44.50498	290.2811		+	+	+	
										Змін=	222.356				
										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	1000			

Рисунок 2.9- Використання засобів САПР для вибору потужності ЦТП2

Вибір оптимальної потужності ТПЗ за мінімумом затрат															
Дані нормального режиму															
Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	1508.85			
Середня потужність ТП, кВА											Sc=	1405.657			
Кількість трансформаторів											kt=	2			
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
Дані післяаварійного режиму															
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі											kpa=	1.3			
Доля навантаження в п.а. режимі											knpa=	0.8			
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат, грн/кВт											Vo=	4318.505			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0.1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0.036			
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
	63	1.28	0.24	646.515	87.92604	367.1055	0.48	367.5855	1587.42	---		---	---	---	
	100	1.97	0.33	686.5425	93.36978	224.2478	0.66	224.9078	971.2656	---		---	---	---	
	160	3.1	0.51	738.7875	100.4751	137.8427	1.02	138.8627	599.6792	---		---	---	---	
	250	4.2	0.74	806.355	109.6643	76.49469	1.48	77.97469	336.7341	---		---	---	---	
	400	5.9	0.95	967.815	131.6228	41.97533	1.9	43.87533	189.4758	---		---	---	---	
	630	8.5	1.31	1076.828	146.4485	24.3781	2.62	26.9981	116.5914	---		---	---	---	
V	1000	10.5	2.1	1270.553	172.7951	11.9523	4.2	16.1523	69.75377	242.5489	V	+	+	+	
	1600	18	2.8	1579.5	214.812	8.00377	5.6	13.60377	58.74794	273.5599		+	+	+	
	2500	23.5	3.85	1807.178	245.7761	4.28006	7.7	11.98006	51.73595	297.5121		+	+	+	
										Змін=	242.5489				
										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	1000			

Рисунок 2.10- Використання засобів САПР для вибору потужності ЦТП3

2.4 Використання засобів САПР для вибору лінії живлення

Для резервної лінії живлення використаємо силовий кабель з алюмінієвими струмопровідними жилами, з просоченою паперовою ізоляцією, в свинцевій оболонці, броньовані сталевими стрічками типу АСБл-10 [6].

Точку забезпечення потужності приймаємо шини 10 кВ підстанції 110/35/10 «Південна», яка знаходиться на відстані 2,6 км.

Даний кабель виконано відповідно до ТУ У 27.3-00214534-091:2017.

Кабелі застосовуються для прокладання:

- у землі (траншеях) з високою корозійною активністю без блукаючих струмів;
- у землі (траншеях) із середньою корозійною активністю, в т.ч. з наявністю блукаючих струмів;
- у шахтах, не небезпечних щодо газу та пилу;
- при наявності небезпеки механічних пошкоджень та відсутності зусиль, що розтягують в експлуатації.

Rated voltage	kV	10
Number and rated area of conductors	mm ²	3 x 50
Insulation thickness between conductors	mm	5.5
Insulation thickness of conductor-sheath	mm	4
Sheath thickness	mm	1.32
Permissible continuous current rating *		
• by aerial laying	A	132
• by burial	A	134
Operating temperature range	° C	-50 . . . +50
Minimum bending radius by laying	mm	630
Level difference along the laying rout, not more than	m	15
Metal shaeth outer diameter (for reference only)	mm	30
Rated outer diameter of the cable (for reference) **	mm	42
Cable weight (approximate)	kg/km	3430
Rated factory cable length and gross weight of the delivery on the drums	m, t	# 16a: 570 • 2.2 # 18: 660 • 2.7
Notes:		
<i>When ordering it is necessary to agree the factory length of the product with the manufacturer</i>		
<i>* Long permissible current loads are calculated for the following conditions: air temperature plus 25 °C, soil temperature plus 15 °C, thermal resistivity of soil 1.2 °K·m/W, laying depth in the soil 0.7 m</i>		
<i>** The external diameter may differ from the rated up to ± 10 %</i>		

Рисунок 2.11- Технічні характеристики кабелів АСБл-10 3x50 мм²

Допустимі тривалі струми жил кабелів з паперовою просоченою ізоляцією за нормального режиму роботи і завантаження 100 % не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 1.3.19 – 1.3.25 ПУЕ[3], або з документацією виробника провідниково-кабельної продукції. Допустимі тривалі струми визначено для прокладання одного кабелю за умов, якщо:

- температура оточуючого середовища в разі прокладання кабелів у повітрі становить + 25 °С, у разі прокладання в землі + 15 °С;
- глибина прокладання кабелів в землі становить 0,7 м;
- питомий тепловий опір землі становить 1,2 К·м/Вт.

Якщо ж умови прокладання кабелю відрізняються від зазначених вище умов необхідно застосувати коригувальні коефіцієнти. Відповідно до глави 1.3 ПУЕ значення коригувальних коефіцієнтів становлять:

Таблиця 2.4– Коригувальні коефіцієнти на допустимий тривалий струм для кабелів з паперовою просоченою ізоляцією, прокладених у землі, залежно від питомого теплового опору землі[3]

Характеристика землі	Питомий тепловий опір, К·м/Вт	Коригувальний коефіцієнт
Пісок вологістю понад 9 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю понад 1 %	0,80	1,05
Нормальні ґрунт і пісок вологістю 7 – 9 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю 12 – 14%	1,20	1,00
Пісок вологістю понад 4 % і менше 7 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю 8 % – 12%	2,00	0,87
Пісок вологістю до 4 %, кам'янистий ґрунт	3,00	0,75

Відповідно до інженерних вишукування кабель прокладаємо в піщано-глинистому ґрунті вологістю 8% - 12%. Коригувальний коефіцієнт приймаємо 0,87.

Таблиця 2.5 – Коригувальні коефіцієнти, які враховують залежність допустимого тривалого струму навантаження кабелів з паперовою просоченою ізоляцією від температури навколишнього середовища[3]

Номинальна напруга кабелю, кВ	Значення коригувального коефіцієнта залежно від температури навколишнього середовища, °С										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Прокладання в повітрі											
1 – 6	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74
10	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
20 – 35	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
Прокладання в землі											
1 – 6	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,73	0,73	0,68
10	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74	0,67	0,6
20 – 35	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55

Температура навколишнього середовища становить + 15 °С прокладання в землі. Коригувальний коефіцієнт приймаємо 1.

Таблиця 2.6– Коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів, які лежать поряд у землі (у трубах або без них)[3]

Відстань між кабелями в провіді, мм	Коефіцієнт за кількості кабелів					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Відповідно до схеми живлення приймаємо прокладання одного кабелю в траншеї. Для даного випадку коригувальний коефіцієнт приймаємо 1.

Відповідно до ПУЕ режимом кабелі 10 кВ необхідно перевірити на термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Для визначення мінімального перерізу кабельної лінії живлення необхідно розрахувати струм трифазного (максимального) короткого замикання на шинах 10 кВ підстанції 110/35/10 «Південна». Потужність короткого замикання приймаємо 50 МВА.

Визначимо характеристики короткого замикання.

Розрахунок струмів КЗ 10 кВ			
Дані системи			
Напруга, кВ			$U = 10$
Потужність коротко замикання, МВА			$S_{кз} = 50$
Опір системи, Ом			$X_c = 1.805$
Струм КЗ для ЗЛЖ, кА			$I_{кз} = 3.359$
Результат			
Довжина КЛ, км			$L = 2.6$
Переріз КЛ, мм ²			$F = 50$
Активний опір КЛ, Ом			$R_l = 0.62$
Реактивний опір КЛ, Ом			$X_l = 0.09$
Сумарний повний опір, Ом			$Z = 1.994$
Струм КЗ для розподільчих ліній, кА			$I_{кз} = 3.0404$

Рисунок 2.12 – Розрахунок струмів короткого замикання резервної лінії живлення

Початкові дані	
Нормальний режим	
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі	Кдоп= 0.966
Напруга, кВ	U= 10
Довжина КЛ, км	l= 2.6
Активна розрахункова потужність, кВт	P= 2984.567
Реактивна потужність, квар	Q= 2284.15
Розрахунковий струм окремого кабелю, А	Iл= 216.99
Кількість кабелів	k= 1
Допустима втрата напруги в КЛ, %	$\Delta U_{\text{доп}} = 5$
Аварійний режим	
Струм КЗ на початку лінії, кА	Iкз = 3.3585
Приведений час КЗ, с	tп = 0.9
Тепловий коефіцієнт C, $(A \cdot c^{(1/2)})/\text{мм}^2$	C = 90
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²	Fкз = 35.40
Економічні характеристики	
Питома вартість втрат	Bo = 215.93
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	Ee = 10.00%
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	Ea = 5.00%

Рисунок 2.13 – Вихідні дані для вибору живлячої КЛ 10 кВ

F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн	Bв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп >= Iр	$\Delta U_n \leq \Delta U_{\text{доп}}$	F >= Fкз	V
35	0.841	0.095	115	659.225	7.090238325	205.9045	1713.985	257.09775	44.45999	---	НЕДОП	+	---	---	
50	0.641	0.09	140	941.75	5.508569763	156.9379	2448.55	367.2825	33.88686	---	НЕДОП	+	---	+	
70	0.443	0.086	165	1318.45	3.948359738	108.461	3427.97	514.1955	23.41947	537.615	ДОП	+	+	+	V
95	0.32	0.083	205	1789.325	2.976078982	78.34655	4652.245	697.83675	16.917	714.7537	ДОП	+	+	+	
120	0.253	0.081	240	2260.2	2.444289907	61.94274	5876.52	881.478	13.375	894.853	ДОП	+	+	+	
150	0.206	0.079	275	2825.25	2.067698293	50.43559	7345.65	1101.8475	10.89032	1112.738	ДОП	+	+	+	
185	0.164	0.077	310	3484.475	1.729906044	40.15261	9059.635	1358.94525	8.669962	1367.615	ДОП	+	+	+	
240	0.125	0.075	355	4520.4	1.415393414	30.60412	11753.04	1762.956	6.608202	1769.564	ДОП	+	+	+	
							Мінімальні затрати на КЛ Ж			537.615					
							Оптимальний переріз КЛ Ж			70					

Рисунок 2.14 – Визначення перерізу живлячої КЛ 10 кВ

Отже, для обираємо резервну кабельну лінію АСБл-10 3x70 мм².

2.5 Застосування засобів САПР для вибору перерізу внутрішньозаводської мережі

Для визначення перерізу кабелів внутрішньозаводської мережі необхідно врахувати їх двоколову характеристику, тобто в математичну модель доповнюємо перевірки на нагрів та на допустимі страти напруги в післяаварійному режимі[13]. Також необхідно визначити коригувальні коефіцієнти на кількість кабелів, які лежать поряд у землі.

Таблиця 2.7– Коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів, які лежать поряд у землі (у трубах або без них)[3]

Відстань між кабелями в провітрі, мм	Коефіцієнт за кількості кабелів					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Оскільки встановлення ГПП передбачаємо на краю території заводу, то кабелі які живлять цехові ТП прокладаємо в одній траншеї (відстань між кабелями приймаємо 200мм), при цьому коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів буде становити 0,81.

Початкові дані		
Нормальний режим		
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режим	Кдоп=	0.966
Напруга, кВ	U=	10
Довжина КЛ, км	l=	0.15
Активна розрахункова потужність, кВт	P=	956
Реактивна потужність, квар	Q=	773
Розрахунковий струм окремого кабелю, А	Iл=	70.96
Кількість кабелів	k=	1
Допустима втрата напруги в КЛ, %	ΔUдоп =	5
Аварійний режим		
Струм КЗ на початку лінії, кА	Iкз =	2.50
Приведений час КЗ, с	tп =	1.5
Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2	C =	90
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2	Fкз =	33.99
Післяаварійний режим		
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження	Кпа =	1.25
Доля навантаження в післяаварійному режимі	Кнпа =	0.9
Допустима втрата напруги в КЛ, %	ΔUпадоп =	5
Економічні характеристики		
Питома вартість втрат	Vo =	4318.50
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	Ee =	10.00%
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	Ea =	5.00%

F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ко, т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	К, т. грн.	E*K, т. грн.	Vв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп >= Ip	Кпа*Iдоп >= Kнпа*Ip *Kл	ΔUn <= ΔUндоп	ΔUpa <= ΔUпадоп	F >= Fкз	v
10	3.1	0.122	0	128.763	0.458578	0.412719946	7.023654	19.31445	2.897168	30.33168	---	НЕДОП	---	---	+	+	---	
16	1.94	0.113	75	186.0705	0.291229	0.262105709	4.395448	27.91058	4.186586	18.98176	---	НЕДОП	+	+	+	+	---	
25	1.24	0.099	90	268.0155	0.189249	0.170324032	2.809461	40.20233	6.030349	12.13267	---	НЕДОП	+	+	+	+	---	
35	0.89	0.095	115	350.3655	0.138607	0.124746105	2.016468	52.55483	7.883224	8.708128	16.59135173	ДОП	+	+	+	+	+	v
50	0.62	0.09	140	498.501	0.099318	0.089386322	1.404731	74.77515	11.21627	6.066336	17.28260884	ДОП	+	+	+	+	+	
70	0.443	0.086	165	681.7635	0.073479	0.066130689	1.003703	102.2645	15.33968	4.334495	19.67417391	ДОП	+	+	+	+	+	
95	0.326	0.083	205	883.5885	0.056357	0.050721197	0.738616	132.5383	19.88074	3.189719	23.07046004	ДОП	+	+	+	+	+	
120	0.258	0.081	240	1118.111	0.046376	0.041738508	0.584549	167.7166	25.15749	2.524379	27.68186492	ДОП	+	+	+	+	+	
150	0.206	0.079	275	1378.472	0.038689	0.034820309	0.466733	206.7707	31.01561	2.015589	33.03119792	ДОП	+	+	+	+	+	
185	0.167	0.077	310	1855.98	0.032866	0.029579508	0.378371	278.397	41.75955	1.633997	43.39354705	ДОП	+	+	+	+	+	
240	0.129	0.075	355	2574.072	0.027186	0.024467737	0.292275	386.1108	57.91662	1.262189	59.17880934	ДОП	+	+	+	+	+	
											16.59135173							
											35							
											Мінімальні затрати на КЛ1							
											Оптимальний переріз КЛ1							

Рисунок 2.15 - Таблична форма для автоматизованого вибору КЛ 10 кВ

Для інших КЛ використовуємо аналогічний розрахунок та заносимо результати в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати вибору КЛ внутрішньозаводської мережі

Живлення	Тип кабелю	Переріз кабелю, мм ²	Річні приведені затрати, тис. грн
ГПП-ЦТП1	АСБл -10 3х	35/	19
ГПП -ЦТП2	АСБл -10 3х	35	12
ГПП -ЦТП3	АСБл -10 3х	35	32

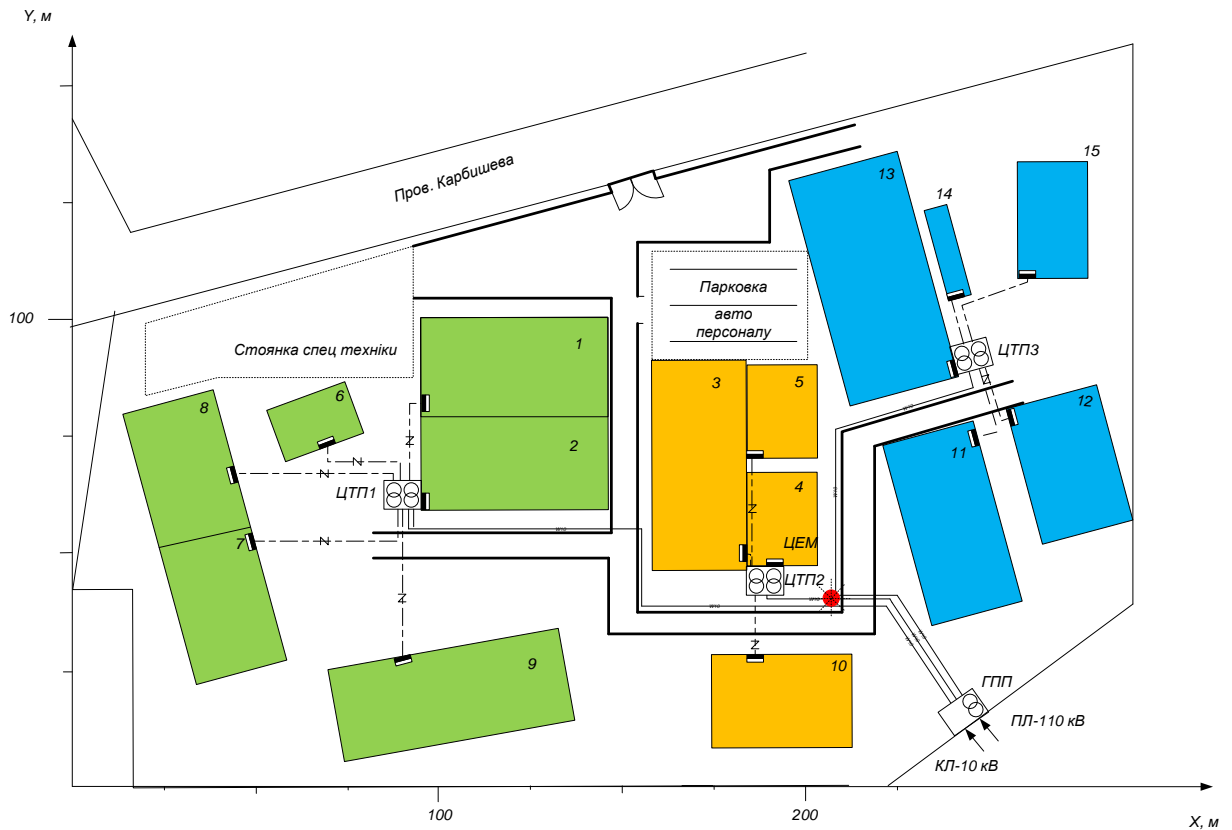


Рисунок 2.16 – Розміщення інженерних мереж на генплані підприємства

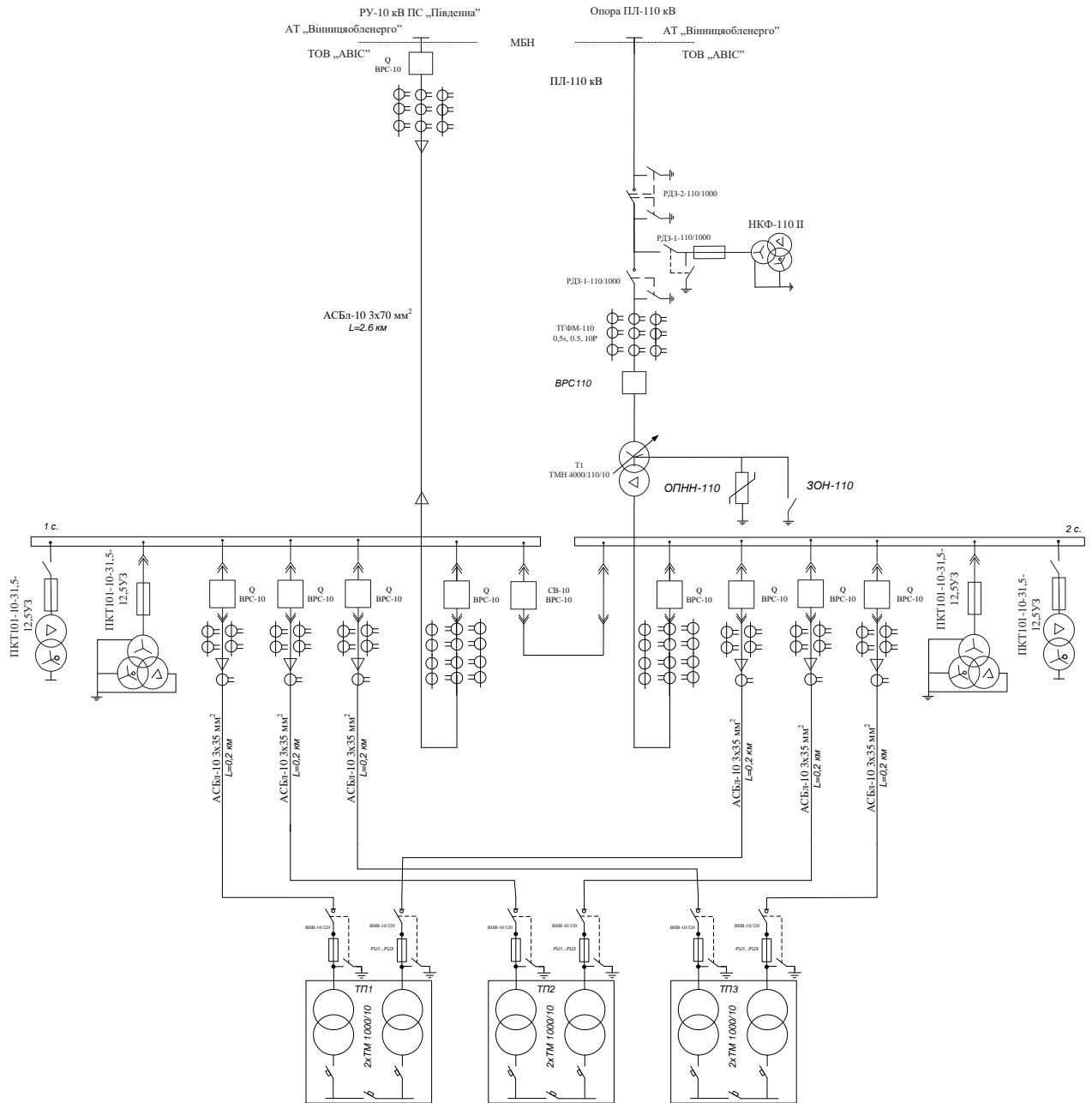


Рисунок 2.18 – Однолінійна схема підприємства

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «АВІС»

3.1 Вплив вищих гармонік напруги на конденсаторні установки[13]

Наявність на промислових підприємствах нелінійних навантажень спричинює певні проблеми з електромагнітною сумісністю споживачів, обліком електроенергії, компенсацією реактивної потужності. Це пов'язано з тим, що такі споживачі створюють в електричних мережах несинусоїдність струму та напруги [15].

Одним із основних джерел вищих гармонік є керовані та некеровані випрямлячі[16], тиристорні регулятори напруги, тощо. Дані пристрої призводять до спотворення струму навантаження, що в свою чергу призводить до появи гармонічних спотворень напруги.

Поява гармонічних спотворень струму і напруги призводить до різних негативних наслідків, а при використанні звичних способів компенсації реактивної потужності, таких як конденсаторних установок (КУ), часто призводить до збільшення спотворень струму і напруги мережі та виходу КУ з ладу.

Негативний вплив вищих гармонік на конденсаторні установки може бути значущим і призводити до ряду проблем:

1. Вищі гармоніки викликають додатковий струм, який приводить до додаткового нагріву конденсаторів. Підвищена температура може зменшити термін служби конденсаторів та погіршити їх ефективність.

2. Збільшення вищих гармонік може призводити до зростання потужнісних втрат в конденсаторах та сусідніх елементах системи. Це може впливати на загальну ефективність електроенергетичної системи.

3. Вищі гармоніки можуть спотворювати сигнали та напругу, що використовується для компенсації реактивної потужності конденсаторами. Це

може призводити до неефективності компенсаційного обладнання та, в кінцевому рахунку, до зростання реактивної потужності в системі.

4. Збільшення вищих гармонік може призводити до перевантаження обладнання, зокрема трансформаторів та провідників. Це може викликати перегрів та зменшення ефективності цих елементів.

Дослідження включає побудову імітаційної моделі у середовищі MATLAB Simulink. Дана модель складається з джерела, трансформатора ТМГ 1000/10, трифазного активно-індуктивного ($100 + j100$ кВА) та нелінійного навантаження, де нелінійне навантаження представлено тиристорним регулятором напруги (20 кВт). В якості компенсації реактивної потужності використано конденсаторну установку потужністю 100 квар.

Імітаційна модель у середовищі MATLAB Simulink зображена на рис. 1.

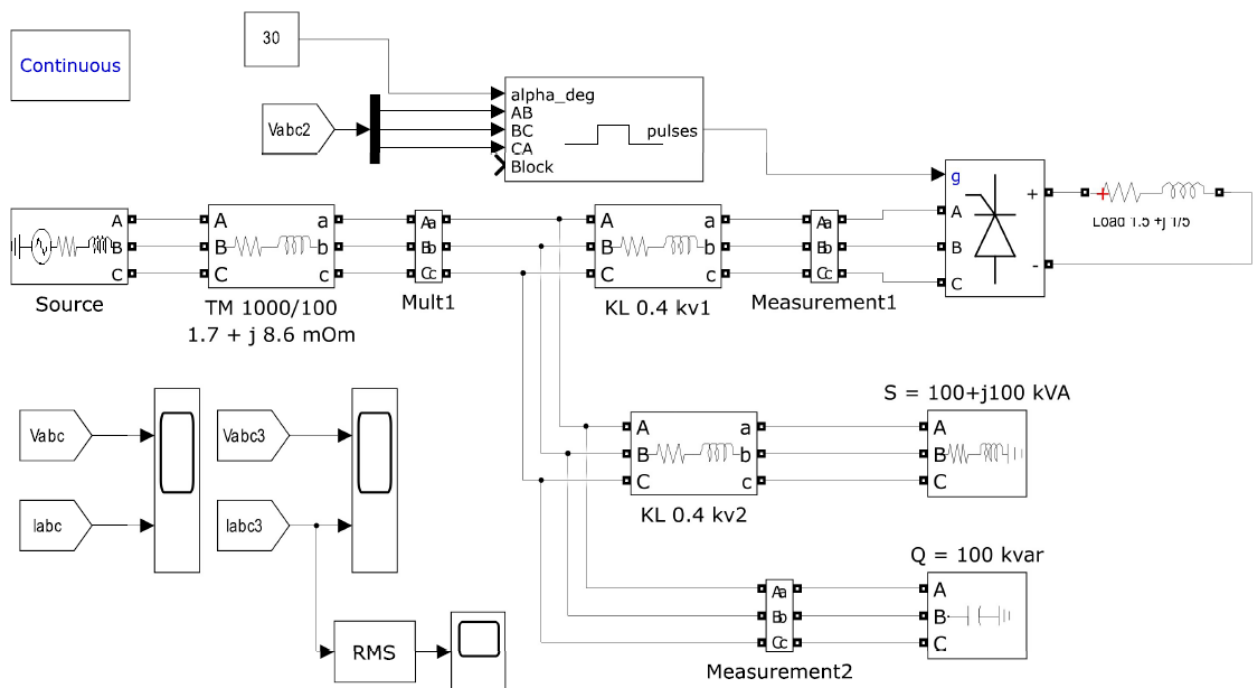


Рисунок 3.1. Залежність густини бутану і пропану д температури

На дані моделі проведено заміри осцилограм струму і напруги на шинах низької напруги трансформатора з ввімкненими рис. 2 та вимкненими конденсаторними установками.

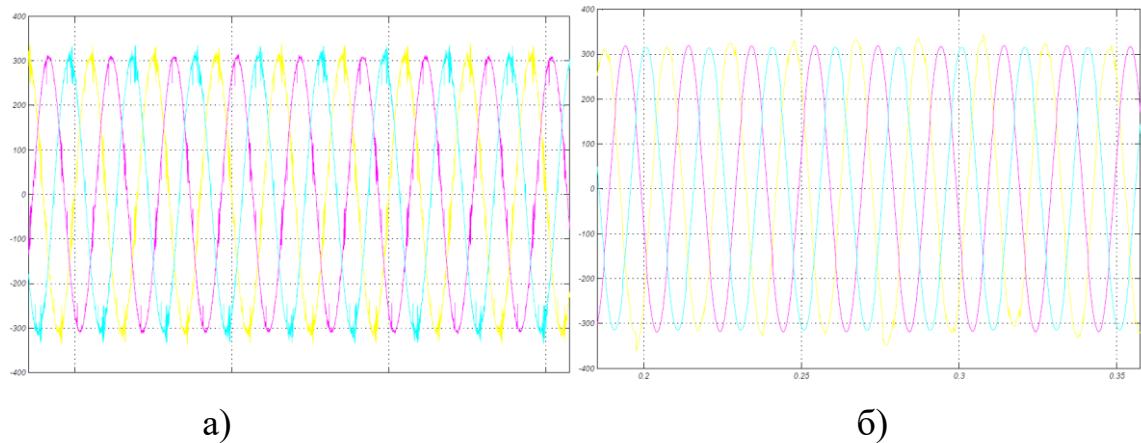


Рисунок 3.2 – Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі без конденсаторної установки

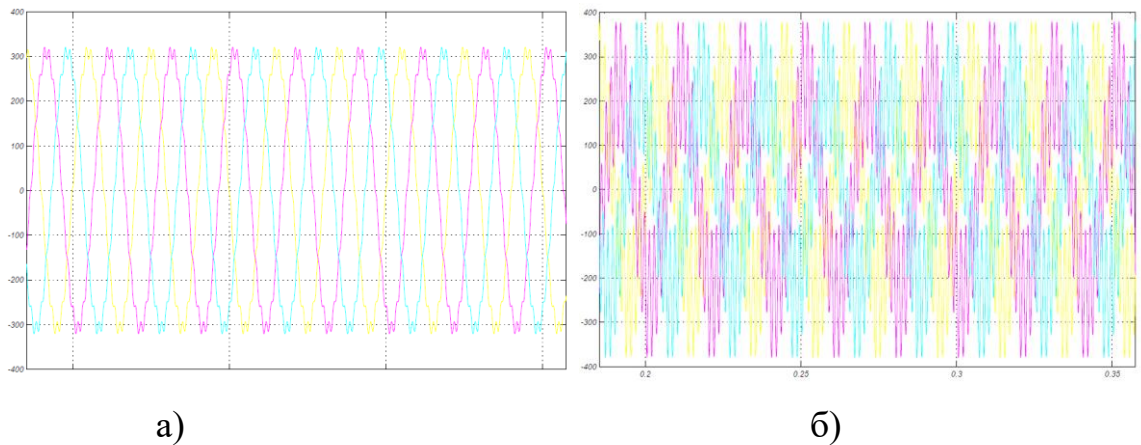


Рисунок 3.3 – Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі з конденсаторною установкою

З рисунку 2 та 3 видно, що приєднання конденсаторної установки до мережі з вмістом гармонічних спотворень значно збільшує ці спотворення. Розрахуємо коефіцієнти гармонічних спотворень струму і напруги до та після підключення КУ.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів гармонічних спотворень

Показник	Напруга мережі	Струм мережі
THD, % Без КУ	2.02	4.47
THD, % з КУ	4.95	57.48

З таблиці видно, що при включенні конденсаторної установки навіть незначне спотворення напруги (THD = 2.02 %) призводить до збільшення гармонічного спотворення по напрузі в 2,5 рази та по струму в 10 разів. Також

спостерігається значне збільшення середньоквадратичного значення струму самої КУ, в нормальному режимі становить 152 А, а при підключенні до мережі з вмістом гармонічних спотворень – 187 А.

Отже вищі гармоніки суттєво впливають на ефективність та надійність конденсаторних установок. Для зменшення цього впливу рекомендується використовувати спеціальні фільтри, які можуть компенсувати вищі гармоніки, та ретельно розглядати методи компенсації реактивної потужності, щоб уникнути збільшення гармонічних спотворень та виходу з ладу КУ.

3.2 Вплив вищих гармонік на трансформатор

Вищі гармоніки в електричній системі можуть впливати на трансформатори різними способами, і це може бути проблемою в деяких ситуаціях. Ось деякі аспекти впливу вищих гармонік на трансформатор:

1. Збільшення втрат енергії. Перетворення вищих гармонік може призводити до додаткових втрат енергії в трансформаторі через теплові втрати в магнітній системі і обмотках.

2. Збільшення теплового навантаження. Вищі гармоніки можуть призводити до збільшення теплового навантаження трансформатора через додаткові струми, що виникають внаслідок несиметричних і періодичних змін напруги.

3. Збільшення вихрових струмів. Вищі гармоніки можуть створювати несинусоїдальні струми в трансформаторі, що може призводити до збільшення вихрових струмів і, в результаті, до підвищення теплового навантаження.

4. Негативний вплив на якість напруги. Вищі гармоніки можуть порушувати якість напруги в системі. Це може викликати нестабільність напруги на обмотках трансформатора та в інших частинах електричної мережі.

5. Поява шуму. Вищі гармоніки можуть викликати вибухи магнітних полів у трансформаторі, що може призводити до появи шуму, особливо на магнітопроводі трансформатора.

6. Вплив на термічний режим. Збільшення теплового навантаження і додаткові втрати можуть впливати на термічний режим трансформатора, зокрема на його ефективність охолодження.

7. Посилений знос і старіння матеріалів. Довготривалі впливи вищих гармонік можуть впливати на матеріали трансформатора, зокрема на ізоляційні матеріали, призводячи до їхнього зносу та старіння.

Додаткові втрати активної потужності при несиметрії напруг представляють у вигляді суми додаткових втрат холостого ходу (XX) і КЗ[14]:

$$\Delta P_{T2U} = k_{2U}^2 \left(\Delta P_{HX} + \frac{\Delta P_{K3}}{u_{K3}^2} \right). \quad (3.1)$$

Додаткові втрати в трансформаторі, які зумовлені несинусоїдністю:

$$\Delta P_{T.нсн} \approx 3 \sum_{n=2}^{40} I_n^2 R_1 k(n), \quad (3.2)$$

Оскільки активний та реактивний опори трансформатора $R_{(n)} = 0,47\sqrt{n} \cdot R_1$, $X_{(n)} = 0,88 \cdot n \cdot X_1$, то втрати в трансформаторі, які зумовлені несинусоїдністю, можна визначити за формулою:

$$\Delta P_{T.нсн} = \frac{0,47 \cdot \Delta P_{K3}}{u_{K3}^2} \sum_{n=2}^{40} \left(\frac{k_{U(n)}}{k_{Z(n)}} \right)^2 \sqrt{n}, \quad (3.3)$$

де $k_{Z(n)} = Z_{(n)} / Z_1$, $Z_{(n)} = \sqrt{(0,47\sqrt{n}R_1)^2 + (0,88nX_1)^2}$.

З урахуванням втрат, що зумовлені вихровими струмами[14]:

$$\Delta P_{T.нсн} = \frac{0,47 \cdot \Delta P_{кз}}{u_{кз}^2} \sum_{n=2}^{40} \left(\frac{k_{U(n)}}{k_{Z(n)}} \right)^2 (1 + 0,05n^2) \sqrt{n},$$

$S_{\text{тн}} := 1000$	Потужність трансформатора
$R_1 := 1.7$	Активний опір трансформатора
$X_1 := 8.6$	Реактивний опір трансформатора
$P_{кз} := 10.5$	Втрати короткого замикання
$P_{хх} := 1.550$	Втрати холостого ходу
$u_{кз} := 4.5$	Нарпуга короткого замикання

Отже, втрати зумовленні несиметрією напруги становлять:

$$k_{2U} := 2 \%$$

$$\Delta P_{\text{несим}} := \left(\frac{k_{2U}}{100} \right)^2 \left[P_{\text{хх}} + \frac{P_{кз}}{(0.01 \cdot u_{кз})^2} \right] = 2.075 \quad \text{кВт}$$

Додаткові втрати активної потужності за умов несинусоїдності напруги:

$$k_5 := 3.45 \quad k_7 := 2.75 \quad k_{11} := 4.35 \quad k_{13} := 17.6$$

$$\text{THD} := \frac{\sqrt{k_5^2 + k_7^2 + k_{11}^2 + k_{13}^2}}{100} \cdot 100 = 18.659 \%$$

Розрахуємо k_Z для кожної гармоніки:

$$Z_1 := \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$$

$$k_{Z5} := \frac{\sqrt{(0.47 \cdot \sqrt{5} \cdot R_1)^2 + (0.88 \cdot 5 \cdot X_1)^2}}{Z_1}$$

$$k_{Z11} := \frac{\sqrt{(0.47 \cdot \sqrt{11} \cdot R_1)^2 + (0.88 \cdot 11 \cdot X_1)^2}}{Z_1}$$

$$k_{Z7} := \frac{\sqrt{(0.47 \cdot \sqrt{7} \cdot R_1)^2 + (0.88 \cdot 7 \cdot X_1)^2}}{Z_1}$$

$$k_{Z13} := \frac{\sqrt{(0.47 \cdot \sqrt{13} \cdot R_1)^2 + (0.88 \cdot 13 \cdot X_1)^2}}{Z_1}$$

Розрахуємо втрати зумовленні несинусоїдністю:

$$\Delta P_{\text{гарм}} := \frac{0.47 \cdot P_{кз}}{u_{кз}^2} \left[\left(\frac{k_5}{k_{Z5}} \right)^2 \cdot (1 + 0.05 \cdot 5^2) \cdot \sqrt{5} + \left(\frac{k_7}{k_{Z7}} \right)^2 \cdot (1 + 0.05 \cdot 7^2) \cdot \sqrt{7} \dots \right. \\ \left. + \left(\frac{k_{11}}{k_{Z11}} \right)^2 \cdot (1 + 0.05 \cdot 11^2) \cdot \sqrt{11} + \left(\frac{k_{13}}{k_{Z13}} \right)^2 \cdot (1 + 0.05 \cdot 13^2) \cdot \sqrt{13} \right] = 23.246 \quad \text{кВт}$$

Рисунок 3.4 – Розрахунок додаткових втрат в трансформаторі при наявності вищих гармонік

3.3 Вплив вищих гармонік синхронну машину

Додаткові втрати і старіння ізоляції СМ. При роботі синхронних машин в умовах несинусоїдної напруги виникають додаткові втрати потужності, що зумовлені вищими гармоніками струму в колах статора і ротора. З'являються також додаткові втрати в сталі статора і ротора. Основна частина додаткових втрат від гармонік в синхронних машинах приходить на втрати в демпферній і статорній обмотках. Втрати в роторі, як правило, виявляються меншими.

Для синхронних машин залежності додаткових втрат електроенергії, викликаних спотвореннями якості електроенергії, у відсотках від номінальних, мають такий вигляд.

Додаткові втрати в міді обмотки статора машини:

$$\Delta P_M = \left(\frac{R_2}{R_1} k_{2I}^2 + \frac{R_0}{R_1} k_{0I}^2 + \sum_{n=2}^{40} k_{I(n)}^2 \cdot \left(\sqrt{n} + \frac{R_r}{R_s} \sqrt{n \mp 1} \right) \right) \cdot 100\% , \quad (3.4)$$

де $k_{0I} \approx 0$ – оскільки фази обмотки генератора з'єднані в зірку;

$$k_{I(n)} \approx k_{U(n)} / (0,88n) .$$

Додаткові втрати в сталі магнітопровода:

$$\Delta P_{cm} = \left(k_{2U}^2 + k_{0U}^2 + \sum_{n=2}^{40} k_{U(n)}^2 \cdot n^{-0,7} \right) \cdot 100\% . \quad (3.5)$$

Опори ротора та статора СД:

$$\begin{aligned} R_{2s} &:= 0.101 & R_{1s} &:= R_s \\ R_{2r} &:= 9.5 \cdot 10^{-3} & R_{1r} &:= R_r \end{aligned}$$

Прийmemo несиметрію та коеф. гармонічних складових:

$$k_{2U} := 2 \quad k_{U5} := 2.1 \quad k_{U7} := 2.5 \quad k_{U11} := 3.2 \quad k_{U13} := 3.7 \quad \%$$

Струми гармонік:

$$k_{I5} := \frac{k_{U5}}{0.88 \cdot 5} \quad k_{I7} := \frac{k_{U7}}{0.88 \cdot 7} \quad k_{I11} := \frac{k_{U11}}{0.88 \cdot 11} \quad k_{I13} := \frac{k_{U13}}{0.88 \cdot 13}$$

Додаткові втрати в міді обмотки статора мишини:

$$\Delta P_{\%м} := \left[\frac{R_2}{R_1} \left(\frac{k_{2U}}{100} \right)^2 + \left(\frac{k_{I5}}{100} \right)^2 \left(\sqrt{5} + \frac{R_r}{R_s} \cdot \sqrt{5+1} \right) + \left(\frac{k_{I7}}{100} \right)^2 \left(\sqrt{7} + \frac{R_r}{R_s} \cdot \sqrt{7+1} \right) \dots \right] \cdot 100 = 0.022$$

$$\left[+ \left(\frac{k_{I11}}{100} \right)^2 \left(\sqrt{11} + \frac{R_r}{R_s} \cdot \sqrt{11+1} \right) + \left(\frac{k_{I13}}{100} \right)^2 \left(\sqrt{13} + \frac{R_r}{R_s} \cdot \sqrt{13+1} \right) \right]$$

Додаткові втрати в сталі магнітопровода:

$$\Delta P_{\%ст} := \left[\left(\frac{k_{2U}}{100} \right)^2 + \left(\frac{k_{U5}}{100} \right)^2 \cdot 5^{-0.7} + \left(\frac{k_{U7}}{100} \right)^2 \cdot 7^{-0.7} + \left(\frac{k_{U11}}{100} \right)^2 \cdot 11^{-0.7} + \left(\frac{k_{U13}}{100} \right)^2 \cdot 13^{-0.7} \right] \cdot 100 = 0.112$$

Додаткові втрати зумовленні несиметрією та вищими гармоніками становлять:

$$\Delta P := P_n \cdot (\Delta P_{\%м} + \Delta P_{\%ст}) = 26.889 \quad \text{кВт}$$

Рисунок 3.5 – Розрахунок додаткових втрат в СМ

3.4 Використання фільтрових дросельних конденсаторних установок

Фільтрові дросельні конденсаторні установки (ФДКУ) - це пристрої, які використовуються для компенсації реактивної потужності в електромережах напругою 0,4 кВ з наявними вищими гармоніками. Розглянемо їхню будову та застосування.

Будова Фільтрових дросельних конденсаторних установок (ФДКУ):

1. Конденсатори. Основний елемент ФДКУ - це конденсатори, які призначені для компенсації реактивної потужності в мережі.

2. Дроселі (індуктивності). Для зменшення впливу вищих гармонік використовують дроселі (індуктивності). Параметри дроселів підібрані таким чином, що на частотах вище резонансної має індуктивний характер і компенсує характеристичні гармоніки порядку 3, 5, 7, частково 11 і 13.

3. Контактори.

4. Контрольно-вимірювальна апаратура. Система також може включати апаратуру для контролю та вимірювання параметрів, таких як реактивна потужність, напруга, струм і т. д.

Основна функція ФДКУ - це компенсація реактивної потужності в електромережі. Вони дозволяють знижувати втрати потужності, поліпшуючи коефіцієнт потужності системи, забезпечує зниження втрат електроенергії в мережі. Також за рахунок правильно підібраних пасивних фільтрів дані пристрої зменшують коефіцієнт гармонічних спотворень.

Другорядними функціями є:

Підтримка стабільності напруги. ФДКУ допомагають у підтримці стабільності напруги в системі, оскільки вони впливають на розподіл потужності в мережі.

Зниження перенавантаження електромережі. Застосування ФДКУ допомагає у зниженні перенавантаження електромережі, що може виникати внаслідок великого споживання електроенергії та низького коефіцієнта потужності.

Усі ці функції роблять Фільтрові дросельні конденсаторні установки важливими компонентами для оптимізації роботи електричних систем.

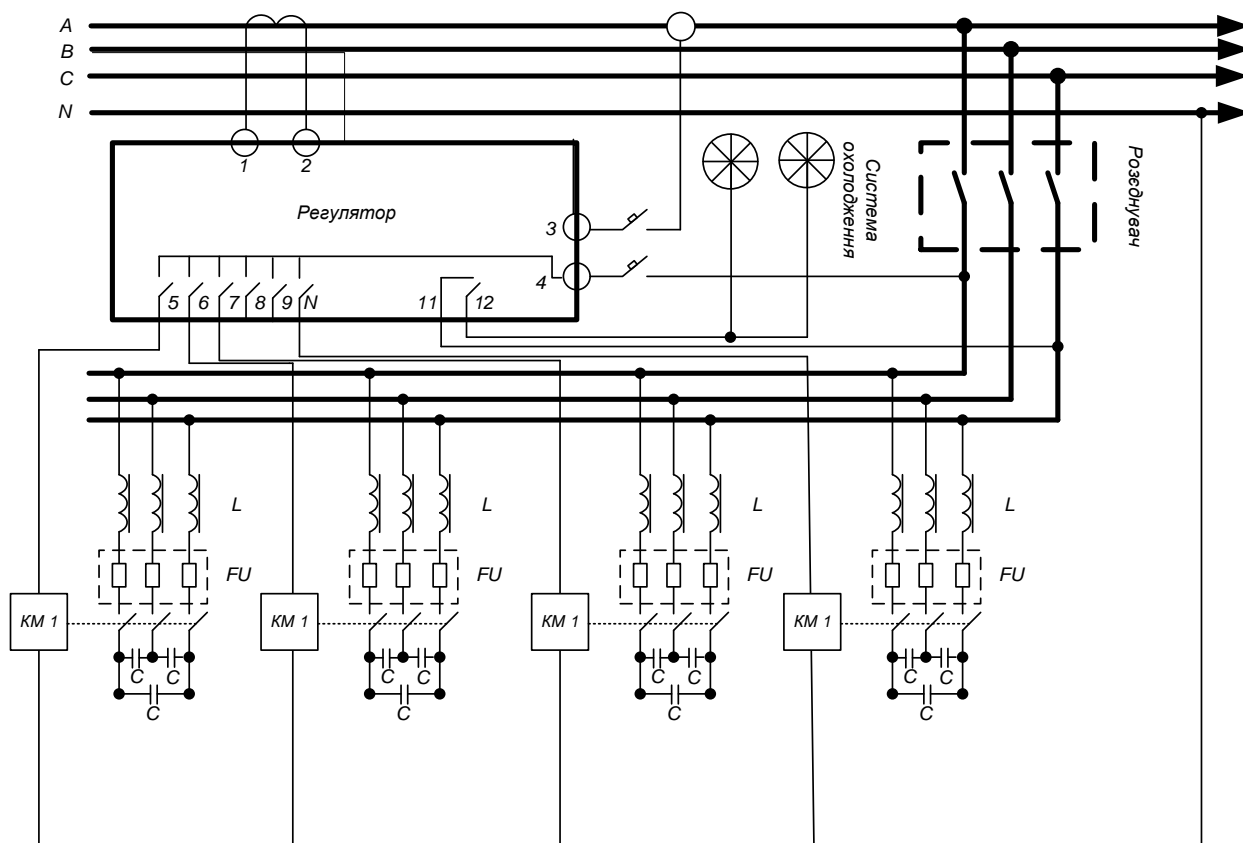


Рисунок 3.4 – Схема фультрокомпенсвального пристрою

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 2.4 і табл. 2.5 [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де $K_{пит}$ - питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км [22];

$K_{прок}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1:

$$K_{л1} = (K_{пит} + K_{прок}) L = (52,4 \cdot 2 + 18,38) \cdot 0,2 = 24,628 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{пит}$, тис.грн	$K_{прок}$, тис.грн	$K_{л}$, тис.грн
ЦРП - ТП1	АПвЭБВ-10 3x35	2	0.2	52.4	18.34	24.628
ЦРП - ТП2	АПвЭБВ-10 3x35	2	0.167	52.4	18.34	20.5644
ЦРП - ТП3	АПвЭБВ-10 3x35	2	0.241	52.4	18.34	29.6767
Система	АПвЭБВ-10 3x70	1	2.6	94.32	33.012	331.063
Всього						405.932

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї ТП, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [23]);

З табл. 2.7–2.8 [21] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{псі}} = 657 \cdot 2 + 427,05 = 1741,05 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	$K_{\text{од}}$, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	2	657	427.05	1741.05
КТП-2	ТМ-1000	2	657	427.05	1741.05
КТП-3	ТМ-1000	2	657	427.05	1741.05
Всього					5223.15

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 9 \cdot 105 = 945 \text{ тис. грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 6168 + 945 = 6168 \text{ тис. грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 6168 + 405,9 = 6574 \text{ тис. грн.}$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [21]);

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

Для схеми, представленої на рис.1 трудомісткість ремонту вимикачів 10кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 2.1.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для

енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{зм}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [22].

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

$$T_{то} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{ср} \cdot K_{зм} \cdot h, \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [22]);

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

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 2.2.

Таблиця 4.3 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	9.00	1.00	16.00	144.00	12.00	1.00	108.00
ТМ-1000	2.00	0.33	120.00	79.20	12.00	20.00	480.00
Кабельна лінія							
35 мм ² , км	0.61	1.00	30.00	18.24	1.00	10.50	6.38
70 мм ² , км	2.60	1.00	30.00	78.00	1.00	10.50	27.30
Разом				217.53			621.68

Таблиця 4.4 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загал. трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	9	3	0.1	12	518.4	626.40
ТМ-1000	6	3	0.1	12	21.6	501.60
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0.608	3	0.1	12	65.664	72.048
Кабельна лінія 70 мм ² , км	2.6	3	0.1	12	280.8	308.10
Разом					886.464	1508.148

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$N_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}}, \quad (4.5)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$N_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}}, \quad (4.6)$$

де T_{np} – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд·год;

Φ_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

$K_{в.н}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу $K_{в.н} = 1,10$, а для експлуатаційного - $K_{в.н} = 1,05$;

$T_{обс}$ – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{1508}{1900 \cdot 1,05} = 0,76,$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{мп} = \frac{621}{1900 \cdot 1,1} = 0,31.$$

Приймаємо $H_{тр} = 2$ чол., $H_{обс} = 2$ чол.

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = H_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{ге} \cdot \Phi_d, \quad (4.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.8)$$

де $K3$, $K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [21];

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

$$C_I = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.9)$$

де Z_{\min} – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$ – тарифний коефіцієнт робітника і-го розряду;

Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

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

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 38 = 46,55 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,55 \cdot 1900 = 159201 \text{ грн./рік};$$

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

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.10)$$

$$t_{гр} = (K4 + K5) / 2 \cdot C_I, \quad (4.11)$$

де $K4$, $K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 38 = 49,97 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 217 \cdot 49,97 = 10870 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \quad (4.12)$$

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:

$$\Phi_{oe} = 159201 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200593 \text{ грн./рік,}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 10870 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 14240 \text{ грн./рік.}$$

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

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15;$$

$$\Phi_{оед} = 200593 \cdot 1,15 = 230682 \text{ грн./рік;}$$

$$\Phi_{орд} = 14240 \cdot 1,15 = 16375 \text{ грн./рік.}$$

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:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.13)$$

де $\beta_{п}$ – нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зп} = 230682 \cdot \left(1 + \frac{32+1,5+1,5}{100}\right) = 311421 \text{ грн./рік};$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 16375 \cdot \left(1 + \frac{32+1,5+1,5}{100}\right) = 22107 \text{ грн./рік.}$$

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [22]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [22], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.6.

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_M = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right) \quad (4.14)$$

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

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

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

Таблиця 4.6 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу,	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
	грн.		
Силові трансформатори		1000.00	1000.00
Сталь сортова, кг	20.08	6	120.46
Провід установлюваний, м	8.33	0.5	4.16
Мідь-алюміній (гола), кг	186.93	42	7851.06
Картон електроізоляційний, кг	90.13	1.4	126.18
Лакотканина (ширина 700мм), м	249.96	0.2	49.99
Кабельний папір, кг	73.70	0.6	44.22
Стрічка кіперна, кг	250.50	4	1002.00
Стрічка тафтяна, кг	198.00	18	3564.00
Стрічка азбестова, м	19.73	0.05	0.99
Лаки ізоляційні, кг	107.82	1.5	161.72
Емалі ґрунтові, кг	118.27	2.5	295.67
Масло трансформаторне, кг	36.54	0.58	21.19
Бензин, кг	18.54	0.7	12.98
Розчиники кг	52.25	0.8	41.80
Маслостійка гума, кг	134.03	0.4	53.61
Гума профільна, кг	134.03	0.13	17.42
Припій олов'яно-свинцевий, кг	1275.95	0.02	25.52
Припій мідно-фосфорний, кг	237.18	0.03	7.12
Електроди, кг	44.06	0.15	6.61
Засоби кріплення, кг	56.12	2	112.24
Дріт кручений,	7.32	0.3	2.19
Матеріали обтиску, кг	73.08	0.4	29.23
Разом:			13550.37
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	7.32	2	14.6328
Електроди, кг	73.08	0.1	7.30836
Разом:			21.94116

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{\text{мпр}} = 0,01 \cdot (96,24 \cdot 21,94 + 79,2 \cdot 13550) = 10731 \text{ грн/рік};$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \cdot (21,94 \cdot 380,148 + 501 \cdot 13550) = 76309 \text{ грн/рік}.$$

Таблиця 2.5 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Назва обладнання	Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Ремонт		Обслуговування	
		Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
ТМ-1000	13550.37	79.20	10731.89651	501.60	67968.67789
Кабелі	21.94116	96.24	2111.617238	380.148	8340.888092
Всього витрат на матеріали			12843.51375		76309.56598

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.15)$$

$$C_{\text{обс}} = 67968 + 8340 = 76309 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.16)$$

$$C_{\text{пр}} = 10731 + 2111 = 12843 \text{ грн/рік}.$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.17)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 6574\,000 = 394444 \text{ грн/рік.}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.17)$$

де β_{ip} – коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (76309 + 12843 + 374444) = 200369 \text{ грн/рік.}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	396301.2851	39.55704091
Витрати на поточний ремонт	10731.89651	1.071210428
Витрати на амортизацію	394444.9392	39.37174867
Інші витрати	200369.5302	20
Разом	1001847.651	100

4.3 Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 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:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.18)$$

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

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 1042 \cdot 2750 = 2865558 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.8.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.8 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	S_p , кВА	T_m , год.	$\cos \varphi$	P_p , кВт	E_a , кВт·год./рік
ЦТП1	1	1042.021188	2750	0.77	802.3563147	2865558.267
ЦТП2	1	1105.250486	2750	0.83	917.357903	3039438.835
ЦТП3	1	1405.65674	2750	0.78	1096.412257	3865556.035
Всього						9770553.137

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

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

$$R = r_0 \cdot L,$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [22]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження $T_{\text{м}}$:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{2750}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1394 \text{ год.}$$

Для лінії ГПП – ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,769 \cdot 0,2 = 0,15 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 1 \cdot 30,11^2 \cdot 0,15 \cdot 1394 \cdot 10^{-3} = 1167 \text{ кВт}\cdot\text{год./рік.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ГПП - ТП1	АСБл-10 3х35	2	0.2	30.1162193	0.15	1394.60	0.77	1167.24
ГПП - ТП2	АСБл-10 3х35	2	0.15	31.94365565	0.12	1394.60	0.77	984.89
ГПП - ТП3	АСБл-10 3х35	2	0.3	40.62591734	0.23	2750.00	0.77	6282.58
Разом								8434.703946

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{kз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.20)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{kз}$ і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

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

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

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 2,4 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 7,6 \cdot \left(\frac{7,6}{1000} \right)^2 \cdot 1394 = 45042 \text{ Вт} \cdot \text{год./рік.}$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_H , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-1000	2	2.4	7.6	1042.02	1000	43486.55544
КТП-2	ТМ-1000	2	2.4	7.6	1105.25	1000	43666.43377
КТП-3	ТМ-1000	2	2.4	8.6	1405.66	1000	47889.16826
Разом							135042.1575

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

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.21)$$

$$E = 9770553 + 8434 + 135042 = 9914029 \text{ кВт} \cdot \text{год./рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$\Pi_1 = v \cdot E / 100, \text{ грн.,}$$

де v – ставка тарифу за 1 кВт·год споживаної активної електроенергії, грн.;

E – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$П_1 = 5,05 \cdot 9914029,998 = 50065851,49 \text{ грн.}$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.22)$$

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

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

$$C_{\text{сум}} = П + C_{\text{п}}, \quad (4.23)$$

де $П$ – оплата за спожиту електроенергію;

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

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

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.24)$$

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

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

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

$$C_{\Pi} = 396300 + 10731 + 394444 + 200369 = 10001847 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 50057938.36 + 10001847 = 51067699.14 \text{ грн/рік.}$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{51067699.14}{9770553} = 522 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год.}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.11 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	9770553.137	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	9914029.998	кВт·год.
Плата за електроенергію	Π_1	50065851.49	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{Π}	1001847.651	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	51067699.14	грн.
Собівартість електроенергії	S	522.6694787	коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Магістерська дипломна робота направлена на підвищення ефективності системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс». Отже, під час монтажу та подальшої експлуатації елементів системи електропостачання потрібно передбачати заходи із запобігання негативному впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів [21, 22].

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, аерозолі фіброгенної дії (пил).

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

5.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт на об'єкті

5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць під час робіт на комутаційних апаратах і комплектному розподільчому устаткуванні

В КРУ з обладнанням на візках, що викочуються, забороняється без зняття напруги з шин та їх заземлення проникати у відсіки комірок, не відокремлених суцільними металевими перегородками від шин або від безпосередньо з'єднаного з КРУ обладнання.

Під час роботи у відсіку комірки КРУ візок з обладнанням необхідно викотити і шторку відсіку, в якому струмопровідні частини залишилися під напругою, замкнути на замок і вивісити плакат «Стій! Напруга». У відсіку вивісити плакат «Працювати тут!». В КРУ, оснащених заземлювальними ножами, на приєднаннях, схема яких виключає можливість подавання напруги з іншого боку, відсутність напруги перед вмиканням цих ножів допускається перевіряти прослідкуванням схеми в натурі.

Під час робіт зовні КРУ на підключеному до нього устаткуванні або на ПЛ чи КЛ, що відходять, візок з вимикачем необхідно викотити з комірки; верхню шторку або дверцята замкнути на замок і вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» або «Не вмикати! Робота на лінії».

В комірках КРУ під час робіт допускається:

- за наявності блокування між заземлювальними ножами і візком з вимикачем встановлювати візок в контрольне положення після вмикання цих ножів;
- за відсутності блокування між заземлювальними ножами і візком вимикача, а також заземлювальних ножів в комірках, встановлювати візок в проміжне між контрольним і викоченим положенням за умови замикання його на замок в цьому положенні. Візок може бути встановлений в проміжне положення незалежно від наявності заземлення на приєднанні.

Встановлювати в контрольне положення візок з вимикачем для його випробування і роботи в колах керування і захисту дозволяються в тих випадках, коли роботи зовні КРУ на ПЛ і КЛ, що відходять, або на підключеному до них устаткуванні, враховуючи механізми, з'єднані з електродвигунами, не провадять або на цьому приєднанні встановлене заземлення в комірці КРУ.

5.1.2 Електробезпека

Для живлення технологічного обладнання та системи освітлення на будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із

заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32. Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, що використовуються для електрозабезпечення об'єктів будівництва, необхідно виконати ізольованими проводами чи кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на відповідну механічну міцність під час прокладання по них проводів і кабелів на висоті над рівнем землі та настилу не менше ніж, м: 2,5 – над робочими місцями; 3,5 – над проходами; 6,0 – над проїздами.

Світильники загального освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В. Живлення світильників напругою до 25 В повинно здійснюватися від знижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси знижувальних трансформаторів і їх вторинні обмотки слід заземлити. Переносні світильники мають бути тільки

промислового виготовлення. Інші світильники застосовувати в якості переносних забороняється.

Вимикачі, автомати та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі або у вологих цехах, повинні бути у пожежо- вибухозахищеному виконанні. Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб унеможлиблювався пуск машин, механізмів і устаткування сторонніми особами. Забороняється вмикання декількох струмоприймачів одним пусковим пристроєм. Розподільні щити і рубильники необхідно закривати на замок.

Металеві будівельні риштування, металеві огорожі місць, де виконуються роботи, полиці та лотки для прокладання кабелів і проводів, рейкові колії вантажопідіймальних кранів і транспортних засобів з електричним приводом, корпуси устаткування, машин і механізмів з електроприводом необхідно заземлювати відповідно до Правил улаштування електроустановок одразу після їх встановлення на місце до початку виконання будь-яких робіт.

Струмопровідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені чи розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них. Захист електричних мереж і електроустановок від несанкціонованого втручання на виробничій території необхідно забезпечити за допомогою автоматичних вимикачів відповідно до НПАОП 40.1-1.32.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

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

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури

повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

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

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	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний	Па	17-23	до 75%	не більше 0,3

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил при свердлінні отворів і різанні металевих виробів їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в кабіні проектувальника установки

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

Для забезпечення параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до проектом передбачено-періодичне провітрювання приміщень та використання засобів індивідуального захисту.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення у виробничих приміщеннях. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «б».

Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4. 3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харакка 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		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	середній малий	темний середній	500	200	1,5	0,9

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 4,5 метра. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

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

інструмент: дріль, перфоратори, зварювальний апарат. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території підприємств представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

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».

Для зниження шуму потрібно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.
- організувати перерви в роботі (15 хвилин), після кожної години роботи з пристроями що є джерелом шуму;

5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються насосні агрегати, вентилятори, дрілі, болгарки, перфоратори, які відносяться до типу загальної вібрації.

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

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

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

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружним демпферуємим низом.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [21]. Робота електромонтажника потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кг/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 взаємного розташування 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 простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів; 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

ризика для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

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

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електропостачання ТОВ «Авіс» м. Вінниця в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Стійкість об'єктів електроенергетики у надзвичайних ситуаціях є важливим аспектом обороноздатності держави. Для забезпечення надійної роботи ліній електропередач необхідно забезпечувати її захист різними пристроями в залежності від виду впливів. Системи електропостачання, як частина енергетичного господарства зустрічається повсюди, тому їх функціонування є надзвичайно важливим при НС. Вихід з ладу системи електропостачання збільшить кількість жертв в разі і призведе до зупинки транспорту, викидів небезпечних речовин, зупинки об'єктів інфраструктури тощо. Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи управління, сигналізації електропостачання. ЕМІ ушкоджують напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. ЕМІ має велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших загрозливих чинників.

Слід також пам'ятати, що механічний захист апаратури не захищає від впливу ЕМІ. Апаратура може бути знищена навіть знаходячись у надійних спорудах. Системи електропостачання в умовах НС вони повинні працювати без перебоїв, тому розробка заходів щодо покращення їх роботи в умовах ЕМІ та дії іонізуючих випромінювань є актуальною задачею при проектуванні. Дія електромагнітного імпульсу також може призвести до загоряння чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях СЕП. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, елементи, викликає коротке замикання тощо. Саме тому є

необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання. Він може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в контрольних пристроях. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Це призводить до пожеж та знеструмлення. Саме тому є необхідність дослідження впливу цього фактору на обладнання стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс».

5.3.1 Дослідження безпеки роботи стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

За критерій безпеки роботи СЕП в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази, при якому в елементній базі можуть виникнути зміни, але СЕП ще будуть працювати з необхідною якістю.

Максимально допустимі значення потужності дози елементів тягових мереж в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Максимально допустимі потужності дози ТМ

№ п/п	Блок	Елементи блоків ТМ	$P_{гр,i}(P/год)$	$P_{гр}(P/год)$
1	БЖ	Транзистори КТЗ102В	10^5	10^4
		Діоди загального призначення S1M	10^5	
2	БП	Конденсатори SMD1206 Inf, 16V	10^6	
		Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^6	
3	БКБ	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
		Діелектрики GTP15	10^4	

1. За мінімальним значенням $p_{гр}$ (див. табл. 5.1) межа стійкості $p_{гр}$ роботи системи складає $p_{гр} = 10^4$ (P/год).

2. Для дослідження стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

$$P_{гр} = K \times p_{гр} \times K_{пос}, \quad (5.1)$$

де K – коефіцієнт надійності,

$$K = 1$$

$p_{гр}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 2$),

$$P_{гр} = 1 \times 104 \times 2 = 2 \times 104 \text{ (Р/год)},$$

1. З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме $P_{гр} = 2 \times 104 \text{ (Р/год)}$.

2. Розрахуємо допустимо максимальний час перебування приладу на території в умовах дії іонізуючих випромінювань та ЕМІ:

$$D_m = \frac{2P_{гр}(\sqrt{t_k^2} - \sqrt{t_n^2})}{1}, \quad (5.2)$$

де $t_{доп} = 12,342 \times 10^3 \text{ (год)}$.

Отже система тягових мереж Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» буде працювати безпечно в умовах іонізуючих випромінювань.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії електромагнітного імпульсу

В якості показника безпеки елементів системи до дії електромагнітного імпульсу використовують коефіцієнт безпеки:

$$K_6 = 201g \frac{U_d}{U_{в(г)}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де U_d - допустиме коливання напруги живлення;

$U_{B(\Gamma)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних системах.

Спочатку визначається допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \times N, \quad (5.4)$$

де N - допустимі коливання (приймається $N = 5\%$)

Шляхом підстановки числових даних в (5.4) отримується:

$$U_{\text{д}} = 12 + (12)/100 \times 5 = 12.6 \text{ (В)}$$

Визначається максимально очікувана напруга в горизонтальних лініях:

$$U_{\text{в}} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{20}} \quad (5.5)$$

Після підстановки числових даних:

$$U_{\text{в}} = \frac{12,6}{10^{20}} = 0,126 \text{ (В)}$$

З формули визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля:

$$U_{\text{в}} = E_{\Gamma} \cdot l_{\text{в}}. \quad (5.6)$$

Отже, E_{Γ} визначається:

$$E_{\Gamma} = U_{\text{в}} / l_{\text{в}}. \quad (5.7)$$

Після підстановки числових даних в формулу (5.7):

$$E_{\Gamma} = 0,01134 \text{ (В/м)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається з формули:

$$E_r = 10^{-3} E_v. \quad (5.8)$$

Тоді E_v буде:

$$E_v = 11,34 \text{ (В\м)}$$

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах надзвичайних ситуацій

Для підвищення безпеки роботи СЕП необхідно використовувати екранування РЕА і довгих ліній. Для цього визначимо перехідне гасіння енергії електричного поля сталевим екраном. Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5,2\sqrt{f}}, \quad (5.9)$$

де f - найбільш характерна частота, ($f = 15$ кГц).

Для блоків системи електропостачання:

$$t_1 = \frac{40 - 38,72}{5,2\sqrt{15000}} = 0,0025 \text{ (см)}.$$

Обираємо товщину стінки на порядок вище, для того щоб забезпечити необхідний захист обладнання. Прийmemo $t = 1$ мм.

Отже, $A = 5,2 * 0,102 * 15000 = 65$ (дБ).

Отже нам потрібно взяти сталевий екран товщиною 1 мм, який забезпечує згасання енергії електричного поля не менше 65 дБ.

Висновок: Отже, елементи сонячної електростанції стійкі в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи в заданих умовах становить 87697574 год., при $P_1 < 50,8$ Р/год. Можлива доза опромінення елементів не перевищує допустиму, а отже знаходиться в межах норми. Для підвищення безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції було використано екранування, з екраном не менше 1мм. При оцінці стійкості роботи систем електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах електромагнітного

імпульсу було розглянуто два блоки: основна частина СЕП і розподільчий пристрій. Аналіз цих блоків полягав у визначенні їхніх коефіцієнтів безпеки, які і використовувалися як критерій стійкості. Провівши цей аналіз можна сказати, що для його захисту слід застосовувати екранування. В якості матеріалу для екранування було вибрано сталь, товщина стінки екрану становить не менше 0,1 см.

ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі розроблена система електропостачання ТОВ «Авіс». Для більш правильного вибору основного обладнання підприємства була створена математична модель системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс», що дозволяє в динамічному режимі провести вибір основного обладнання СЕП при зміні вхідних параметрів. Дана модель дозволяє комбінувати різні схеми живлення, різне обладнання і в кінцевому варіанті дозволяє приймати більш правильні рішення з точки зору надійності і економічності. Розрахунки, переважно, виконувались за допомогою універсального програмного забезпечення електронного процесора Excel та графічного редактора Visio.

В спеціальній частині роботи було питання якості електроенергії на підприємстві. Було проаналізовано вплив вищої гармонік та несиметрії напруги на елементи СЕП.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки. Дана оцінка безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Офіційний сайт ТОВ «Авіс» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.avis.ua>.
- [2] Бурбело М. Й. Розрахунок систем електропостачання: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. – 193 с.
- [3] Правила улаштування електроустановок. - 6-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2017.
- [4] Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
- [5] ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
- [6] Офіційний сайт Південкабель [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.yuzhcable.info/edata.php?MRR=153801012003000150>.
- [7] Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
- [8] Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
- [9] Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
- [10] Каталог конденсаторних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>
- [11] Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 109 с.
- [12] Конспект лекцій з дисципліни «Електричні системи і мережі» для студентів спеціальності 6.050701 «Електротехнічні системи електроспоживання» всіх форм навчання / Уклад.: Р.О.Пархоменко. – Кривий Ріг : КТУ , 2011.

- [13] Ю. В. Лобода, Є. М. Цибульський. Дослідження впливу вищих гармонік на конденсаторні установки// ЛІІ Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19542>
- [14] Сучасні проблеми електроенергетики / М. Й. Бурбело, С. М. Левицький – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 172 с.
- [15] Бурбело, М. Й., Гадай, А. В., Мельничук, С. М., & Лобода, Ю. В. (2017). Визначення потужностей навантажень трифазних електричних мереж в несинусоїдних та несиметричних режимах. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 1: 51-56.
- [16] Burbelo, M. J., Pijarski, P., Zavadskiy, V., Koczorowska-Gazda, A., Melnychuk, L. M., & Loboda, Y. V. (2016, September). Measurement of reactive power under asymmetrical nonsinusoid modes of electric networks with earthed neutral. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016* (Vol. 10031, pp. 512-518). SPIE.
- [17] Розрахунок систем електропостачання : навчальний посібник / М. Й. Бурбело – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 193 с.
- [18] Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.
- [19] Афанасьев Н. А., Юсипов М. А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий / Н.А. Афанасьев, М.А. Юсипов – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
- [20] ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. — Київ: Держспоживстандарт України, 1995. — 65 с.
- [21] ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

[22] ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

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

[24] . ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

[25] НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

[26] ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

[27] ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

[28] ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

[29] ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

[30] ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

[31] НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.

[32] ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

[33] ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

[34] ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

[35] ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

[36] Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2023р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ____ ” _____ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства
з обмеженою відповідальністю «Авіс»

Науковий керівник:

Ph. D., доцент Лобода Ю. В.. _____
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 22м

Цибульський Є. М. _____
(підпис)

Вінниця 2023 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №247 від 18.09.2023.

Дата початку роботи 18.09 .2023р.

Дата закінчення роботи 04.12.2023.

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

а) мета – Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс».

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан підприємства (рисунок А.1); відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства (таблиця А.1); відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

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

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	18.09	28.09
4.2 Проведення дослідних розрахунків	29.09	24.10
4.3 Розробка робочих креслень	25.10	21.11
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	22.11	11.12

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

Таблиця А.1 - Відомості про електричні навантаження підприємства

№пп	Споживачі	Рн кВт
1.	Завод полімерного упакування	375
2.	Цех (друкарня)	240
3.	Завод безалкогольних напоїв	690
4.	Очисні споруди	360
5.	Очисні споруди	360
6.	Котельня	390
7.	Склад № 1	187.5
8.	Склад № 2	187.5
9.	Склад № 3(гот.прод)	240
10.	Склад № 4(гот.прод)	255
11.	Оліє-очисний завод	540
12.	Цех фасування олії	345
13.	Цех по виробництву майонезу	270
14.	Холодильно-компресорна станція	405
15.	Завод по виготовленню печива	375

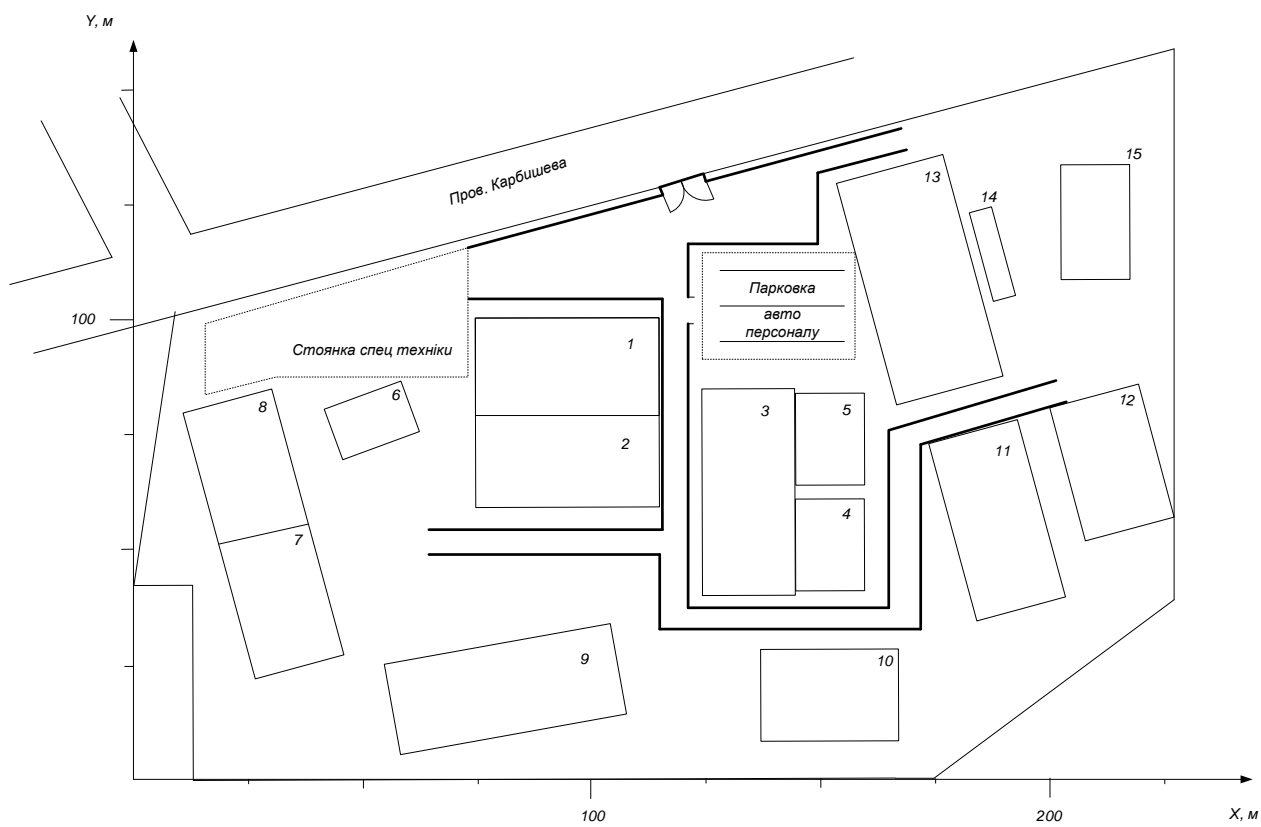
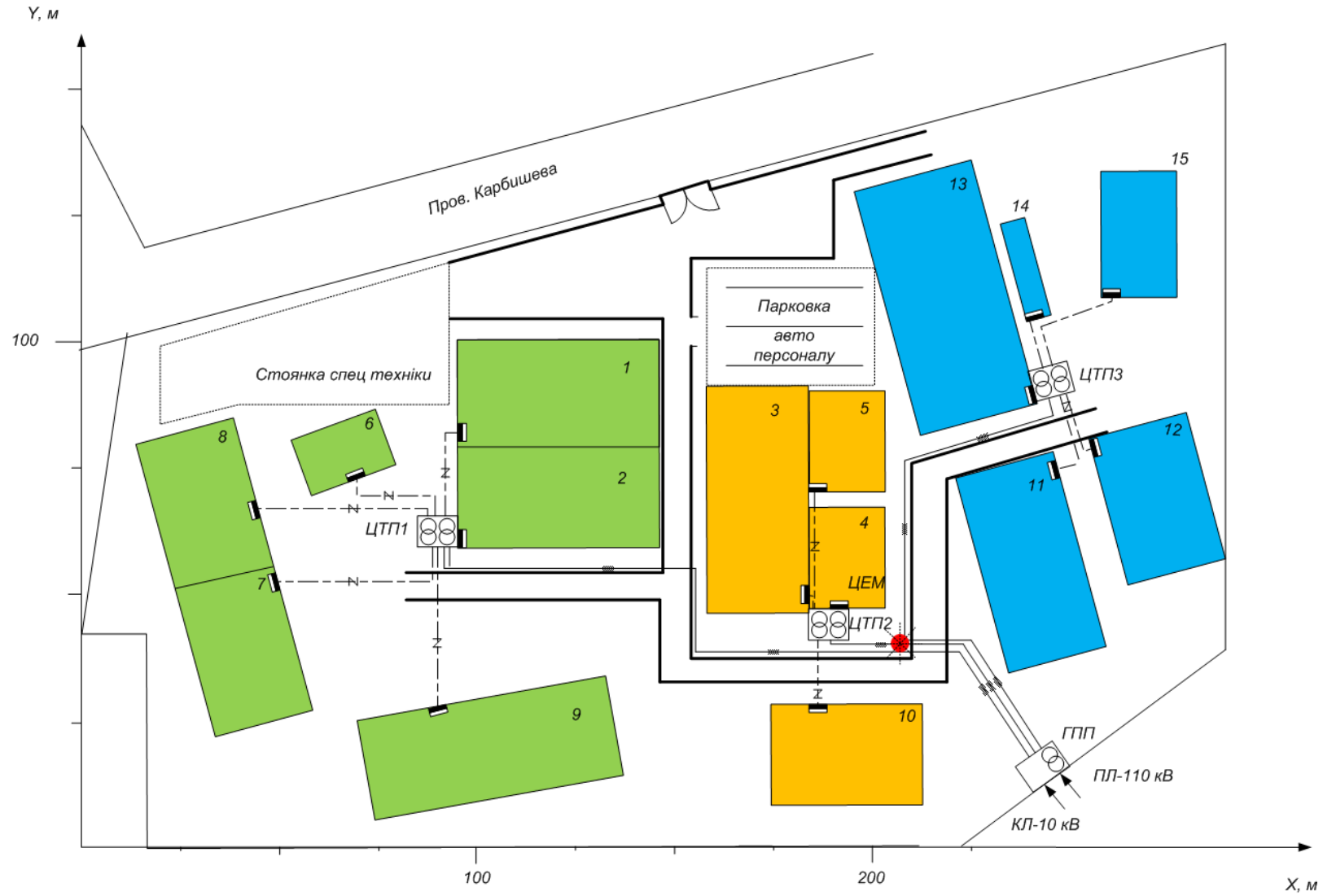
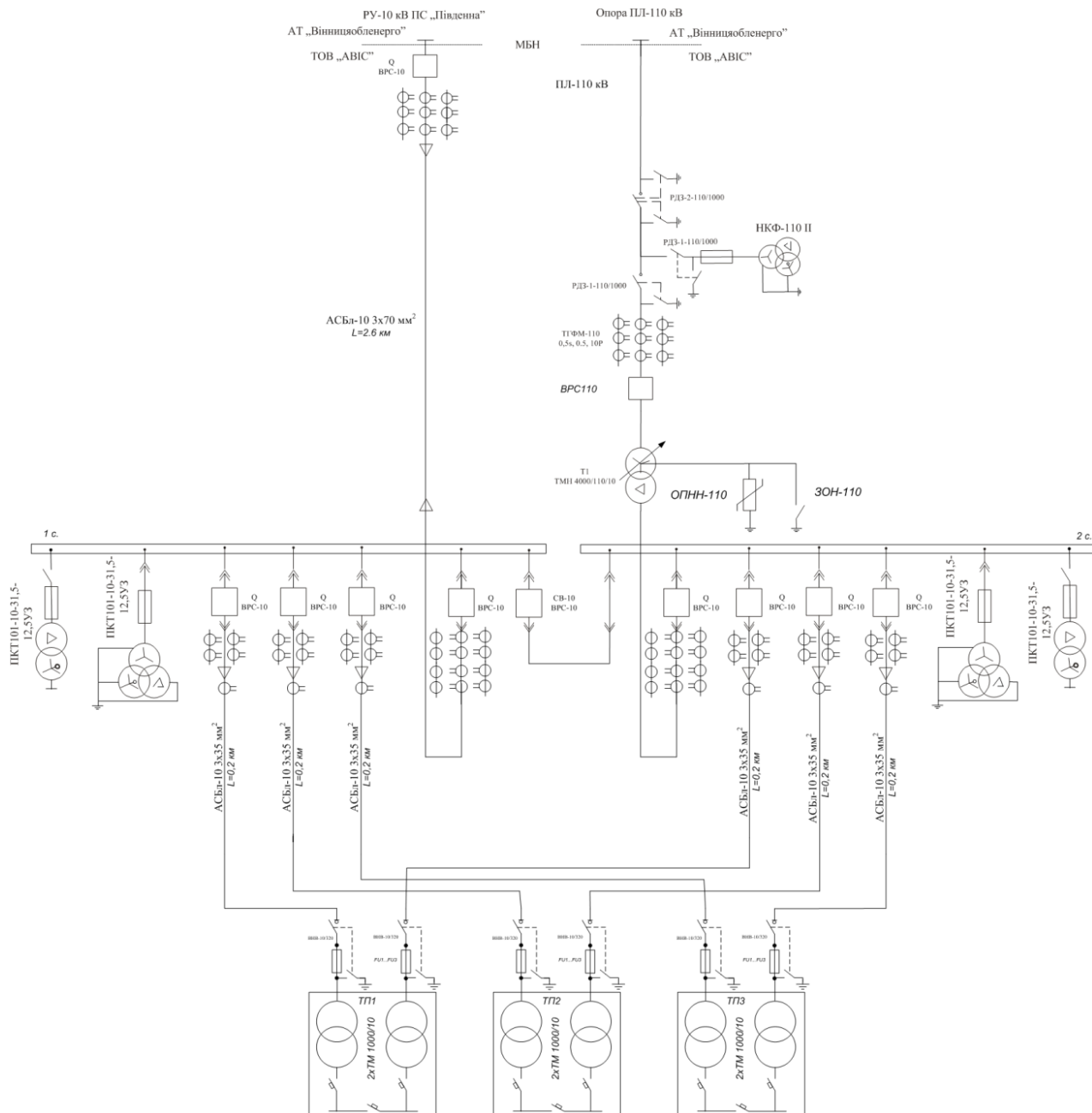


Рисунок А.1 - Генплан

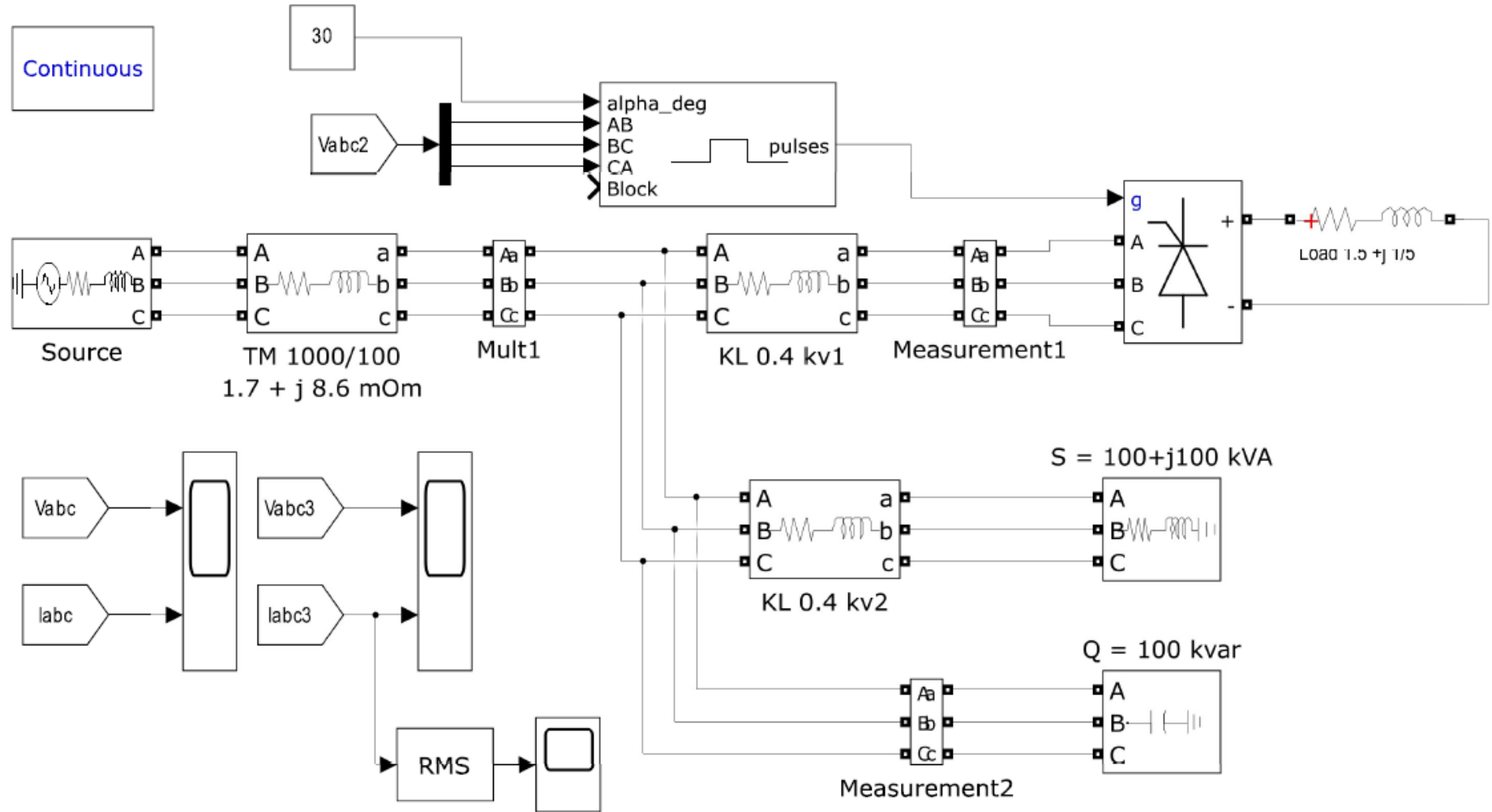
Додаток Б – Генплан підприємства



Додаток В – Однолінійна схема підприємства



Додаток Г – Модель дослідження впливу вищих гармонік на КУ



Додаток Д – Результати моделювання

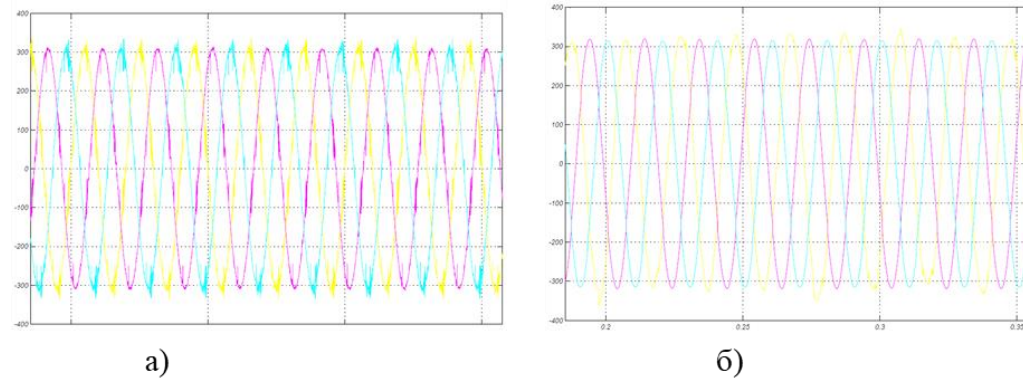


Рисунок 1 Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі без конденсаторної установки

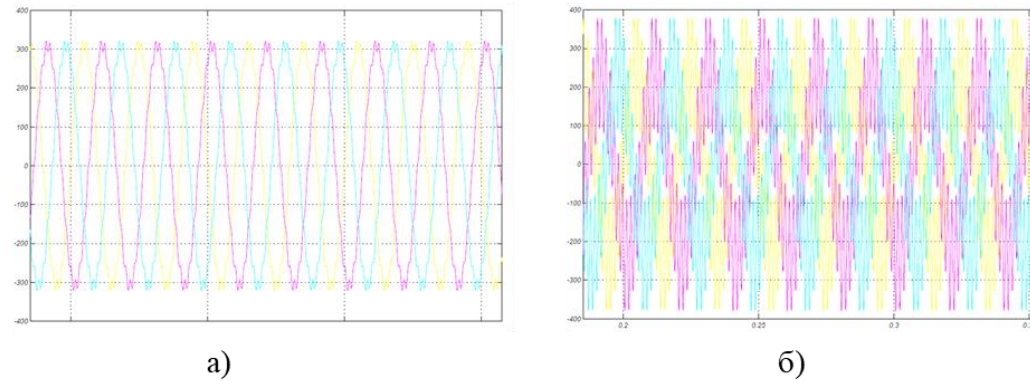
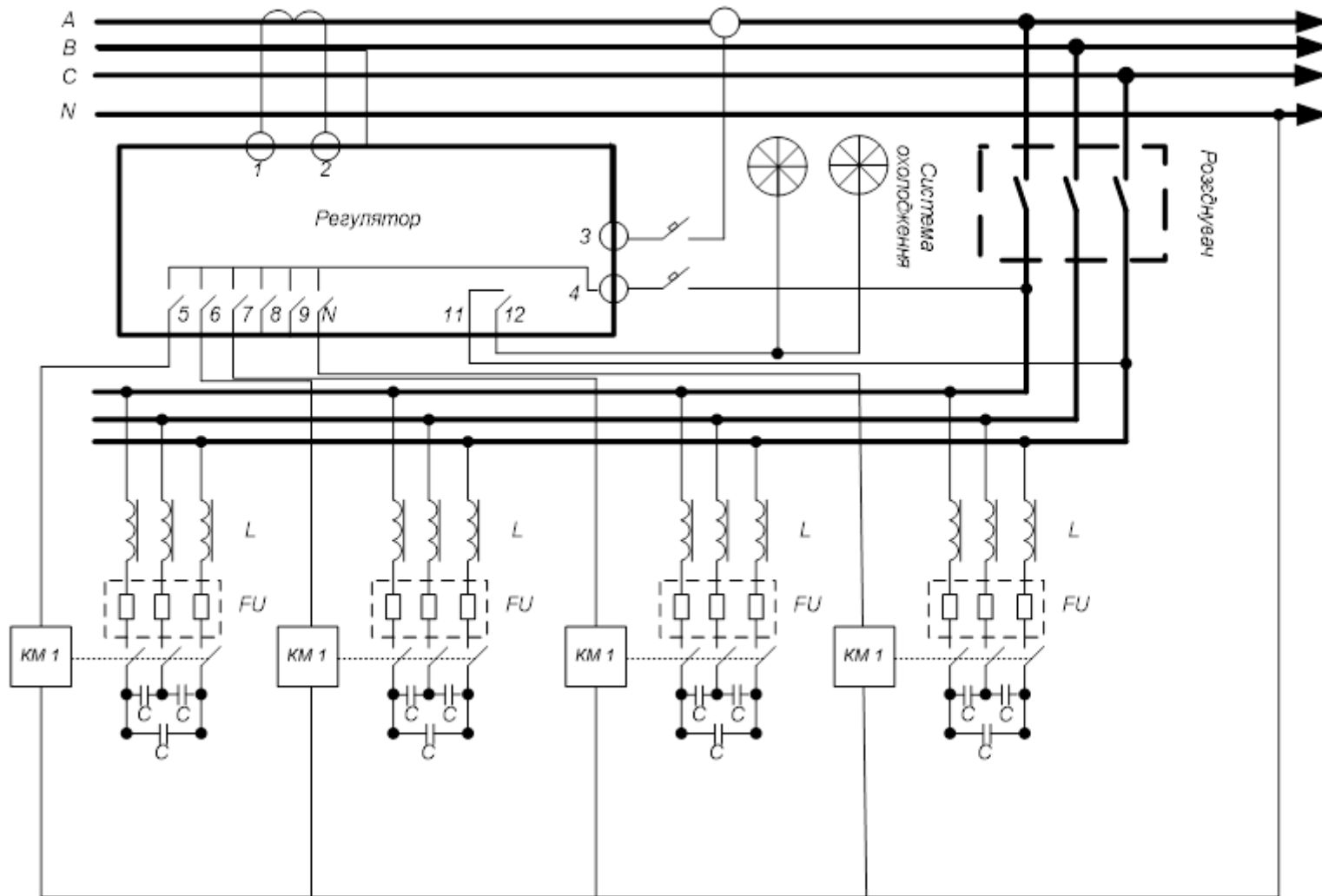


Рисунок 2 Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі з конденсаторною установкою

Таблиця– Значення коефіцієнтів гармонічних спотворень

Показник	Напруга мережі	Струм мережі
THD, % Без КУ	2.02	4.47
THD, % з КУ	4.95	57.48

Додаток Е – Фільтрокомпенсувальні пристрої дросельного типу



Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»

Тип роботи: _____ МКР _____
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність _____ 81,8% _____ Схожість _____ 18,2% _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

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

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Цибульський Є. М. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Лобода Ю. В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Є – Презентаційні матеріали

Вінницький національний технічний університет
 Факультет електроенергетики та електромеханіки
 Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Доповідь

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: Підвищення якості електроенергії системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м
спеціальності 141 – Електротехнічні
системи електроспоживання

Цибульський Є. М.
 (прізвище та ініціали)

Керівник доцент, Ph. D., Лобода Ю. В.
 (прізвище та ініціали)

Вінниця – 2023 року

Актуальність теми. Магістерська кваліфікаційна робота, яка зосереджена на проектуванні електропостачання промислового підприємства з використанням математичних моделей та елементів автоматизованого проектування, має високу актуальність в контексті сучасних вимог до енергоефективності та надійності промислових систем.

Застосування елементів автоматизованого проектування також підсилює актуальність роботи. Автоматизований підхід спрощує процес розробки та підтримки системи електропостачання, зменшуючи ризики помилок та забезпечуючи ефективність витрат ресурсів. Це особливо важливо в умовах стрімкого розвитку технологій та поглиблення цифрової трансформації в промисловості.

Робота включало в себе аналіз впливу вищих гармонік на різні компоненти системи електропостачання, такі як трансформатори, реле, та інші електричні пристрої. Результати дозволяли визначити та розробити стратегії для зменшення негативного впливу вищих гармонік на ці елементи.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерського дослідження є розробка та оптимізація системи електропостачання промислового підприємства з використанням математичних моделей та автоматизованого проектування. Дослідження спрямоване на підвищення якості та швидкості прийняття проектних рішень, а також на врахування впливу вищих гармонік на елементи системи електропостачання.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс».

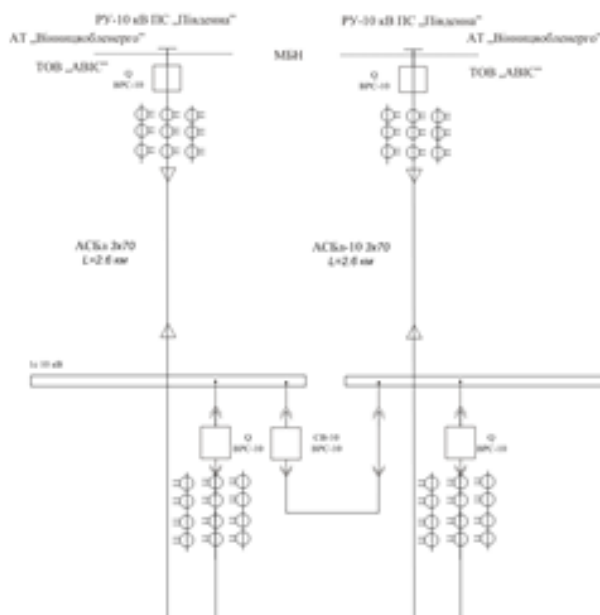
Предмет дослідження – є методи та засоби автоматизованого проектування.

Практична цінність. Результати роботи можуть мати практичне застосування для промислових підприємств, де ефективне електропостачання є ключовим елементом виробничих процесів. Дані математичні моделі та автоматизований підхід можуть бути використані для оптимізації енергоспоживання, підвищення надійності системи та зниження витрат на утримання електроенергетичної інфраструктури.

Публікація по темі роботи:

Ю. В. Лобода, Є. М. Цибульський. Дослідження впливу вищих гармонік на конденсаторні установки// LIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19542> .

Однолінійна схема живлення напругою 10 кВ



Прогнозована ціна закупівлі електричної енергії на ринку електричної енергії, грн/ МВт*год без ПДВ

4107.49

Тариф на розподіл електричної енергії, грн/МВт*год без ПДВ

1 клас

315.93

2 клас

1769.78

Ціна на універсальні послуги для малих побутових споживачів (споживачів 1-1 групи)

1 клас

5039.88

2 клас

6493.73

Вартість основних фондів, тис. грн.

749.0418

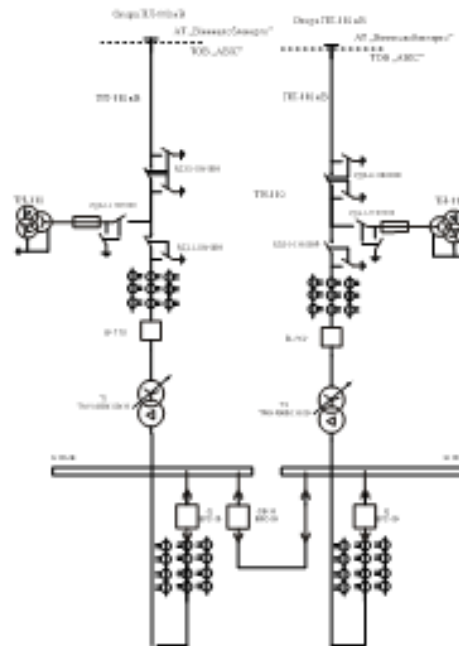
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.

79089.35423

Зведеної річної затрати, тис. грн.

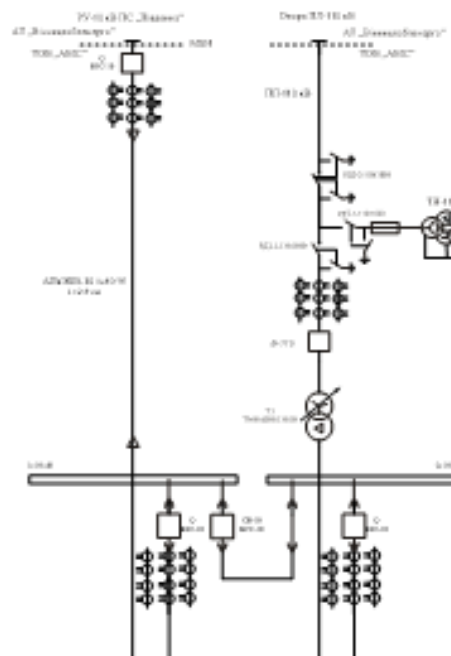
80328.10603

Однолінійна схема живлення напругою 110 кВ



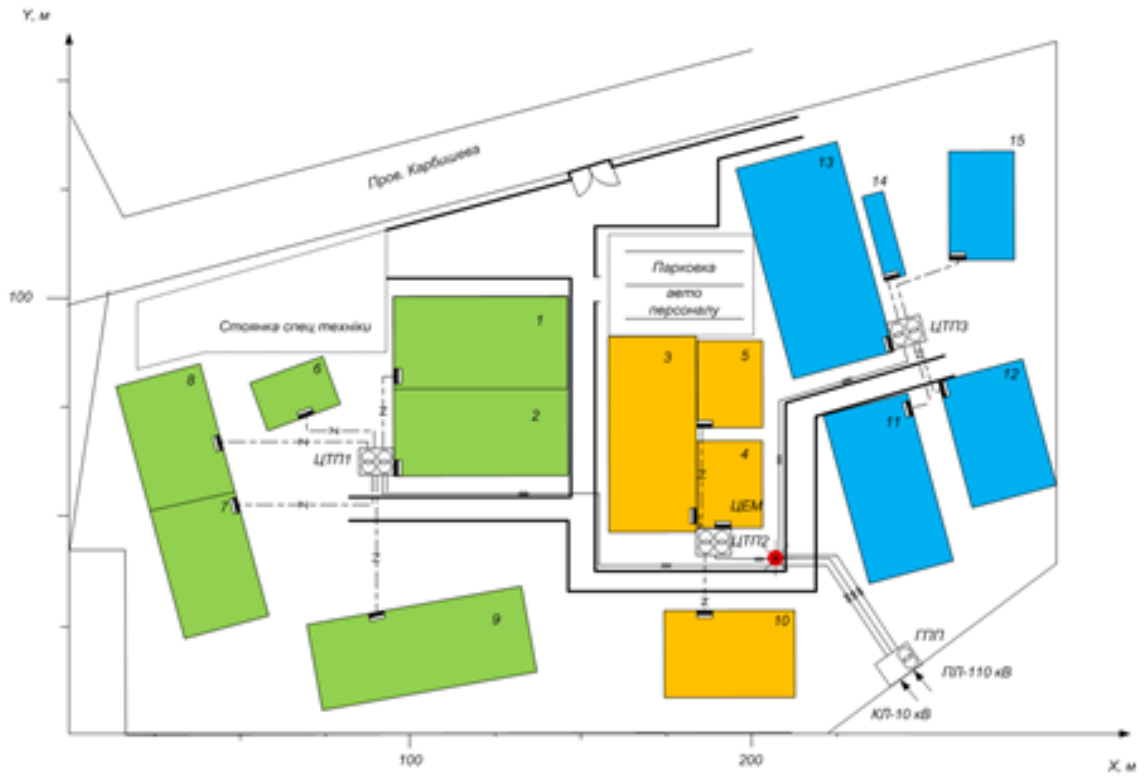
Вартість основних фондів, тис. грн	19250.8
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.	60837.96479
Зведеними річні затрати, тис. грн.	64109.25599

Однолінійна схема живлення напругою 110 і 10 кВ

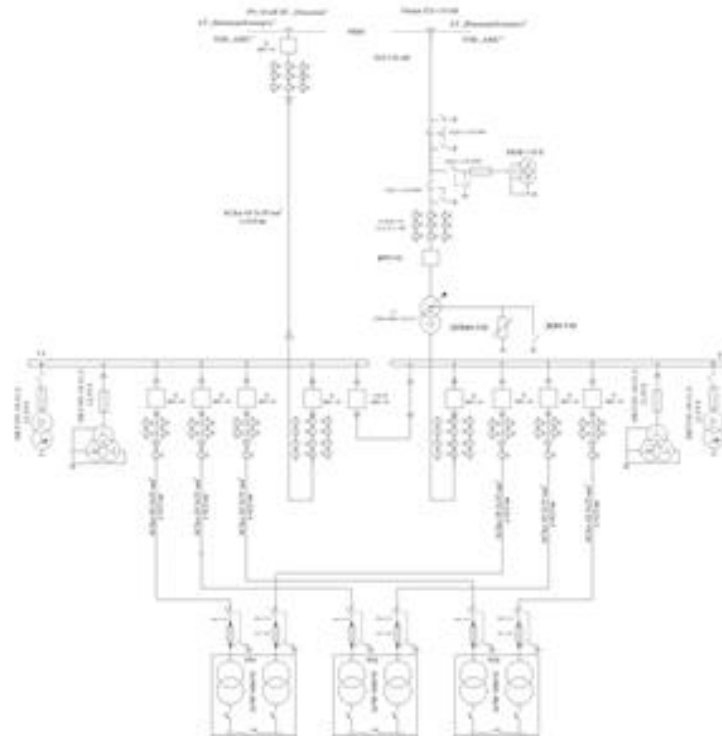


Вартість основних фондів, тис. грн	13733.85
Вартість спожитої електроенергії, тис. грн.	60837.96479
Зведеними річні затрати, тис. грн.	63179.03325

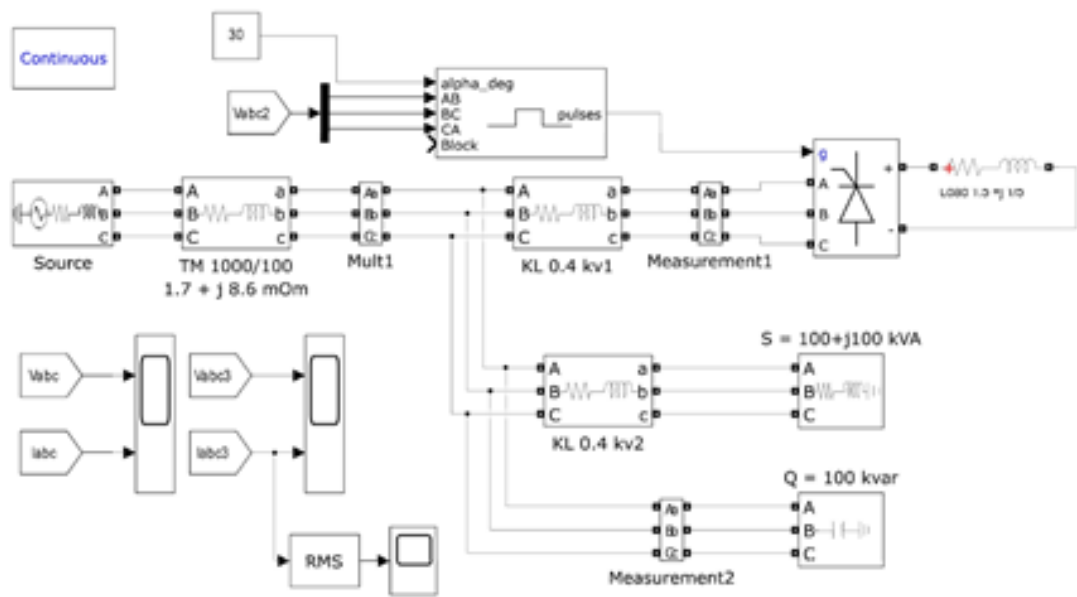
Генплан підприємства із нанесеними елементами СЕП



Однолінійна схема



Модель дослідження впливу вищих гармонік на КУ



9

Результати моделювання

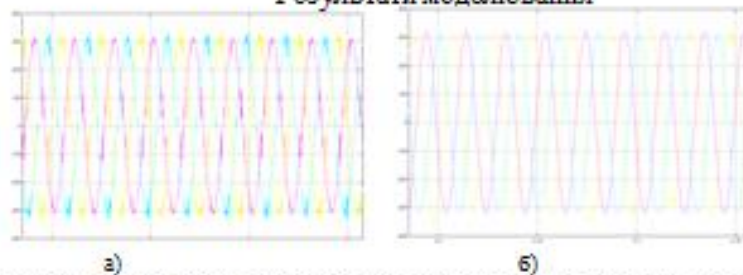


Рисунок 1 Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі без конденсаторної установки

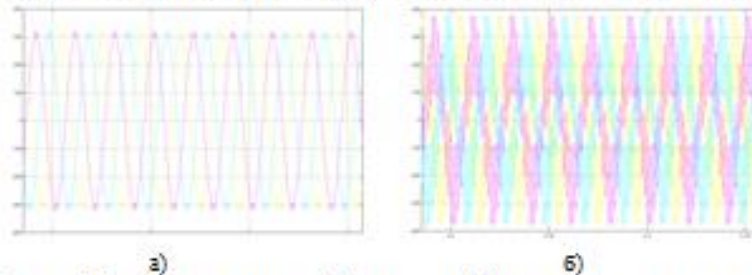


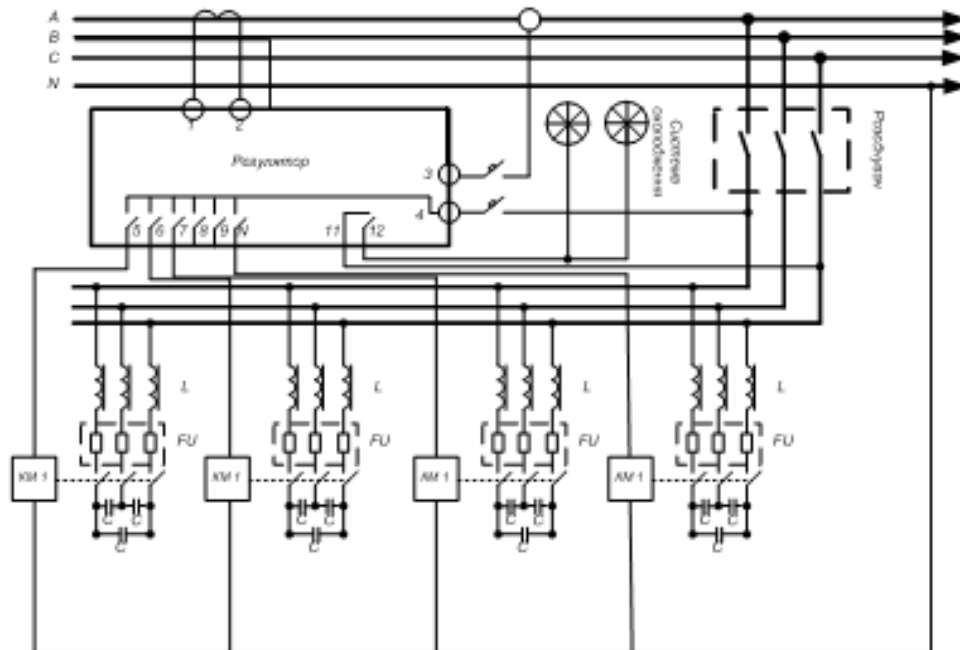
Рисунок 2 Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі з конденсаторною установкою

Таблиця– Значення коефіцієнтів гармонічних спотворень

Показник	Напруга мережі	Струм мережі
THD, % Без КУ	2.02	4.47
THD, % З КУ	4.95	57.48

10

Фільтрокомпенсувальні пристрої дросельного типу



11

Техніко-економічні показники

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	9770553.137	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	9912463.041	кВт·год.
Плата за електроенергію	P_e	50057938.36	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_e	1019885.539	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{вир}}$	51077823.9	грн.
Собівартість електроенергії	S	522.7731038	коп/кВт·год.

Висновок

В даній магістерській роботі розроблена система електропостачання ТОВ «Авіс». Для більш правильного вибору основного обладнання підприємства була створена математична модель системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс», що дозволяє в динамічному режимі провести вибір основного обладнання СЕП при зміні вхідних параметрів. Дана модель дозволяє комбінувати різні схеми живлення, різне обладнання і в кінцевому варіанті дозволяє приймати більш правильні рішення з точки зору надійності і економічності. Розрахунки, переважно, виконувались за допомогою універсального програмного забезпечення електронного процесора Excel та графічного редактора Visio.

В спеціальній частині роботи було питання якості електроенергії на підприємстві. Було проаналізовано вплив вищих гармонік та несиметрії напруги на елементи СЕП.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки. Дана оцінка безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Авіс» в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу.