

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ- ПОДІЛЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»

08.23.МКР.003.01.022 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-20м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Гримчак К.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник к. т. н., доц., Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Опонент: Розводен М.В.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н. професор Бурбело М.Й.

«16» 06 2022р.

Вінниця – 2022 року

Вінницький національний технічний університет

Електроенергетики та електромеханіки

Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“15” вересня 2022 року

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

Гримчак Костянтин Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від “24” 03 2022 року № 65


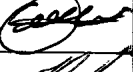
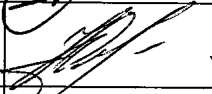





2. Термін подання студентом роботи “05” 06 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення. [Дод. Б]

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Режими напруги в розподільчих мережах підприємства як одна із складових підвищення якості електропостачання. 4. Економічна частина. 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 підприємства.
 Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Кравець О.М., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		
Нормоконтроль	Войтюк Ю. П., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 24.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальні відомості про підприємство	06.05 - 10.05	
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання	16.05. - 20.05	
3	Режими напруги в розподільчих мережах підприємства як одна із складових підвищення якості електропостачання	30.05 - 03.06	
4	Економічна частина	04.06 - 05.06	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	07.06 - 08.06	
6	Графічна частина	04.06 - 10.06	

Студент 

Гримчак К. П.

(підпис)

(прізвище та ініціал)

Керівник роботи 

Кравець О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціал)

Нормоконтроль 

Войтюк Ю. П.

(підпис)

(прізвище та ініціал)

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ- ПОДІЛЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»

08.23.МКР.003.01.022 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-20м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Гримчак К.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник к. т. н., доц., Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Опонент: _____

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н. професор Бурбело М.Й.

« ____ » _____ 2022р.

Вінниця – 2022 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
ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ” вересня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Гримчак Костянтин Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ВНТУ від “ ” 2022 року №

2. Термін подання студентом роботи “ ” 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення. [Дод. Б]

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Режими напруги в розподільчих мережах підприємства як одна із складових підвищення якості електропостачання. 4. Економічна частина. 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 підприємства.
 Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.
6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 24.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство		
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання		
3	Режими напруги в розподільчих мережах підприємства як одна із складових підвищення якості електропостачання		
4	Економічна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Графічна частина		

Студент _____

(підпис)

Гримчак К.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Гримчак Костянтин Петрович. Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод». Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2022. – 85 с.

В магістерській роботі виконано дослідження спроможності системи електропостачання Могилів-Подільського молокозаводу забезпечити електроенергією живлення технологічного процесу виготовлення молочної продукції. Проведені розрахунки, що є основою забезпечення ефективного електропостачання, серед яких потрібно відмітити розрахунки електричних навантажень підприємства в цілому, обґрунтуванню та вибору схеми живлення споживачів, синтезу основного електротехнічного обладнання та ін.

Деякі питання вирішені із застосуванням елементів САПР, що дало змогу забезпечити оптимальні рішення з розробки основних питань проектування сучасних систем електропостачання.

В магістерській кваліфікаційній роботі, з метою покращення контролю режиму напруги на затискачах електроприймачів, наведено сучасна методика розрахунку, що дозволяє проводити заходи з регулювання напруги при різних режимах роботи і потужності споживачів електроенергії.

Ключові слова: система електропостачання, центральний розподільчий пункт, трансформаторна підстанція, регулювання напруги.

Рисунків - 23

Таблиць - 17

Бібліографій – 33

ANNOTATION

Grimchak Konstantin Petrovich. Research of the power supply system of the Private Joint-Stock Company "Mohyliv-Podilsky Dairy Plant". Master's qualification work. Specialty 141 - electric power, electrical engineering and electromechanics. - Vinnytsia: VNTU, FEEEM, ESEEM Department, 2022. - 85 p.

In the master's thesis the research of the ability of the power supply system of Mohyliv-Podilsky dairy plant to supply electricity to the technological process of dairy production was performed. Calculations were made, which are the basis for ensuring efficient power supply, among which we should note the calculations of electrical loads of the enterprise as a whole, justification and choice of power supply scheme, synthesis of basic electrical equipment, etc.

Some issues are solved with the use of CAD elements, which allowed to provide optimal solutions for the development of basic design issues of modern power supply systems.

In the master's qualification work, in order to improve the control of voltage at the terminals of electrical receivers, a modern method of calculation is given, which allows to carry out measures to regulate the voltage at different modes of operation and power of electricity consumers.

Key words :, power supply system, central distribution point, transformer substation, voltage regulation.

Illustration - 23

Tables - 17

Bibliographies - 33

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
Вступ	9
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МОЛОЧНОГО ЗАВОДУ ТА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЙОГО СПОЖИВАЧІВ	11
1.1 Технологічний процес переробки молока	11
1.2 Інформація про електроприймачів заводу	12
2. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАВОДУ	13
2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень заводу	16
3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	16
3.1 Вибір потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції	18
3.2 Синтез потужностей трансформаторів цехових підстанцій за допомогою САПР	23
3.3 Обґрунтування та вибір місця розташування головної понижувальної підстанції	26
3.4 Аналіз зовнішнього живлення системи електропостачання молокозаводу	28
3.5 Обґрунтування та вибір схеми заводської мережі 10 кВ	32
4. РЕЖИМИ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОДНА ІЗ СКЛАДОВИХ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	34
4.1 Відхилення та коливання напруги	36
4.2 Втрати та відхилення напруги в трансформаторах	39
4.3 Відхилення напруги в мережах з однією ступеню трансформації	40
4.4. Розрахунок втрат напруги в електричних мережах	46
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	47
5.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	50
5.2 Розрахунок поточних витрат	50

5.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі	53
5.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	57
5.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	60
5.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	61
5.2.5 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	61
5.3. Розрахунок собівартості електроенергії	61
5.3.1. Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	66
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
6.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	68
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	70
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» до впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	74
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	83
Додаток А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	
Додаток Б. ВИХІДНІ ДАНІ	
Додаток В. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	
Додаток Г. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ	
Додаток Д. МАТЕРІАЛИ РОБОТИ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

РП – реактивна потужність

ЕМ – електрична мережа

ТП – трансформаторна підстанція

ЦРП – центральний розподільчий пункт

ГПП – головна понижувальна підстанція

РТ – розподільчий трансформатор

ДЖ – джерело живлення

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи полягає в створенні системи електропостачання підприємства харчової промисловості, робота якого направлена на задоволення потреб споживачів в різноманітній молочній продукції.

Система електропостачання підприємств, що призначені для переробки молока та виготовленню різних видів продукції з нього, повинна задовольняти дуже жорстким вимогам, що стосуються надійності електропостачання, рівню напруги на затискачах електроприймачів, задіяних в основному технологічному процесі та ін.

Звідси впливає актуальність використання сучасних методів проектування та вибору новітнього електротехнічного обладнання, що дозволить перейти на новий рівень забезпечення ефективної та якісної роботи системи електропостачання, яка орієнтована живлення специфічного технологічного процесу виготовлення похідних молочної продукції високої споживчої якості.

Мета і задачі роботи. Метою роботи є побудова та проектування системи електропостачання, що забезпечує стабільну та ефективну роботу технологічного процесу виготовлення молочної продукції. При цьому вирішуються задачі вибору сучасних схем живлення, оптимізації режимів напруги джерел живлення на різних класах напруги, вибору електрообладнання, що присутнє на енергетичному ринку України. Окрім того, особлива увага приділена визначенню оптимального місця системи електропостачання заводу в загальній системі електричних мереж Могилів – Подільського РЕМ.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

Предмет дослідження – є режими роботи електроприймачів заводу, що забезпечують основний технологічний процес, синтезу елементів схеми, що живить його, а також вибору основного обладнання та електротехнічних матеріалів.

Методи. В роботі широкого поширення набули методи розрахунку електрообладнання, що були представлені у вигляді алгоритмів для використання в САПР, а також використані основні методи теоретичних основ електротехніки, які

стосуються режимів напруги, її регулювання та втрат.

Наукова новизна - для забезпечення основного технологічного процесу виготовлення молочної продукції запропоновано для підвищення стабільності живлення використання оригінальної методики регулювання напруги та покращення режимів забезпечення електроенергією .

Практичне використання отриманих результатів. Підхід до створення сучасної системи електропостачання з контролем режимів напруги живлення на затискачах електроприймачів може бути використане при проектуванні аналогічних підприємств з подібним технологічним процесом.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи неодноразово проходили онлайн обговорення та доповідалися на науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки в секції «Електропостачання» у 2020, 2021 роках.

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МОЛОЧНОГО ЗАВОДУ ТА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЙОГО СПОЖИВАЧІВ

1.1 Технологічний процес переробки молока

Могилів-Подільський молочний завод отримує молочну сировину з господарств різного профілю свого району. Окрім того завод займається переробкою вершків, які отримує з інших молочних заводів Вінницької області.

Сировина в першу чергу перевіряється в лабораторією заводу, де проходить аналіз на щільність, кислотність, жирність, відсутність домішок. Також з визначеною технологією періодичністю лабораторія раз на десять днів проводить аналіз по визначенню гатунку молока (перший, другий та ін.). наступний крок, який виконується по технологічному процесі є охолодження молока до 8°C та створення необхідного резерву (якщо потрібно).

Згідно з технологічним процесом основна маса молока повинна пройти апаратний цех, де проходить процес сепарування та розділяється на вершки і відвійки. Вершки в масло цеху на спеціальній лінії переробляються в масло двох типів, або селянське, або шоколадне. Друга складова молока – відвійки, надходить в спеціальні танки випарного відділення для охолодження і створення необхідного резерву. В випарній установці Віганд-4000 кг в результаті випарення молока згущається до концентрації 45% сухих речовин та висушується. Кінцевим продуктом та цій стадії є сухе знежирене молоко. Значна частина молока (5-6 тон) використовується для виробництва твердого сиру. Приблизно така ж кількість молока направляється в цех цільномолочної продукції, де виробляють молоко пастеризоване (2,5 – 3.2%), сир з знежиреного молока 5, 9 % жирності, кефір та ряжанка з жирністю 2,5%.

Компресорна, яка є на виробництві використовується для забезпечення технологічного процесу холодом, який виробляють вісім холодильних установок. Потреба в парі забезпечується за рахунок котельної птахокомбінату, який розташований неподалік.

Миття автоцистерн відбувається в спеціальному боксі механічним способом з подальшою дезинфекцією паром.

Пастеризація готової продукції відбувається за рахунок високотемпературного режиму в спеціальному пастеризатора ОКЛ-120, ПТ-10.

1.2 Інформація про електроприймачів заводу

Генеральний план ПАТ Могилів-Подільський молочний завод приведено в додатку Б магістерської роботи, а перелік цехів та їх потужність наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1–Відомості про потужності цехів заводу

Вузли живлення ЕП	P_n , кВт
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

Завод отримує живлення від підстанції Могилів-Подільського РЕМ, на якій встановленні два трансформатора ТДН 110\35\10-16000 кВА. Потужність короткого замикання на її шинах складає 45 МВА.

Висновок.

Наведено базову інформацію та технологічний процес молочного виробництва, що будуть використані при створенні оптимальної системи електропостачання заводу, яка повністю забезпечить випуск якісної молочної продукції та гарантує безперебійність живлення споживачів заводу.

2. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАВОДУ

2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень заводу

Одним із відповідальних етапів створення ефективної системи електропостачання є розрахунок електричних навантажень заводу, у зв'язку з тим, що саме на цій платформі базується подальший вибір всього електротехнічного обладнання, матеріалів та навіть самої схеми електропостачання.

В проектній практиці рекомендується для визначення електричних навантажень використовувати наближені методи. В роботі будемо користуватися методом коефіцієнту попиту. Цей метод полягає у визначенні активних і реактивних потужностей електроприймачів та потужності освітлення, орієнтуючись на довідникові данні про коефіцієнти попиту.

Продемонструємо алгоритм визначення розрахункових потужностей на прикладі одного із цехів заводу – виробничого цеху. Зробимо зауваження про те, що в значенні сумарної потужності цеху потрібно врахувати потужність освітлення.

$$P_{mc} = P_n \cdot K_n = 210 \cdot 0,6 = 126 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \text{tg } \varphi = 126 \cdot 0,48 = 60,5 \text{ квар}, \quad (2.2)$$

$$P_{mo} = P_{пто} \cdot K_{по} \cdot F = 0,015 \cdot 0,85 \cdot 2808 = 35,8 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

де K_n – коефіцієнт попиту силового обладнання [2],

$K_{по}$ – коефіцієнт попиту освітлення [2].

Як зауважено вище розрахункова електрична потужність виробничого цеху буде:

$$P_m = P_{mc} + P_{mo} = 126 + 35,8 = 161,8 \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

$$Q_m = Q_{mc} = 60,5 \text{ квар}. \quad (2.5)$$

Визначення розрахункових навантажень інших цехів виконуються аналогічно, результати наведені в таблиці 2.1.

Спираючись на отриманні дані, визначимо розрахункові навантаження всього молочного заводу:

- активне навантаження:

$$P_M = K_o (P_{mc} + P_{mo}) = 0,95 (1862 + 170,7) = 1931,1 \text{ кВт}; \quad (2.6)$$

- реактивне навантаження:

$$Q_M = K_o \cdot Q_{mc} = 0,95 \cdot 1341 = 1273,9 \text{ квар}, \quad (2.7)$$

де $K_o = 0,95$ – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження, визначений за [1];

- повне навантаження заводу:

$$S_M = \sqrt{(P_M^2 + Q_M^2)} = \sqrt{1931,1^2 + 1273,9^2} = 2313,4 \text{ кВА}. \quad (2.8)$$

Висновок.

Визначені електричні розрахункові навантаження всіх цехів молочного заводу, які є основою для розрахунку та прийняттю рішень по вибору основного електрообладнання і матеріалів. Наведені розрахунки є загальноприйнятими та рекомендовані для використання в проектній практиці.

Таблиця 2.1 – Електричні розрахункові навантаження молокозаводу

№ з/п	Споживачі	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження				Всього		
		Рн, кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс, квар	F, м²	Рпит.о	Кпо	Рмо, кВт	Рм, кВт	Qм, квар	Sm, кВА
1	Приймальний цех	700	0,8	0,76	0,86	560	481,6	2304	0,016	0,85	31,4	591,4	481,6	762,7
2	Продуктовий цех	540	0,8	0,76	0,86	432	371,5	2304	0,014	0,85	27,4	459,4	371,5	590,8
3	Технічний цех	650	0,4	0,8	0,75	260	195	2304	0,016	0,85	31,3	291,3	195	350,5
4	Цех підготовки виробництва	380	0,6	0,9	0,48	228	109,5	1440	0,015	0,85	18,4	246,4	109,5	269,6
5	Виробничий цех	210	0,6	0,9	0,48	126	60,5	2808	0,015	0,85	35,8	161,8	60,5	172,7
6	Цех готової продукції	430	0,6	0,9	0,48	256	122,9	2592	0,012	0,85	26,4	282,4	122,9	307,9
	Всього по підприємству	2910				1862	1341	13752			170,7	2032,7	1341	2435,2

3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції

Аналіз існуючих зовнішніх джерел живлення Могилів-Подільського РЕМ показав, що молочний завод доцільно заживити на напрузі 35 кВ від підстанції РЕМ 110/35/10 кВ повітряною лінією. Цей варіант живлення приваблює тим, що джерело живлення знаходиться від молочного заводу на відстані 3 км між якими проходить не забудована територія, що надає значні переваги в спорудженні повітряної лінії з вільним доступом до неї в період експлуатації.

У зв'язку з цим на Могилів-Подільському молочному заводі магістерської роботи передбачено спорудження на заводі головної понижувальної підстанції (ГПП) 35/10 кВ.

Визначимо необхідну потужність трансформаторів ГПП:

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq (0,5 \div 0,7)S_{\text{М}} = (0,5 \div 0,7) \cdot 2,44 = 1,22 \div 1,7 \text{ МВА} \quad (3.1)$$

Попередньо вибираємо для встановлення в ГПП трансформатори ТМН-1600/35 - 2 шт [1] та виконаємо перевірочні розрахунки, щодо допустимості аварійного перевантаження одного із них. Згідно з існуючою методикою [1], скористуємося для цього типовим для молочного заводу графіком навантаження (рис. 3.1) та проведемо необхідні розрахунки.

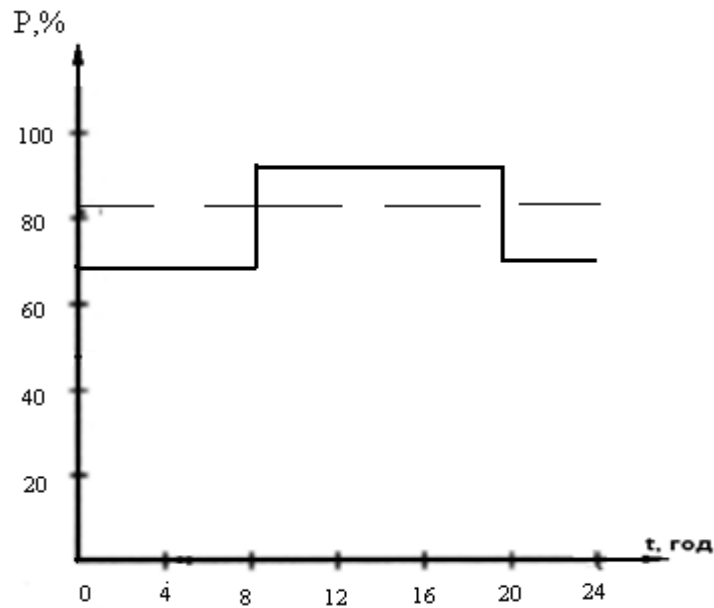


Рисунок 3.1 – Типовий графік навантаження молочної фабрики (добовий).

Знайдемо номінальне навантаження

$$S_{\text{НОМ.Т}\%} = \frac{S_{\text{НОМ.Т}}}{S_{\text{М}}} \cdot 100 = \frac{1,6}{2,44} \cdot 100 = 82\% . \quad (3.2)$$

і покажемо його на графіку рис.3.1

як видно з графіку перевантаження трансформатора протягом доби відбувається 12 год.

Визначимо коефіцієнт початкового навантаження та перевантаження трансформатора:

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}} = \frac{1}{82} \sqrt{\frac{70^2 \cdot 12}{12}} = 0,96. \quad (3.3)$$

$$K_2' = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_j^2 \cdot \Delta h_j}{\sum \Delta h_j}} = \frac{1}{74} \sqrt{\frac{70^2 \cdot 8 + 90^2 \cdot 12 + 70^2 \cdot 4}{12}} = 1,35. \quad (3.4)$$

Максимальне навантаження:

$$K_{\text{MAX}} = \frac{S_{\text{M}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{2,44}{1,6} = 1,49 \quad (3.5)$$

Аналізуючи формули (3.4-3.5) бачимо $K_2 > 0,9$, тоді $K_{\text{MAX}} = 0,9 \cdot 1,49 = 1,35$. Приймаємо $K_2 = K_2 = 1,35$ і $h = h = 12$ год.

Якщо порівняти отримане значення K_2 з величиною допустимого перевантаження за даними [1], то підтверджується допустимість аварійних перевантажень.

Визначимо номінальну потужність трансформатора ГПП (на ГПП встановлюється один трансформатор).

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq (0,75 \div 0,8)S_{\text{M}} = (0,75 \div 0,88) \cdot 2,44 = 1,83 \div 2,1 \text{ МВА} \quad (3.6)$$

Якщо на ГПП буде встановлений один трансформатор потужністю 1600 кВА, то його коефіцієнт завантаження буде $K_{\text{MAX}} = 1,49$, а коефіцієнт K_2 , визначений так само як при встановленні двох трансформаторів при $h = 12$ год буде рівним $K_2 = 1,35$.

Згідно з [1] це говорить про те, що такі систематичні перевантаження не є допустимими, тому зрозуміло що потрібно збільшувати потужність трансформатора на одну ступінь до 2500 кВА, якщо живлення підприємства реалізовувати за допомогою одного трансформатора.

В магістерській роботі рекомендується до встановлення на ГПП прийняти два трансформатори ТМН-1600/35.

3.2 Синтез потужностей трансформаторів цехових підстанцій за допомогою САПР.

В магістерській кваліфікаційній роботі для підвищення якості проектування молочного заводу пропонується вибір цехових трансформаторних підстанцій виконати за допомогою системи САПР, що

базується на використанні програмного комплексу Excel. Такий підхід дозволить визначити не тільки значення оптимальної потужності трансформатора за наперед складеною математичною моделлю, а і врахувати всі можливі параметри необхідні для ефективного функціонування системи електропостачання.

Перед тим, як перейти безпосередньо до побудови математичної моделі визначення потужності трансформаторів цехових підстанцій, проведемо попередній орієнтовний розподіл цехів молочного заводу по майбутнім трансформаторним підстанціям (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Розподіл цехів між цеховими ТП

ТП	Цех	S_M , кВ·А	F , м ²
ТП1	1. Приймальний цех	762,7	2304
ТП2	2. Продуктовий цех	590,8	2304
ТП3	3. Технічний цех	350,5	2304
ТП4	4. Цех підготовки виробництва	269,6	1440
ТП5	5. Виробничий цех	172,7	2808
ТП6	6. Цех готової продукції	307,9	2592
	Всього	2435,2	13752

Основним моментом застосування САПР для визначення потужностей ТП є складання адекватної математичної моделі та визначення керованої змінної.

Нехай керованою змінною буде потужність трансформатора, позначимо її S_T . Критерієм ефективності математичної моделі (цільовою функцією) приймемо річні приведені витрати у спорудження ТП, позначимо її Z .

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (3.7)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річні приведені витрати в спорудження ТП, потужність якої S_T визначається за виразом:

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (3.8)$$

де E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_{ТП}(S_T, K_T)$ - капіталовкладення в ТП у відповідній функціональній залежності, S_T та кількості трансформаторів k_T .

Вартість річних втрат електроенергії буде:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (3.9)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ - втрати холостого ходу трансформатора;

$\Delta P_{кз}(S_T)$ - втрати короткого замикання трансформатора;

K_3 - коефіцієнт завантаження;

$S_{СТ}$ - стандартний ряд потужностей трансформаторів, кВА;

τ - години максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатору визначається як:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_{СТ} \cdot k_T}. \quad (3.10)$$

Для врахування втрат активної потужності в трансформаторах (змінні, постійні та сумарні) скористаємося виразами:

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S^2_p}{S^2_T \cdot k_T} \right), \quad (3.11)$$

$$\Delta P_{пс} = \Delta P_{хх} \cdot k_T. \quad (3.12)$$

$$\Delta P = \Delta P_{пс} + \Delta P_{зм}. \quad (3.13)$$

Для коректного рішення поставленої задачі визначення потужності трансформаторів додатково потрібно врахувати наступні обмеження [5]:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (3.14)$$

де $S_{ТПсм}$ - середньозмінна потужність ТП.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow k_{на} \cdot S_T \geq k_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (3.15)$$

де $k_{на}$ - максимально допустимий коефіцієнт навантаження, що характеризує після аварійний стан трансформатора ($k_{на}=1,3$).

$k_{нна}$ - частина навантаження, яка повинна отримувати живлення в післяаварійному режимі роботи;

Для використання математично моделі (3.7) в процесі автоматизованого вибору оптимального значення потужності ТП необхідно скористатися та скласти наступну електронну таблицю в Excel. В якості

прикладу такого розрахунку візьмемо, наприклад, розрахунок потужності трансформатора для ТПЗ (рис 3.2).

Вибір оптимальної потужності ТПЗ за мінімумом затрат											
Дані нормального режиму											
Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	350,5
Середня потужність ТП, кВА										Sc=	397,3897
Кількість трансформаторів										kt=	2
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1
Дані післяаварійного режиму											
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kпа=	1,3
Доля навантаження в п.а. режимі										kппа=	0,8
Економічні характеристики											
Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	6139,681
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	
V	63	1,28	0,24	215,505	29,30868	19,80956	0,48	20,28956	124,5714	---	
	100	1,97	0,33	228,8475	31,12326	12,10075	0,66	12,76075	78,34693	---	
	160	3,1	0,51	246,2625	33,4917	7,438199	1,02	8,458199	51,93064	---	
	250	4,2	0,74	268,785	36,55476	4,127768	1,48	5,607768	34,42991	70,98467	
	400	5,9	0,95	322,605	43,87428	2,265051	1,9	4,165051	25,57209	69,44637	
	630	8,5	1,31	358,9425	48,81618	1,315479	2,62	3,935479	24,16258	72,97876	
	1000	10,5	2,1	423,5175	57,59838	0,644964	4,2	4,844964	29,74653	87,34491	
	1600	18	2,8	526,5	71,604	0,431895	5,6	6,031895	37,03391	108,6379	
	2500	23,5	3,85	602,3925	81,92538	0,230958	7,7	7,930958	48,69355	130,6189	
										Змін=	69,44637

Рис. 3.2 – Електронна таблиця Есхел для визначення оптимальної потужності трансформатора ТП1

Подібні Есхел таблиці складаються по іншим прийнятим підстанціям та проводяться необхідні розрахунки, результати яких наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Потужності та кількість трансформаторів цехових ТП

Цех	S_M , кВ·А	F , м ²	Дані трансформаторів ТП		
			$S_{НОМ.Т}$,кВ·А	N , шт	k_3
1. Приймальний цех	762,7	2304	400	2	0,53
2. Продуктовий цех	590,8	2304	400	2	0,68
3. Технічний цех	350,5	2304	400	1	0,87
4. Цех підготовки виробництва	269,6	1440	400	1	0,67
5. Виробничий цех	172,7	2808	250	1	0,69
6. Цех готової продукції	307,9	2592	400	1	0,77
Всього	2435,2	13752	-	10	-

3.3 Обґрунтування та вибір місця розташування головної понижувальної підстанції

Наступним кроком по створенню ефективної системи електропостачання, що надасть можливість оптимізувати втрати потужності є вибір місця, де буде розташовано головну понижувальну підстанцію.

Для вирішення цієї задачі в проектній практиці використовують спеціальний метод, який отримав назву методу визначення центру електричних навантажень. Цей метод передбачає створення у вибраному масштабі картограми електричних навантажень, результатом якої є визначення оптимального ЦЕН [2]. У зв'язку з тим, що знаходження координат центру окремих виробничих приміщень заводу, а саме вони є основою для визначення ЦЕН всього заводу, має однотипний характер, приведемо приклад визначення ЦЕН на базі виробничого цеху.

Першим кроком алгоритму є визначення масштабу побудови картограми навантажень. Для цього прийємо радіус кола, що відображає навантаження виробничого корпусу №2 $r \approx 50$ м, тоді масштаб буде:

$$m_p = \frac{S_M}{\pi r_2^2} = \frac{2435,2}{3,14 \times 50^2} = 0,042 \text{ кВ А / м}^2. \quad (3.16)$$

Прийємо $m = 0,05 \text{ кВА/м}^2$, по якому визначимо радіуси кіл, що еквівалентні потужностям всіх інших цехів заводу:

$$r = \sqrt{\frac{S_M}{\pi m_p}} = \sqrt{\frac{172,7}{3,14 \cdot 0,05}} = 46 \text{ м}. \quad (3.17)$$

Враховуючи, що окрім силового навантаження цехи ще мають освітлювальне навантаження, потрібно визначити, яку долю кола вони

будуть займати на картограмі. Для цього потрібно знайти сектор круга, який буде еквівалентний освітлювальному навантаженню.

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{m.o.i}}{P_{m.i}}. \quad (3.17)$$

Для нашого прикладу:

$$\alpha_1 = 360 \cdot \frac{35,8}{126} = 102,3^\circ.$$

Аналогічні розрахунки потрібно провести для всіх виробничих цехів заводу. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Координати ЦЕН виробничих цехів

Цех	Координати цехів		$P_{M,k}$, кВт	r_k , м	α , град
	X_k , м	Y_k , м			
1. Приймальний цех	600	680	762,7	122	20,2
2. Продуктовий цех	600	750	590,8	84	22,8
3. Технічний цех	600	380	350,5	64	43,3
4. Цех підготовки виробництва	600	450	269,6	58	29,1
5. Виробничий цех	150	250	172,7	46	102,3
6. Цех готової продукції	600	150	307,9	61	37,1
Всього			2435,2		

Ґрунтуючись на результатах наведених в таблиці 3.3 знайдемо координати центру електричних навантажень молочного заводу. Для цього використаємо вирази:

$$x_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{Mk} x_k}{\sum_{k=1}^N P_{Mk}}; \quad y_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{Mk} y_k}{\sum_{k=1}^N P_{Mk}}. \quad (3.18)$$

Або в числовому вигляді:

$$x_0 = \frac{762,7 \cdot 600 + 590,8 \cdot 600 + 350,5 \cdot 600 + 269,6 \cdot 600 + 172,7 \cdot 150 + 307,9 \cdot 600}{762,7 + 590,8 + 350,5 + 269,6 + 172,7 + 307,9} = 551_m$$

$$y_0 = \frac{762,7 \cdot 680 + 590,8 \cdot 750 + 350,5 \cdot 380 + 269,6 \cdot 450 + 172,7 \cdot 250 + 307,9 \cdot 150}{762,7 + 590,8 + 350,5 + 269,6 + 172,7 + 307,9} = 584_m$$

Для остаточного рішення про розміщення ГПП потрібно орієнтуватись, як на потреби технології так і на будівельні особливості молокозаводу. Як видно з рис. 3.3 місце розташування ГПП рекомендується обрати на вільній будівельній площадці біля заводу та наблизити його до зовнішнього джерела живлення.

Зробимо зауваження про розміщення цехових трансформаторних підстанцій, як видно з рис. 3.3 вони розташовуються в середині відповідних цехів в зручних для монтажу і експлуатації місцях.

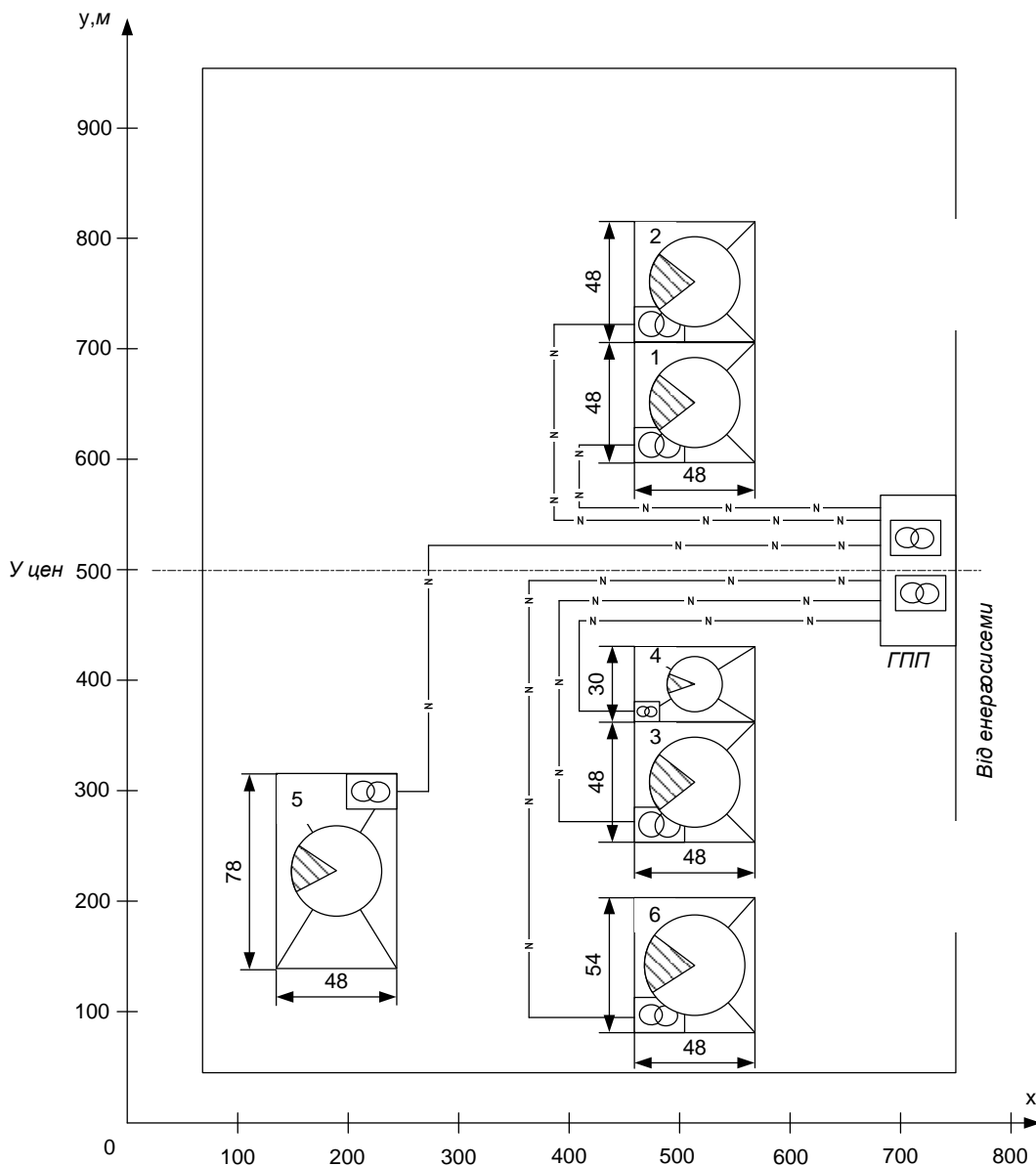


Рисунок 3.3 – Генплан молокозаводу з картограмою навантажень

3.4 Аналіз зовнішнього живлення системи електропостачання молокозаводу.

Одним із відповідальних технічних рішень є проведення аналізу можливих зовнішніх джерел живлення заводу та прийняття оптимального варіанту.

З огляду на структуру електричних мереж Могилів-Подільського РЕМ в магістерській кваліфікаційній роботі рекомендується обрати джерелом зовнішнього живлення мережеву підстанцію 110/35/10 кВ, що знаходиться на

відстані 3 км від заводу з подальшим будівництвом повітряної лінії 35 кВ. Пропонується на ГПП заводу встановити два трансформатора, які заживити окремими лініями напругою 35 кВ. Структурна умовна схема представлена на рис. 3.4.

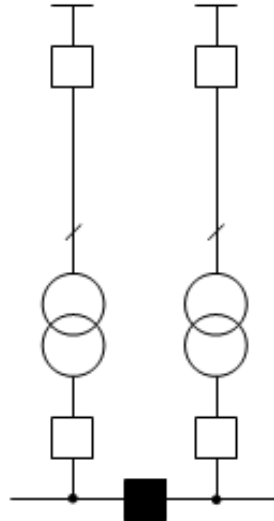


Рисунок 3.4 – Спрощена схема живлення ГПП

Захисна та комутаційна апаратура, що дає можливість виконувати комутації трансформаторів забезпечується пристроями захисту ліній та вимикачами районної підстанції енергосистеми.

Визначимо переріз та матеріал проводів повітряної лінії живлення [2].

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}}, \quad (3.19)$$

де $j_{ек}$ – густина струму (A/mm^2), яка визначається з [2] в залежності від тривалості використання максимального навантаження та матеріалу проводу (алюміній);

$$T_{max} = 3500 \text{ год.}$$

$$j_{ек} = 1,1 \text{ A/mm}^2$$

I_p – розрахунковий струм навантаження на напрузі 35 кВ, А.

$$I_p = \frac{S_{Tном}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 35} \approx 26,4 \text{ А}, \quad (3.20)$$

де $S_{Tном}$ – потужність трансформатора встановленого на ГПП.

$$F_{ек} = \frac{26,4}{1,1} = 24 \text{ мм}^2; \quad (3.21)$$

$$F_{ст} = 25 \text{ мм}^2.$$

Результати отриманні за (3.21) говорять, що переріз проводу ПЛ 35 кВ повинен дорівнювати стандартному значенню [2] 25 мм². Остаточню вибираємо провід АС – 25 з $I_{доп} = 130 \text{ А}$, що задовольняє умовам перевірки:

$$I_{доп} = 130 \text{ А} > I_p = 26,4 \text{ А}.$$

3.5 Обґрунтування та вибір схеми заводської мережі 10 кВ

В магістерській кваліфікаційній роботі, яка орієнтована на створення сучасної та надійної схеми системи електропостачання, рекомендується для живлення цехових трансформаторних підстанцій обрати радіальну схему. Конструктивно електричні мережі заводу пропонується виконати кабельними лініями та прокласти кабелі в траншеях.

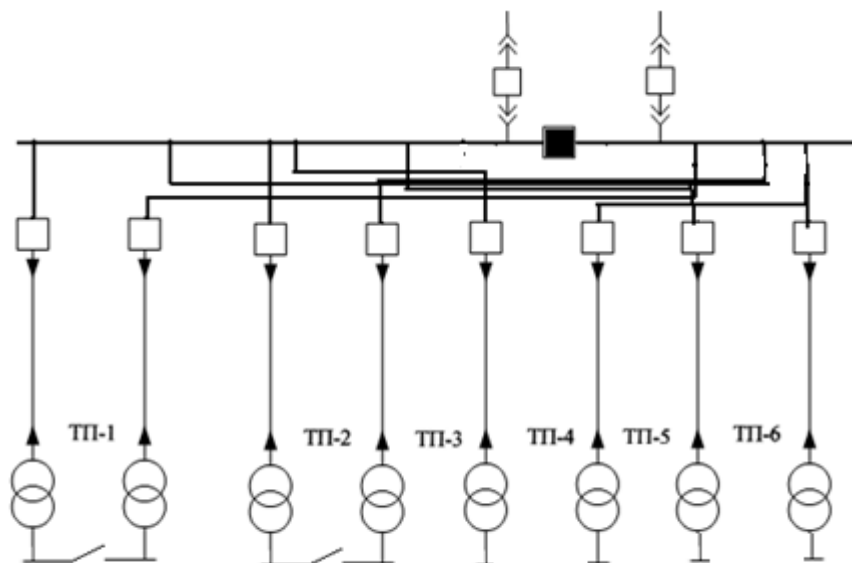


Рисунок 3.5 – Спрощена схема електропостачання заводу.

Виконаємо вибір основного електрообладнання. Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальними величинами напруги та струму з врахуванням впливів післяаварійних режимів.

$$U_{ном.в} \geq U_{ном. мережі}, \quad (3.22)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}, \quad (3.23)$$

де $I_{м.ав}$ - розрахунковий струм, що був визначений на етапі розрахунку електричних навантажень цехів.

Визначимо струми нормального режиму всіх підстанцій заводу:

ТП-1

$$I_M = \frac{762,7}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 44,1 \text{ А},$$

ТП-2

$$I_M = \frac{590,8}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 34,1 \text{ А},$$

ТП-3

$$I_M = \frac{350,5}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 20,2 \text{ А},$$

ТП-4

$$I_M = \frac{269,6}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 15,6 \text{ А},$$

ТП-5

$$I_M = \frac{172,7}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 9,9 \text{ А},$$

ТП-6

$$I_M = \frac{307,9}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 17,8 \text{ А}.$$

Значення струмів післяаварійного режиму

ТП-1,2 (двотрансформаторні)

$$I_{мав} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 32,4 \text{ А},$$

ТП-3,4,6 (однотрансформаторна)

$$I_{\text{мав}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,1 \text{ А,}$$

ТП-5 (однотрансформаторна)

$$I_{\text{мав}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,5 \text{ А.}$$

Для встановлення на стороні 10 кВ підстанції приймемо вакуумні вимикачі ВВ–10-12,5/630 з номінальним струмом 630 А, час вимкнення 0,07 с.

Згідно з методики [2] виконаємо розрахунок та виберемо переріз і марки високовольтних кабелів для внутрішньозаводської мережі. Користуючись рекомендаціями та проектною практикою високовольтну мережу виконаємо броньованими кабелями марки ААБ, які прокладемо в траншеях. Значення перерізу жил визначимо за розрахунковими струмами. Результати вибору наведені в табличній формі (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Результати вибору високовольтних вимикачів та кабелів

Лінія	$I_{\text{м}},$ А	$I_{\text{мав}},$ А	Вимикач	$I_{\text{ном.в}},$ А	$S_{\text{ек}},$ мм ²	Провідник	$I_{\text{доп}},$ А
ГПП- ТП-1	44,1	32,4	ВВ10-12,5/630-У2-41	630	27,6	ААБ-3х35	115
ГПП- ТП-2	34,1	32,4	ВВ–10-12,5/630-У2-41	630	21,3	ААБ-3х25	90
ГПП- ТП-3	20,2	23,1	ВВ–10-12,5/630-У2-41	630	12,6	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-4	15,6	23,1	ВВ–10-12,5/630-У2-41	630	9,8	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-5	9,9	14,5	ВВ–10-12,5/630-У2-41	630	6,2	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-6	17,8	23,1	ВВ–10-12,5/630-У2-41	630	11,1	ААБ-3х16	75

Висновок.

В даному розділі запропоновано оптимальна схема електропостачання підприємства, яка передбачає будівництво ГПП 35 кВ, обрані та визначені

параметри повітряної лінії 35 кВ та кабельні лінії 10 кВ внутрішньозаводської мережі. Запропоновані та обрані високовольтні вимикачі української виробництва, які задовольняють всім перевірочним розрахункам.

4. РЕЖИМИ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОДНА ІЗ СКЛАДОВИХ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Режим напруги в електричних розподільчих мережах підприємства займає особливе місце серед інших питань електропостачання. Це пов'язано з тим, що більшість електроспоживачів дуже чутлива до якості напруги на своїх затискачах і тому режим напруги пов'язується в основному з можливістю його регулювання, що відображено в діючих стандартах [10].

Так як [10] відсутня вимога збереження сталості напруги, то можна сказати, що процес регулювання напруги може бути достатньо глибоким переслідуючи головну мету, яка пов'язана з техніко-економічними показниками.

У зв'язку з цим, для забезпечення потрібних меж коливань напруги [10], викликаних непостійністю режиму роботи струмоприймачів, потрібне застосування різних видів регулюючих пристроїв і спеціальних режимів роботи живлячих мереж. Все це залежить від параметрів живлячої і розподільчої мереж, від місці підключення електроприймачів, їх режиму і вимог до допустимих змін напруги, що потрібна для нормальної роботи технологічного процесу.

При різних змінах режиму електроприймачів в окремих частинах електричної мережі буде мати місце неоднаковість режиму напруги, і найбільш різкі зміни напруги будуть спостерігатися в тій же частині мережі, де безпосередньо приєднані ці електроприймачі. З іншої сторони неоднакові і вимоги до режиму напруги в різних частинах електричної мережі. Якщо в живлячій мережі прагнуть до підтримання напруги на рівні, при якому досягаються найменші втрати енергії, то в тій частині мережі, до якої безпосередньо приєднуються струмоприймачі, ця вимога може виявитись незадоволеною для нормальної роботи струмоприймачів. Тому доцільно по

різному класифікувати окремі частини електричної мережі і вимоги до режиму напруги в них.

Електричні мережі можна принципово класифікувати як живлячі і розподільчі, при чому до останніх відносяться такі мережі, до яких безпосередньо можуть приєднуватись електроприймачі як низької, так і високої напруги (6-10 кВ). При цьому трансформатори між живлячими і розподільчими мережами, так звані центри живлення (ЦЖ), вважаються елементами живлячої мережі. Розподільчі мережі розділяють на первинні (3-10 кВ) та вторинні (до 1000 В), а трансформатори між ними – розподільчі трансформатори (РТ). Якщо застосовувати в ЦЖ трансформатори з регулюванням напруги під навантаженням (РПН), то вдається здійснити незалежне регулювання напруги як в живлячій, так і в розподільчих мережах, чим досягається найбільш вигідний режим напруги в них.

Регулювання напруги в живлячій мережі може розглядатись як централізоване шляхом зміни збудження генераторів власних ТЕЦ і перерозподілу реактивної потужності. Регулювання напруги в розподільчій мережі може здійснюватись за допомогою трансформаторів з РПН, лінійних регуляторів і за допомогою синхронних двигунів і статичних конденсаторів. Таке регулювання розглядається як місцеве, що відповідає вимогам нормальної роботи електроприймачів.

Слід відмітити, що через неоднорідність окремих електроприймачів і режиму їх роботи регулювання напруги за допомогою розподільчих трансформаторів з РПН не завжди є ефективним. Тому застосування трансформаторів з РПН в якості розподільчих трансформаторів повинно підлягати перевірці і порівнянню з іншими установками для регулювання напруги. Введення вказаної вище класифікації електричних мереж виходить з принципово різних вимог до режиму напруги в різних точках мереж, а також через неоднорідність режиму електроприймачів.

В розподільчих мережах, особливо у вторинних, сильно позначається вплив різко змінних режимів струмоприймачів, як, наприклад, пуск окремих

двигунів, режим роботи печей і т.д. В живлячих мережах, навпаки, суттєве значення має режим групи струмоприймачів або режим підприємства в цілому (зміни, технологічний режим і т.д.). В зв'язку з цим доцільно класифікувати різні стани режиму напруги як коливання і відхилення напруги.

4.1 Відхилення та коливання напруги

Під відхиленням напруги мається на увазі повільне змінення напруги на затискачах електроприймачів, обумовлене зміною режиму напруги на ЦЖ і зміною режиму навантажень в розподільчих мережах (зміна технологічного процесу). Швидкопротікаючі і короткочасно виникаючі зміни напруги, обумовлені пуском двигунів і різкою зміною режиму електроприймачів (печі та інші), називаються коливанням напруги.

Відхилення і коливання напруги можна виразити наступним чином:

$$\delta U_c = \frac{U_c - U_n}{U_n} \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

де U_c – напруга мережі, (В);

U_n – номінальна напруга електроприймач, (В);

δU_c може мати як позитивне (+), так і негативне значення (-). Якщо для якого небудь моменту часу t відомо відхилення чи коливання напруги спочатку живлячої лінії δU_{1t} і втрата напруги в лінії δU_t , то відхилення напруги в кінці лінії буде:

$$\delta U_{2t} = \delta U_{1t} - \Delta U_t . \quad (4.2)$$

При декількох ділянках лінії відповідно буде:

$$\delta U_{2t} = \delta U_{1t} - \sum \Delta U_t , \quad (4.3)$$

де $\sum \Delta U_t$ - сума втрат напруги на всіх ділянках.

При наявності спочатку лінії вольтодобавочного послідовно ввімкненого трансформатора чи лінійного регулятора вводиться додаткова ЕРС чи “добавка”, тоді як для οποї точки n на цій лінії відхилення напруги в якийсь момент часу t буде:

$$\delta U_{ct} = \sum \delta U_t - \sum \Delta U_t, \quad (4.4)$$

де $\sum \delta U_t$ - алгебраїчна сума відхилення напруги і “добавки” спочатку лінії.

Напруга на затискачах електроприймачів не повинна перевищувати номінальне значення U_n на задану величину δU_g (верхня межа), а для найбільш віддалених струмоприймачів на величину δU_n (нижня межа).

Тоді:

$$\begin{aligned} \delta U_g &\geq \delta U_{ш} - \Delta U_{nm}, \\ \delta U_n &\leq \delta U_{ш} - \Delta U_{nb}, \end{aligned} \quad (4.5)$$

де $\delta U_{ш}$ - відхилення напруги на шинах ЦЖ;

ΔU_{nm} - втрата напруги до найближчого електроприймача;

ΔU_{nb} - втрата напруги до найбільш віддаленого електроприймача.

Звідси

$$\delta U_{nb} \leq \delta U_g - \delta U_n + \Delta U_{nm}.$$

Якщо найближчий приймач близько розташований до ЦЖ і можна прийняти $\Delta U_{nm} \approx 0$, то

$$\delta U_{nb} \leq \delta U_g - \delta U_n. \quad (4.6)$$

Для окремих видів споживачів верхня $\delta U_{\text{в}}$ та нижня межі $\delta U_{\text{н}}$ відхилення напруги в відсотках приймаються наступні (таблиця 4.1)

Таблиця 4.1 – Межі відхилень напруги

	$\delta U_{\text{в}}$	$\delta U_{\text{н}}$
зовнішнє освітлення	+5	-5
внутрішнє освітлення підприємства	+5	-2,5
двигуни	+5 до +10	-5

Користуючись формулою (4.6), наприклад для освітлення виробничих приміщень, можна знайти гранично допустиму втрату напруги до найбільш віддалених електроприймачів, як

$$\delta U_{\text{н.б.}} = +5 - (-5) = +10\%.$$

4.2 Втрати та відхилення напруги в трансформаторах

При розрахунках електричних мереж втрата напруги в трансформаторах визначається по формулі:

$$\Delta U_T = \beta(u_a \cos \varphi_2 + u_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{200}(u_a \sin \varphi_2 - u_p \cos \varphi_2), \quad (4.7)$$

де β - відношення фактичного навантаження до номінального; u_a - активна складова напруги короткого замикання ($u_{\text{к.в.}}$);

u_p - реактивна складова напруги короткого замикання;

$$u_a = \frac{\Delta p_{\text{к.в.}}}{S_n} \cdot 100\%; u_p = \sqrt{u_{\text{к.в.}}^2 - u_a^2}.$$

Чисельно Δu_T дорівнює арифметичній різниці між напругою холостого ходу і напругою при номінальному навантаженні.

Якщо до первинної обмотки трансформатора підведена напруга U_1 , відповідно вибраному відхиленню, то напруга на вторинних затискачах U_2

буде рівною номінальному вторинному навантаженню U_{2x} . Якщо підведена напруга U_1 не відповідає вибраному відхиленню, то вторинна напруга холостого ходу буде $U_2 = U_{2x} \frac{U_1}{U_{om}}$, а при навантаженому трансформаторі:

$$U_2 = U_{2x} \frac{U_1}{U_{om}} - \Delta U_m \frac{U_{2x}}{100}. \quad (4.8)$$

де ΔU_m - приймається по формулі (4.7);

U_{2x} - напруга холостого ходу при середньому відхиленні і номінальній первинній напрузі;

U_{om} - напруга відхилення.

Позначимо номінальну напругу первинної і вторинної мереж через $U_{н(1)}$ і $U_{н(2)}$, а через δU_1 і δU_2 – відхилення величин цих напруг в відсотках, тоді будемо мати:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{н(1)} + \frac{\delta U_1}{100} U_{н(1)} = U_{н(1)} \left(1 + \frac{\delta U_1}{100}\right) \\ U_2 &= U_{н(2)} \left(1 + \frac{\delta U_2}{100}\right) \end{aligned} \quad (4.9)$$

чи підставляючи в (4.8):

$$1 + \frac{\delta U_2}{100} = \left(1 + \frac{\delta U_1}{100}\right) \frac{U_{2x} U_{н(1)}}{U_{om} U_{н(2)}} - \Delta U_m \frac{U_{2x}}{100 U_{н(2)}}. \quad (4.10)$$

Введемо нову величину “добавку” напруги δU_m в відсотках, що створюється понижувальним трансформатором, під якою розуміється відхилення напруги від номінального для вторинної мережі, коли до первинної обмотки підведено $U_{om} = U_n$. Виходячи з визначення, “добавка” δU_m дорівнює:

$$\delta U_m = \frac{U_{2x} U_{н(1)}}{U_{om} U_{н(2)}} \cdot 100 - 100 \quad (4.11)$$

або

$$1 + \frac{\Delta U_m}{100} = \frac{U_{2x} U_{n(1)}}{U_{om} U_{n(2)}}. \quad (4.12)$$

звідки після підстановки і перетворень

$$\delta U_2 = \delta U_1 + \delta U_m - \Delta U_m \frac{U_{2x}}{U_{n(2)}} + \frac{\delta U_1 \delta U_m}{100}. \quad (4.13)$$

Значення “добавки” δU_m для силових трансформаторів 10/0,4 кВ можна приймати:

Відхилення	Наближено	Точно по формулі
+5	0	0,25
0	5	5,26
-5	10	10,8

В більшості випадків на практиці можна користуватись наближеним значенням “добавки”. Для визначення відхилення напруги на вторинній стороні трансформатора можна користуватись наближеною формулою:

$$\delta U_2 = \delta U_1 + \delta U_m - \Delta U_m. \quad (4.14)$$

При використанні цієї формули помилка не перевищує $\pm 0,5\%$.

Для прикладу, відповідно до даних, що наведені в магічттерській роботі визначимо величину відхилення напруги на вторинній стороні розподільчого трансформатора з відхиленням -5% , якщо відхилення напруги на первинній стороні дорівнює $\delta U_1 = -5\%$, а $\Delta U_m = 3\%$. Номінальна вторинна напруга мережі $U_{n(2)} = 380V$ та $U_{2x} = 400V$, $\delta U_m = 10,8\%$ (для відхилення мінус 5%). По точній формулі:

$$\delta U = -5 + 10,8 - 3 \cdot \frac{400}{380} + \frac{-5 \cdot 10,8}{100} = 2,11\%$$

і по наближеній формулі

$$\delta U_2 = -5 + 10 - 3 = 2\% \text{ (для } \delta U_m = 10\% \text{ - наближене значення).}$$

4.3 Відхилення напруги в мережах з однією ступенню трансформації

В системах електропостачання промислових підприємств найпоширенішими є мережі з однією ступінню трансформації, наприклад 6-10 і 0,4-0,23 кВ.

В цьому випадку будь-якій довільній точці мережі нижче 1000В відхилення напруги:

$$\delta U_c = \delta U_2 - \Delta U_n \text{ або } \delta U_2 = \delta U_c + \Delta U_n \quad (4.15)$$

де ΔU_n - втрата напруги в лінії напругою нижче 1000В.

Відхилення напруги на первинних затискачах трансформатора при відсутності регулюючих пристроїв в мережі високої напруги:

$$\delta U_1 = \delta U_u - \Delta U_g, \quad (4.16)$$

де δU_u - відхилення напруги на шинах ЦЖ;

ΔU_g - втрата напруги в лінії високої напруги.

Тоді підставляючи значення δU_1 і δU_2 в формулу (4.14), отримаємо:

$$\delta U_c = \delta U_u + \delta U_m - (\Delta U_g + \Delta U_m + \Delta U_n) = \sum \delta U - \sum \Delta U. \quad (4.17)$$

При введенні “добавки” від застосування регулюючих пристроїв в мережі будемо мати для любого моменту часу

$$\delta U_{ct} = \sum_{i=1}^{i=m} (\delta U_t) - \sum_{i=1}^{i=n} (k_t \Delta U)_t \quad (4.18)$$

де k_t - відношення втрати напруги на даній ділянці ланцюга для моменту часу t в максимальному її значенні на тій же ділянці ($k_t \Delta U = \Delta U_t$);

m – число “добавок” до даної точки;

n – число ділянок ланцюга.

При більшому числі ступенів трансформації (2, 3) розрахунок можна проводити аналогічно, однак можна обмежитись тільки однією ступеню трансформації.

Слід відмітити, що для кожної ступені трансформації розрахунок відхилення напруги можна проводити самостійно. Визначення відхилення напруги чи допустимої втрати напруги можна проводити також графічно.

Якщо відомі відхилення напруги δU_1 і δU_2 то допустима втрата напруги на ділянці буде рівною $\Delta U = \delta U_1 - \delta U_2$ (в відсотках номінальної напруги).

При трансформаторному зв'язку, допустима втрата напруги буде:

$$\delta U_2 = \delta U_1 + \delta U_m - \Delta U_m.$$

4.4. Розрахунок втрат напруги в електричних мережах

Розрахунок електричних мереж і визначення перерізу проводів слід проводити не по завчасно заданій величині допустимої втрати напруги, а виходячи з допустимих значень відхилення напруги на затискачах електроприймачів.

Для однорідного навантаження при регулюванні напруги по графіку навантаження можна визначити величину втрати напруги в первинній та вторинній мережах з врахуванням поправки на зону нечутливості регулювання. Необхідність внесення такої поправки виникає в зв'язку з невідповідністю відхилення і підведеної напруги, а також через нестандартність коефіцієнта трансформації.

Розподільчі мережі первинної напруги 6 -10 кВ. Розрахункове значення втрати напруги в первинній мережі дорівнює різниці між теоретичним значенням втрати напруги $\Delta U_{вт}$ і величиною поправки:

$$\Delta U_{вр} = \Delta U_{вт} - \delta U_{нк}, \quad (4.20)$$

де $\delta U_{нк}$ - сумарне значення поправки.

Якщо безпосередньо до первинної мережі приєднані двигуни високої напруги, то

$$\Delta U_{вт} = \delta U_{\epsilon} - \delta U_{н} + \Delta U_{нк},$$

де δU_{ϵ} і $\delta U_{н}$ - верхня та нижня межі відхилення напруги на затискачах електроприймачів;

$\Delta U_{нк}$ - найменше значення втрати напруги від ЦЖ до найближчого електроприймача.

Якщо двигуни допускають відхилення на затискачах $\pm 5\%$, а $\Delta U_{нк} \approx 0$, то $\delta U_{вт} = 5 - (-5) = 10\%$ і розрахункова втрата напруги буде меншою на 2-4% (величина поправки).

Якщо в первинній мережі двигуни відсутні, то $\Delta U_{вт}$ може зрости до 15% і можна прийняти $\Delta U_{вт} = \Delta U_{\epsilonр}$.

Мережі напругою до 1000В. Теоретично можливе значення (без врахування поправок) втрати напруги в мережі низької напруги $\Delta U_{нт}$ і розрахункове значення (з врахуванням поправок) $\Delta U_{нр}$ складуть:

$$\Delta U_{нт} = \delta U_2'' - \delta U_{н}, \quad (4.21)$$

$$\Delta U_{нр} = \Delta U_{нт} - \delta U_{нк}, \quad (4.22)$$

де $\delta U_2''$ - відхилення напруги на вторинних затискачах РТ в режимі максимальних навантажень;

$\delta U_{н}$ - найбільше (негативне) допустиме відхилення напруги на затискачах електроприймача;

$\delta U_{нк}$ - поправка на зону нечутливості.

При узгодженому регулюванні (зустрічному) напруга буде найменшою не в того трансформатора, який приєднаний до кінця лінії високої напруги, а у трансформатора поблизу зміни відхилення на ЦЖ. Застосування трансформаторів з РПН дозволяє підняти $\Delta U_{нр}$ до 8%, якщо застосовані

ступені регулювання через 1,25% і якщо допустима підтримка рівнів напруги +5% при максимальних навантаженнях.

Для внутрішнього і прожекторного освітлення ($\delta U_n = -2,5\%$) необхідно знизити ΔU_{np} та ΔU_{nt} на 2,5%.

Сумарне значення втрати напруги в мережах з двома напругами. Якщо формулу (4.21) застосувати до найбільш віддаленої точки мережі малого навантаження, то для режиму максимальних навантажень, коли відхилення напруги в розглянутій точці дорівнює гранично допустимому $\delta U_c'' = \delta U_n''$, можна знайти:

$$(\sum \Delta U'')_{cm} = \delta U_{ш}'' + \delta U_m'' - \delta U_n'', \quad (4.23)$$

де $(\sum \Delta U'')_{cm}$ - теоретично можлива (без врахування поправок) сума втрати напруги в мережі первинної напруги $\Delta U_n''$ і в РТ $\Delta U_m''$ і в мережі низької напруги $\Delta U_n''$;

$\delta U_{ш}''$ - відхилення напруги спочатку розрахункового кола чи на шинах ЦЖ в режимі максимальних навантажень;

$\delta U_m''$ - добавки в РТ;

$\delta U_n''$ - найбільше (негативне) допустиме по нормах відхилення напруги на затискачах електроприймачів.

Для різних відхилень трансформаторів при $\delta U_{ш}'' = 5\%$ по формулі (4.23) приведені значення відхилення напруги (табл. 4.2). В дійсності розрахункові дані будуть менші на величину поправки на зону нечутливості.

Враховуючи, що в основу обчислень величин відхилення напруги були покладені наближені формули, їх слід рахувати також наближеними.

Отримані дані слід розглядати як граничні і вони не завжди можуть використовуватись, так як приходить враховувати, що при цьому можуть мати місце випадки, коли розрахункова щільність струму може суттєво перевищити її економічні значення, або на одній ступені напруги може бути

перевищення, а на іншій – зниження щільності струму, що в результаті не дасть оптимального рішення з точки зору витрат кольорових металів. Разом з тим, в кабельних мережах буде доцільно користуватись розрахунковими даними.

Таблиця 4.2 - Приведені значення відхилень напруги

Види електроприймачів	$\delta U''_{ш}, \%$	$\delta U''_{н}, \%$	Значення $(\sum \Delta U'')_{см}, \%$, при відхиленнях		
			5% $\delta U_m = 0\%$	основне $\delta U_m = 5\%$	-5% $\delta U_m = 10\%$
Освітлення житлових будинків; аварійне освітлення і зовнішнє освітлення	5	-5	10	15	20
Внутрішнє робоче освітлення промислових підприємств, прожекторного освітлення і освітлення громадських будинків	5	-2,5	7,5	12,5	17,5
Електродвигуни	5	-5	10	15	20

Вимоги підвищення якості електричної енергії повинні суттєво змінити підхід до проектування мереж і з цієї точки зору доцільно називати розрахунком мереж по “відхиленням” напруги, а не по допустимій втраті напруги. Розрахунок розподільчих мереж з однією ступінню трансформації по відхиленню напруги доцільно проводити в наступній послідовності:

- а) вибирається переріз проводів лінії для першої ступені трансформації (зі сторони вищої напруги) і перевіряється по робочому і аварійному режиму;
- б) визначається втрата напруги від ЦЖ до первинних затискачів РТ для різних моментів часу, що характеризуються зміною режиму навантажень;
- в) вираховується відхилення напруги δU_1 на первинних затискачах РТ для тих самих моментів часу;

г) по величині δU_1 по формулі (4.14) вибирають відхилення РТ, а потім по цій же формулі визначають δU_2 , виходячи з умов, щоб в любий час доби було $\delta U_2 \leq \delta U_{\text{макс}}$ (максимально допустиме);

д) по величині δU_2 і найменшому допустимому значенню напруги на затискачах найбільш віддалених електроприймачів можна визначити втрату напруги для вторинних мереж низької напруги, по якій визначаються і вибираються перерізи проводів ліній (теоретично можливу $\Delta U_{\text{нт}}$ та розрахункову $\Delta U_{\text{пр}}$ з врахуванням зони нечутливості).

При проектуванні електричних розподільчих мереж представляє інтерес дослідження методів обмеження коливання напруги при різних режимах роботи електроприймачів, які можуть впливати на режим напруги в мережі і, таким чином, на режим роботи інших електроприймачів, приєднаних до цієї мережі. Режим напруги інших електроприймачів залежить від віддаленості останніх від шин джерел. По мірі віддалення від шин джерела вплив на режим напруги розподільчої мережі знижується. З іншого боку режим напруги залежить від потужності живлячих генераторів і трансформаторів: чим більша потужність, тим менший вплив. Виходячи з цього для обмеження впливу на режим напруги в мережі і на роботу інших електроприймачів можна рекомендувати наступне:

- 1) наближення потужних джерел живлення до споживачів з різко змінним характером споживання електроенергії;
- 2) зменшення індуктивного опору живлячих ліній, в тому числі зниження реактивного опору лінійних реакторів і живлячих трансформаторів;
- 3) живлення окремих електроприймачів безпосередньо від шин ТЕЦ або ГПП;
- 4) обмеження пускових струмів і самозапуску двигунів;
- 5) організація режимів паралельної роботи живлячих трансформаторів ГПП;

б) мережі освітлення виконувати шляхом будівництва окремих ліній, що безпосередньо приєднуються до ТП;

Обмеження коливань напруги, які викликані змінами режиму навантажень живлячої мережі, можна також досягнути застосуванням конденсаторних установок з автоматичним регулюванням і синхронних двигунів, компенсуючих реактивне навантаження електроприймачів. Однак, із застосуванням таких установок не можливо повністю уникнути коливань напруги у зв'язку з недостатньою швидкістю та регулюючим ефектом інших пристроїв.

Крім того, при застосуванні конденсаторів може бути забезпечено відносно грубе і не плавне регулювання напруги через відносно мале число ступенів регулювання.

Що стосується синхронних двигунів, то їх область застосування поки обмежена, у всякому випадку застосування на них автоматичного регулювання може бути доцільним лише при їх достатньо великій потужності, а такі установки є відносно рідкісними. Автоматично регульовані конденсатори, що служать для компенсації реактивної потужності, є важливим і найбільш ефективним засобом для зниження амплітуди відхилень напруги при їх малій циклічності і при повільній зміні режимів електроприймачів. При живленні по довгим лініям 6-10 кВ електроприймачів з різкозмінним режимом навантаження можна уникнути помітних коливань напруги шляхом застосування установок поздовжньої компенсації. Ефективність цього виду компенсації стає помітною лише при $\cos \geq 0,8$.

Висновок.

Підсумовуючи, можна зробити висновок про важливість регулювання напруги в розподільчих електричних мережах. Позитивний ефект від регулювання можна отримати за рахунок приведених вище методики та технічних засобів, що дозволить, як це обґрунтовано в магістерській роботі, забезпечити якість електропостачання електроприймачів.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рисунку 3.5, та вихідних даних, приведених у таблицях 5.1 – 5.3, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі [15].
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрат в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 5.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Цех	S_M , кВ·А	F , м ²	Дані трансформаторів ТП		
			$S_{НОМ.Т}$,кВ·А	N , шт	k_3
1. Приймальний цех	762,7	2304	400	2	0,53
2. Продуктовий цех	590,8	2304	400	2	0,68
3. Технічний цех	350,5	2304	400	1	0,87
4. Цех підготовки виробництва	269,6	1440	400	1	0,67
5. Виробничий цех	172,7	2808	250	1	0,69
6. Цех готової продукції	307,9	2592	400	1	0,77
Всього	2435,2	13752	-	10	-

Таблиця 5.2 – Відомості про кабельні лінії

Лінія	I_m , А	$I_{m.ав}$, А	Вимикач	$I_{ном.в}$, А	$S_{ек}$, мм ²	Провідник	$I_{доп}$, А
ГПП- ТП-1	44,1	32,4	ВВ10-12,5/630-У2-41	630	27,6	ААБ-3х35	115
ГПП- ТП-2	34,1	32,4	ВВ-10-12,5/630-У2-41	630	21,3	ААБ-3х25	90
ГПП- ТП-3	20,2	23,1	ВВ-10-12,5/630-У2-41	630	12,6	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-4	15,6	23,1	ВВ-10-12,5/630-У2-41	630	9,8	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-5	9,9	14,5	ВВ-10-12,5/630-У2-41	630	6,2	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-6	17,8	23,1	ВВ-10-12,5/630-У2-41	630	11,1	ААБ-3х16	75

Таблиця 5.3 – Потужність цехів підприємства

Вузли живлення ЕП	P_n , кВт
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

5.1. Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 6.4 і табл. 6.5 [1].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км (табл. 2.4, 2.5 [1]);

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

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ГПП до ТП1 (ААБ3х35) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) L = (137,48 \cdot 2 + 2,73) \cdot 0,140 = 38,87 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$ тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ГПП-ТП1	ААБ 3х35	2	0,140	137,48	2,73	38,87
ГПП-ТП2	ААБ 3х25	2	0,033	137,48	2,73	9,16
ГПП-ТП3	ААБ 3х16	1	0,190	137,48	2,73	52,76
ГПП-ТП4	ААБ 3х16	1	0,380	50,50	2,73	39,41
ГПП-ТП5	ААБ 3х16	1	0,223	48,48	2,73	38,87
ГПП-ТП6	ААБ 3х16	1	0,230	49,48	2,73	9,16
Всього						180,2

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

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

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [1]);

l – кількість підстанцій;

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

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

$$K_{\text{пс1}} = 540 + 108 = 648 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість тр-рів	Код, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
ТП-1	ТМ-400	2	540	108	648
ТП-2	ТМ-400	2	540	108	648
ТП-3	ТМ-400	1	540	108	648
ТП-4	ТМ-400	1	540	108	648
ТП-5	ТМ-250	1	270	54	336
ТП-6	ТМ-400	1	540	108	548
ГПП	ГПП-2х1600	2	4510,6	902,12	5412,7
Всього					13105,4

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 3.5, кількість вимикачів 10 кВ – 11 шт., Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 58 тис. грн., Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 14 \cdot 58 + 4 \cdot 110 = 1252 \text{ тис.грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 13105,4 + 1252 = 14357,4 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 140,2 + 14357,4 = 14497,6 \text{ тис.грн.}$$

5.2. Розрахунок поточних витрат

5.2.1. Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоукомплектування 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:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h,$$

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 [1]);

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

Для схеми, представленої на рис.1 трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

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

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

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 [1].

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.16 [1]);

$K_{ср}$ – 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.

Для вимикачів 110 кВ, люд-год/рік:

$$T_{то} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2 = 96.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю обладнання огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Трансформатор 35/10кВ	2	0,33	300	396	12	20	960
Вимикач 10кВ	14	1	16	224	12	1	168
ТМ-400	7	0,33	120	79,2	12	20	480
ТМ-250	1	0,33	180	356,4	12	20	1440
КЛ 35 мм ²	0,726	1	72	34,96	1	185	12,706
КЛ 16 мм ²	0,76	1	46	52,27	1	17,5	13,68
Разом				1318,83			3326,38

Таблиця 5.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загальна трудомісткість люд.год.	
Трансформатор 35/10кВ	2	2	0,1	12	2880	3840
Вимикач 10кВ	14	2	0,1	12	537,60	705,6
ТМ-400	7	2	0,1	12	576	1056
ТМ-250	1	2	0,1	12	2592	4032
КЛ 35 мм ²	0,726	2	0,1	12	125,45	138,156
КЛ 16 мм ²	0,76	2	0,1	12	83,90	97,58
Разом					7217,35	10579,34

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$H_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}},$$

експлуатаційні робітники, чол.:

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

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

$\Phi_{д}$ – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

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

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

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

Приймаємо $N_{тр} = 2$ чол., $N_{обс} = 5$ чол.

5.2.2. 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:

$$\Phi_c = N_{\text{обс}} \cdot \beta_H \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d.$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

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

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1];

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

$$C_I = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H},$$

де Z_{min} – мінімальний розмір заробітної плати;

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

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

Законом України „Про Державний бюджет України на 2021 рік та про внесення змін до деяких законодавчих актів України” від 15.12.2020 р. № 1082-IX встановлено розміри мінімальної заробітної плати – 6000,00 грн [6, 8].

$$C_I = 6000 \cdot 1 / 176 = 34,09 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 34,09 = 41,76 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 5 \cdot 0,9 \cdot 41,76 \cdot 1870 = 351410,4 \text{ грн./рік};$$

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

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}},$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_1,$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 34,09 = 44,83 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 1318,83 \cdot 44,83 = 59123,15 \text{ грн./рік}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

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:

$$\Phi_{oe} = 351410,4 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 442777,10 \text{ грн./рік},$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 59123,15 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 77451,33 \text{ грн./рік}.$$

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:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15;$$

$$\Phi_{\text{оед}} = 442777,10 \cdot 1,15 = 509193,67 \text{ грн./рік};$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 77451,33 \cdot 1,15 = 89069,03 \text{ грн./рік}.$$

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 ($C_{\text{зп}}$) розраховуються так, грн./рік:

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

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

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

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

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C = 509193,67 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 687411,45 \text{ грн.} \frac{\square}{\text{рік}} .;$$

і ремонтному персоналу:

$$C = 89069,03 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 120243,19 \text{ грн.} \frac{\square}{\text{рік}} .$$

Таблиця 5.8 – Розрахунок витрат по заробітній платі

Ф _е	Заробітна плата робітників-погодинників	351410,4 грн.
Ф _р	Заробітна плата робітників-ремонтників	59123,15 грн.
Ф _{оє}	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	442777,10 грн.
Ф _{ор}	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	77451,33 грн.
Ф _{осд}	Основний фонд ЗП погодинників	509193,67 грн.
Ф _{орд}	Основний фонд ЗП ремонтників	89069,03 грн.
С _{зпе}	Витрати по ЗП погодинників	687411,45 грн.
С _{зпр}	Витрати по ЗП ремонтників	120243,19 грн.

5.2.3. 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. 4.19) [12]. 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 [12], результати розрахунків заносимо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування			Вартість матеріалу, грн.		
		1	2	3	4	5	6
Силові трансформатори		1000	2500	6300	1000	2500	6300
Сталь сортова, кг	2,497	6	7	10	14,9	17,5	24,9
Провід установлюваний, м	1,036	0,5	0,5	0,5	1,3	0,52	0,5
Мідь-алюміній (гола), кг	23,25	62	73	79	1441	1697	1836
Картон електроізоляційний, кг	11,21	1,4	1,6	1,7	15,7	17,9	19,1
Лакотканина (ширина 700мм), м	31,09	0,2	0,21	0,3	6,2	6,5	9,3
Кабельний папір, кг	9,167	0,6	0,6	0,6	5,5	5,5	5,5
Стрічка кіперна, кг	112,1	40	41	42	4484	4596	4708
Стрічка тафтяна, кг	83,28	18	24	28	1499	1999	2331
Стрічка азбестова, м	2,454	0,05	0,08	0,09	0,12	0,20	0,22
Лаки ізоляційні, кг	13,41	1,5	1,6	1,8	20,11	21,45	24,13
Емалі ґрунтові, кг	14,71	2,5	3,1	3,2	36,78	45,60	47,07
Масло трансформаторне, кг	4,545	0,58	1,2	1,3	2,64	5,45	5,91
Бензин, кг	2,306	0,7	0,9	1	1,61	2,08	2,31
Розчинники кг	6,499	0,8	1	1,2	5,20	6,50	7,80
Маслостійка гума, кг	16,67	0,4	0,5	0,6	6,67	8,33	10,00
Гума профільна, кг	16,67	0,13	0,09	0,09	2,17	1,50	1,50
Припій олов'яно-свинцевий, кг	158,7	0,02	0,02	-	3,18	3,18	-
Припій мідно-фосфорний, кг	29,5	0,03	0,03	-	0,89	0,89	-
Електроди, кг	5,48	0,15	0,2	0,3	0,82	1,10	1,65
Засоби кріплення, кг	6,98	2	2,5	3	13,97	17,46	20,95
Дріт кручений,	0,91	0,3	0,3	0,37	0,27	0,27	0,34
Матеріали обтиску, кг	9,09	0,4	0,5	0,5	3,64	4,55	4,55
					7566	8459	9063
Сталь сортова, кг	2,497				4,99		
Електроди, кг	5,484				0,55		
					5,54		

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

де C_{oi} – 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.

Вартість матеріалів, потрібних на ремонт і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування розраховані в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – 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-400	7566	79,2	5992,27	1056	79896,96
ТМ-250	2459	356,4	30147,87	4032	341066,88
ТМ-35/10	9063	396	35889,48	3840	348019,2
Кабелі	5,54	87,23	4,83	235,73	13,05
Всього витрат на матеріали			72034,45		768996,09

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто},$$

$$C_{обс} = 687411,45 + 768996,09 = 1456407,54 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр},$$

$$C_{\text{пр}} = 120243,19 + 72034,45 = 192277,64 \text{ грн/рік.}$$

5.2.4. Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K,$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 14497600 = 869856 \text{ грн/рік.}$$

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:

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

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

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (934922,98 + 101055,87 + 869856) = 476458,71 \text{ грн/рік.}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 5.12.

Таблиця 5.12 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	934922,98	39,24
Витрати на поточний ремонт	101055,87	4,25
Витрати на амортизацію	869856	36,51
Інші витрати	476458,71	20,00
Разом	2382293,5 6	100,00

5.3. Розрахунок собівартості електроенергії

5.3.1. Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії.

Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

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

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

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

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 2980 \cdot 6000 = 17880000 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.13.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 5.13 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	S_p , кВт	T_m , год.	$\cos \varphi$	P_p , кВт	E_a , кВт·год./рік
1. Приймальний цех	3	3725	6000	0,8	2980	17880000
2. Продуктовий цех	3	580	6000	0,8	464	2784000
3. Технічний цех	2	210	4000	0,8	168	672000
4. Цех підготовки виробництва	2	55	4000	0,8	44	176000
5. Виробничий цех	2	135	4000	0,8	108	432000
6. Цех готової продукції	2	428	4000	0,7	2996	11984000
Разом					1442,3	602368

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

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_M^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3},$$

де I_M – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L,$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [1]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження T_m :

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,208 \cdot 0,140 = 0,029 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E = 3 \cdot 2 \cdot 107,53 \cdot 0,029 \cdot 4591,78 \cdot 10 = 9238,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{рік}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{л}$, кВт·год.
ГПП-ТП-1	ААБ 3х35	2	0,140	107,53	0,029	4591,78	0,208	9238,0
ГПП-ТП-2	ААБ 3х25	2	0,033	72,45	0,0068	4591,78	0,208	983,37
ГПП-ТП-3	ААБ 3х16	1	0,190	106,06	0,039	4591,78	0,208	1209
ГПП-ТП-4	ААБ 3х16	1	0,380	29,56	0,208	4591,78	0,549	674,06
ГПП-ТП-5	ААБ 3х16	1	0,033	106,06	0,039	4591,78	0,208	983,37
ГПП-ТП-6	ААБ 3х16	1	0,190	29,56	0,208	4591,78	0,549	1209
Разом								12104,4

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

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

де n - кількість трансформаторів;

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

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

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

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Розрахунки і їх результати зводимо у табл. 5.15.

Таблиця 5.15 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП-1	ТМ-400	2	4,6	25	208019,63
ТП-2	ТМ-400	2	4,6	25	138449,34
ТП-3	ТМ-400	1	4,6	25	496949,51
ТП-4	ТМ-400	1	4,6	25	204554,22
ТП-5	ТМ-250	1	2,4	12	71418,46
ТП-6	ТМ-400	1	4,6	25	496949,51
ГПП	ГПП-35-2x1600	2	11	44	496949,51
Всього					1616340,67

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{T}};$$

$$E = 60236800 + 12104,4 + 1616340,67 = 61865245,07 \text{ кВт·год./рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$P_1 = v \cdot E / 100, \text{ грн.,}$$

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

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

$$P_1 = 3,40 \cdot 61865245,07 = 210341833,24 \text{ грн.}$$

5.3.2. Розрахунок собівартості електроенергії

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

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a},$$

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.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = П + C_{\text{п}},$$

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:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}},$$

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;

$$C_{\text{п}} = 1456407,54 + 192277,64 + 869856 + 2518541,18 = 5037082,36 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 210341833,24 + 5037082,36 = 215378915,60 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість електроенергії:

$$S = \frac{215378915,60 \cdot 100}{60236800} = 357,55 \text{ коп.} \frac{\text{кВт}}{\text{кВт}} \cdot \text{год}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 5.16.

Таблиця 5.16 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	60236800	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	61865245,07	кВт·год.
Плата за електроенергію	Π_1	210341833,24	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C_{Π}	5037082,36	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	215378915,60	грн.
Собівартість ел.енергії	S	357,55	коп/кВт·год.

Висновки:

В даному розділі магістерської роботи було проаналізовано вхідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Виконано розрахунок поточних витрат підприємства, розраховано витрати по заробітній платі, вартість витратних матеріалів та величину амортизаційних відрахувань.

Проведено розрахунок річного споживання і втрат електроенергії, а також визначено плату за електроенергію. Величина собівартості електроенергії склала 357,55коп/кВт·год.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі з охорони праці магістерської роботи досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, пожежна безпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі випромінювання, цивільний захист тощо для інженерів-проектувальників, що будуть досліджувати експлуатаційні режими системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод».

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини. Метою запровадження заходів з охорони праці є забезпечення здорових та безпечних умов праці. Завданням системи управління охорони праці на підприємстві є зведення до мінімуму вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань.

Отже на персонал, що досліджує експлуатаційні режими системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [11, 12].

Фізичні фактори:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;
- підвищена та знижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- підвищена яскравість світла;
- підвищена контрастність;

- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

Психофізіологічні фактори:

- фізичні навантаження(статичні);

- нервово-психічні перенавантаження(емоційні перенавантаження, перенапруга аналізаторів, розумові перенапруги).

6.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

6.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Площа, відведена на одне робоче місце офісного працівника становить не менше 6 кв.м., а об'єм – не менше 20 куб.м.. Конструкція робочого місця забезпечена підтриманням оптимальної робочої пози, тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальним напруженням тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5–2 м.

Робочі місця розташовані відносно джерела природного світла (вікон) таким чином, щоб світло падало збоку, переважно зліва.

- стіл має висоту поверхні 680–800 мм, ширину 600–1400 мм і глибину 800–1000 мм. Такі параметри забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника;

- робочий стілець підйомно-поворотний, з можливістю регулювання висоти, бажано зі стаціонарними або змінними підлікотниками і напівм'якою нековзкою поверхнею сидіння, що легко чиститься і не електризується;
- екран комп'ютера розташовується на оптимальній відстані від користувача, що становить 600–700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням літерно-

цифрових знаків і символів;

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів повинна бути не менше 1,2 метри;

- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 метри.

- персональний комп'ютер та його комплектуючі (монітор та інші периферійні пристрої) не повинні потрапляти під прямі промені сонячного світла та під дію інших джерел тепла (батареї опалення та інші прилади для обігріву приміщень).

6.1.2 Електробезпека

Для живлення обладнання та системи освітлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [4, 5] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами без підвищеної небезпеки, тому що відсутні фактори підвищеної небезпеки.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривод насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил улаштування електричних установок.

Основні технічні заходи та заходи з забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;

- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [6]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [6] наведені в таблиці 6.1. Робота з управління системою опалення відноситься до категорії Ia з важкості праці.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми параметрів повітря на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
		Допустима на робочих місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях
Холодний	Легка Ia	21-25	75	не більше 0,1
Теплий	Легка Ia	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2

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

1. Утеплення фасаду будівлі
- 2 Встановлено вентиляцію приміщень

6.2.2. Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення [6] наведені в таблиці 6.2.

Для забезпечення нормального складу повітря робочої зони передбачені такі технічні рішення [7]:

- робочі місця, де можливе виділення пилу та шкідливих речовин, обладнані вентиляційними пристроями, які постійно готові до роботи;
- будь-які порушення в роботі системи вентиляції відображаються попереджувальними сигнальними пристроями;
- установки для кондиціонування повітря або механічні вентиляційні установки під час їх роботи не створюють протягів для працівників.

Таблиця 6.2– Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

6.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечери постає проблема в штучному освітленні.

Штучне освітлення в будівлі запроєктоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення).

Характеристика зорових робіт – високої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи III, підрозряд «а». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 6.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер 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 Енпр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	а	малий	темний	2 000	200	-	3,0

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

6.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для офісних працівників є шум комп'ютерних пристроїв. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

-нормування за гранично допустимим спектром шуму;

За характером спектру шум – широкопasmовий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний[9]. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкопasmового (тонального) шуму наведено в таблиці 6.4

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкопasmового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творча діяльність, наукова діяльність, конструювання і проектування, програмування	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

- раціональне розташування робочих місць;
- постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників;
- обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

5.2.5 Виробничі випромінювання

Випромінювання від комп'ютера відбувається в діапазоні 20 Гц –300 МГц. Метричний розподіл діапазонів становить метрові хвилі (дуже високі частоти). ГДР – 6 В/м, Довжина хвиль 10-1 м. Час опромінення з однопорядковою інтенсивністю не більше 12 годин на добу. Відношення тривалості випромінювання до загального часу роботи за добу – 0,5.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» до впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В складі розроблювальної системи електропостачання є пристрої, в яких застосовуються елементи в склад яких входять такі матеріали як метали, неорганічні матеріали, провідники, діелектрики, смоли і різноманітні сполуки. В радіоелектронних системах іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи пристрою, потік γ -випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, які призводять до помилкового імпульсу і відповідно до спрацьовування пристрою.

Значні дози опромінення викликають втрату працездатності комплектуючих елементів систем електропостачання. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт

підсилення, у конденсаторах знижуються напруга пробою та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів, руйнується електрична ізоляція дротів з полімерних матеріалів. Органічні діелектрики змінюють: електричну провідність і тангенс кута втрат.

Практика експлуатації радіоелектронної апаратури та енергетичних установок в умовах впливу іонізуючих випромінювань дозволяє зробити наступні висновки, що обладнання може втратити працездатність при визначених критичних рівнях випромінювання миттєво. В елементах схем приладів можуть розпочатися зворотні чи незворотні зміни через визначений час після забруднення при рівнях випромінювання значно нижчих від критичних.

Більшість електричних схем і обладнання, чутливі до дії електромагнітного імпульсу, але повинні зберігати працездатність в умовах його впливу. До основних параметрів електромагнітного імпульсу відносять форму і його тривалість, амплітуду імпульсу (максимальна напруженість поля) та діапазон його частот.

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу на струмоведучі елементи необхідно враховувати, що електромагнітний імпульс має горизонтальну і вертикальну складові напруженості і тому потрібно визначати значення напруг, які наводяться як на вертикальних, так і на горизонтальних ділянках ліній. Основну небезпеку являє вертикальна складова напруженості електричного поля, яка перевищує горизонтальну складову в тисячу раз.

6.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» в умовах впливу іонізуючих випромінювань

З схем пристроїв системи електропостачання визначаємо всі елементи від яких залежить його робота. Приймаючи до уваги елементну базу, що

використовується для реалізації електропостачання складемо таблицю 6.5, де вказуємо максимально допустимі дози гамма-випромінювання.

Таблиця 6.5 – Максимально допустимі дози елементів СЕП.

№	Елементи цифрової системи радіомоніторингу	$D_{гр, P}$	$D_{гр.сист, P}$
	Трансформатор	10^3	10^3
2	Резистори МЛТ, СМД	10^5	
	Конденсатори Ср-13.020	10^7	
4	Мікросхеми АТmega16а, ТРІС6В595	10^4	

Границю стійкості роботи в цілому системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» визначаємо по мінімальному значенню граничних доз окремих елементів, при яких в елементній базі виникають, необоротні зміни. Отже, найуразливішими елементами даної СЕП в умовах дії іонізуючих випромінювань, є трансформатор тобто приймається значення ($D_{гр} = 10^3 P$) і визначається можлива доза опромінення D_m за формулою:

$$D_m = \frac{2 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}} \quad (P), \quad (6.1)$$

де p_I – максимальне значення рівня радіації;

$K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення приміщення ($K_{посл}=1$);

t_n – час початку опромінювання;

t_k – час кінця опромінювання;

Відомо, що максимальне значення рівня радіації p_I , яке очікується на об'єкті дорівнює 2,37 (P/год), коефіцієнт послаблення радіації $K_{посл} = 1$, час початку опромінення $t_n = 1$ (год), а кінцевий час напрацювання мікросхеми

на відмову приймаємо рівним 12500 годин безперервної роботи. Отже, при таких умовах можлива доза опромінення буде дорівнювати:

$$D_m = \frac{2 \cdot 2,37 \cdot (\sqrt{12500} - \sqrt{1})}{1} = 317,43 \text{ (Р)}.$$

Допустимий час роботи РЕА а заданих умовах можна визначити за допомогою виразу:

$$t_\partial = \left(\frac{D_{zp} \cdot K_{\text{посл}} + 2 \cdot p_{1.\text{max}} \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot p_{\text{max}}} \right)^2. \quad (6.2)$$

Оскільки всі значення відомі, то допустимий час роботи електронних блоків СЕП буде таким:

$$t_\partial = \left(\frac{10^3 + 2 \cdot 2,37 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 2,37} \right)^2 = 138565 \text{ (год)}.$$

З розрахунків можна зробити висновок, що робота СЕП в умовах дії іонізуючих випромінювань буде стійкою, тому що граничне значення експозиційної дози $D_{\text{гр}} = 10^3 \text{ Р}$ співрозмірне значенню можливої дози опромінення $D_m = 317,43 \text{ (Р)}$. Отже, заходи щодо підвищенню стійкості роботи системи електропостачання мають збільшити $K_{\text{посл}}$ хоч в 2 рази.

6.3.2 Дослідження стійкості роботи СЕП ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Критерієм стійкості роботи системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу є значення коефіцієнта безпеки роботи K_∂ , який має бути більше 40 дБ, а визначається по формулі:

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_{\sigma(z)}} \geq 40 \text{ (дБ)}, \quad (6.3)$$

де U_{σ} - допустимі коливання напруги живлення пристрою;

$U_{\sigma(z)}$ - напруга вертикальної чи горизонтальної напруги наводки.

Початкові дані: напруга живлення $U_{ж} = 5 \text{ В}$; $l_2 = 0,2 \text{ м}$; $l_6 = 0,18 \text{ м}$; $E_{\sigma} = 9,38 \text{ кВ/м}$;

Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля за формулою:

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_{\sigma}, \quad (6.4)$$

і розраховується:

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot 9,38 = 9,38 \cdot 10^{-3} \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаються напруги наводки у струмопровідних частинах:

$$U_{\Gamma I} = E_{\sigma} \cdot l_{\Gamma I}, \quad (5.5)$$

$$U_{BI} = E_{\sigma} \cdot l_{BI}, \quad (5.6)$$

Розраховується напруга наводки у горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_{\Gamma I} = 9,38 \cdot 0,2 = 1860 \text{ (В)},$$

та у вертикальних:

$$U_{BI} = 9,38 \cdot 10^{-3} \cdot 0,18 = 1,67 \text{ (В)}.$$

Визначимо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\sigma_2} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,25 \text{ (В)}.$$

Коефіцієнти безпеки визначаються за формулою (6.3) окремо вертикальних і горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{BBI} = 20 \lg \frac{5,25}{1,67} = 32,3 \text{ (дБ)};$$

та горизонтальної складової:

$$K_{B\Gamma I} = 20 \lg \frac{5,25}{1860} = -20,3 \text{ (дБ)};$$

Так як $K_{БВІ} = 32,3 < 40\text{дБ}$ і $K_{БГІ} = -20,3 < 40\text{дБ}$, то дана СЕП є нестійкою в роботі при дії електромагнітного імпульсу, тому необхідно розробити заходи щодо підвищення стійкості роботи системи.

6.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ПАТ «Могилів-Подільський молокозавод» в умовах дії загрозливих чинників НС

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи СЕП є екранування електронних елементів і блоків управління. Для цього проводиться розрахунок екранування. Визначається перехідне затухання енергії електричного поля сталевим екраном:

$$A = K_{\text{ном}} - K_{\text{мін}}, (5.7)$$

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

$K_{\text{мін}}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки отримання під час розрахунків.

$$A = 40 + 20,3 = 60,3(\text{дБ})$$

Товщину захисного екрану знаходимо за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, (6.8)$$

де A – перехідне затухання екрану;

f – найбільш характерна частота (15 кГц);

$$t = \frac{60,3}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,09 (\text{см}).$$

При екрануванні системи електропостачання з використанням екрану товщиною в 1 мм зі сталі, вона буде стійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу. Дані СЕП з екрануванням сталевим екраном є стійкою в роботі при дії електромагнітного імпульсу.

Отже, з дослідження впливу іонізуючого випромінювання можна зробити висновок, що робота системи електропостачання в цих умовах буде стійкою, тому що граничне значення експозиційної дози $D_{гр} = 10^3 P$ рівне значенню можливої дози опромінення $D_m = 317,34 P$. Тому можна вважати, що система радіомоніторингу стійка до дії іонізуючих випромінювань. З дослідження впливу електромагнітного імпульсу на стійкість роботи системи можна сказати, що система РЕА виявилася нестійкою в роботі. Застосування екранування блоків системи суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система електропостачання буде стійкопрацювати, аж до значення напруженості вертикальної складової (9,38 кВ/м) Ще одним варіантом підвищення роботи стійкості апаратури СЕП до дії імпульсу є зменшення довжин струмопровідних частин шляхом вдосконалення компоновки схемблоків та плат управління. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати конструкції вбудованих зенерівських діодів.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблені та обґрунтовані основні технічні рішення по синтезу сучасної системи електропостачання підприємства з переробки молочної продукції.

Вирішені питання розрахунку електричних навантажень молочного заводу, що виконанні з використанням коефіцієнту попиту. Запропонована система живлення споживачів радіальною схемою, що забезпечується прокладанням кабельної мережі 10 кВ. В результаті розрахунку центру електричних навантажень та побудови відповідної картограми визначено місце встановлення головної понижувальної підстанції 35/10 кВ та її основне електрообладнання.

З метою підвищення якості електропостачання та забезпечення безперебійності живлення проведений аналіз режимів напруги в розподільчих мережах та надані відповідні рекомендації, що можуть бути використані на будь-яких виробництвах харчової промисловості. Особлива увага в роботі приділена режимам роботи споживачів при відхиленні та коливанні напруги, представлені алгоритми визначення втрат та відхилень напруги в трансформаторах, а також в мережах з однією ступеню трансформації. Виконано розрахунок втрат напруги в електричних мережах на конкретному прикладі.

В роботі доведено, що врахування режимів напруги в електричних мережах значно впливає на загальну якість електропостачання.

В магістерській роботі розглянуті питання, які стосуються економічних показників ефективної роботи системи електропостачання. Визначені капіталовкладення в систему електропостачання та розраховані поточні витрати. Для енергетичного господарства молокозаводу визначена потреба в робочій силі, тобто дані рекомендації по кількості енергообслуговуючого персоналу та визначені витрати по їх заробітній платі. Важливим моментом, що також представлений в магістерській роботі є розробка , планування

вартості матеріалів, що витрачаються в системі електропостачання. Визначені амортизаційні відрахування та інші витрати. Крім того для умов Могилів-Подільського заводу розраховано річне споживання електроенергії та її втрати, а також представлений звіт-розрахунок оплати використаної електроенергії.

Для забезпечення безпечної експлуатації електрообладнання та умов праці співробітників молочного заводу в магістерській роботі розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, що особливо актуально в теперішній час.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с.
2. Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
4. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2017.
5. М.Й Бурбело Розрахунки в системах електропостачання – Вінниця ВДТУ, 2002. – 76 с.
6. Н.А. Казак., Б.А. Князевский, С.С. Лазарев, Д.С. Лившиц. Электроснабжения промышленных предприятий /Под ред. Н.А. Казак., Б.А. Князевский / и др. - М.-Л.: Энергия, 1966. - 535 с
7. Неклепаев Б.И., Крючков Й.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет /А.С. Овчаренко и др. - Киев: Техніка, 1985. - 185 с.
9. Гурский С.К. Адаптивное прогнозирование временных рядов в электроэнергетике / С.К. Гурский. – Минск.: Наука и техника, 1983. – 271 с.
10. Гурский С.К. Методы теории искусственного интеллекта в задачах оперативного прогнозирования недоступных для измерения режимных параметров / С.К. Гурский, С.В. Домников // Алгоритмы обработки данных в электроэнергетике. – Иркутск.: СЭИ. -1982. – С. 148 – 158.
11. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. - М.: Наука, 1971.

12. Регина Шторм. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. - М.: Мир, 1970.
13. Б.С. Рогальський. Проблеми енергозбереження. Нормування і прогноз електроспоживання. /на прикладі гірничих підприємств/. Навчальний посібник. – Вінниця, 2 Універсум. –1996.-151 с
14. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1972.
15. Гордеев В. И., Васильев И. Е., Шуцкий В. И. Управление электропотреблением и его прогнозирование. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1991. - 104 с.
16. Гордеев В. И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
17. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике. - М.: Финансы и статистика, 1982.
18. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. - М.: Статистика, 1977.
19. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
20. СН 357-77 Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.
21. Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
22. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей /Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 45 с.
23. Перелік небезпечних шкідливих факторів. Режим доступу: http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv.

24. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html
25. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охраны труда при эксплуатации электронно-вычислительных машин. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/pravila-ohoroni-praci-pid-chas-ekspluataciyi-elektronno-obch-nor17970.html>
26. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>
27. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
28. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
29. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
30. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

Додаток А**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

“ ” _____ 2022р.д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” вересня 2022 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного
товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кравець О.М.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕМ-20м

Гримчак К.П.

(підпис)

Вінниця 2022 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ .2022р.

Дата початку роботи 24. 09 .2022р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .2022р.

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

а) мета: дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 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, 2016р.

3.2 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.

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

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б Вихідні дані

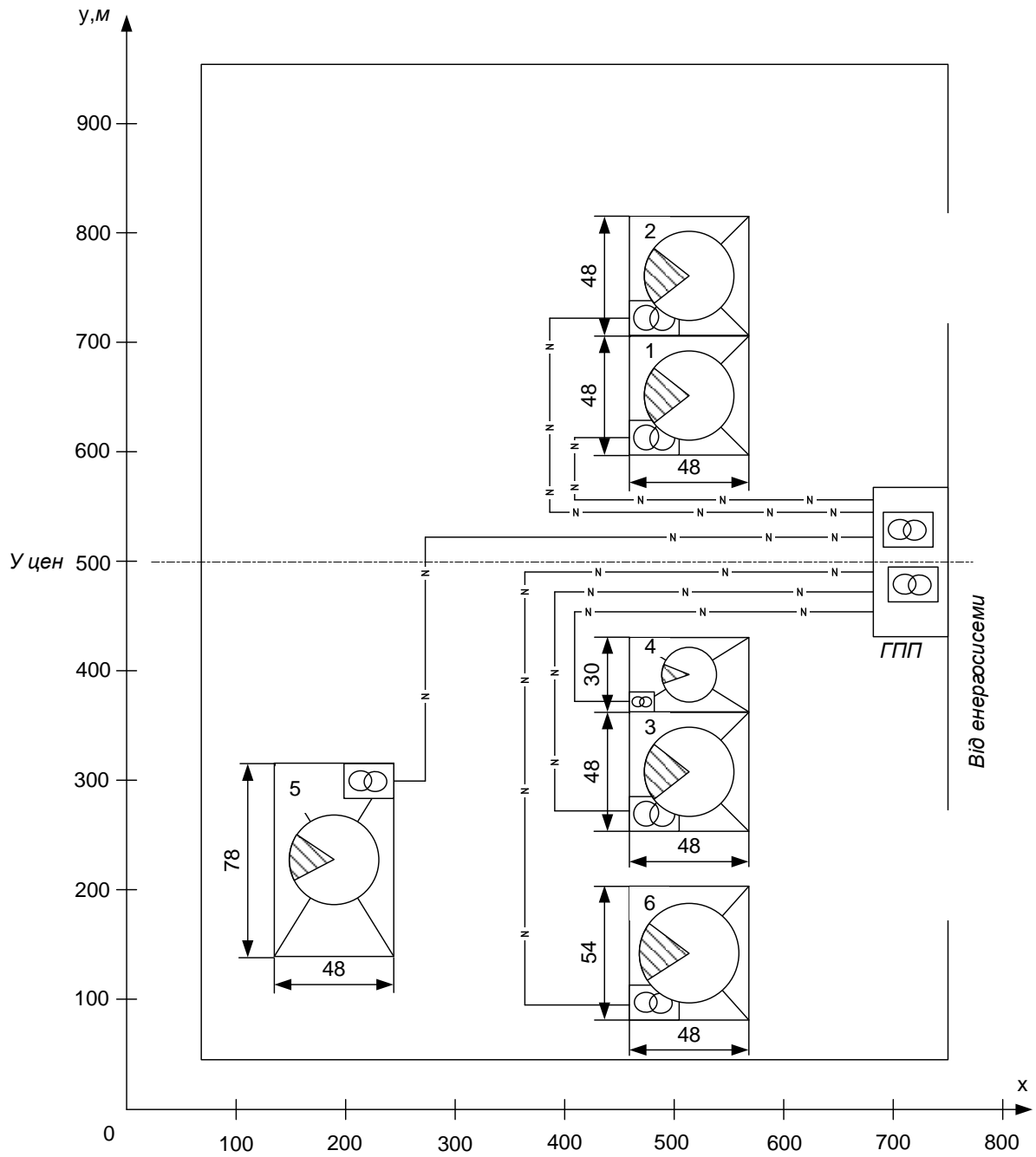
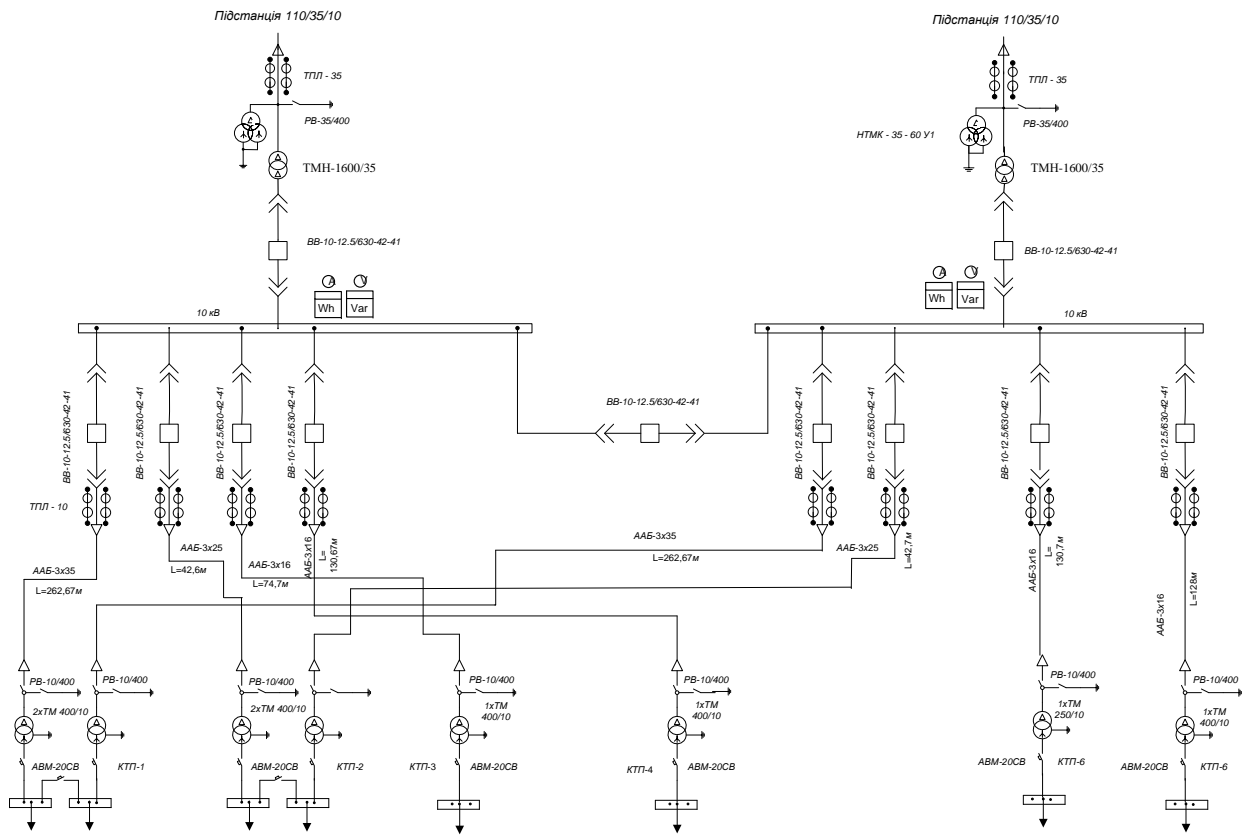


Рис Б.1 Генеральний план заводу

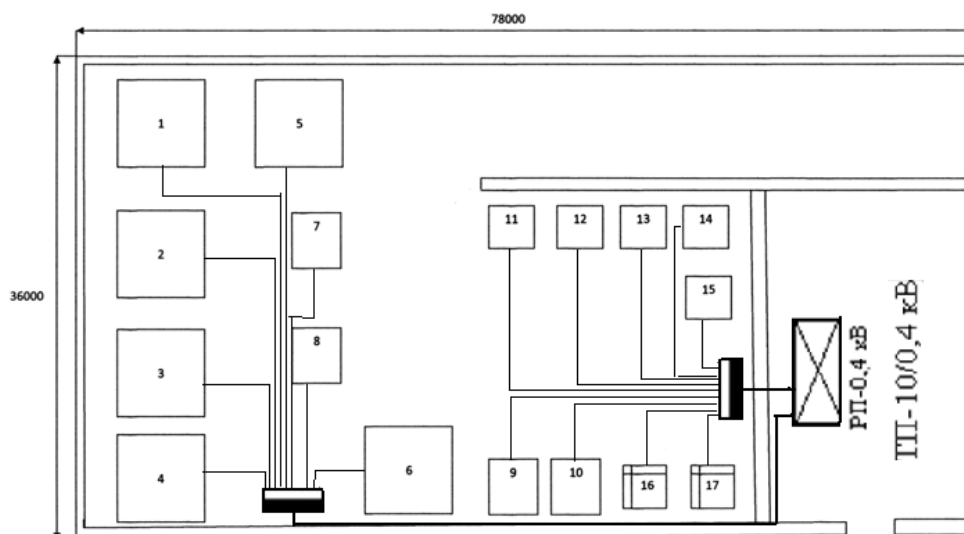
Таблиця Б.1–Відомості про потужності цехів заводу

Вузли живлення ЕП	P_n , кВт
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

Однолінійна схема електропостачання



План цеху з силовою мережею



Розрахунково-монтажна таблиця

Тип вим.	И.варт. А	И.роз. А	Іср. А	І. А	Кабель	Ідоп. А	РП	Щитовий розподіл	Тип вимикач	И.варт. А	И.роз. А	Іср. А	Іп. А	І. А	Кабель	Ідоп. А	Спосіб прокладки	№ ЕП	К-сть	Назва споживача	
Шина ТП	ВА55-37	250	250	500	149.2	АВВГ 3х95+1х50	156.4	ВА55-37	ВА51-25	25	6.3	40	8.5	1.7	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		9.10	2	Вентилятор
									ВА51-31	100	40	500	182.5	24	АЛВ 4(1Х4)	37	В трубах		11.12	2	Дозрівець
									ВА51-25	25	20	300	99	13	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		13	1	Мишаль
									ВА51-25	25	6.3	40	11.5	1.5	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		14	1	Циклон
									ВА51-25	25	16	250	57	7.5	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		15	1	Класифікатор
									ВА51-25	25	16	250	57	7.5	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		16	1	Міксер
									ВА51-31	100	31.5	300	140.5	18.5	АЛВ 4(1Х10)	37	В трубах		17	1	Вібратор
									ВА51-25	25	20	250	91	18.2	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		21	2	Відділювач
									ВА51-31	100	31.5	300	140.5	28.1	АЛВ 4(1Х10)	37	В трубах		3	1	Позрибувач
									ВА51-25	25	6.3	100	30.5	6.1	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		4	1	Мийка
									ВА51-25	25	20	250	83.5	16.7	АЛВ 4(1Х4)	23	В трубах		5, 6	2	Дозувальна мишаль
									ВА51-31	100	40	100	22.2	33.7	АЛВ 4(1Х10)	37	В трубах		7, 8	2	Вакум-фільтр

РЕЖИМИ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОДНА ІЗ СКЛАДОВИХ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Відхилення і коливання напруги можна виразити наступним чином:

$$\delta U_c = \frac{U_c - U_n}{U_n} \cdot 100\%$$

Якщо для якого небудь моменту часу t відомо відхилення чи коливання напруги спочатку живлячої лінії і втрата напруги в лінії, то відхилення напруги в кінці лінії буде:

$$\delta U_{2t} = \delta U_{1t} - \Delta U_t$$

При декількох ділянках лінії відповідно буде

$$\delta U_{2t} = \delta U_{1t} - \sum \Delta U_t$$

Межі відхилень напруги

	δU_b	δU_n
зовнішнє освітлення	+5	-5
внутрішнє освітлення підприємства	+5	-2,5
двигуни	+5 до +10	-5

При розрахунках електричних мереж втрата напруги в трансформаторах визначається по формулі

$$\Delta U_T = \beta(u_a \cos \varphi_2 + u_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{200}(u_a \sin \varphi_2 - u_p \cos \varphi_2)$$

Значення “добавки” для силових трансформаторів 10/0,4 кВ можна приймати

Відхилення	Наближено	Точно по формулі
+5	0	0,25
0	5	5,26
-5	10	10,8

Розподільчі мережі первинної напруги 6 -10 кВ. Розрахункове значення втрати напруги в первинній мережі дорівнює різниці між теоретичним значенням втрати напруги і величиною поправки

$$\Delta U_{вр} = \Delta U_{вт} - \delta U_{пк}$$

Додаток Г
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 87.2% Схожість 12,8%

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 _____ Гримчак К. П
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Кравець О.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)