

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

«Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області»

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

Освітня програма: “ Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,

електротехніка та

електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Войтюк Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Шул'га Ю.А.

(прізвище та ініціали)

« 11 »

12

2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 8 » грудня 2023 р.

Опонент доц. каф. ЕСЕ, к.т.н., доц.

(прізвище та ініціали)

« 11 »

грудня

2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

1

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

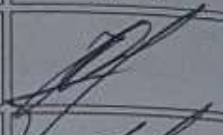





  
«19» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
Войтюку Роману Юрійовичу

1. Тема роботи Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області, керівник Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247
2. Строк подання студентом роботи «4» грудня 2023 року.
3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; генплан РП; основні техніко-економічні показники.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Загальні відомості про підприємство
  - 2. Розрахунок системи електропостачання заводу
  - 3. Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії на підприємстві
  - 4. Економічний розрахунок
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Генплан підприємства
  - Однолінійна схема електропостачання
  - План цеху з силовою мережею
  - Розрахунково-монтажна таблиця
  - Структурні схеми по раціональному використанню електричної енергії



6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «23» вересня 2023 року

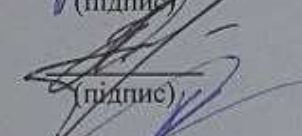
**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.23	
2	Розрахунок системи електропостачання	10.11.23	
3	Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії	16.11.23	
4	Економічна частина	28.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	4.12.23	

Студент

  
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Войтюк Р.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Шулле Ю.А.  
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області»**

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

Освітня програма: “ Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Войтюк Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Опонент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

\_\_\_\_\_

«19» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
Войтюку Роману Юрійовичу

1. Тема роботи Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області,  
керівник Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247
2. Строк подання студентом роботи «4» грудня 2023 року.
3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; генплан РП; основні техніко-економічні показники.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Загальні відомості про підприємство
  - 2. Розрахунок системи електропостачання заводу
  - 3. Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії на підприємстві
  - 4. Економічний розрахунок
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Генплан підприємства
  - Однолінійна схема електропостачання
  - План цеху з силовою мережею
  - Розрахунково-монтажна таблиця
  - Структурні схеми по раціональному використанню електричної енергії

## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання «23» вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.23	
2	Розрахунок системи електропостачання	10.11.23	
3	Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії	16.11.23	
4	Економічна частина	28.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	4.12.23	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Войтюк Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ (підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Анотація.....	6
Анотація.....	7
Вступ.....	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1 Опис технології виробництва будівельних матеріалів.....	10
1.2 Інформація про електричні навантаження заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області.....	12
2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ.....	15
2.1 Синтез системи електропостачання цеху.....	15
2.2 Розрахунок та вибір низьковольтного комутаційного обладнання та провідників.....	20
2.3 Синтез системи електропостачання заводу будівельних матеріалів .....	24
2.4 Визначення оптимальної потужності і кількості трансформаторів та місця їх розташування .....	28
2.5 Розрахунок центру електричних навантажень та місця розташування ЦРП.....	33
2.6 Вибір схеми електропостачання та її основного обладнання.....	37
2.7 Перевірка вибраного обладнання на дію струмів к.з. на стороні 10кВ0.....	39
2.8 Перевірка вибраного обладнання на дію струмів к.з. на стороні 0.4кВ.....	42
3. ЗАСТОСУВАННЯ ІНОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	46
3.1 Загальна характеристика заходів на раціональному використанні електроенергії.....	46
3.2 Економічні аспекти раціонального використання електроенергії.....	48
3.3 Технічні заходи що забезпечують економію електроенергії.....	50
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	57

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	57
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	60
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	61
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	61
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	63
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	66
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	67
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії.....	68
4.4.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії .Розрахунок оплати за електроенергію.....	68
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	71
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	73
5.1 Технічні рішення з безпечної організації об'єкта проектування .....	73
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт з вимірювальними приладами, пристроями релейного захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку, з електролічильниками.....	73
5.1.2 Електробезпека.....	76
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	77
5.2.1 Мікроклімат.....	77
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	78
5.2.3 Виробниче освітлення.....	78
5.2.4 Виробничий шум.....	79
5.2.5 Виробничі вібрації.....	80
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	80
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП заводу будівельних матеріалів міста Славута Хмельницької області. в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	82



5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в заводу будівельних матеріалів в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	83
5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	85
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	87
ВИСНОВКИ.....	89
ЛІТЕРАТУРА.....	91
ДОДАТКИ.....	97
ДОДАТОК А - Технічне завдання.....	98
ДОДАТОК Б – Вихідні дані.....	101
ДОДАТОК В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність запозичень.....	102
ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал.....	103

УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Войтюк Роман Юрійович. Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 96 с.

На укр. мові. бібліогр.: 44 назв; рис.: 32; табл.: 26.

В магістерській кваліфікаційній роботі розробленні необхідні питання з створення оптимальної системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути, визначенні та розраховані основні технічні характеристики системи електропостачання та електротехнічного обладнання.

Досліджена проблема раціонального використання електричної енергії на заводі з впровадженням елементів інноваційного комплексного підходу.

Ключові слова: система електропостачання, економія електроенергії, підстанція, кабельні лінії, коротке замикання.

UDC 621.311

## ANNOTATION

Roman Yuriyovych Voytiuk. Research of innovative methods of designing the power supply system of the building materials plant in the city of Slavuta, Khmelnytskyi region. Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2023. 96 p.

In Ukrainian speech bibliography: 44 titles; Fig.: 32; tab.: 26.

In the master's qualification work, the necessary questions on the creation of an optimal power supply system for the building materials plant in the city of Slavuta were developed, the main technical characteristics of the power supply system and electrical equipment were determined and calculated.

The problem of rational use of electrical energy at the plant with the introduction of elements of an innovative integrated approach is studied.

Key words: power supply system, power saving, substation, cable lines, short circuit.

## ВСТУП

**Актуальність теми:** електропостачання підприємств будівельної галузі сьогодні відіграє значну роль у відбудові України. У зв'язку з цим актуальним є впровадження таких методів проектування систем електропостачання, які б дали змогу за допомогою інноваційних методів пришвидшити процеси спорудження таких систем та досягти достатнього рівня їх енергозабезпечення. Кінцевим результатом використання інноваційних методів проектування, на прикладі заводу будівельних матеріалів місто Славута Хмельницької області, яка постійно страждає від обстрілів ворога – є надійне та безперебійне живлення електроспоживачів заводу.

**Мета роботи:** удосконалення процесу синтезу системи електропостачання заводу будівельних матеріалів місто Славута Хмельницької області за рахунок використання інноваційних підходів проектування, електротехнічних засобів та раціонального використання електроенергії.

**Об'єкт дослідження:** система електропостачання.

**Предмет дослідження:** проектування системи електропостачання стійкої до зовнішніх ризиків з використанням сучасних інноваційних методів та електротехнічного обладнання.

**Задача дослідження:** забезпечення безвідмовного електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області в умовах підвищеного попиту та стратегічні будівельні матеріали.

**Наукова новизна:** розроблений в магістерській кваліфікаційній роботі підхід до проектування систем електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області в умовах підвищеного попиту на продукцію, необхідної для відбудови промислових та цивільних споруд в сучасних умовах, може бути рекомендований для розповсюдження на любі підприємства будівельної галузі.

**Практичне значення одержаних результатів:** за рахунок використання елементів інноваційного підходу до створення системи електропостачання будівельного заводу забезпечить якісне, надійне та ефективне використання електричної енергії і підвищить стійкість живлення технологічного процесу виготовлення будівельної продукції.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи:** по матеріалах магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді [8].

**Публікації:** За результатами роботи опубліковано тези доповідей [8].

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДРОЙЄМСТВА

### 1.1 Опис технології виробництва будівельних матеріалів

Одним із передових підприємств будівельної галузі Подільського регіону є завод будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області. На початку своєї діяльності завод виробляв різноманітні будівельні матеріали. В процесі створення будівельного ринку України, починаючи з 2000 року завод поступово перейшов на випуск нової продукції, що використовує синтетичні основи та модифікований бітум. На сьогоднішній день продукція заводу відповідає найвищим світовим стандартам.

Починаючи з 2000 років завод поступово укомплектовувався сучасним устаткуванням виробництва Італії, США, Німеччини, Англії. Значну долю в обладнанні, що задіяно в технологічному процесі займає вітчизняне устаткування. Практично все обладнання сертифіковано в системі ISO 9001. На базі заводу створено спеціалізована лабораторія, що має акредитацію в системі УКРСЕПРО, яка обслуговує не тільки власне виробництво, а проводить дослідження будь яких сторонніх виробників з видачею відповідного сертифікату. До недавнього часу основним видом продукції заводу був традиційний руберойд, який користувався попитом з зв'язку зі своєю низької вартістю. У зв'язку з тим, що в процесі експлуатації руберойд показав погані фізико механічні властивості було прийнято рішення перепрофілювання заводу на більш сучасний покрівельний матеріал, в основу якого покладено полімерний бітумний шар, армована основа верхнє та нижнє захисне покриття. Технологія виробництва руберойду суттєво відрізняється від сучасного покрівельного матеріалу, який вимагає будівельна промисловість.

Для задоволення попиту та наближення технологічного процесу підприємства до найкращих закордонних зразків на заводі було встановлено сучасна італійська технологічна лінія, що дає можливість виготовляти гнучкі покрівельні і гідроізоляційні матеріали.



Ново збудована технологічна лінія дозволяє отримати високоякісний покрівельний матеріал, що нанесений на поліефірну та скляну основу. Такий покрівельний матеріал з гідроізоляцією відповідає світовим стандартам. Робоча продуктивність лінії складає біля 2000 м/год при максимальній швидкості до 3000 м/год. В своєму складі покрівельний матеріал використовує поліпропілен або чи стирол-бутадієн-стирольний каучук.

Технологічна лінія в своєму складі має спеціальний пульт управління та електричний силовий щит, які виконанні за стандартами CENELEC. У випадку зникнення електроенергії вся інформація про хід технологічного процесу зберігається на спеціальних магнітних носіях. У зв'язку з цим можна вважати, що технологічний цикл при любых аварійних ситуаціях завжди підтримується. Також особливістю лінії є те що вона може переводити з повністю автоматичного на ручний режим роботи. В ході виконання технологічного процесу є можливість змінювати рецептуру виробництва покрівельного матеріалу. Це відбувається за допомогою спеціального програмного модуля, який в автоматизованому режим дозволяє контролювати кількість компонентів, що додаються до бітуму, наповнювачу та ін. та контролювати температурний режим на кожній одиниці обладнання технологічного процесу. У разі відхилення параметрів, що контролюються лінія автоматично вимикається. Для забезпечення надійної роботи технологічної лінії не потрібно багато чисельного виробничого персоналу. В ручну виконується тільки заміна рулонів та пакувальні роботи. Окрім того обладнання має в своєму складі високоефективні очисні установки, що зводить до мінімуму кількість шкідливих викидів в атмосферу.

Лабораторія, яка створена спеціально для роботи даної технологічної лінії виконує функції контролю сировини, робить контрольні заміси, визначає рецептуру компаунда. Також вона повністю відповідає за технологічний процес, який проходить в лінії та контролює готову продукцію. Потрібно відмітити, що контроль готової продукції виконується в кінці кожної зміни.

В загалі на лабораторію покладений контроль більше тридцяти видів продукції, що повинна відповідати 70 видам показникам.

## 1.2 Інформація про електричні навантаження заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області

Технологічний процес заводу забезпечують 28 цехів, які мають різне призначення, генплан приведений на рис. 1.1. За надійністю електропостачання завод належить до II категорії. Інформація про навантаження заводу наведена в таблиці 1.1.

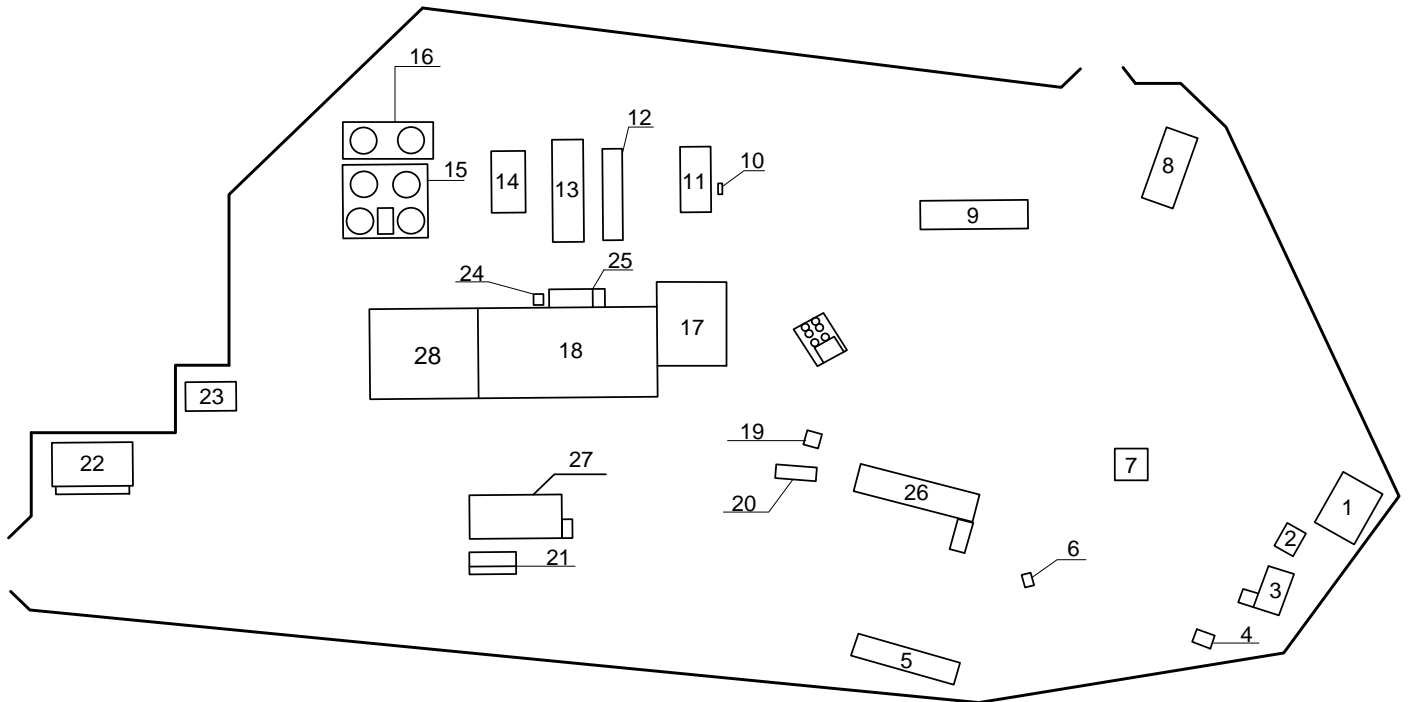


Рисунок 1.1- Генеральний план заводу

Таблиця 1.1- Інформація про електричні навантаження

№	Назва цеху	P <sub>н</sub> ,кВт
1	Заводоуправління	7
2	Приміщення газової служби	4
3	Транспортний цех	6
4	Склад ГСМ	2.5
5	Гаражі, столярка	13
6	Приміщення для зберігання балонів	1,5
7	Насосна станція другого підйому	30
8	Гуртожиток	15
9	Матеріальний склад	2,5
10	Камера охолодженої і нагрітої води	36
11	Компресорна	396
12	Трубчасті печі	168
13	Насосна з зарядною	49
14	Блок апаратів	84
15	Підземне бітумосховище	42
16	Наземне бітумосховище	42
17	Склад готової продукції	6,5
18	Руберойдовий цех	503.1
19	КНС	137
20	Депо	22
21	Склад готової продукції	5,5
22	Бітумоприймач	18,5
23	Бітумоприймач	18,5
24	Градирня	4
25	Лабораторія	3,6
26	Котельня	135
27	РМЦ	35
28	Склад продукції	8

В якості розрахункового цеху в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується прийняти один з основних цехів – руберойдовий, будівельний план якого представлений на рис. 1.2 а його електричні навантаження в таблиці 1.2.

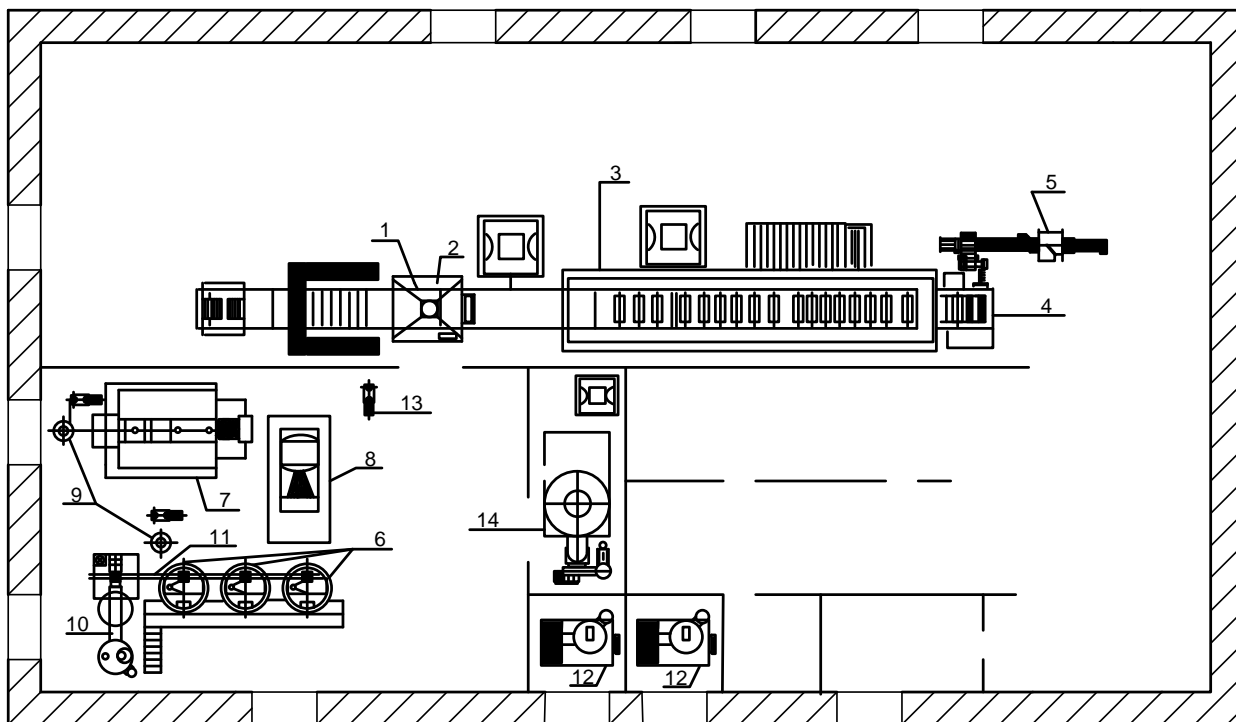


Рисунок 1.2- Будівельний план руберойдового цеху з розміщенням електрообладнання

Таблиця 1.2- Інформація про електричні навантаження

№ на плані	Назва обладнання	Рн,кВт
1	Привід просочувальної ванни	8
2	Привід покривної ванни	8
3	Привід системи охолодження	14
4	Намотувальний верстат	37
5	Термовкладальна піч	10.3
6	Вертикальний змішувач	90
7	Горизонтальний змішувач	27
8	Гомогенізатор	253
9	Фільтр	2
10	Привід системи завантаження наповнювача	9.8
11	Стрічковий транспортер	5
12	Двигун циркуляції масла-теплоносія	24
13	Бітумний насос	15
14	Вентилятор пило очистки	47

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ

Розробка системи електропостачання заводу будівельних матеріалів вимагає виконання синтезу цехового електропостачання та всього заводу. В магістерській роботі при виконанні проектних розрахунків системи електропостачання буде акцентовано увагу на використанні методів проектування, що прийняті в проектних організаціях, а також розглянуті деякі інноваційні підходи, що будуть стосуватися не тільки проектування а і використання та розміщення електротехнічного обладнання. Зазвичай проектування будь-якої системи електропостачання повинна починатися з аналізу та визначенню розрахункових навантажень окремих цехів.

### 2.1. Синтез системи електропостачання цеху

При виконанні розрахунку та визначенню електричних навантажень прийнято розрахункові навантаження одного з відповідальних цехів виконувати деталізовано з використанням точних методів розрахунку. Розрахункові навантаження всіх інших цехів допускається синтезувати наближеними методами. Але незалежно від методів розрахунку ми повинні отримати результат, який дасть можливість провести інші розрахунки, що забезпечать якісне та надійне електропостачання споживачів підприємства.

При виконанні розрахунків будемо використовувати елементи інноваційних методів, які стосуються створенню безпосередньо оригінальної системи електропостачання та вибору конкурентно спроможного електротехнічного обладнання та матеріалів.

Аналізуючи будівельний план руберойдового цеху та розміщення технологічного обладнання в ньому можна зробити висновок, що для забезпечення якісного електропостачання споживачів доцільно застосувати радіальну схему їх живлення та

скористатися при цьому всіма її перевагами. Інші можливі варіанти схем живлення споживачів не розглядаються у зв'язку з жорсткими вимогами по надійності електропостачання технологічного обладнання.

В процесі роботи над будівельним планом цеху були використанні елементи інноваційного проектування, які пов'язанні з деяким втручанням в послідовність розташування електротехнічного обладнання, не змінюючи проходження технологічного процесу. В подальшому це вплине на покращення умов монтажу та способу прокладки кабельно-провідникової продукції та позитивно вплине на їх кількість.

З врахуванням вище наведеного план руберойдового цеху з розміщенням електротехнічного обладнання показано на рис. 2.1

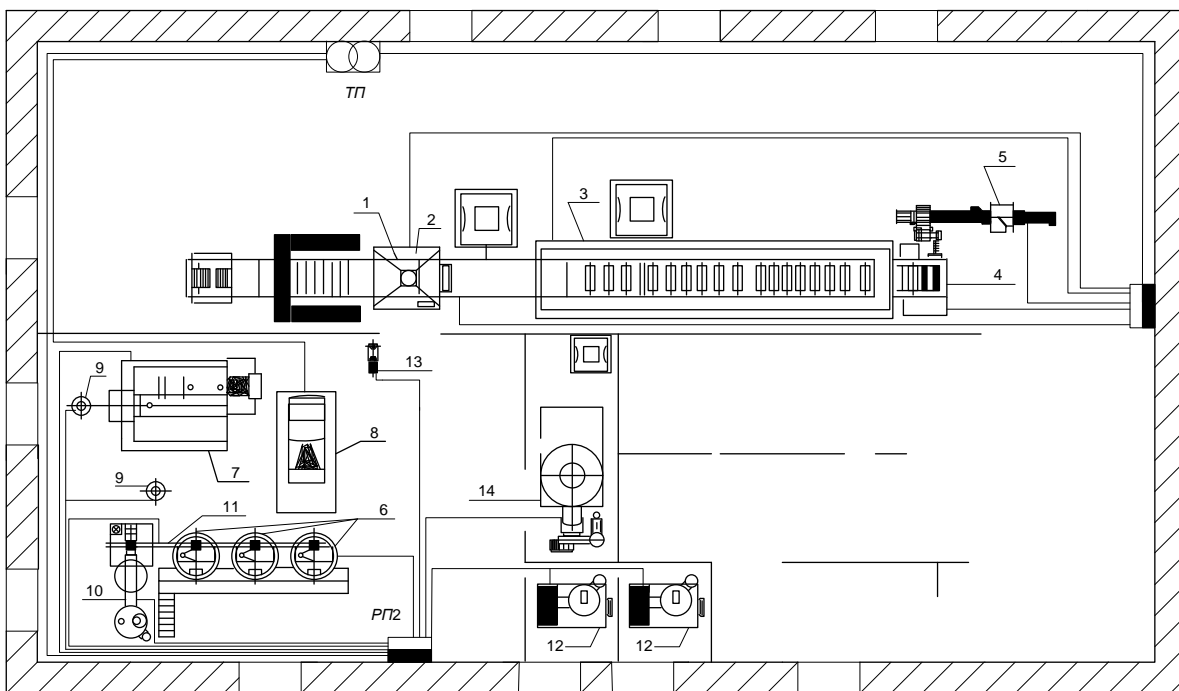


Рисунок 2.1- Будівельний план руберойдового цеху з розміщенням електрообладнання

Перейдемо до визначення розрахункового навантаження окремих споживачів. Для прикладу розрахуємо необхідні величини для намотувального верстата. Середні значення активної та реактивної потужності верстата будуть:



$$P_{\text{см}} = k_B \cdot P_H = 0,32 \cdot 37,0 = 11,84 \text{ (кВт)}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi_c = 11,84 \cdot 1,17 = 13,85 \text{ (квар)}. \quad (2.2)$$

Як видно з рис. 2.1 до РП-1 окрім намотувального верстата приєднанн і інші споживачі. Тому для подальших розрахунків визначимо коефіцієнт використання групи споживачів, що живляться від РП-1:

$$K_{\text{в.гр.}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{P_{\text{НС}}} = \frac{22,62}{77,3} = 0,29. \quad (2.3)$$

Для споживачів, що підєднанні до РП-1 необхідно зайти їх ефективне число:

$$n_{\text{эф}} = \frac{(1 \cdot 8 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 14 + 1 \cdot 37 + 1 \cdot 10,3)^2}{1 \cdot 8^2 + 1 \cdot 8^2 + 1 \cdot 14^2 + 1 \cdot 37^2 + 1 \cdot 10,3^2} = \frac{77,3^2}{1799} = 3,32. \quad (2.4)$$

По значенням з (2.3 – 2.4) та [2] визначимо коефіцієнт максимуму активної потужності, який рівний 1,25.

Тоді розрахункова активна потужність споживачів, що приєднанні до РП-1 буде:

$$P_{\text{м}\Sigma} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}\Sigma} = 1,25 \cdot 29,58 = 36,97 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

а відповідна реактивна потужність:

$$Q_{\text{м}} = 34,16 \cdot 1,1 = 37,58 \text{ (квар)}. \quad (2.6)$$

Розрахункова повна потужність:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{36,97^2 + 37,58^2} = 52,71 \text{ (кВА)}. \quad (2.7)$$

Аналогічно проводимо розрахунки електричних навантажень, що живляться від інших розподільчих пристроїв та трансформаторної підстанції (потужні споживачів) і заносимо результати в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень цеху

Назва ЕП	п, шт.	P <sub>н</sub> , кВт	n*P <sub>н</sub>	K <sub>в</sub>	tgφ	K <sub>в</sub> *n*P <sub>н</sub>	K <sub>в</sub> *n*P <sub>н</sub> *tgφ	n*P <sub>н</sub> 2	ne роз	ne	K <sub>м</sub>	P <sub>м</sub>	Q <sub>м</sub>	S <sub>м</sub>	I <sub>м</sub>	I <sub>п</sub>	cosφ
РП1:																	
1 Привід просочувальної ванни	1	8,0	8,0	0,40	1,00	3,20	3,20	64								67,6064	0,71
2 Привід покривної ванни	1	8,0	8,0	0,45	1,33	3,60	4,79	64								67,6064	0,60
3 Привід системи охолодження	1	14,0	14,0	0,45	1,33	6,30	8,38	196								118,311	0,60
4 Намотувальний верстат	1	37,0	37,0	0,32	1,17	11,84	13,85	1369								312,68	0,65
5 Термовкладальна піч	1	10,3	10,3	0,45	0,85	4,64	3,94	106,								87,0432	0,65
Всього по РП1	5		77,3	0,38		29,58	34,16	1799	3,3	4	1,25	36,97	37,58	52,71	80,18	187,698	
РП2:																	
1 Вертикальний змішувач	1	50,0	50,0	0,25	1,33	12,50	16,63	2500								422,54	0,60
2 Горизонтальний змішувач	1	27,0	27,0	0,25	1,33	6,75	8,98	729,								228,172	0,60
3 Стрічковий транспортер	1	5,0	5,0	0,35	1,00	1,75	1,75	25								42,254	0,71
4 Фільтр	2	2,0	4,0	0,64	1,00	2,56	2,56	8								16,9016	0,71
5 Привід системи завантаження наповнювача	1	9,8	9,8	0,35	1,33	3,43	4,56	96								82,8178	0,60
6 Бітумний насос	1	15,0	15,0	0,45	0,85	6,75	5,74	225								126,762	0,76
7 Двигун циркуляції масла-теплоносія	2	24	48,0	0,64	0,85	30,72	26,11	1152								202,819	0,76
8 Вентилятор пило очистки	1	47	47,0	0,64	1,00	30,08	30,08	2209								397,188	0,71
Всього по РП2	10		205,8	0,46		94,54	96,40	6944	6,1	6	1,14	107,78	106,04	151,20	229,99	337,509	
Потужні ЕП, що живляться від ТП																	
1 Гомогенізатор	1	253,0	253,0	0,64	1,00	161,92	161,92	64009,00								107,515	0,71
Всього по цеху	16		536,1	0,53		286,0	292,5	72752,1	4,0	4	1,21	346,10	321,73	472,54	718,81	632,722	

## 2.2 Розрахунок та вибір низьковольтного комутаційного обладнання та провідників

Важливою складовою електропостачання є оптимальний вибір необхідного комутаційного обладнання, яке використовується також в якості захисної апаратури.

У зв'язку з тим, що технологічний процес заводу забезпечується закордонною технологічною лінією в якості комутаційно-захисної апаратури необхідно передбачити для деяких відповідальних споживачів використання сучасного інноваційного обладнання. В магістерській кваліфікаційній роботі запропонований один із таких підходів.

Виконаємо необхідні розрахунки та виберемо відповідну апаратуру для окремих ліній, що приєднують розподільчі пристрої до ТП. Зробимо зауваження, що на цих лініях потрібно обрати таку комутаційно-захисну апаратуру, яка здатна забезпечити селективність спрацювання.

Для більшої інформативності проведення розрахунків будемо одночасно розраховувати та обирати кабельні та іншу лінії електропередач.

Згідно ПУЕ для мереж до 1000 В перерізи провідників повинні вибиратися за значенням допустимого струму та перевіряють за значенням втрати напруги.

Скористуємося умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}} \quad (2.8)$$

Допустима втрата напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\text{м}} \cdot (R_{\text{шт}} \cdot \cos \varphi + X_{\text{шт}} \cdot \sin \varphi) \cdot l = \frac{P_{\text{м}} \cdot R_{\text{шт}} + Q_{\text{м}} \cdot X_{\text{шт}}}{U_{\text{н}}} \cdot l. \quad (2.9)$$

Конструктивно за вимогою технологічного процесу живлячу трансформаторну підстанцію встановлюємо в приміщенні цеху. Лінії, що живлять споживачів розподільчих пристроїв, згідно з Правил виконаємо кабельними лініями прокладеними

в полу приміщення цеху.

Покажемо приклад вибору кабелю та захисної апаратури для лінії ТП-РП1.

Розрахунковий струм у максимальному режимі:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{52,71}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 94,22 \text{ (A)}. \quad (2.10)$$

де  $S_M$  розрахункова потужність.

Пусковий струм у максимальному режимі:

$$I_{П.макс} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 94,22 = 470,625 \text{ (A)}. \quad (2.11)$$

де  $I_{Н.макс}$  - струм електроприймача з найбільшим пусковим струмом:

$$I_{Н.макс} = \frac{P_{Н.макс}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,85} = 102,8 \text{ (A)}. \quad (2.12)$$

Піковий струм, що характеризує лінію ТП-РП1:

$$I_{П} = I_M - K_B \cdot I_{Н.макс} + I_{П.макс} \quad (2.13)$$

$$I_{П} = 94,125 - 0,38 \cdot 102,8 + 470,625 = 415,6 \text{ (A)}.$$

Відповідно вимог технологічного процесу до комутаційних апаратів виберемо автомат виробника ЕТІ серії ЕТІВBREAK 2, для якого розрахуємо номінальні характеристики:

номінальний струм розчеплювача:

$$I_{Н.розч} > k_{відс} \cdot I_M = 1,1 \cdot 103,75 = 103,53 \text{ (A)}, \quad (2.14)$$

струмова відсічка:

$$I_{с.в} > k_H \cdot I_{П} = 1,5 \cdot 415,564 = 623,346 \text{ (A)}. \quad (2.15)$$

До установки приймаємо автоматичний вимикач ЕТІ серії ЕТІВРЕАК 2 з напівпровідниковим розчеплювачем на номінальний струм 160А, та струмом розчеплювача 200 А.

Лінія живлення окремого електроприймача буде захищена автоматом серії ЕТІВРЕАК 2 з тепловим і електромагнітними розчеплювачем. Покажемо приклад його вибору для ЕП-1.

Значення розрахункового та пікового струму для даної лінії:

$$I_M = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,71 \cdot 0,85} = 20 \text{ (А)}, \quad (2.16)$$

$$I_n = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 20 = 100 \text{ (А)}. \quad (2.17)$$

Використовуючи стандартні умови знайдемо значення номінального струму розчеплювача та відсічки відповідно:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_M = 1 \cdot 20 = 20 \text{ (А)}, \quad (2.18)$$

$$I_{с.в} \geq K_n \cdot I_n = 2,1 \cdot 100 = 210 \text{ (А)}. \quad (2.19)$$

Вибираємо для встановлення автоматичний вимикач ЕТІ серії ЕТІВРЕАК 2 з характеристиками: номінальний струм вимикача 25А, номінальний струм розчеплювача 25А та струмом спрацювання відсічки 250 А.

Проводячи наведенні вище розрахунки для інших живлячих ліній виберемо для них необхідні комутаційні апарати. Інформацію надамо в табличній формі (див. таблицю 2.2)

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця по вибору автоматів

лінія	$P_m$	$I_m$	$I_p$	Тип захисного апарата	$I_n$	$I_{розч}(розрах)$	$I_{розч}$	$I_{св}(розр.)$	$I_{св}$
ТП-РП1	52,71	94,22	501,67	ЕТІВBREAK 2 (селект)	160	103,6	160,0	752,5	1120
РП 1-(1)	8,00	20,22	101,11	ЕТІВBREAK 2	25	20,22	25	212,3	250
РП1-(2)	8,00	23,79	118,97	ЕТІВBREAK 2	25	23,79	25	249,8	250
РП 1-(3)	14,00	41,64	208,20	ЕТІВBREAK 2	100	41,64	50	437,2	500
РП 1-(4)	37,00	101,79	508,96	ЕТІВBREAK 2	160	101,79	125	1068,8	1250
РП 1-(5)	10,30	28,34	141,68	ЕТІВBREAK 2	100	28,34	31,5	297,5	315
ТП-РП(2)	151,20	229,72	737,95	ЕТІВBREAK 2 (селект)	250	252,69	250	1106,9	2500
РП2-(6)	50	148,72	743,6	ЕТІВBREAK 2	160	148,72	160	1561,5	1600
РП2-(7)	27	80,31	401,5	ЕТІВBREAK 2	100	80,31	100	843,2	1000
РП2-(8)	5	12,64	63,2	ЕТІВBREAK 2	25	12,64	16	132,7	160
РП2-(9)	2	5,06	25,28	ЕТІВBREAK 2	25	5,06	8	53,1	80
РП2-(10)	9,8	29,15	145,7	ЕТІВBREAK 2	100	29,15	31,5	306,1	315
РП2-(11)	15	35,19	175,9	ЕТІВBREAK 2	100	35,19	40	369,5	400
РП2-(12)	24	56,30	281,5	ЕТІВBREAK 2	100	56,30	63	591,2	630
РП2-(13)	47	118,81	594	ЕТІВBREAK 2	160	118,81	125	1247,5	1250
ТП-(14)	253	639,55	3198	ЕТІВBREAK 2	1000	639,55	1000	6715,2	7000

Для забезпечення надійного електропостачання споживачів цеху виберемо у відповідності з вимогами ПУЕ та технологічного процесу способи прокладання, марки і перерізи кабелів та провідників для наступних ділянок мережі:

- ТП - РП-1 - РП-2 передбачаємо прокладку кабеля марки АВВГ в трубах в підлозі цеху;

- РП-1 і РП-2 до ЕП передбачаємо прокладку провідників марки АПВ в електротехнічних трубах в підлозі цеху.

Використовуючи наступну умову:

$$I_{\text{доп}} \geq I_M = 94,22 \text{ (A)}. \quad (2.20)$$

виберемо переріз кабелю від ТП до РП.

До встановлення приймаємо кабель марки АВВГ перерізом 3x25+1x16, з допустимим струмом 115А [2].

Таким же чином знаходимо переріз кабельної лінії для ділянки ТП - РП-2.



Живляча лінія, яка відходить від РП-1, наприклад, до ЕП-1 буде:

$$I_{\text{доп}} \geq I_M = 20,22 \text{ (А)}. \quad (2.21)$$

Приймаємо до встановлення провід марки АПВ перерізом 4х(1х4), з допустимим струмом 28А.

Вся основна інформація про вибір провідників та кабелів наведена в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Інформація про вибір провідниково-кабельної продукції

Лінія	$I_m$	$I_n, \text{розч}$	Тип провода	Спосіб прокладки	$S \text{ мм}^2$	$I_{\text{доп}}$	$\Delta U, \text{В}$
ТП-РП1	94,22	160,0	АВВГ	в землі	3x25+1x16	115	5,34
РП1-ЕП1	20,22	25,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x4)	28	8,99
РП1-ЕП2	23,79	25,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x6)	30	14,4
РП1-ЕП3	41,64	50,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x10)	47	5,1
РП1-ЕП4	101,79	125,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x50)	130	1,57
РП1-ЕП5	28,34	31,5	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x6)	30	2,99
ТП-РП2	229,72	250,0	АВВГ	в землі	3x120+1x50	295	7,39
РП2-ЕП6	148,72	160,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x70)	165	1,3
РП2-ЕП7	80,31	100,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x35)	95	6,26
РП2-ЕП8	12,64	16,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x4)	28	7,98
РП2-ЕП9	5,06	8,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x4)	28	3,42
РП2-ЕП10	29,15	31,5	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x6)	30	5,22
РП2-ЕП11	35,19	40,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x10)	40	4,64
РП2-ЕП12	56,30	63,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x16)	60	4,99
РП2-ЕП13	118,81	125,0	АПВ	в підлозі в трубах	4x(1x50)	130	2,69
ТП-ЕП14	639,55	1000,0	АВВГ	в підлозі в трубах	3x185+1x70	385	19,8

Перевіримо обрані перерізи живлячих ліній на допустиму втрату напруги:

$$\Delta U = \frac{P_m \cdot r_0 + Q_m \cdot E}{U_{\text{ном}}} \cdot l \quad (2.22)$$

Найбільш електрично віддалений споживач це №14, відповідно для нього виконаємо розрахунок:

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП14}} = \frac{253 \cdot 0,208 + 253 \cdot 0,063}{380} 110 = 19,8 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП-14}} = \frac{19,8}{380} 100\% = 5,1\%$$

Аналізуючи результат можна зробити висновок про допустимість втрат напруги для даного споживача.

### 2.3 Синтез системи електропостачання заводу будівельних матеріалів

Одним із відповідальних етапів забезпечення заводу будівельних матеріалів надійним живленням є створення ефективної. Конфігурація мереж системи електропостачання заводу залежить від вибраного джерела зовнішнього живлення та розміщення основних цехів по території заводу.

Для створення системи електропостачання важливим моментом є визначення розрахункових навантажень окремих цехів та заводу в цілому. При створенні системи електропостачання руберойдового цеху були запроваджені інноваційні методи, що дозволили створити оптимальний технологічний процес. Вважаємо, що такі сам принципи знайшли відображення при створенні систем електропостачання інших цехів. В такому випадку ми можемо перейти до визначення розрахункових навантажень заводу використовуючи, як це рекомендує проектна практика, наближенні методи розрахунку. Одним з таких методів, що дозволяє досягти необхідної точності є метод коефіцієнту попиту електричного навантаження. Для більш точного урахування всіх потужностей, що приймають участь у визначенні розрахункової потужності певного цеху потрібно врахувати встановлену потужність освітлювальних пристроїв.

Перейдемо до визначення необхідних параметрів розрахункової потужності окремих цехів. В якості прикладу оберемо знову таки руберойдовий цех, що дасть можливість довести точність розрахунку електричних навантажень.

Визначмо значення потужності середнього активного та реактивного навантаження для силового обладнання:

$$P_{см} = K_{п} \cdot P_{н} = 0,6 \cdot 503,1 = 301,9 \text{ (кВт)}, \quad (2.23)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 301,9 \cdot 0,96 = 289,8 \text{ (квар)}. \quad (2.24)$$

Такий самий підхід (з використанням коефіцієнту попиту) застосовуємо для освітлювального навантаження. Орієнтовно номінальна потужність освітлювального навантаження рекомендують визначати за питомою потужністю на  $1 \text{ м}^2$  площі.

Таким чином потужність освітлення можна визначити як:

$$P_{м.о} = K_{п.о}(p_{пит.о} \cdot F). \quad (2.25)$$

де  $p_{пит.о}$  - питома значення потужності освітлення, кВт;

$K_{п.о}$  - коефіцієнт попиту освітлення;

$F$  - площа цеху,  $\text{м}^2$

В якості освітлювальних установок приймаємо світильники з лампами типу ДРЛ для яких визначимо втрати в пускорегулювальній апаратурі.

$$P_{мо} = F \cdot p_{пит.о} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} = 8125 \cdot 0,012 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 101,9 \text{ (кВт)}. \quad (2.26)$$

де  $K_{пра}$  – коефіцієнт, що враховує втрати в ПРА.

Сумарна активна та реактивна потужність цеху з врахуванням освітлювального навантаження:

$$P_{м.} = P_{см} + P_{м.о} = 301,9 + 101,9 = 403,7 \text{ (кВт)}, \quad (2.27)$$

$$Q_{м} = Q_{см} + Q_{м.о} = 289,8 + 91,7 = 381,5 \text{ (квар)}. \quad (2.28)$$

Повна потужність цеху складе, кВА:

$$S_M = \sqrt{(P_M)^2 + (Q_M)^2} = \sqrt{403,7^2 + 381,5^2} = 555,5 \text{ (кВА)}. \quad (2.29)$$

Розрахункові навантаження заводу будівельних матеріалів:

активне:

$$P_M = K_o \cdot \Sigma P_{MC} + \Sigma P_{MO} = 0,95 \cdot 917,3 + 524,8 = 1396 \text{ (кВт)}. \quad (2.30)$$

- реактивне:

$$Q_M = K_o \cdot \Sigma Q_{MC} + \Sigma Q_{MO} = 0,95 \cdot 764,8 + 435,8 = 1162 \text{ (квар)}. \quad (2.31)$$

де  $K_o = 0,95$  – коефіцієнт одночасності [2].

- повне:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{1396^2 + 1162^2} = 1816,7 \text{ (кВА)}. \quad (2.32)$$

Виконуючи аналогічні розрахунки визначимо розрахункові електричні навантаження всіх цехів заводу (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Розрахункові електричні навантаження заводу будівельних матеріалів

Назва цеху	Pn	Kп	cos φ	tg φ	Pmc	Qmc	F	Rпит.о	Kпо	Kпра	cos φо	Pмо	Qмо	Pм	Qм	Sн
1 Заводоуправління	7,0	0,6	0,85	0,62	4,2	2,6	1200,0	0,015	0,80	1,2	0,9	17,3	15,6	21,5	18,2	28,1
2 Приміщення газової служби	4,0	0,6	0,85	0,62	2,4	1,5	300,0	0,016	0,80	1,2	0,9	4,6	4,1	7,0	5,6	9,0
3 Транспортний цех	6,0	0,6	0,8	0,67	3,6	2,4	840,0	0,016	0,80	1,1	0,8	11,8	9,5	15,4	11,9	19,5
4 Склад ГСМ	2,5	0,45	0,8	0,62	1,1	0,7	150,0	0,012	0,60	1,1	0,9	1,2	1,1	2,3	1,8	2,9
5 Гаражі, столярка	13,0	0,45	0,7	0,62	5,9	3,6	1500,0	0,016	0,60	1,2	0,9	17,3	15,6	23,1	19,2	30,0
6 Приміщення для зберігання балонів	1,5	0,45	0,7	0,62	0,7	0,4	357,0	0,012	0,60	1,2	0,8	3,1	2,5	3,8	2,9	4,7
7 Насосна станція другого підйому	30,0	0,45	0,72	0,68	13,5	9,2	625,0	0,012	0,80	1,2	0,7	7,2	5,0	20,7	14,2	25,1
8 Гуртожиток	15,0	0,6	0,85	0,62	9,0	5,6	1375,0	0,016	0,80	1,2	0,9	21,1	19,0	30,1	24,6	38,9
9 Матеріальний склад	2,5	0,56	0,85	0,62	1,4	0,9	1500,0	0,012	0,60	1,1	0,9	11,9	10,7	13,3	11,6	17,6
10 Камера охолодженої і нагрітої води	36,0	0,45	0,7	0,75	16,2	12,2	50,0	0,015	0,60	1,2	0,8	0,5	0,4	16,7	12,6	20,9
11 Компресорна	396,0	0,45	0,7	0,96	178,2	171,1	1125,0	0,012	0,60	1,1	0,9	8,9	8,0	187,1	179,1	259,0
12 Трубчасті печі	168,0	0,45	0,6	0,48	75,6	36,3	975,0	0,016	0,95	1,2	0,8	17,8	14,2	93,4	50,5	106,2
13 Насосна з зарядною	49,0	0,52	0,6	0,61	25,5	15,5	1875,0	0,012	0,80	1,2	0,6	21,6	13,0	47,1	28,5	55,0
14 Блок апаратів	84,0	0,6	0,78	0,8	50,4	40,3	1125,0	0,011	0,80	1,2	0,9	11,9	10,7	62,3	51,0	80,5
15 Підземне бітумосховище	42,0	0,45	0,6	0,6	18,9	11,3	3000,0	0,016	0,80	1,2	0,6	46,1	27,6	65,0	39,0	75,8
16 Наземне бітумосховище	42,0	0,45	0,6	0,6	18,9	11,3	1375,0	0,011	0,95	1,2	0,9	17,2	15,5	36,1	26,9	45,0
17 Склад готової продукції	6,5	0,6	0,83	0,67	3,9	2,6	3000,0	0,011	0,60	1,1	0,9	21,8	19,6	25,7	22,2	34,0
18 Руберойдовий цех	503,1	0,6	0,85	0,96	301,9	289,8	8125,0	0,012	0,95	1,1	0,9	101,9	91,7	403,7	381,5	555,5
19 КНС	137,0	0,4	0,85	0,75	54,8	41,1	150,0	0,016	0,80	1,1	0,8	2,1	1,7	56,9	42,8	71,2
20 Депо	22,0	0,4	0,76	0,62	8,8	5,5	300,0	0,012	0,80	1,2	0,8	3,5	2,8	12,3	8,2	14,8
21 Склад готової продукції	5,5	0,6	0,85	0,62	3,3	2,0	450,0	0,011	0,60	1,1	0,9	3,3	2,9	6,6	5,0	8,2
22 Бітумоприймач	18,5	0,4	0,7	0,7	7,4	5,2	1900,0	0,016	0,80	1,2	0,8	29,2	23,3	36,6	28,5	46,4
23 Бітумоприймач	18,5	0,4	0,7	0,7	7,4	5,2	700,0	0,012	0,80	1,2	0,9	8,1	7,3	15,5	12,4	19,8
24 Градирня	4,0	0,6	0,85	0,62	2,4	1,5	80,0	0,016	0,60	1,2	0,8	0,9	0,7	3,3	2,2	4,0
25 Лабораторія	3,6	0,6	0,85	0,62	2,2	1,3	600,0	0,012	6,00	1,2	0,8	51,8	41,5	54,0	42,8	68,9
26 Котельня	135,0	0,6	0,85	0,9	81,0	72,9	1900,0	0,016	0,60	1,1	0,9	20,1	18,1	101,1	91,0	136,0
27 РМЦ	35,0	0,4	0,7	0,7	14,0	9,8	2371,0	0,012	0,80	1,2	0,8	27,3	21,9	41,3	31,7	52,0
28 Склад продукції	8,0	0,6	0,85	0,62	4,8	3,0	4875,0	0,011	0,60	1,1	0,9	35,4	31,9	40,2	34,8	53,2
Всього по підприємству	1795,2				917,3	764,8	41823,0					524,8	435,8	1442,0	1200,5	1882,3
												Ko=	0,95	1396,2	1162,3	1816,7

2.4 Визначення оптимальної потужності і кількості трансформаторів та місця їх розташування.

На завершальному етапі створення оптимальної системи електропостачання необхідно провести розрахунки та визначити кількість і потужність трансформаторів для живлення цехових споживачів так і всього заводу.

Рекомендується кількість та потужність трансформаторів вибирати виходячи з питомої густини навантаження та площі цехів, ( $S_{\text{пит}}$ , кВА/м<sup>2</sup>; ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Визначимо ці значення:

$$S_{\Sigma} = \sum S_{mi} = 1816,7 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}, \quad (2.33)$$

взято з таблиці 2.4

$$F_{\Sigma} = \sum F_i = 41823 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (2.33)$$

Отже, питома потужність на одиницю площі складе :

$$S_{\text{пит}} = \frac{1816,7}{41823} = 0,04 \text{ (кВ} \cdot \text{А} / \text{м}^2\text{)}. \quad (2.34)$$

Враховуючи, що завод будівельних матеріалів відноситься до II категорії з надійності електропостачання та беручи до уваги, що  $S_{\text{пит}} = 0,04 < 0,2 \div 0,3$  [2] доцільно на підприємстві використовувати двотрансформаторні підстанції, на яких будуть встановлені трансформатори потужністю 630 або 1000 кВА.

Технічні характеристики даних трансформаторів наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики трансформаторів.

Тип	$S_n$ , кВА	$U_{\text{вн}}$ , кВ	$U_{\text{нн}}$ , кВ	$P_{\text{хх}}$ , кВт	$P_{\text{кз}}$ , кВт	$U_k$ , %	$I_{\text{хх}}$ , %
ТМ- 630/10	630	10	0,4	1,31	7,6	5,5	2
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4

Отриманні результати потребують створення конкурентних систем електропостачання в основу яких буде покладено та чи нша потужність трансформаторів. В магістерській роботі використаний інноваційний підхід по створенню оптимальної системи електропостачання, що орієнтується на

безумовне та надійне забезпечення технологічного процесу в прийнятій послідовності його проходження якісною електроенергією .

Розглянемо два варіанти використання для забезпечення технологічного процесу потужності трансформаторів:

Визначимо при знайдених величинах потужності трансформаторів необхідну кількість підстанцій.

Для  $S_{ек} = S_{ном.т} = 630$  кВ·А кількість ТП:

$$N_{ек} \geq \frac{1816,7}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,8 \div 1,69 . \quad (2.35)$$

Для  $S_{ек} = S_{ном.т} = 1000$  кВ·А кількість ТП:

$$N_{ек} \geq \frac{1816,7}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,14 \div 1,06 . \quad (2.36)$$

Результати отриманні з (2.35-2.36) свідчать про необхідність визначення коефіцієнтів завантаження трансформаторів в відповідних цехах.

Надамо результати розрахунку для порівняння в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Розподіл ТП між виробничими цехами

Варіант №1				
Цех	S <sub>м</sub> , кВА	N, шт	S <sub>ном.тр.</sub>	K <sub>з</sub>
1-11	455,8	2	630	0,36
12-17,21-23	471	2	630	0,37
18	555,5	2	630	0,44
24-28,19,20	400,1	1	630	0,32
Варіант №2				
Цех	S <sub>м</sub> , кВА	N, шт	S <sub>ном.тр.</sub>	K <sub>з</sub>
1-17,19,20,23,24	958,1	2	1000	0,58
18,21,22,24-28	924,2	2	1000	0,51

Розрахуємо місце установки цехових ТП, на прикладі ТП1

$$X_{\text{ТП-1}} = \frac{\sum_{k=1}^6 P_{\text{mk}} X_k}{\sum_{k=1}^6 P_{\text{mk}}} = \frac{3,3 \cdot 380 + 54 \cdot 410 + 101,1 \cdot 660 + 41,3 \cdot 370 + 40,2 \cdot 305 + 93,4 \cdot 440}{3,3 + 54 + 101,1 + 41,3 + 40,2 + 93,4} = 476,3(\text{м}),$$

$$Y_{\text{ТП-1}} = \frac{\sum_{k=1}^6 P_{\text{mk}} Y_k}{\sum_{k=1}^6 P_{\text{mk}}} = \frac{3,3 \cdot 290 + 54 \cdot 290 + 101,1 \cdot 160 + 41,3 \cdot 130 + 40,2 \cdot 255 + 93,4 \cdot 370}{3,3 + 54 + 101,1 + 41,3 + 40,2 + 93,4} = 248,9(\text{м}).$$

Координати розміщення інших цехових ТП наведенні в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Координати розміщення цехових трансформаторних підстанцій

Варіант №1					
ТП№	Цех	Розрахункові		Реальні	
		X	Y	X	Y
1	1-11	547	334,6	725	330
2	13-17,19-23	355,9	317,4	320	350
3	18	410	255	465	230
4	24-28,12	476,3	248,9	475	240
Варіант №2					
ТП№	Цех	Розрахункові		Реальні	
		X	Y	X	Y
1	1-17,19,20,23	431,3	278,8	590	275
2	18,21,22,24-28	490,1	200,9	465	230

Відповідно розрахункам на рисунках 2.2 та 2.3 представлені два варіанти внутрішньозаводського електропостачання.



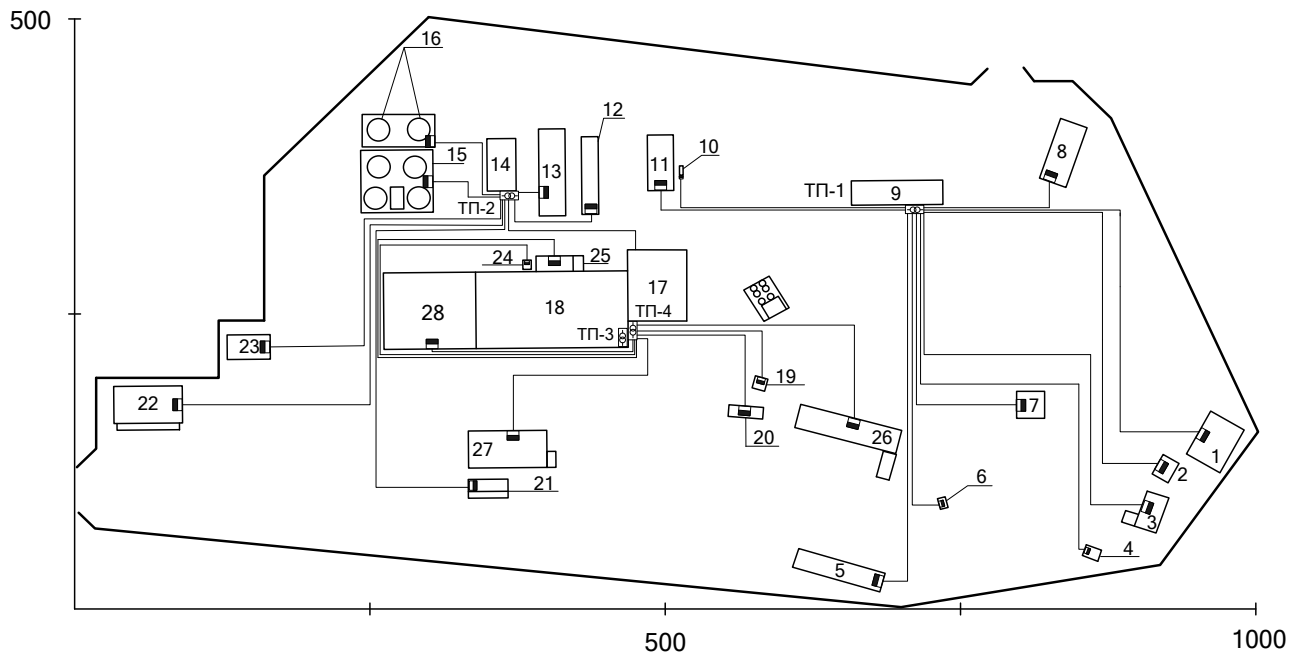


Рисунок 2.2 – Перший варіант схеми живлення підприємства

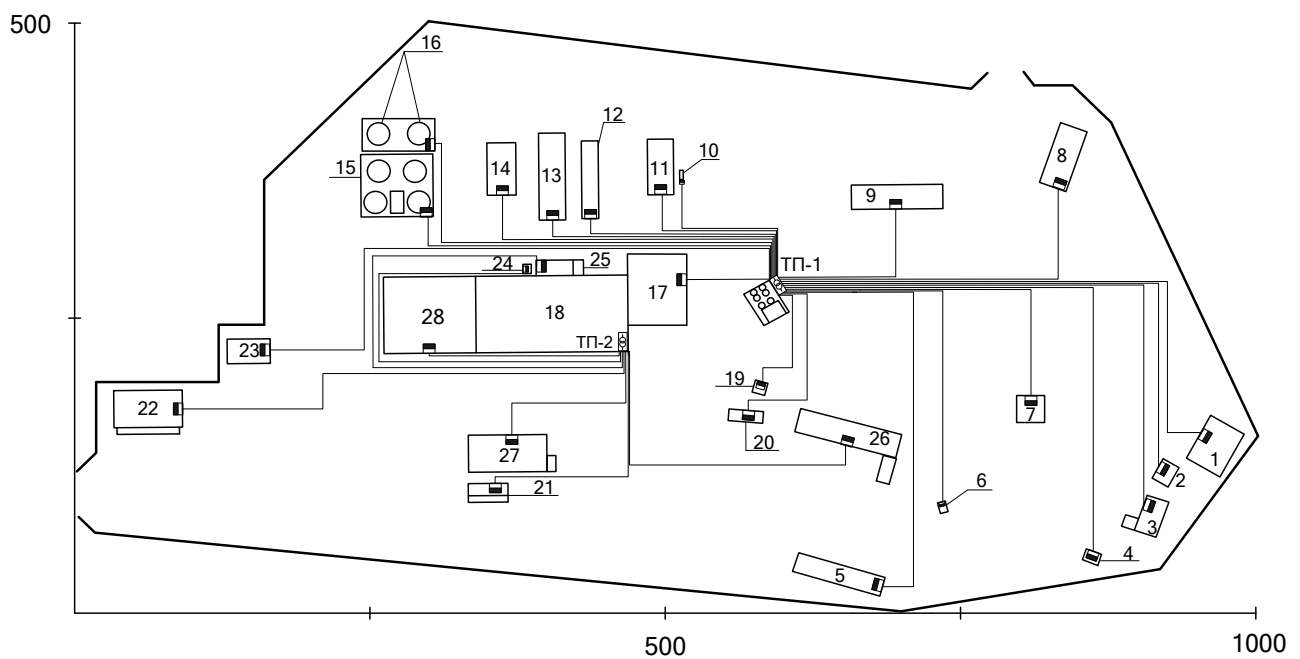


Рисунок 2.3 – Другий варіант схеми живлення підприємства

Для уточнення та прийняття остаточного рішення по вибору схеми живлення заводу визначимо втрати потужності в трансформаторах.

Розрахунок виконаємо на прикладі трансформатора потужністю 1000 кВА:

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \Delta P_K \cdot \left( \frac{S_M}{S_{HT}} \right)^2 = 1 \cdot 2,45 + \frac{12,2}{1} \cdot \left( \frac{958,1}{1000} \right)^2 = 13,7 \text{ (кВт)}, \quad (2.37)$$

$$\Delta Q_T = n \frac{\Delta I_{x\%}}{100} S_{HT} + \frac{1}{n} \frac{\Delta U_K}{100} \left( \frac{S_M}{S_{HT}} \right)^2 = 1 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{1 \cdot 100} \cdot \left( \frac{958,1}{1000} \right)^2 = 8,9 \text{ (квар)}. \quad (2.38)$$

Для трансформатора потужністю 630 кВА розрахунки виконуємо аналогічно. Інформацію заносимо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8 – Інформація по втратах в цехових ТП

Варіант №1					
ТП №	К-сть Т-рів	S <sub>HT</sub> , кВА	k <sub>3</sub>	ΔP <sub>T</sub> , кВт	ΔQ <sub>T</sub> , квар
1	2	630	0,36	5,3	12,6
2	2	630	0,37	5,6	12,6
3	2	630	0,44	7,2	12,6
4	2	630	0,32	4,4	12,6
Всього	8			22,5	50,4
Варіант №2					
ТП №	К-сть Т-рів	S <sub>HT</sub> , кВА	k <sub>3</sub>	ΔP <sub>T</sub> , кВт	ΔQ <sub>T</sub> , квар
1	2	1000	0,48	13,7	14,1
2	2	1000	0,41	12,9	14
Всього	4			26,6	28,1

Уточнимо загальну потужність заводу з врахуванням втрат в цехових ТП.

Варіант 1

$$P_{M_1} = P_M + \sum_{i=1}^3 \Delta P_{M_i} = 1442 + 22,5 = 1464,5 \text{ (кВт)}, \quad (2.39)$$

$$Q_{M_1} = Q_M + \sum_{i=1}^3 \Delta Q_{M_i} = 1200,2 + 50,4 = 1250,6 \text{ (квар)}. \quad (2.40)$$

Варіант 2

$$P_{M_2} = P_M + \sum_{i=1}^3 \Delta P_{M_i} = 1442 + 26,6 = 1468,6 \text{ (кВт)}, \quad (2.41)$$

$$Q_{M_2} = Q_M + \sum_{i=1}^3 \Delta Q_{M_i} = 1200,2 + 28,1 = 1228,3 \text{ (квар)}. \quad (2.42)$$

Аналізуючи отриманні вище результати та, враховуючи перспективні плани розвитку підприємства, що стосуються встановлення додаткових потужностей на нових технологічних лініях та будівництві житлового фонду для співробітників, прийmemo до впровадження другий варіант електропостачання, який передбачає спорудження двох двотрансформаторних підстанцій.

Живлення підстанцій заводу заплановано від центрального розподільчого пристрою 10 кВ, що буде отримувати живлення від підстанції енергопостачальної компанії, яка знаходиться на відстані 3 км.

## 2.5 Розрахунок центру електричних навантажень та місця розташування ЦРП

Визначення місця встановлення центрального розподільчого пункту 10 кВ відграє дуже важливу роль у створенні оптимальної системи електропостачання, що дозволяє досягти ефективного розподілу електричної енергії між цеховими навантаженнями. Також важливим є, з огляду на перспективу розвитку підприємства, щоб місце розташування ЦРП враховувало б і майбутній розвиток системи електропостачання.

Для визначення центру електричних навантажень та місця розташування ЦРП будується картограма електричних навантажень. В загальному випадку вона зображується та суміщається з генеральним планом підприємства, де зображується у вигляді кругів, що у вибраному масштабі свідчать про розрахункову потужність кожного з цехів заводу.

Визначимо масштаб за яким побудуємо картограму електричних навантажень. Враховуючи вище сказане можна стверджувати, що

$$P_{Mk} = \pi \cdot r_k^2 \cdot m_p \quad (2.42)$$

На першому етапі визначення масштабу довільно задаємося радіусом круга, що пропорційний потужності, наприклад, нашого руберойдового цеху. Нехай цей радіус дорівнює 62,5м. Тоді масштаб буде:

$$m_p = \frac{P_{M_3}}{\pi \cdot r_3^2} = \frac{403,7}{3,14 \cdot 62,5^2} = 0,033 \text{ (кВт/м}^2\text{)}. \quad (2.43)$$

Приймаємо масштаб  $m_p = 0,03 \text{ кВт/м}^2$ , що відповідає значенню з рекомендованого ряду стандартних масштабів

Перерахуємо радіус круга при прийнятому масштабі:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{M_3}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{403,7}{3,14 \cdot 0,03}} = 65,5 \text{ (м)}. \quad (2.44)$$

Для врахування навантаження освітлення, а це потрібно для отримання повної інформації про сумарну потужність цеху прийнято потужність освітлювального навантаження зобразити у вигляді сектора круга цеху. Для руберойдового цеху це значення буде:

$$\alpha_3 = \frac{360 \cdot P_{mo}}{P_m} = \frac{360 \cdot 101,9}{403,7} = 90,9^\circ. \quad (2.45)$$

Таким же чином виконуємо розрахунки для інших виробничих цехів заводу будівельних матеріалів та результати зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Інформація щодо побудови картограми навантажень

	Споживачі Назва цеху	Координати цехів		P <sub>мо</sub>	P <sub>м</sub>	α, °	R, м	m
		X	Y					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Заводоуправління	970	148	17,3	21,5	290	15,1	0,03
2	Приміщення газової служби	920	120	4,6	7,01	237	8,63	0,03

3	Транспортний цех	910	80	11,8	15,4	276	12,8	0,03
4	Склад ГСМ	860	45	1,2	2,31	185	4,96	0,03
5	Гаражі, столярка	650	40	17,3	23,1	269	15,7	0,03
6	Приміщення для зберігання балонів	735	90	3,1	3,8	292	6,35	0,03
7	Насосна станція другого підйому	810	170	7,2	20,7	960	5,35	0,03
8	Гуртожиток	840	380	21,1	30,1	253	17,9	0,03
9	Матеріальний склад	700	350	11,9	13,3	322	11,9	0,03
10	Камера охолодженої і нагрітої води	515	370	0,5	16,7	11,6	13,3	0,03
11	Компресорна	500	375	8,9	187	17,1	44,6	0,03
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Трубчасті печі	440	370	17,8	93,4	68,5	31,5	0,03
13	Насосна з зарядною	410	370	21,6	47,1	165	22,4	0,03
14	Блок апаратів	370	380	11,9	62,3	68,6	25,7	0,03
15	Підземне бітумосховище	275	365	46,1	65	255	26,3	0,03
16	Наземне бітумосховище	278	400	17,2	36,1	172	19,6	0,03
17	Склад готової продукції	495	275	21,8	25,7	305	16,5	0,03
18	Руберойдовий цех	410	255	101,9	404	90,9	65,5	0,03
19	КНС	580	190	2,1	56,9	13,4	24,6	0,03
20	Депо	570	170	3,5	12,3	101	11,4	0,03
21	Склад готової продукції	355	100	3,3	6,6	178	8,37	0,03
22	Бітумоприймач	63	180	29,2	36,6	287	19,7	0,03
23	Бітумоприймач	150	230	8,1	15,5	187	12,8	0,03
24	Градирня	380	290	0,9	3,3	101	5,92	0,03
25	Лабораторія	410	293	51,8	54	346	23,9	0,03
26	Котельня	660	155	20,1	101	71,4	32,8	0,03
27	РМЦ	370	135	27,3	41,3	238	20,9	0,03
28	Склад продукції	305	255	35,4	40,2	317	20,7	0,03

За отриманими результатами на генплані заводу побудована картограма електричних навантажень заводу (рисунок 2.4).

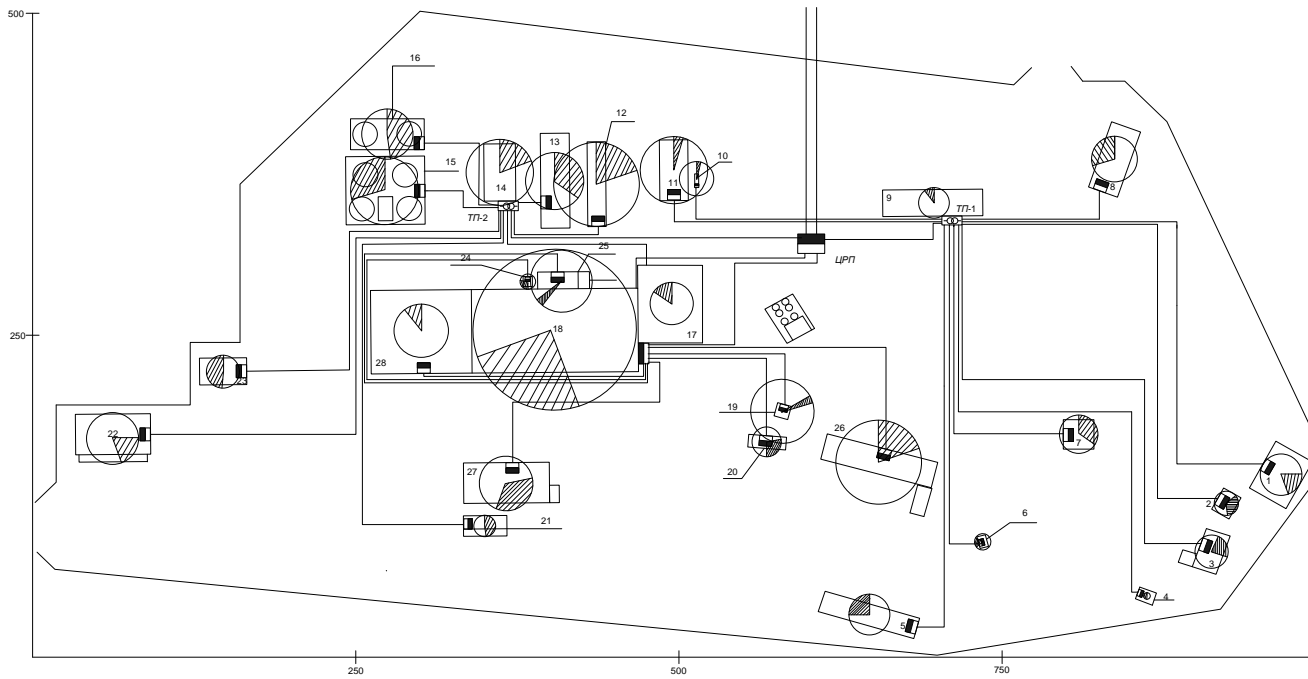


Рисунок 2.4 – Генплан заводу з картограмою електричних навантажень

Визначаємо координати центру навантажень:

$$X = \frac{\sum_{k=1}^{28} P_{mk} X_k}{\sum_{k=1}^{28} P_{mk}} = \frac{21,5 \cdot 970 + 15,4 \cdot 910 + \dots + 40,2 \cdot 305}{21,5 + 15,4 + \dots + 40,2} = 463,8 (\text{м}), \quad (2.46)$$

$$Y = \frac{\sum_{k=1}^{28} P_{mk} Y_k}{\sum_{k=1}^{28} P_{mk}} = \frac{21,5 \cdot 148 + 15,4 \cdot 120 + \dots + 40,2 \cdot 255}{21,5 + 15,4 + \dots + 40,2} = 276,3 (\text{м}). \quad (2.47)$$

Визначенні координати дають змогу ефективного розташування ЦРП-10 кВ. при чому розвиток виробничих потужностей та будівництво житлового фонду підприємства в майбутньому планується саме в безпосередній близькості від ЦРП та зовнішнього живлення.

## 2.6 Вибір схеми електропостачання та її основного обладнання

Оптимальною схемою електропостачання заводу будівельних матеріалів буде виконання живлення його цехів від центрального розподільчого пристрою окремими радіальними лініями, що забезпечить достатню надійність та ефективність у використанні електроенергії.

Представлені міркування покажемо на спрощеній схемі електропостачання заводу (рис. 2.5).

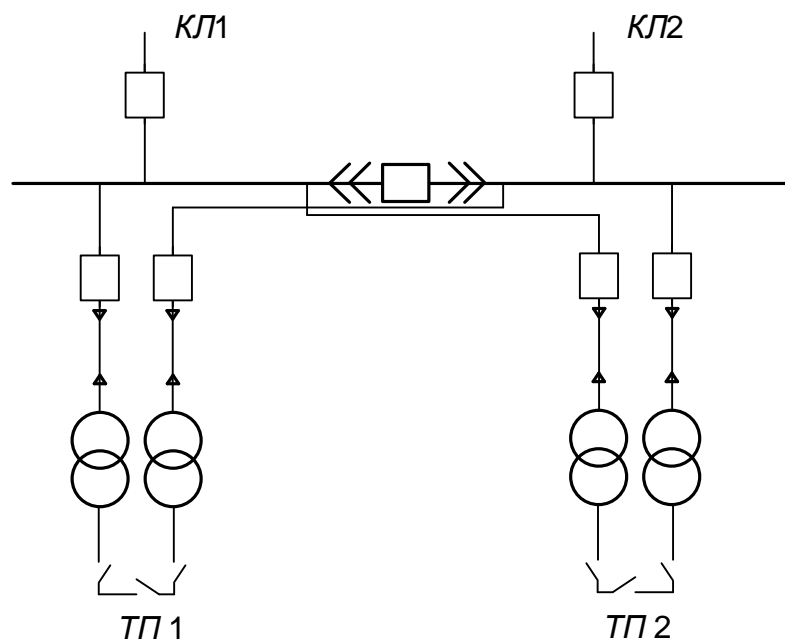


Рисунок 2.5 – Спрощена схема електропостачання

Проведемо необхідні розрахунки для вибору високовольтного обладнання наведеної схеми електропостачання.

Умовою вибору високовольтних вимикачів є номінальна напруга та розрахунковий струм, який враховує після аварійний режим роботи з можливою нерівномірністю струморозподілу.

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном. мережі}}, \quad (2.48)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{м.ав}}, \quad (2.49)$$

де  $I_{\text{м.ав}}$  - значення розрахункового струму в післяаварійному режимі.

Визначимо значення цього струму для підстанцій, що встановленні на заводі: ТП-1:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{958,1}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 27,7 \text{ (А)}, \quad (2.50)$$

$$I_{М.ав} = \frac{1,4 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,9 \text{ (А)}. \quad (2.51)$$

ТП-2:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{924,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 26,7 \text{ (А)},$$

$$I_{М.ав} = \frac{1,4 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,9 \text{ (А)}.$$

Для забезпечення надійності електропостачання технологічного процесу заводу будівельних матеріалів для встановлення на стороні 10 кВ виберемо вакуумні вимикачі типу ВРС-10-320-10Т3, номінальні характеристики якого:  $I_{НОМ.В} = 320 \text{ А} > I_{М.ав}$ , час відключення - 0,105 с. Такий тип вимикача запропоновано встановити на всі фідерах живлення.

Для каналізації електроенергії по території заводу виберемо броньовані кабелі марки ААБ, що прокладенні в траншеї в землі.

Для внутрішньозаводської високовольтної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ прокладені в траншеї.

Згідно [2] вибираємо кабель марки ААБ перерізом  $3 \times 25 \text{ мм}^2$  з допустимим струмом  $I_{доп} = 65 \text{ А}$ .

Подібні розрахунки виконуємо для всіх приєднань та результати заносимо в таблицю 2.10.



Таблиця 2.-10 – Інформація про фідера живлення 10 кВ

Лінія	$I_M, A$	$I_{M.av}, A$	Вимикач	$I_{ном.в} A$	$S_{сек}, мм^2$	Провідник	$I_{доп}, A$	$L, м$
ЦРП-ТП-1	27,7	80,9	ВРС-10-320-10ТЗ	320	17,31	ААБ-3х25	65	35
ЦРП-ТП-2	26,7	80,9	ВРС-10-320-10ТЗ	320	16,7	ААБ-3х25	65	37

### 2.7 Перевірка вибраного обладнання на дію струмів к.з. на стороні 10 кВ

Однією з важливих перевірок обраних комутаційно-захисних апаратів та провідників є проведення розрахунків з визначення струмів коротких замикань, що найбільше впливають на робочий стан системи електропостачання.

Виконаємо розрахунки струмів коротких замикань для високовольтної частини системи електропостачання заводу будівельних матеріалів. Для цього представимо необхідну схему заміщення, що дозволяє виконати необхідні розрахунки струмів к.з. Зауважимо, у зв'язку з тим, що на підприємстві відсутні високовольтні двигуни, які можуть підживлювати місці ймовірних коротких замикань, то враховувати будемо тільки вплив системи на величину струмів к.з. (рис. 2.6)

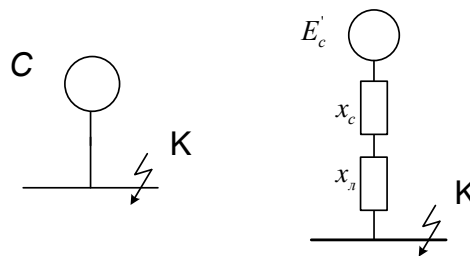


Рисунок 2.6 - Розрахункова схема і схема заміщення

Для подальших розрахунків прийемо базисні величини:  $S_6 = 1000$  МВА – базисна потужність,  $S_k = 80$  МВА - потужність трифазного к.з.,  $U_6$ - середня напруга  $U_{сеп}$  ступеня, на якому виникає кз.

Визначимо базисний струм:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{сеп}} \quad (2.5)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ (кА)}.$$

Знайдемо опір системи:

$$x_c = \frac{S_6}{S_k} = \frac{1000}{80} = 12,5 \text{ (в.о.)} \quad (2.53).$$

Для більш точних розрахунків обов'язково потрібно врахувати зовнішню лінію живлення від енергосистеми до ЦРП. Для цього виберемо її враховуючи, що вона виконана кабельною лінією. Знайдемо переріз кабельної лінії та визначимо її марку:

$$I_{м.ав} = 2 \cdot I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 2 \cdot \frac{\sqrt{1468,6^2 + 1228,3^2}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 110,5 \text{ (А)}. \quad (2.54).$$

Вибираємо дві кабельні лінії, які виконані кабелем марки ААБ 3х120 мм<sup>2</sup> з допустимим струмом  $I_{доп} = 185 \text{ (А)}$ .

Опір лінії від системи до ЦРП:

$$X_L = X_{пит} \cdot 1 \cdot \frac{S_6}{U_{сер}^2} = 0,064 \cdot 3 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,7 \text{ (в.о.)}. \quad (2.55).$$

Результуючий опір:

$$X_{\Sigma} = X_C + X_L = 12,5 + 1,7 = 14,2 \text{ (в.о.)}. \quad (2.56).$$

За значенням (2.56) знайдемо діючу величину струму к.з.:

$$I_{п.о.с} = \frac{E_c}{x_{\Sigma}} \cdot I_6 = \frac{1}{14,2} \cdot 55 = 3,9 \text{ (кА)}. \quad (2.57).$$

Останнє значення з (2.57) буде періодичною складовою струму к.з.

$$I_{п.т.с} = I_{п.о.с} = 3,9 \text{ (кА)}. \quad (2.58).$$

Аперіодична складова визначається за час спрацювання захисту  
 $t = \tau = 0,01$  с:

$$i_{a.\tau.c} = \sqrt{2} I_{п.о.с} e^{-t/T_{a.c.}} = \sqrt{2} \cdot 3,9 \cdot e^{-0,1/0,03} = 0,19 \text{ (кА)}, \quad (2.59)$$

де  $\tau = t_{рз.min} + t_{в.в.} = 0,01 + 0,09 = 0,1$  с.

$T_{a.c.} = 0,03$  - постійна часу, с.

Значення ударного струму к.з. визначиться як:

$$i_{уд.с} = \sqrt{2} \cdot I_{п.о.с} (1 + e^{-0,01/T_{a.c.}}) = \sqrt{2} \cdot 3,9 \cdot (1 + e^{-0,01/0,03}) = 5,71 \text{ (кА)}. \quad (2.60)$$

Перевіримо динамічну стійкість високовольтних вимикачів ВРС-10-320-10ТЗ за умовами:

$$\begin{cases} i_{дин} \geq i_{уд}, \\ I_{дин} \geq I_{по}, \end{cases} \quad (2.61)$$

Тезнічні параметри вимикача ВРС-10-320-10ТЗ:

$$\begin{cases} i_{дин} = 25 \text{ (кА)} \geq i_{уд} = 5,71 \text{ (кА)}, \\ I_{дин} = 10 \text{ (кА)} \geq I_{по} = 3,9 \text{ (кА)}. \end{cases} \quad (2.62)$$

Результати отриманні по (2.62) свідчать, що умови динамічної стійкості на дію струмів короткого замикання виконуються.

Комутаційна здатність вимикачів перевіряється за умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{п\tau.c}, \\ \sqrt{2} I_{н.відкл} \left( 1 + \frac{\beta_n}{100} \right) \geq \sqrt{2} I_{п\tau.c} + i_{a.\tau.c}. \end{cases} \quad (2.63)$$

У зв'язку з тим, що  $\tau = 0,1 \text{ с} > 0,09 \text{ с}$  можна прийняти  $\beta_n = 0$ , то перевірку на комутаційну здатність можна виконати за наступними спрощеними умовами:

$$\begin{cases} I_{\text{н.відкл}} \geq I_{\text{п.т.с}}, \\ \sqrt{2}I_{\text{н.відкл}} \geq \sqrt{2}I_{\text{п.т.с}} + i_{\text{а.т.с}}, \end{cases} \quad (2.64)$$

$$\begin{cases} I_{\text{н.відкл}} = 10 \text{ кА} \geq I_{\text{п.т.с}} = 3,9 \text{ (кА)}, \\ \sqrt{2}I_{\text{н.відкл}} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{ (кА)} \geq \sqrt{2}I_{\text{п.т.с}} + i_{\text{а.т.с}} = \sqrt{2} \cdot 3,9 + 0,19 = 5,71 \text{ (кА)}. \end{cases}$$

Отриманні результати підтверджують правильність вибору високовольтного вимикача за комутаційною здатністю.

Тепловий імпульс:

$$W_{\text{к}} = I_{\text{п.о.с}}^2 (t_{\text{відк}} + T_{\text{а.с.}}) = 3,9^2 \cdot (0,6 + 0,03) = 9,58 \text{ (кА}^2 \text{ с)}, \quad (2.65)$$

$$t_{\text{відк}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{п.в}} = 0,5 + 0,1 = 0,6, \text{ (с)}. \quad (2.66)$$

Зробимо перевірку високовольтного вимикача на термічні дію струму короткого замикання:

$$\begin{aligned} W_{\text{к}} &\leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}, \\ 9,58 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)} &\leq 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}. \end{aligned} \quad (2.67)$$

Результат по (2.67) підтверджує термічну стійкість високовольтного вимикача.

Перейдемо до перевірки термічної стійкості живлячої лінії на відрізку ЦРП – ТП. Знайдемо мінімальний переріз цієї кабельної лінії:

$$s_{\text{min}} = \frac{I_{\text{п.о.с}}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}}}{C_{\text{т}}} \cdot 1000, \quad (2.68)$$

$$s_{\text{min}} = \frac{3,9 \cdot \sqrt{0,15}}{90} \cdot 1000 = 16,8 \text{ (мм}^2 \text{)}.$$

де  $t_{\text{відк}}$  – час відключення, який визначається :

$$t_{\text{відк}} = t_{\text{с.в}} + t_{\text{д}} + T_{\text{а}}, \quad (2.69)$$

$$t_{\text{відк}} = 0,12 + 0,01 + 0,03 = 0,15 \text{ (с)}.$$

де  $C_{\text{T}}$  - термічний коефіцієнт.

Проведенні розрахунки показали, що  $s_{\text{min}} < s_{\text{пр}}$  ( $s_{\text{пр}} = 25 \text{ мм}$ ), тому обраний кабель задовольняє термічній стійкості на дію струмів коротких замикань, тому даний кабель може бути застосований для мереж внутрішнього електропостачання заводу.

## 2.8 Перевірка вибраного обладнання на дію струмів к.з. на стороні 0,4 кВ

Низьковольтні електричні апарати вимагають перевірки комутаційної здатності. Для цього виконаємо розрахунок та визначимо струм трифазного короткого замикання згідно з розрахунковою схемою, яка представлена на рис. 2.7

Знайдемо струм короткого замикання в точці, яка знаходиться ТП - РП-ЕП.

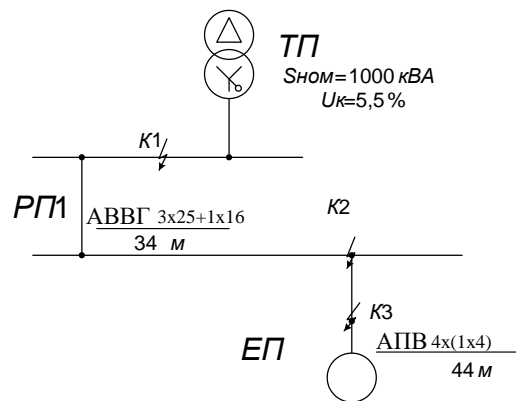


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема мережі

Використовуючи значення опорів, що характерні для трансформатора з  $S_{\text{ном.т}} = 1000 \text{ (кВА)}$ , визначимо комутаційну здатність низьковольтного вимикача за умовою:

$$I_{\text{н.в\i дк}} \geq I_{\text{к}}^{(3)}. \quad (2.70)$$

Струм трифазного к.з на шинах ТП можна визначити як:

$$I_{\text{к1max}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.71)$$

де  $Z_{\Sigma}$  – повний опір трансформатора 1000 кВа.

$$I_{\text{к1max}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,4^2 + 13,5^2}} = 16,547 \text{ (кА)}.$$

Це доводить, що вибрані на ТП автомати відповідають умовам комутаційної здатності:  $I_{\text{н.в\i дк}} = 32,5 \text{ кА} > I_{\text{к1}}^{(3)} = 16,547 \text{ кА}$ .

Для перевірки чутливості та селективності автоматичних вимикачів цехової мережі визначимо струм однофазного короткого замикання, що враховує перехідний процес.

Струм однофазного короткого замикання визначається за виразом:

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l}, \quad (2.72)$$

де  $Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T$  (мОм) – повний опір трансформатора;

$Z_{\text{ф-н}}$  – опір петлі фаза-ноль;

$l$  – відстань до місця к.з.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T = 3 \cdot \frac{U_{\text{к}}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.ТР}}} = 3 \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \frac{380^2}{630} = 37,82 \text{ (Ом)},$$

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 0,82 \cdot 69} = 3,18 \text{ (кА)}.$$

Значення струму однофазного к.з. на клеммах споживача:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1}, \quad (2.73)$$

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 0,82 \cdot 34 + 2,12 \cdot 44} = 1,7 \text{ (кА)}.$$

На чутливість автомат перевіряється за умовою:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}, \quad (2.74)$$

Для лінії ТП – РП:

$$I_{н.розч} = 103,6 \text{ (А)} < \frac{I_{к2}^{(1)}}{3} = \frac{3180}{3} = 1060 \text{ (А)}.$$

Для лінії РП- ЕП:

$$I_{н.розч} = 25 \text{ (А)} < \frac{I_{кз}^{(1)}}{3} = \frac{1600}{3} = 533,3 \text{ (А)}.$$

Проведені розрахунки показують, що умови перевірки автоматів на чутливість виконуються.

Перевіримо селективність спрацювання автоматів від дії струмів короткого замикання:

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5)I_{с.В2}, \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.75)$$

Перевірку на селективність виконаємо окремо для кожної ділянки електричної мережі, починаючи від трансформатрної підстанції закінчуючи споживачем.

$$\begin{cases} I_{с.В1} = 1120 \text{ (А)} > (1,3..1,5)I_{с.В2} = (1,3..1,5) \cdot 1120 = 1456..1680 \text{ (А)}, \\ t_{с.В1} = 0,2 > t_{с.В2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115. \end{cases}$$

Проведені розрахунки свідчать про задовільну роботу селективності автоматів. На основі отриманих результатів побудуємо карту селективності.

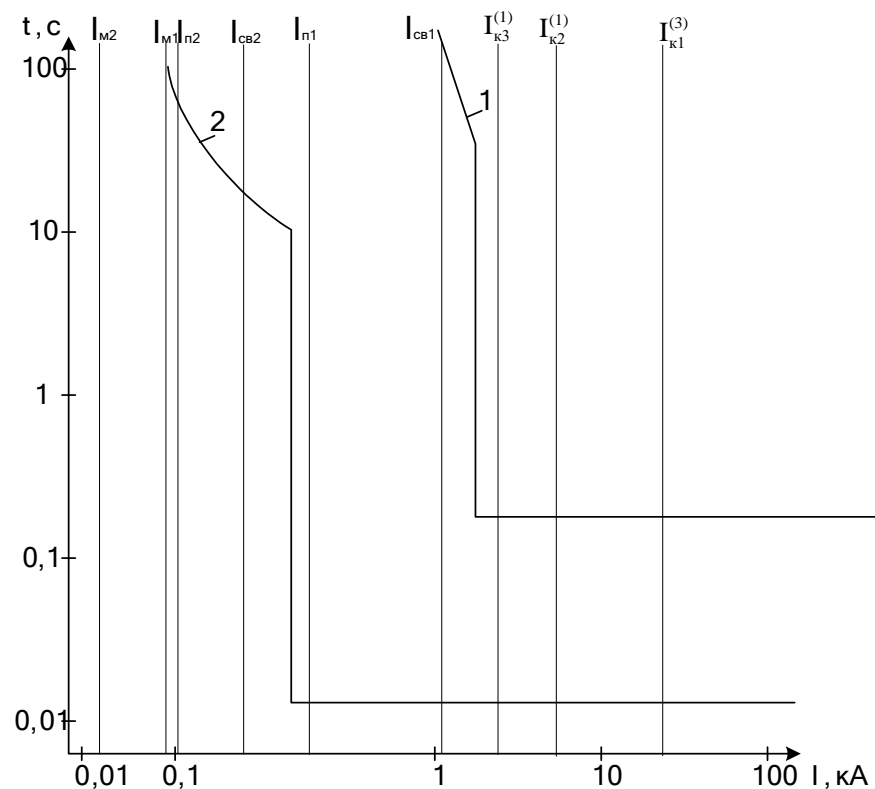


Рисунок 2.8 - Карта селективності

В результаті виконаних в розділі 2 розрахунків була спроектована ефективна система електропостачання заводу будівельних матеріалів, основні елементи якої рекомендовано виконати на базі інноваційного електротехнічного обладнання. З врахуванням особливостей технологічного процесу та вимог про перспективу розвитку підприємства були визначені потужності та кількість трансформаторів, запропоновано джерело зовнішнього живлення.

З перспективою розвитку підприємства було вибрано місце встановлення ЦРП, що врахувало особливості будівельних споруд на генеральному плані. Вибрані для всіх рівнів системи електропостачання комутаційні апарати та провідники і виконана перевірка за струмами коротких замикань.



### 3. ЗАСТОСУВАННЯ ІНОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Задача раціонального використання електричної енергії на промислових підприємствах є однією з основних, що дозволяє знизити витрати електроенергії та підвищити ефективність системи електропостачання. Серед заходів, що сприяють раціональному використанню електроенергії розрізняють організаційні, методичні, технічні, економічні та ін..

Для отримання найбільшого ефекту від проведення різноманітних заходів в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується використати елементи інноваційного підходу до процесу зниження витрат електроенергії. Інноваційний підхід це комплексний підхід до зниження витрат, який дозволяє одночасно застосовувати ті чи інші заходи раціонального використання електроенергії.

Розглянемо деякі найбільш розповсюдженні заходи раціонального використання електроенергії для підприємств будівельної галузі.

#### 3.1 Загальна характеристика заходів по раціональному використанні електроенергії.

Важливим та одним із основних моментів раціонального використання електричної енергії є відсутність комплексного вирішення проблеми енергозбереження.

До теперішнього часу проблема енергозбереження вирішувалася впровадженням організаційно методичних заходів, які були направлені на вирішення окремих локальних енергозберігаючих програм. Тільки запровадження інноваційного підходу, що пов'язаний з комплексним керуванням системи енергозбереження на всіх рівнях управління: національному, галузевому, місцевому та ін., які тісно пов'язані між собою, може дати необхідний ефект. В цьому ланцюгу управління не останнє місце

займають промислові підприємства, в яких також запровадження енергозберігаючих заходів носить далеко не комплексний характер.

На рисунку 3.1 представлено характерна система першочергових заходів, що стимулюють та регулюють процес енергозбереження на підприємстві.

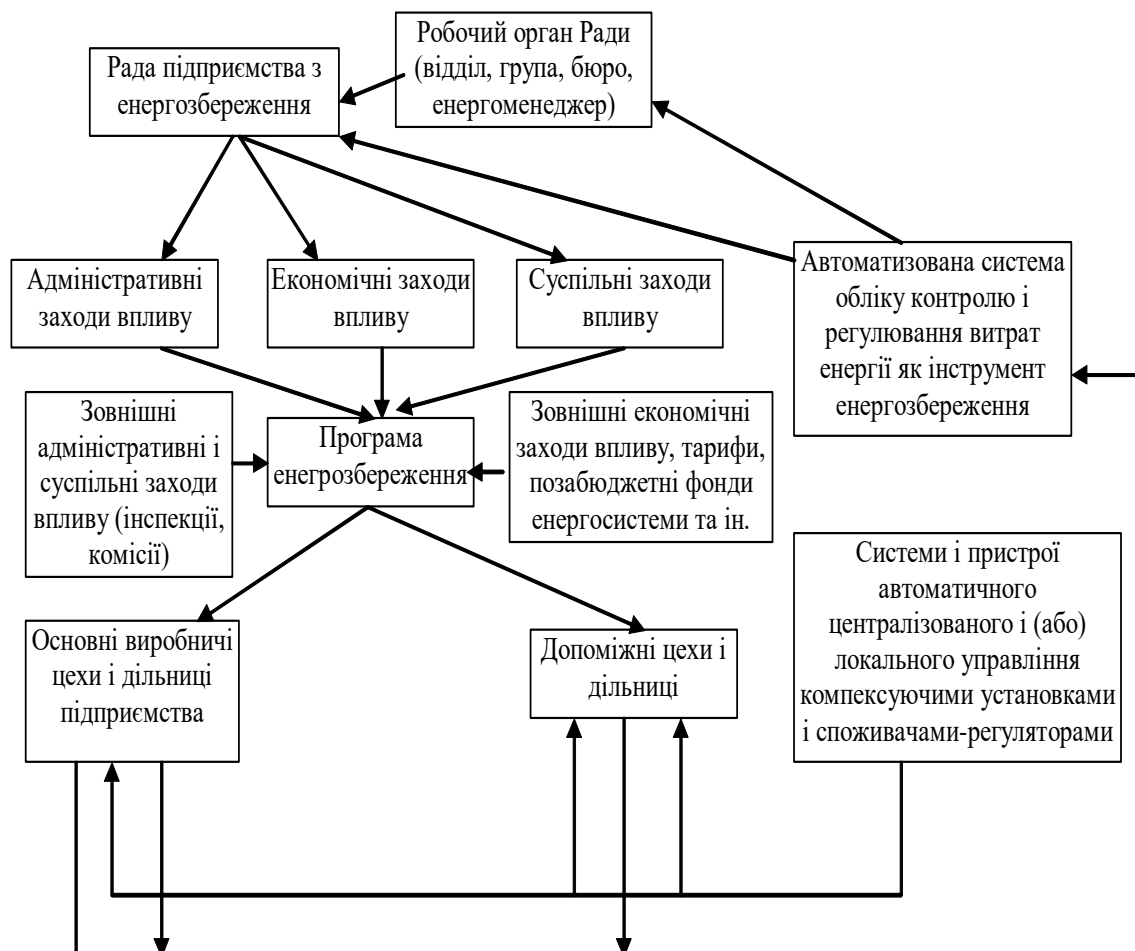


Рисунок 3.1– Схема основних заходів управління енергозбереженням

З наведеного рисунку можна побачити елементи інноваційного комплексного підходу до системи управління енергозбереженням. В ній присутні спеціальні органи управління енергозбереженням, комплексні програми енергозбереження, процес виконання цих програм, а також елементи звітності про виконання організаційно-технічних заходів.

Розглянемо деякі фрагменти, що знайшли відображення у інноваційно-комплексному підході до раціонального використання електроенергії на

підприємствах будівельної галузі.

### 3.2 Економічні аспекти раціонального використання електроенергії

Використання економічних стимулів при впровадженні системи енергозберігаючих заходів є основою для її вдалого впровадження. При чому система економічного стимулювання повинна бути спрямована на всі технічні служби промислового підприємства, тобто це комплексна задача стимулювання, що охоплює енергетиків, конструкторів, технологів та ін., які змотивовані на ефективне використання різного обладнання, що забезпечує технологічний процес.

Ефективне використання електротехнічного обладнання, наприклад може бути пов'язане з ущільненням графіків навантаження. Ущільнення графіків електричних навантажень підприємств будівельної галузі, з достатньою ступеню ймовірності, можна пов'язати зі зниженням електроспоживання за рахунок встановлення відповідних лімітів в години максимальних навантажень. Цю задачу обов'язково потрібно вирішувати в комплексі з питанням впровадження елементів зацікавленості промислового підприємства у ефективному використанні електричної енергії у години провалів навантаження. Такий інноваційний підхід дозволить запровадити на підприємстві раціональне використання електроенергії в цілому.

Наведемо перелік заходів по раціональному використанню електроенергії, за які бажано, на нашу думку, застосовувати елементи стимулювання персоналу промислового підприємства (рис. 3.2)

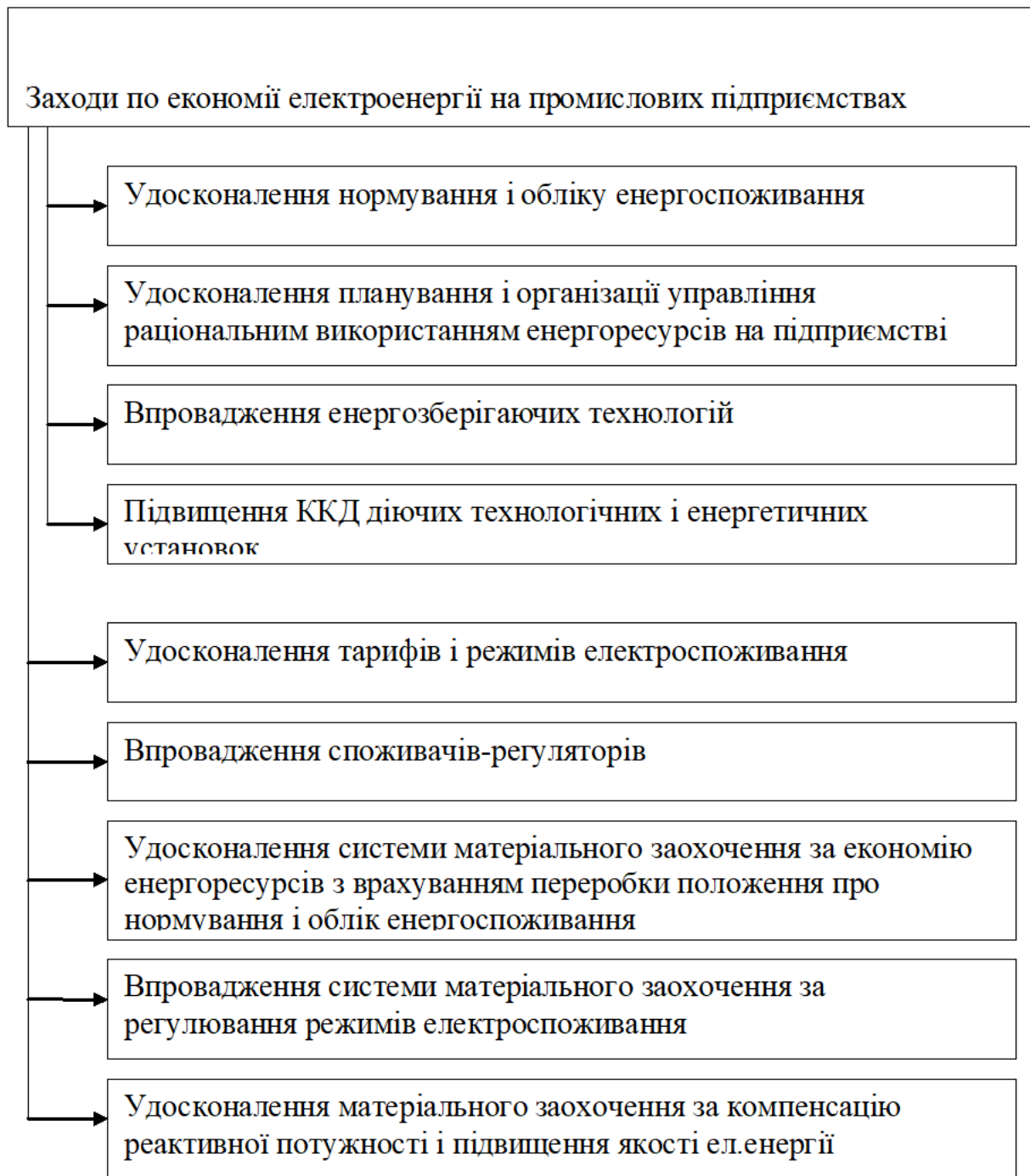


Рисунок 3.2 – Перелік заходів за які потрібно стимулювати обслуговуючий персонал

### 3.3 Технічні заходи що забезпечують економію електроенергію

Розглянемо деякі заходи по раціональному використанню електроенергії, що стосуються окремих видів електрообладнання, задіяного в технологічному процесі. Нагадаємо ще раз, що тільки застосування іноваційно-комплексного підходу дасть можливість ефективного впровадження енергозберігаючих заходів.

Найпоширенішим електрообладнанням є електричні двигуни різної потужності та призначення. Електродвигуни в основному використовуються для перетворення електричної енергії в механічну. Звідси зрозуміло, що на шляху цього перетворення виникають втрати. В залежності від технологічного процесу в якому приймають участь різного типу та потужності електроприводи зрозуміло, що і величина втрат буде різною. Так склалося, що в більшості пристроїв, які використовуються для потреб технології використовуються найпростіші нерегульовані електроприводи. В таких умовах витрати електроенергії на виготовлення різноманітних виробів можуть значно відрізнятись від оптимального. Саме на цьому етапі, бажано було б, для аналізу витрат використовувати іноваційно-комплексний підхід, що дозволить керувати витратами електроенергії та зменшувати їх. Також значний вплив на витрати електроенергії при використанні електроприводів значну роль відіграють проектні розрахунки, які дозволяють обрати оптимальну потужність електроприводу. Тобто на етапі проектування системи електропостачання певного технологічного процесу до прогнозування витрат електроенергії та їх зменшення значна увага повинна приділятися саме іноваційно-комплексному підходу. Як один із можливих варіантів такого підходу може бути всебічний аналіз оптимального використання в технологічному процесі частотно регульованого електроприводу. Такий електропривод здатен забезпечити оптимальні режими роботи двигуна за рахунок контролю швидкості його обертання та зусиль на виконання певної механічної роботи.

Статистика показує, що заміна нерегульованого електропривода на регульований дозволяє знизити витрати електроенергії від 25 до 50%.

Підсумовуючи, можна стверджувати що комплексне вирішення питань по вибору оптимальної потужності електроприводів (обумовлено потребами навантаження, що задіяні в технологічному процесі), вибору типу електроприводу (нерегульований, регульований), вибір типу перетворювачів, вибору трансмісії (муфти) і тд. дозволить значно знизити витрати електричної енергії.

Наступним електричним навантаженням що знайшли поширене використання в різних технологічних процесах є зварювальні установки.

Питомі витрати електроенергії для них можна визначити за формулою:

$$\Delta E = \frac{U}{\eta \cdot k_H} \cdot C, \quad (3.1)$$

де  $\eta$  – характеристика джерела живлення у вигляді коефіцієнту корисної дії;

$C$  - характеристика холостого ходу джерела живлення;

$U$  - напруга дуги зварювання, В;

$k_H$  - коефіцієнт, що характеризує якість зварювального шову.

Приведемо можливі витрати електроенергії при виконанні зварювальних робіт (таблиця 3.1).

З таблиці видно, що для зниження питомих витрат електроенергії на зварювання ефективним є комплексне вирішення питань, що стосуються оптимального вибору способу зварювання, скороченню або в загалі усунення холостого ходу електрозварювальних установок та вдосконалення технології проведення електрозварювальних робіт.

Тут також важливим є вибір характеру струму на якому проводиться зварювання, вибір характеру проведення зварювальних робіт (ручне, автоматичне, напівавтоматичне).

Таблиця 3.1 – Питомі витрати електроенергії при виконанні зварювальних робіт

Вид струму і спосіб зварювання		Питома витрата електроенергії, кВт год / кг
Змінний струм:		
Ручне дугове зварювання	однофазна схема	3,5-3,8
	трифазна схема	2,65-3,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом		2,8-3,5
Електрошлакове зварювання		1,8-2,4
Постійний струм:		
Ручне дугове зварювання	Однопостова схема	5,0-6,5
	Багатопостова схема	8,0-9,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом		4,2-6,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу		2,2-3,2

Наступним характерним споживачем, що задіяний в більшості технологічних процесах є насоси, які забезпечують роботу нагрівальних та охолоджувальних систем, систем водопостачання, транспортування різних технологічних рідин.

Насосні установки можуть істотно впливати на витрати електроенергії якщо управління ними відбувається з порушенням оптимальної організації технологічного процесу. При експлуатації насосів також рекомендується використання іноваційно-комплексного підходу, що вплине на економію електроенергії. Серед цих заходів можна відмітити наступне: заміна агрегатів з

низьким ККД, максимальне завантаження, чітка відповідність паспортних даних насосів з трубопровідними системами, ретельне балансування робочих коліс та ущільнення трубопроводів та ін..

Значну частину електроенергії в ході виконання технологічного процесу та допоміжних робіт відіграють вентиляційні системи, що забезпечують необхідні санітарно-гігієнічні умови. Якісна та ефективна роботи таких систем залежить від багатьох факторів які потрібно постійно контролювати. Тому значна роль при експлуатації вентиляційних систем відводиться систематичному обслуговуванні. Зниження витрат електроенергії у вентиляційних системах також може досягатися за рахунок проведення робіт з очищення вентиляційної системи на яку, зазвичай, не звертають уваги.

Істотну частку (до 60%) в електроспоживанні на промислових підприємствах складають витрати електроенергії на роботу освітлювальних установок. Зниження витрат електроенергії в освітлювальних установках прийнято досягати за рахунок встановлення ламп меншої потужності освітлення або обмеженням часу використання світильників.

Приведемо в табличній формі інформацію про характеристику різних джерел світла, що використовуються в промисловості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Характеристика різних джерел світла



Джерела світла, що замінюються	Можлива економія електроенергії, %
Люмінесцентні лампи на	
- металогалогенні	24
Ртутні лампи на	
- металогалогенні	42
- люмінесцентні	22
- натрієві	45
Лампи розжарення на	
- металогалогенні	66
- люмінесцентні	55
- ртутні	42
- натрієві	68

Зниження витрат електроенергії можна досягти також оптимальним використанням компресорних установок, що задіяні в основному технологічному процесі для транспортування повітря або стиснутого газу. Заходи з економії електроенергії при роботі компресорних установок можна умовно поділити на дві групи. Ті що вимагають капіталовкладень та технічних, які можуть впливати на витрати електроенергії покращенням експлуатаційних характеристик компресора за рахунок контролю різних показників, профілактично ремонтним заходам. Ефективним способом зниження витрат є встановлення додаткових компресорів та запровадження сучасних процесів рекуперації, але все це вимагає додаткових капіталовкладень.

Надамо деякі техніко-економічні рекомендації, які обґрунтовують впровадження окремих заходів та засобів з економії електроенергії.

Економічна доцільність впровадження перетворювача частоти, зовнішній вигляд та схему підключення якого показана на рис.3.3 та 3.4 відповідно, для електроприводів обумовлюється тим, що при зменшенні терміну окупності приблизно до трьох років відносна економія електроенергії складе 21% та більше.

Досвід експлуатації показує, що для, наприклад, насоса потужністю 100 кВт може досягати 40% при терміні окупності 3,15 років.



Рис. 3.3 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти

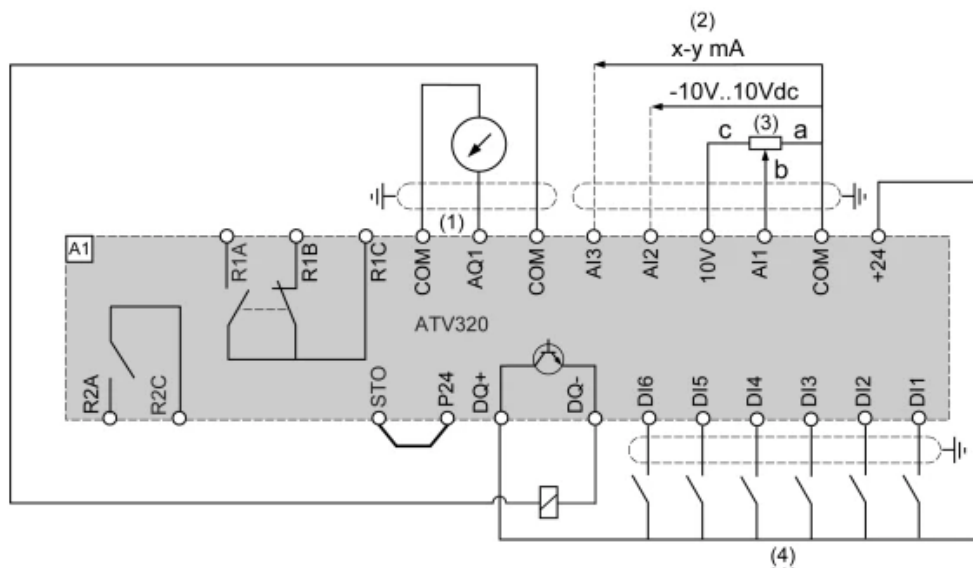


Рис. 3.4 Типова схема підключення перетворювача частоти

Аналізуючи системи електропостачання підприємств, в технологічному процесі яких використовується вентиляційні установки (рис. 3.5), можна зробити висновок, що при заміні старих вентиляторів, які мають коефіцієнт корисної дії до 60% на нові з коефіцієнтом корисної дії близько 90% економія електроенергії складе до 35% при повному завантаженні. Термін окупності при цьому, за більшості оцінок складе 2,3 роки.

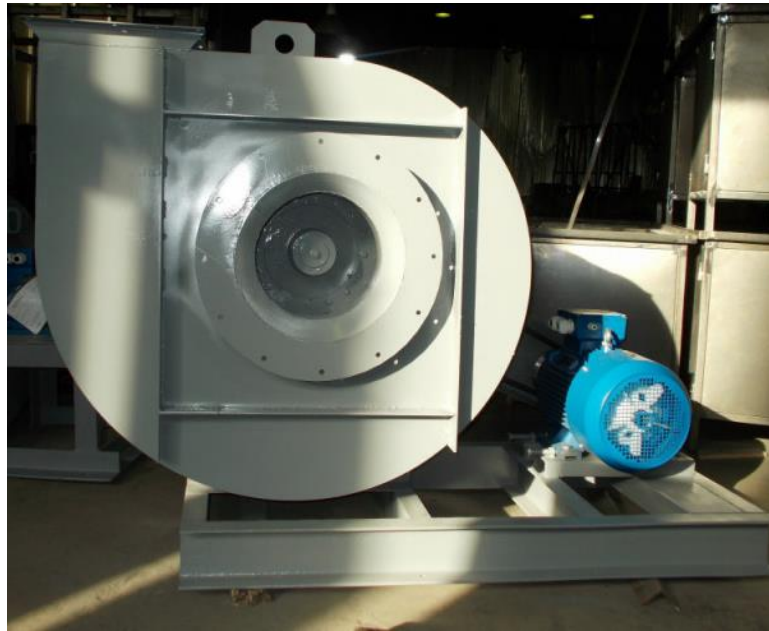


Рис. 3.5 – Зовнішній вигляд вентиляційної установки

На деяких ділянках заводу будівельних матеріалів для опалення використовують компресори, при цьому на відновлення теплового носія витрачається близько 80% електроенергії. У випадку інвестицій, наприклад, в теплообмінник можна було б за рахунок коригування тиску можливо отримати біля 50% попереднього рівня споживання електроенергії. Термін окупності такого теплообмінника складає близько 0,7 років.

Як свідчить матеріали, що розроблені в даному розділі, раціональне використання електроенергії ефективним буде тоді, коли буде застосований інноваційний комплексний підхід до загальної проблеми збереження енергетичних ресурсів. Саме такий підхід пропонується в магістерській кваліфікаційній роботі, де наведені окремі споживачі електроенергії, що відповідальні за основний технологічний процес виробництва і роботу яких можна теоретично поєднати в комплекс для використання інноваційних методів прогнозування та споживання електроенергії.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

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

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції  $V = 1550$  (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу  $Ч = 950$ ;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби  $З_{пл}$ , грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції  $d = 12\%$ ;
- первісна або балансова вартість основних фондів  $\Phi = 2500$  млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень:  $E_H = 0,1$ ;
- нормований термін окупності, років:  $T_{ок} = 10$ .
- середньомісячна зарплата одного працівника  $З = 6500$  грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{пл} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6500 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,078 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 950 \cdot 0,078}{0,12} = 852,15 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 1550 - 852,15 = 697,85 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{2500}{697,85} = 3,58 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 3,58 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

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

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1 та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2 і 1.1, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-1000	2	958,1
ТП 2	ТМ-1000	2	924,2

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	430	ААБ-10 3х25	2
ЦРП – ТП2	490	ААБ-10 3х25	2

Рекомендації до виконання:

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

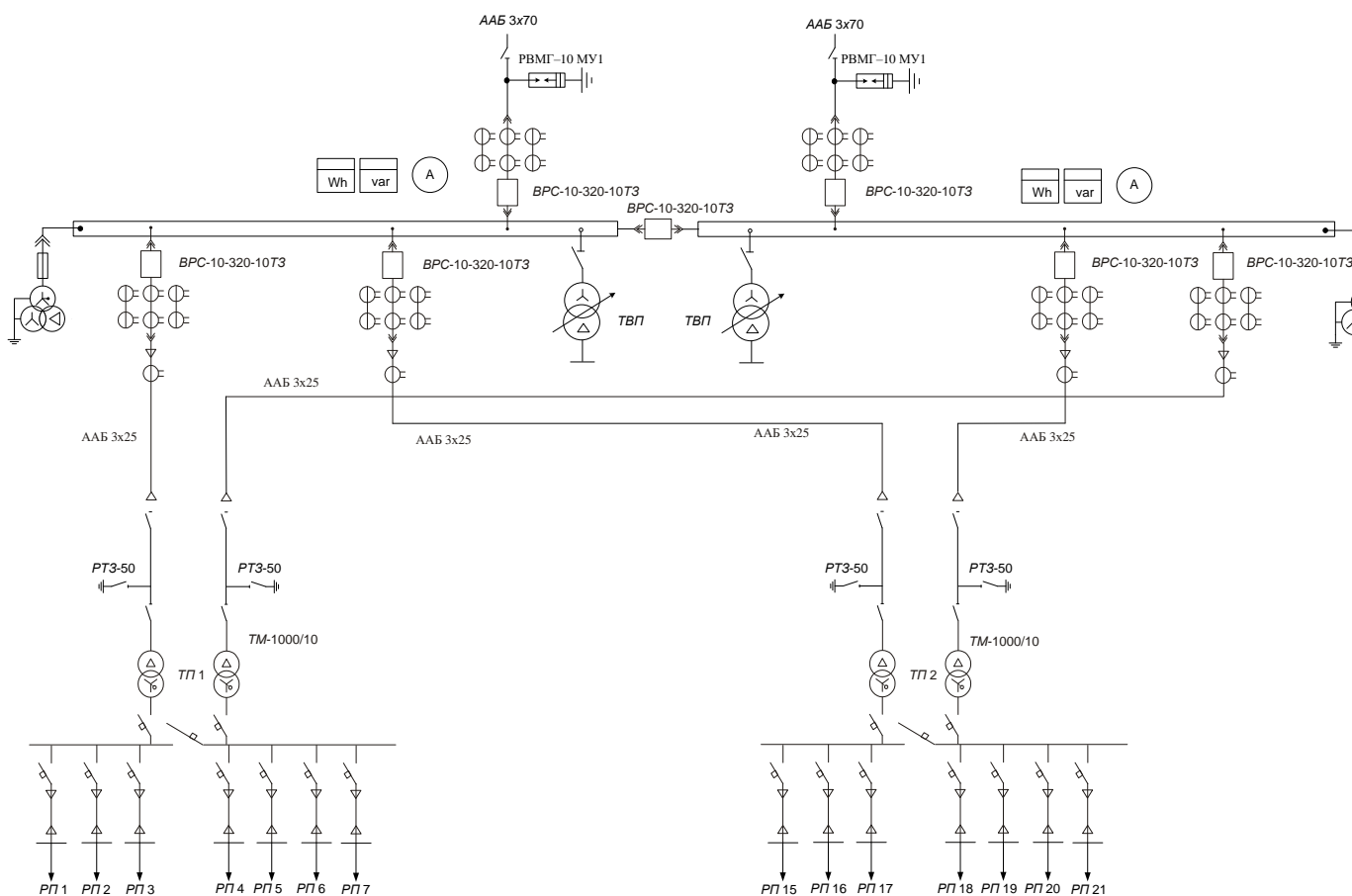


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання заводу

#### 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (ААБ 3х25) в траншеї в землі II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} + K_{прок}) L = (83,08 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,430 = 73,35 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{пит}$ , тис.грн	$K_{прок}$ , тис.грн	$K_{л}$ , тис.грн
ЦРП-ТП1	ААБ -10 3х25	2	0,430	83,08	4,22	73,35
ЦРП-ТП2	ААБ -10 3х25	2	0,490	83,08	4,22	83,48
Разом						156,75

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

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

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

$K_{пост}$  – 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.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{пс1}} = 561,9 + 112,38 = 674,28 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП-1	ТМ-1000	2	561,90	112,38	674,28
ТП-2	ТМ-1000	2	561,90	112,38	674,28
Разом:					1348,56

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{В}} = 7 \cdot 50 = 350 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 1348,56 + 350 = 1698,56 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 156,75 + 1698,56 = 1855,3 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

### 4.3 Розрахунок поточних витрат

#### 4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

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

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

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

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



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

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

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

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

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

$h$  – кількість обладнання в групі.

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

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	7	1	16	112	12	2	168
ТМ-1000	4	0,33	300	396	12	8	384
ААБ -10 3х25км	1,84	1	96	176,640	1	128,800	236,992
Разом				684,64			788,992

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	7	2	0,1	12	268,8	436,8
ТМ-1000	4	2	0,1	12	2880	3264
ААБ -10 3х25	1,840	2	0,1	12	423,936	660,928
Разом					3572,736	4361,728

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{4361,728}{1900 \cdot 1,05} = 2,18. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{684,64}{1900 \cdot 1,1} = 0,32. \quad (4.13)$$

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

#### 4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.15)$$

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

$C_1$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_1 = 6700 \cdot 1/176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

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

Заробітна плата робітників-погодинників:

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

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

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

$$t_{гр} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1, \quad (4.20)$$

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

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

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

$$\Phi_p = 684,64 \cdot 50,06 = 34272,85 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

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

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

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200953,18 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 34272,85 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 44897,43 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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

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

$$\Phi_{\text{оед}} = 200953,18 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 44897,43 \cdot 1,15 = 51632,04 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

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

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

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

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

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

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 51632,04 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 69703,26 \text{ (грн./рік)}.$$

#### 4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
Силові трансформатори		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,5	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,5	16,5	16,5	16,5
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452	13788,3	13788,3	14124,6
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,8	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчиники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,6	19,5	19,5	23,4
Маслостійка гума, кг	50	0,4	0,5	0,5	0,6	20	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50	0,13	0,09	0,09	0,09	6,5	4,5	4,5	4,5
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				500			
Електроди, кг	16,5	0,1				50			
Разом:						550			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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

$T_i$  – трудомісткість обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

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

Отже, вартість матеріалів на ремонт:  $C_{\text{мпр}} = 101460,48$  (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:  $C_{\text{мто}} = 831907,74$  (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 311979,81 + 831907,74 = 1143887,55 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 69703,26 + 101460,48 = 171163,74 \text{ (грн/рік).}$$

#### 4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

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

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1855310 = 111318,58 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

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

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

$$C_{\text{іпр}} = 0,25 \cdot (1143887,55 + 171163,74 + 111318,58) = 356592,47 \text{ (грн/рік).}$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	1143887,55	64,16
Витрати на поточний ремонт	171163,74	9,60
Витрати на амортизацію	111318,58	6,24
Інші витрати	356592,47	20
Разом	1782962,33	100

#### 4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

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.

Річні витрати активної електроенергії по заводу 8078400 кВт·год./рік

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

де  $I_M$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год./рік.

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

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

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

Струм лінії живлення:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (4.34)$$

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

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_M$ , А	$R$ , Ом	$\tau$ , год./рік	$R_{пит}$ , Ом/км	$\Delta E_{л}$ , кВт·год.
ЦРП-ТП-1	ААБ-10 3х25	2	0,43	27,70	0,13330	2886,21	0,62	885,60
ЦРП-ТП-2	ААБ-10 3х25	2	0,49	26,70	0,15190	2886,21	0,62	937,63
Разом								1823,23

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left( \frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$  і  $\Delta P_{xx}$  – 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);

$S_\phi$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_H$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо всі розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.11.



Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_n$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
ТП-1	ТМ-1000	2	2,45	12,2	958,1	1000	59085,42
ТП-2	ТМ-1000	2	2,45	12,2	924,2	1000	57961,98
Разом							117047,40

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

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

$$E = 8078400 + 1823,23 + 1117047,40 = 8197270,63 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П = 5,5 \cdot 8197270,63 = 45084988,46 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

#### 4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

$$C_{\Pi} = 1143887,55 + 171163,74 + 111318,58 + 356592,47 = 1782962,327 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 45084988,46 + 1782962,327 = 46867950,79 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{46867950,79 \cdot 100}{8078400} = 5,801 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	8078400	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	8197270,63	кВт·год
Плата за електроенергію	$\Pi$	45084988,46	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\Pi}$	1782962,327	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	46867950,79	грн
Собівартість електроенергії	$S$	580,16	коп/кВт·год

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 580,16 коп/кВт·год.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розділ магістерської кваліфікаційної роботи присвячений розробці вимог з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час впровадження результатів досліджень інноваційних методів проектування систем електропостачання на заводі будівельних матеріалів міста Славута Хмельницької області.

Отже, під час реконструкції та обслуговування діючих електроустановок на працівників підприємства впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори [1, 2].

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

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

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

### 5.1 Технічні рішення з безпечної організації об'єкта проектування

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт з вимірювальними приладами, пристроями релейного захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку, з електролічильниками

Для забезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних

трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

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

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела

знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;

- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за

наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

### 5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

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

- при живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно

від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. До додаткових відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву,
- провітрювання приміщень.



Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

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

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

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

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи V, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують

загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

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

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

Для забезпечення нормативних значень освітлення передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме світлодіодних ламп;
- необхідна кількість природного світла (великі вікна);
- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях із значним виділенням пилу, диму та кіптяви - не рідше чотирьох разів на місяць згідно з графіком.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Нормативні значення звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).

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

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в роботі, є робота пристроїв під час електромонтажних робіт. Для умов, що розглядаються в роботі параметри вібрацій не повинні перевищувати наведені в таблиці 5.5 середньоквадратичні значення,  $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$  та логарифмічні рівні, дБ.

#### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Фактори трудового процесу вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [1].

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Таблиця 5.5 Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 12

По вертикалі: до 8

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальним значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи Однозмінна робота

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані тривалості 1 год.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП заводу будівельних матеріалів міста Славута Хмельницької області. в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних

ситуаціях. СЕП є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи систем електропостачання, особливо заводів воєнного призначення.

Вплив радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища тощо. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем електропостачання. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і вигорання обмоток чи загорання трансформаторів.

Після опромінення системи електропостачання в елементах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробою і опір витoku, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Особливо велику загрозу для систем управління СЕП заводів, особливо військового спрямування виробництва має вплив електромагнітного імпульсу, який може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також внести серйозні порушення в роботу цифрових і контрольних пристроїв. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві та вибухів. Ці вторинні фактори надто небезпечні при виникненні на воєнному заводі. Саме тому є необхідність запобіганню дії цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕП.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в заводу будівельних матеріалів в умовах дії іонізуючих випромінювань

Для визначення граничного значення дози опромінення  $D_{\text{грі}}$ , для елементів системи, при яких виникають незворотні зміни [11]. Отримані дані заносимо в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП заводу

№пп блоку	Блоки (елементи) СЕП	$D_{\text{Грi}}, P$	$D_{\text{Гр}}, P$
1	Блок живлення	$10^5$	10 <sup>4</sup>
2	Блок керування (МПК)	$5 \times 10^5$	
3	Мікросхеми PIC16F877	$10^4$	
4	Транзистори КТ3102В	$10^4$	
5	Конденсатори Modulo 10	$10^7$	
6	Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	$10^7$	

Проаналізувавши дані таблиці 5.1, визначили, що самим уразливими елементами системи електропостачання з мінімальною дозою  $D_{\text{Грi}} = 10^4 P$  є такі мікросхеми та діоди. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_{\text{k}}} - \sqrt{t_{\text{п}}})}{K_{\text{осл}}}, \quad (5.1)$$

де  $P_1$  – максимальне значення рівня радіації ( $P_1 = 6,27 P/\text{год}$ );

$t_{\text{k}}$  – час кінця опромінення ( $t_{\text{k}} = 131400$  год (5 років));

$t_{\text{п}}$  – час початку опромінення ( $t_{\text{п}} = 1$  год).

$K_{\text{осл}}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{\text{осл}} = 2$ ).

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 6,27 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{2} = 2266,55 (P).$$

Оскільки  $D_{\text{Грi}} > D_{\text{м}}$ , то дана система електропостачання може вважатися стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах за формулою:

$$t_{\text{д}} = \frac{D_{\text{Гр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.2)$$

$$t_0 = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 6,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,27} = 1595,89 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази  $D_m = 2266,55 \text{ Р}$ , а допустима -  $10^4 \text{ Р}$ . Отже, система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 1595,89 год. при рівні радіації 6,27 Р/год, це більше ніж час морального елементів СЕП.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані:  $E_B = 9,24 \text{ кВ/м}$ .  $U_{ж} = 220 \text{ В}$ ;  $5 \text{ В}$ .

Оцінка стійкості роботи системи електропостачання ведеться в послідовності:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{Г} = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 9,24 \cdot 10^3 = 9,24 \text{ (В/м)};$$

2. Система електропостачання ПАТ «Маяк» розподіляється на окремі функціональні вузли, зокрема: система живлення, мікропроцесорний блок.

На кожній ділянці визначається максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_B$  і  $l_{Г}$

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_{B,ж} = 0,13 \text{ м}$ ,  $l_{Г,ж} = 0,11 \text{ м}$ . На ділянці мікропроцесорного блоку  $l_{B,м} = 0,017 \text{ м}$ ,  $l_{Г,м} = 0,021 \text{ м}$ .

3. Для кожної ділянці визначаються наведені напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{B,ж} = E_{Г} \cdot l_{B,ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г,ж} = E_B \cdot l_{Г,ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{B,м} = E_{Г} \cdot l_{B,м} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г,м} = E_B \cdot l_{Г,м} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$



На ділянці системи живлення:

$$U_{В.Ж} = E_{Г} \cdot I_{В.Ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.Ж} = E_{В} \cdot I_{Г.Ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{В.М} = E_{Г} \cdot I_{В.М} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.М} = E_{В} \cdot I_{Г.М} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме коливання напруги живлення

$$U_{Д} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} \text{ (В)},$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{ДЖ} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{ДМ} = U_{М} + \frac{U_{М} \cdot N}{100} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,2 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{БВ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{В}}, K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{Г}}.$$

Для ділянки живлення

$$K_{БВЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ГЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для ділянки мікропроцесорного блоку

$$K_{БВМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ВМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.7

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновки.

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому ділянки вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

Табл. 5.7 Результати розрахунків коефіцієнтів безпеки елементів СЕП.

Дільниця СЕП	U <sub>д</sub> , В	E <sub>в</sub> , В/м	E <sub>г</sub> , В/м	U <sub>в</sub> , В	U <sub>г</sub> , В	K <sub>БВ</sub> , дБ	K <sub>БГ</sub> , дБ
Блок живлення	231	11400	11,4	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорний блок	5,2	11400	11,4	0,272	336	33,31	-28,6

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначається перехідне гасіння енергії електричного поля екраном (А, дБ). Для сталевих екранів визначається за допомогою формули

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \text{ , (дБ)}$$

де  $t$  - товщина стінки екрану, см;

$f$  – частота  $f = 15000$  Гц.

Для дільниці живлення

$$A_{ГЖ} = 40 - (-17,63) = 47,63 \text{ (дБ)},$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{47,63}{5,2\sqrt{15000}} = 0,074 \text{ (см)} .$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$A_{ГМ} = 40 - (-28,6) = 68,6 \text{ (дБ)},$$

$$t = \frac{A_{ГМ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{68,6}{5,2\sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)} .$$

В умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнт безпеки СЕП для вертикальних струмопровідних частин дільниці живлення системи був більший за 40 дБ, в цьому випадку СЕП стійка. Для горизонтальних струмопровідних частин коефіцієнт безпеки був менший за 40 дБ. Після застосування сталевих екранів коефіцієнт безпеки став не менше 40 дБ, а тому система електропостачання є стійкою до ЕМП і може працювати без суттєвих збоїв.

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку керування з використанням екрану товщиною 0,140 см зі сталі, система керування буде

стійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,102 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Отже, після проведених розрахунків визначено, що робота системи електропостачання заводу при заданому рівні радіації 6,27 Р/год буде досить стійка. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування блоків СЕП суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 9,24 кВ/м. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали радіотехнічні схеми на період впливу ЕМІ.

## ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена впровадженню інноваційних підходів щодо проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів м. Славута Хмельницької області та раціонального використання електричної енергії.

В рамках роботи виконано розробка енергоефективної системи електропостачання, створена оригінальна система електропостачання заводу, на базі застосування інноваційних методів обрано конкурентно спроможне електротехнічне обладнання.

Аналіз технологічного процесу будівельного заводу та ефективного розміщення електричного навантаження забезпечили застосування радіальної схеми живлення споживачів. Це стало можливим за рахунок використання елементів інноваційного проектування, що були пов'язанні з незначним втручанням послідовність розташування електротехнічного обладнання без значного впливу на проходження технологічного процесу. За рахунок цього було досягнуто покращення умов прокладки кабельно-провідникової продукції та зменшення їх кількості.

В результаті розробки магістерської роботи були визначенні розрахункові навантаження підприємства та окремих його цехів, до встановлення рекомендовані трансформаторні підстанції з трансформаторами потужністю 1000 кВа, що живляться кабельної мережею, яка виконана кабелем марки ААБ 3х25. На підприємстві передбачено спорудження центрального розподільчого пристрою 10 кВ, місце встановлення якого визначено за допомогою побудови картограми електричних навантажень.

В зв'язку з майбутнім удосконаленням технологічного процесу та розширення виробництва, а також перспективою будівництва житлового фонду для працівників заводу була збільшена потужність трансформаторних підстанцій. Це дозволить в перспективі забезпечити підприємство та прилеглі території надійним та безперебійним живленням електроенергії. Вважаємо

такий підхід перспективним з точки зору важливості будівельної галузі Хмельницької області, яка постійно в теперішній час знаходиться у зоні ризику.

Також в роботі було розраховано та обрано сучасне електротехнічне обладнання на напругу 10 та 0,4 кВ. В якості комутаційної апаратури на стороні 10 кВ обрані вакуумні високовольтні вимикачі типу ВРС. Комутаційно-захисна апаратура на стороні 0,4кВ відповідає сучасним вимогам, які обумовили використання автоматів ЕТІ виробництва Словенія. Все обране електротехнічне обладнання пройшло перевірку на дію струмів коротких замикань, як в трьохфазному режимі так і в однофазному.

В магістерській кваліфікаційній роботі значна увага приділена актуальній задачі раціонального використання електричної енергії на підприємстві будівельної галузі. Розглянуті основні заходи що сприяють зниженню витрат електроенергії: організаційні, методичні, технічні та ін.. Запропоновано для отримання найбільшого ефекту від існуючих заходів використати елементи інноваційного комплексного підходу до зниження витрат та раціонального використання електроенергії.

Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи полягала у визначенні та оцінюванні капіталовкладень в розробленій системі електропостачання заводу будівельних матеріалів м. Славута. Також були знайдені в кількісному виразі поточні витрати на ремонт та обслуговування основного електрообладнання, що складає систему електропостачання. Розрахована собівартість електроенергії для виробництва основної продукції підприємства.

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблені організаційно-технічні рішення, які забезпечують безпечну експлуатацію системи електропостачання та захист обслуговуючого персоналу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
2. Правила улаштування електроустановок, 2017р., 617 с
3. Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
4. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.
5. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
6. Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
7. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрального електричного мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
8. Р.Ю. Войтюк, Ю.А. Шулле. Оптимізація системи електропостачання з використанням інноваційного підходу. Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19613/16234>
9. Руководство Mathcad [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>
10. Каталог конденсаторних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>

11. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
13. Експлуатація освітлювальних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://life-prog.ru/ukr/1\\_954\\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html](http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html)
14. Bhim Singh, Sabha Raj Arya, „Design and control of a DSTATCOM for power quality improvement using cross correlation function approach”, International Journal of Engineering, Science and Technology, Vol. 4, No.1, p. 74–86, 2012.
15. Nguyen Van Minh; Bach Quoc Khanh; Pham Viet Phuong, „Comparative simulation results of DVR and D-STATCOM to improve voltage quality in distributed power system”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publications, 2017, p.196 – 199.
16. Dinh-Nhon Truong; Van-Thuyen Ngo; Mi-Sa Nguyen Thi, „Voltage stability enhancement of the Bac Lieu wind power system connected to power grid using a STATCOM”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publications, 2017, p. 160 – 164.
17. Daorong Lu; Jiangfeng Wang; Jianhui Yao; Sen Wang; Jianxin Zhu; Haibing Hu; Li Zhang, „Clustered Voltage Balancing Mechanism and Its Control Strategy for Star-Connected Cascaded H-Bridge STATCOM”, IEEE Transactions on Industrial Electronics. IEEE Journals & Magazines, Vol. 64, Iss. 10, p. 7623 – 7633, 2017.
18. Yonglei Zhang; XiaoJie Wu; Xibo Yuan, „A Simplified Branch and Bound Approach for Model Predictive Control of Multilevel Cascaded HBridge STATCOM”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 64, Iss. 10, p. 7634 – 7644, 2017.
19. Nguyen Huu Vinh; Le Kim Hung; Nguyen Hung, „Hybrid damping controller for STATCOM to enhance power quality in multi-machine system”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publication, 2017, p. 140 – 143.
20. Saleh Ziaeinejad; Ali Mehrizi-Sani, „Design Tradeoffs in Selection of the DC-Side Voltage for a D-STATCOM”, IEEE Transactions on Power Delivery. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1, 2017.

21. Xuefeng Ge; Feng Gao, „Flexible Third Harmonic Voltage Control of Low Capacitance Cascaded H-Bridge STATCOM”, IEEE Transactions on Power Electronics. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1 – 1, 2017.
22. Arvind R. Singh; Nita R. Patne; Vijay S. Kale; Piyush Khadke, „Digital impedance pilot relaying scheme for STATCOM compensated TL for fault phase classification with fault location”, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 11, Iss. 10, p. 2586 – 2598, 2017.
23. Abayomi A. Adebisi; K. T. Akindeji, „Investigating the effect of Static Synchronous Compensator (STATCOM) for voltage enhancement and transmission line losses mitigation”, in 2017 IEEE PES PowerAfrica. IEEE Conference Publications, 2017.
24. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
25. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/ST000596.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html)
26. Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» та зміни до додатка № 3 до Закону України "Про Державний бюджет України на 2016 рік" щодо державної підтримки державних вугледобувних підприємств. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1063-19#n2>
27. ДБН А.2.5-23:2010, Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
28. Закон України «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>
29. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 51 с.



30. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
31. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
32. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
33. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.
34. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.
35. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).
36. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
37. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
38. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
39. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

40. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
41. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
42. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
43. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
44. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

# Додатки

Додаток А – Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ МІСТА  
СЛАВУТИ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулє Ю.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-22м

Войтюк Р.Ю.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

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

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

Дата початку роботи 19.09.2023р.

Дата закінчення роботи 04.12.2023р.

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

а) мета: дослідити інноваційні методи проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

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

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

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

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

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	1.09.23	17.09.23
4.2 Проведення необхідних розрахунків	17.09.23	20.10.23
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.23	17.11.23
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.23	4.12.23

#### 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

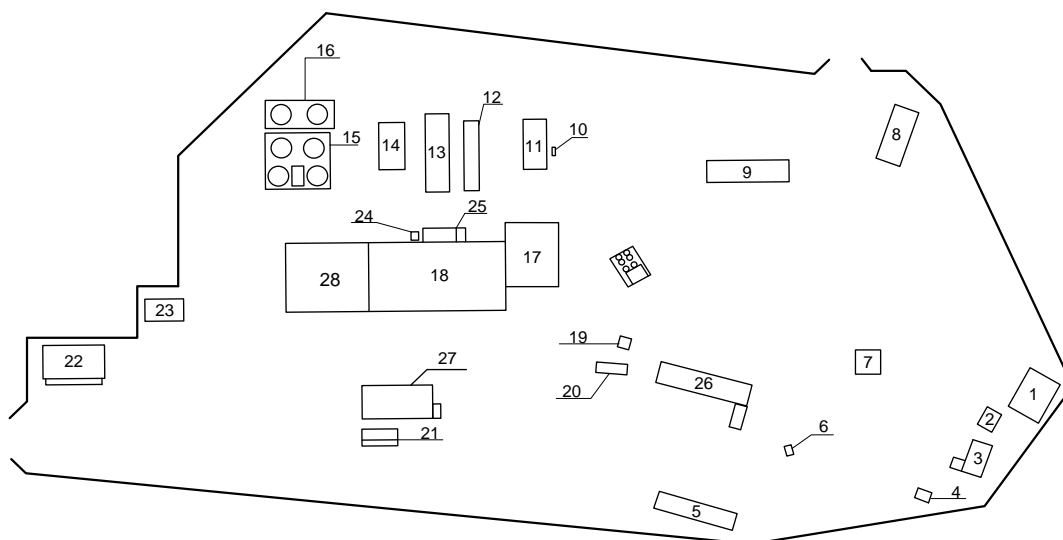


Рисунок Б.1- Генеральний план заводу

Таблиця Б.1- Інформація про електричні навантаження

№	Назва цеху	Р <sub>н</sub> ,кВт
1	Заводоуправління	7
2	Приміщення газової служби	4
3	Транспортний цех	6
4	Склад ГСМ	2,5
5	Гаражі, столярка	13
6	Приміщення для зберігання балонів	1,5
7	Насосна станція другого підйому	30
8	Гуртожиток	15
9	Матеріальний склад	2,5
10	Камера охолодженої і нагрітої води	36
11	Компресорна	396
12	Трубчасті печі	168
13	Насосна з зарядною	49
14	Блок апаратів	84
15	Підземне бітумосховище	42
16	Наземне бітумосховище	42
17	Склад готової продукції	6,5
18	Руберойдовий цех	503,1
19	КНС	137
20	Депо	22
21	Склад готової продукції	5,5
22	Бітумоприймач	18,5
23	Бітумоприймач	18,5
24	Гради́рня	4
25	Лабораторія	3,6
26	Котельня	135
27	РМЦ	35
28	Склад продукції	8

Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 94,43% Схожість 5,57%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи \_\_\_\_\_ Войтюк Р.Ю.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шулле. Ю.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)



## ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал

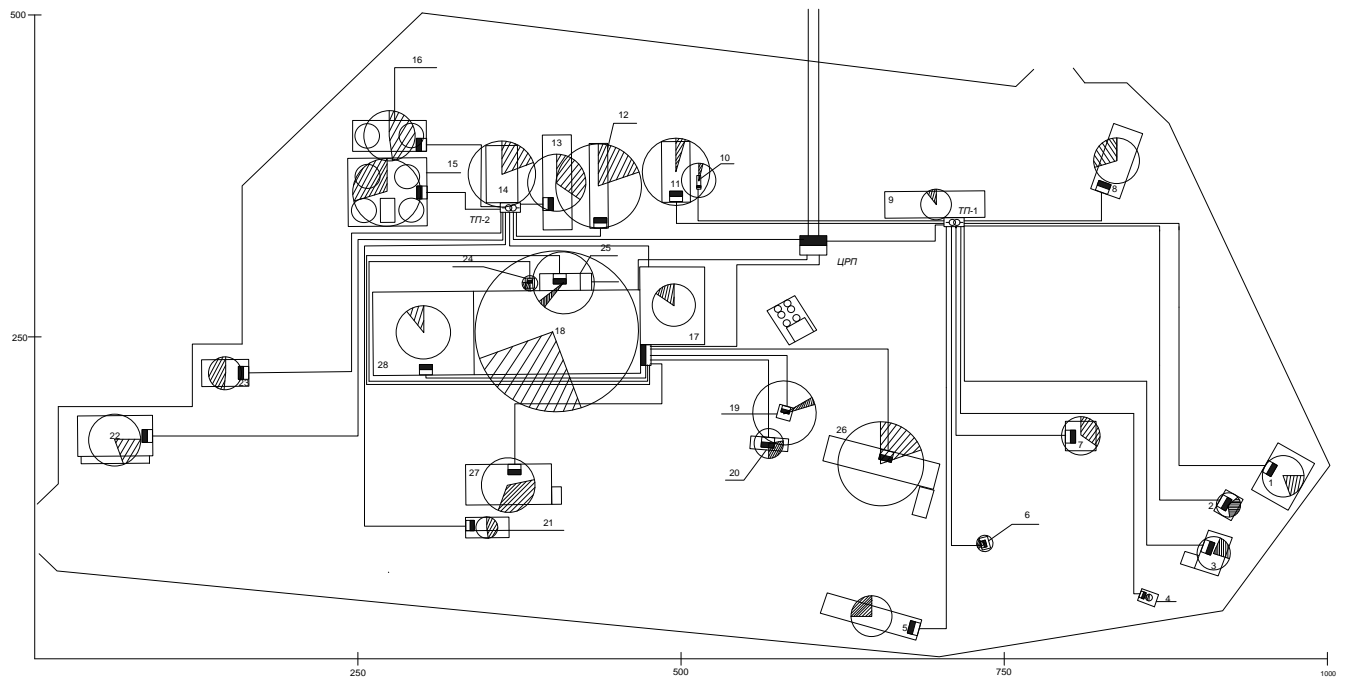


Рисунок Г.1 – Генеральний план підприємства

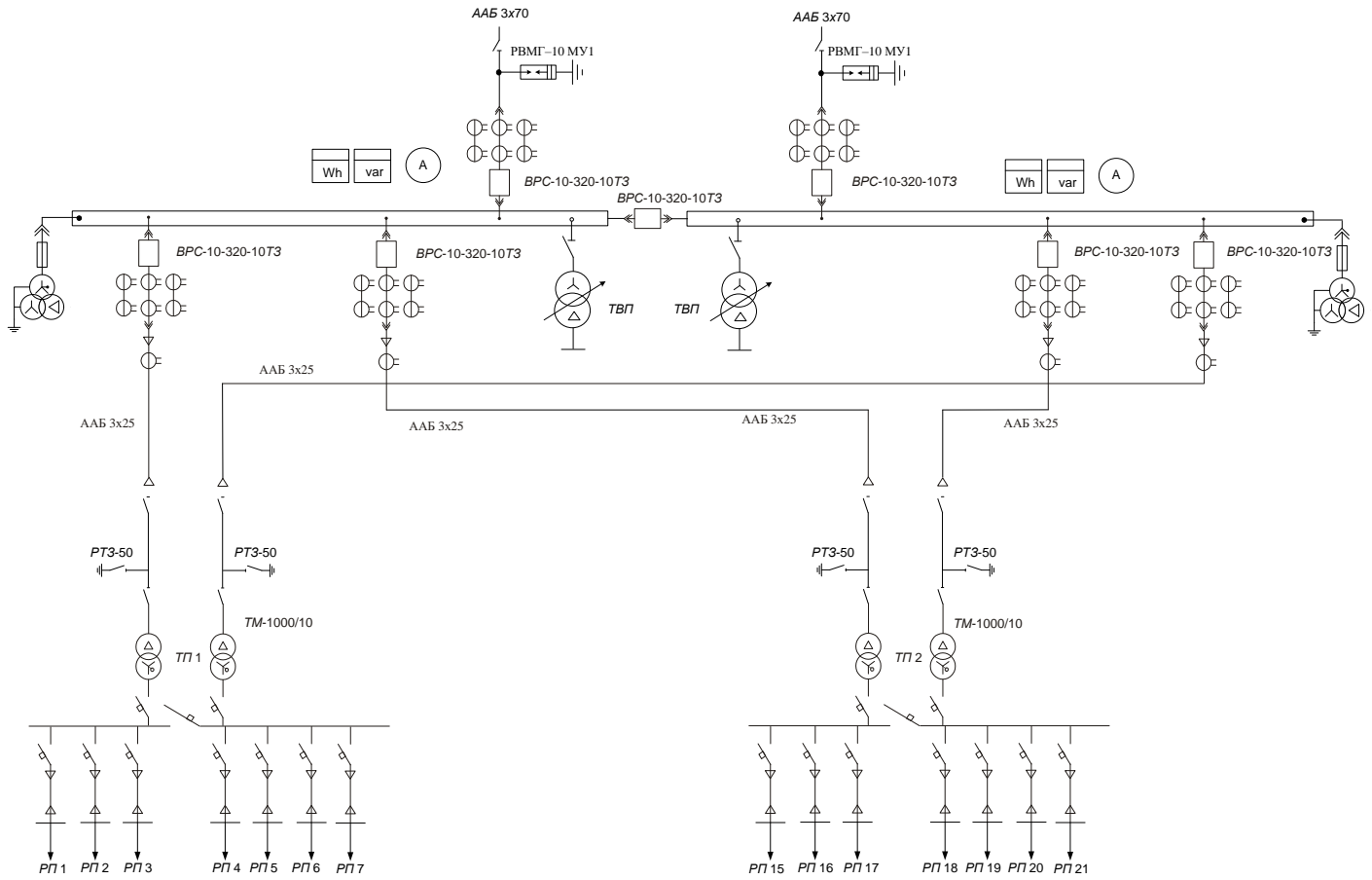


Рисунок Г.2 – Однолінійна схема електропостачання

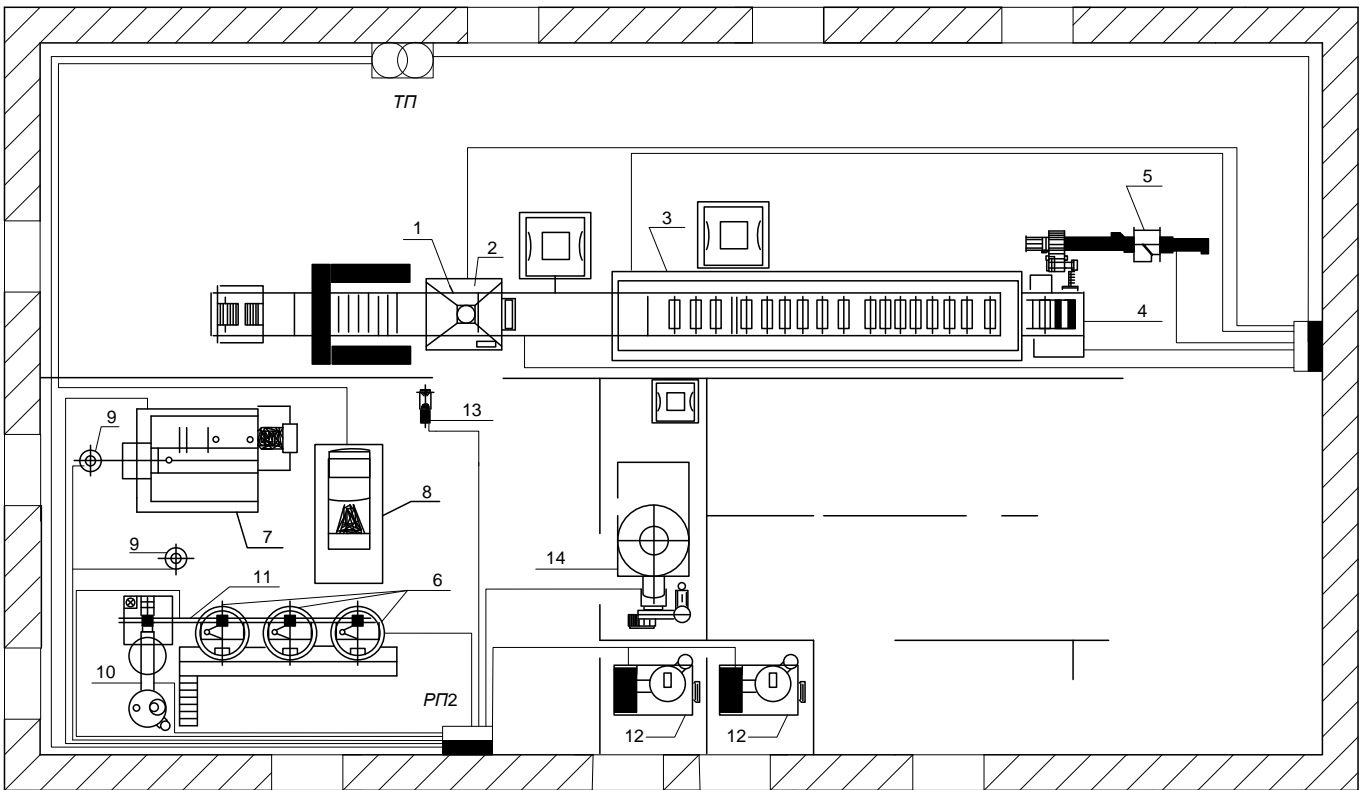


Рисунок Г.3 – План руберойдового цеху з силовою мережею

ТП	ЗАХИСТ			ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ			Тип шинорозпод.	I ном А	№ РП	Q шт	ЗАХИСТ			ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ			СПОЖИВАЧІ			НАЗВА ЕП		
	ТИП ВИМІКАЧА	I ном А	I ном А	МАРКА ПРОВОДУ	I ном А	I ном А					ТИП ВИМІКАЧА	I ном А	I ном А	МАРКА ПРОВОДУ (Спосіб прокладки - відбиток)	I ном А	I ном А	R ном кВт	№ на лінії				
ТП	ВА55-37 160 160 1120			АВВГ 3x25+1x16 115 94,22			РП1				1	ВА51-25	25	25	250	АПВ	4x(1x4)	28	20,2	8	1	Привід просочувальної ванни
											1	ВА51-25	25	25	250	АПВ	4x(1x6)	28	23,79	8	2	
											1	ВА51-31	10	50	437,2	АПВ	4x(1x10)	47	41,6	14	3	Привід системи охолодження
											1	ВА 51-33	16	0	1251068,8	АПВ	4x(1x50)	130	101,79	37	4	Намотувальний верстат
											1	ВА51-31	10	0	31,5 315	АПВ	4x(1x6)	30	28,3	10,3	5	Термоклавальна піч
											1	ВА 54-41	1000	1000	7000	АВВГ	3x185+1x70	385	639,5253		8	Гомогенізатор
ТП	ВА55-37 250 250 2500			АВВГ 3x120+1x50 295 229,7			РП2				1	ВА 51-33	16	0	1601600	АПВ	4x(1x70)	165	148,790		6	Вертикальний змішувач
											1	ВА 51-31	10	0	1001000	АПВ	4x(1x35)	95	80,3	27	7	
											1	ВА 51-25	25	16	160	АПВ	4x(1x4)	28	12,6	5	11	Стрічковий транспортер
											2	ВА51-25	25	8	80	АПВ	4x(1x4)	28	5,06	2	9	Фільтр
											1	ВА51-31	100	31,5	315	АПВ	4x(1x6)	30	29,15	9,8	10	Привід системи завантаження наповнювача
											1	ВА51-31	10	0	40 400	АПВ	4x(1x10)	40	35,19	15	13	Бітумний насос
											2	ВА51-31	10	0	63 630	АПВ	4x(1x16)	60	56,3	24	12	Двигун циркуляції масла-теплоносія
											1	ВА 51-33	16	0	1251250	АПВ	4x(1x50)	130	118,8	47	14	Вентилятор пилоочищення

Рисунок Г.4 – Розрахунково-монтажна таблиця

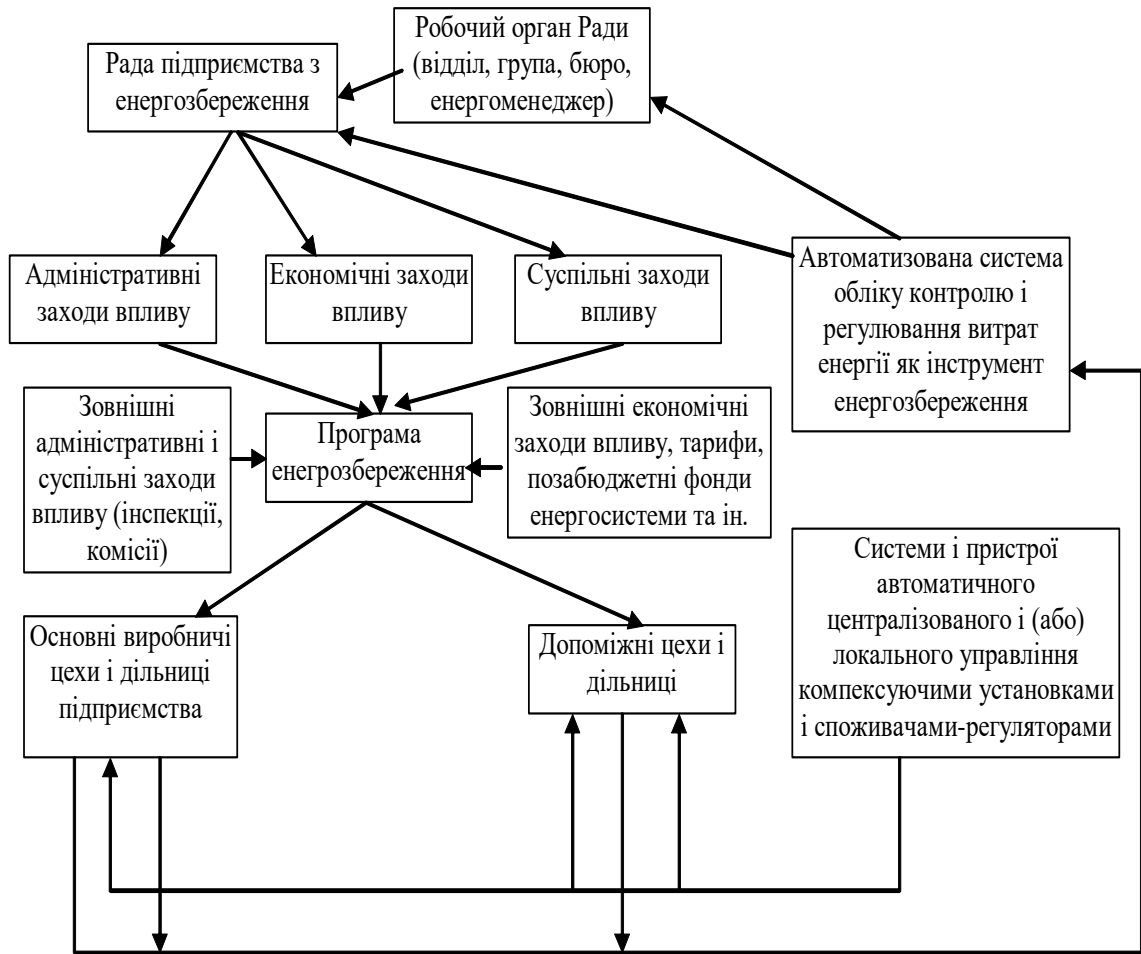


Рисунок Г.5 – Загальна схема системи управління енергозбереженням на підприємстві

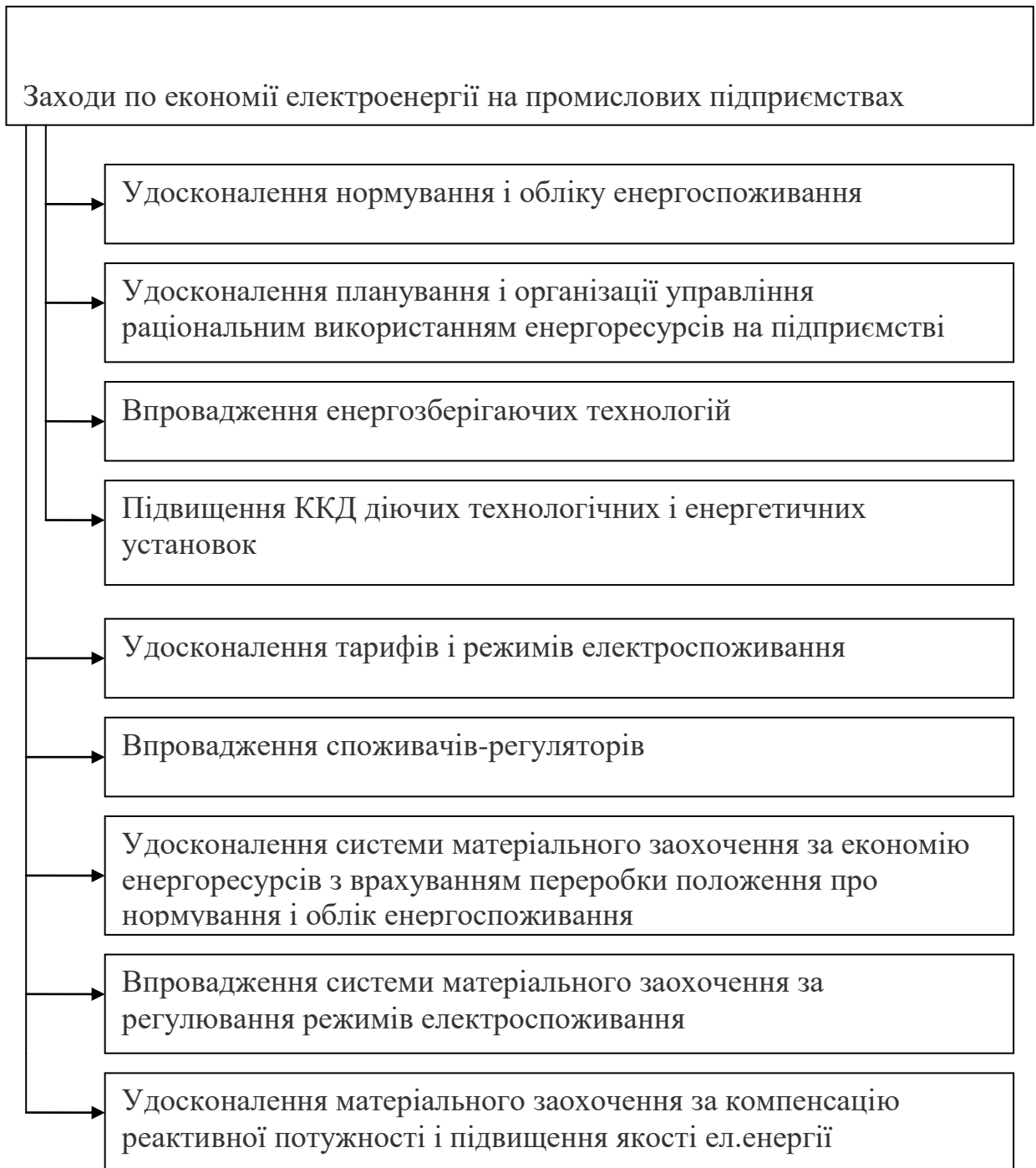


Рисунок Г.5 – Перелік заходів по економії електроенергії, за які доцільно стимулювати персонал промислових підприємств

## Додаток Г.6 Презентація

**Дослідження інноваційних методів проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області**

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

Освітня програма:

“Електротехнічні системи  
електроспоживання»

Спеціальність 141 –

Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка

Войтюк Р.Ю.

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

Шулє Ю.А.

**Актуальність теми:** електропостачання підприємств будівельної галузі сьогодні відіграє значну роль у відбудові України. У зв'язку з цим актуальним є впровадження таких методів проектування систем електропостачання, які б дали змогу за допомогою інноваційних методів пришвидшити процеси спорудження таких систем та досягти достатнього рівня їх енергозабезпечення. Кінцевим результатом використання інноваційних методів проектування, на прикладі заводу будівельних матеріалів місто Славути Хмельницької області, яка постійно страждає від обстрілів ворога, є надійне та безперебійне живлення електроспоживачів заводу.

**Мета роботи:** удосконалення процесу синтезу системи електропостачання заводу будівельних матеріалів місто Славути Хмельницької області за рахунок використання інноваційних підходів проектування, електротехнічних засобів та раціонального використання електроенергії.

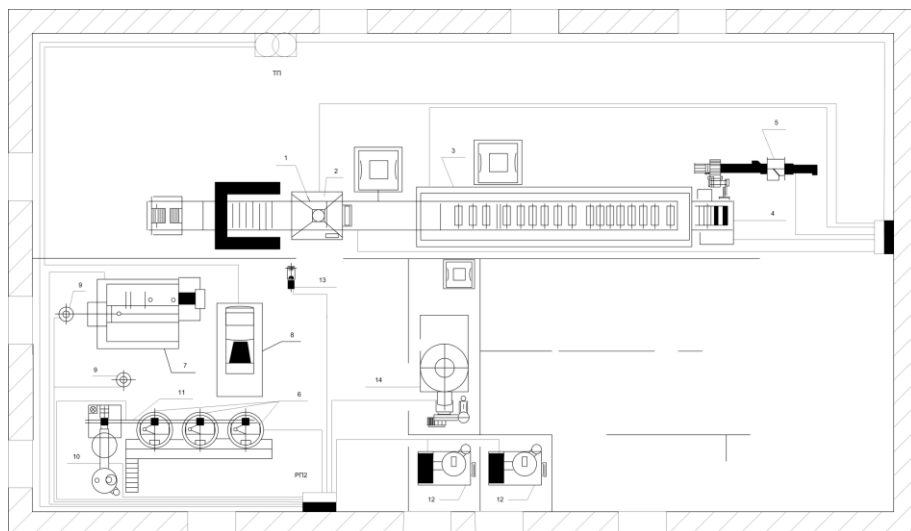
**Об'єкт дослідження:** система електропостачання.

**Предмет дослідження:** проектування системи електропостачання стійкої до зовнішніх ризиків з використанням сучасних інноваційних методів та електротехнічного обладнання.

**Задача дослідження:** забезпечення безвідмовного електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області в умовах підвищеного попиту та стратегічні будівельні матеріали.

**Наукова новизна:** розроблений в магістерській кваліфікаційній роботі підхід до проектування систем електропостачання заводу будівельних матеріалів міста Славути Хмельницької області в умовах підвищеного попиту на продукцію, необхідної для відбудови промислових та цивільних споруд в сучасних умовах, може бути рекомендований для розповсюдження на любі підприємства будівельної галузі.

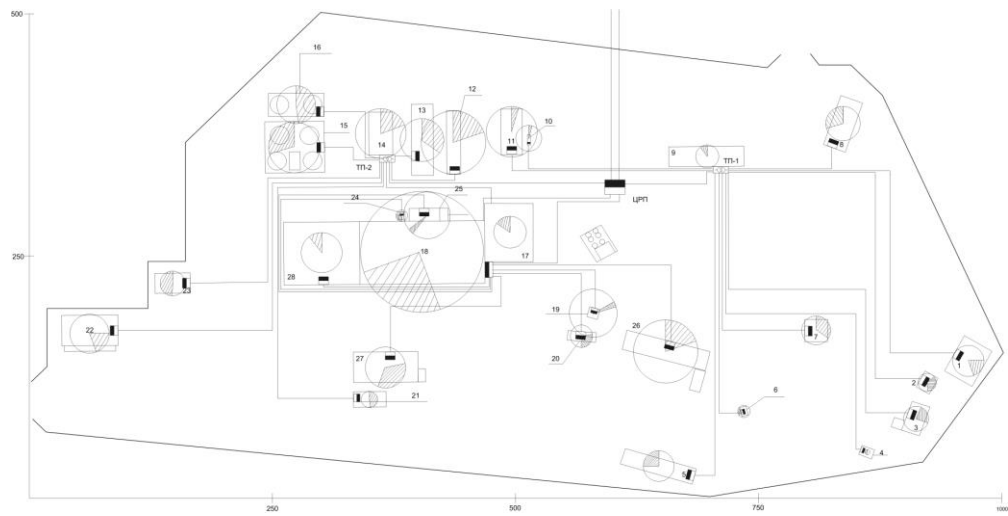


**План цеху з силовою розподільчою мережею 0,4 кВ**

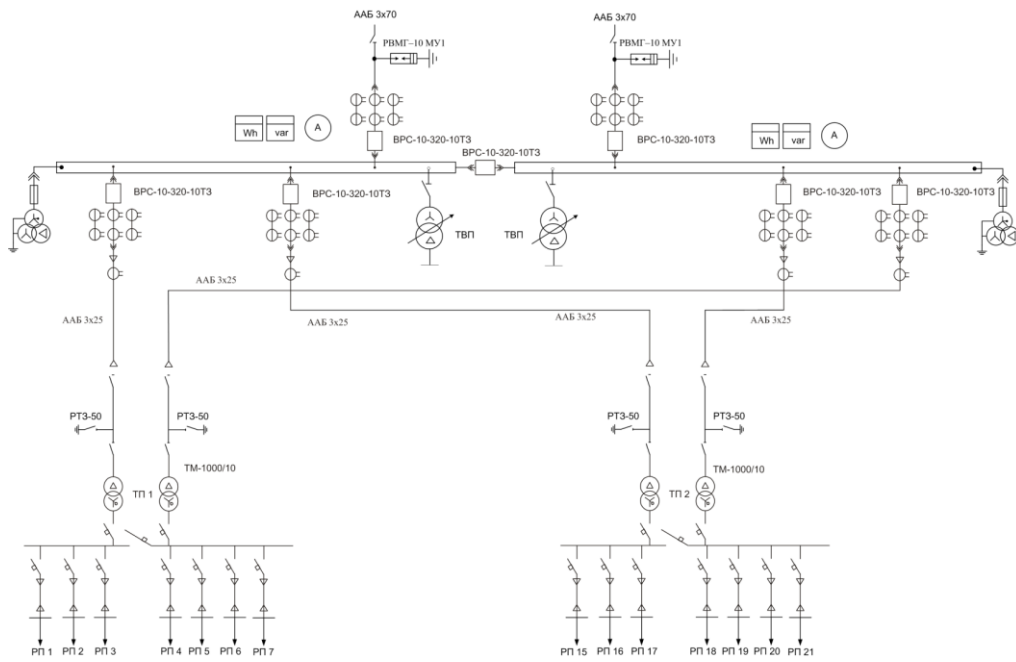
## Розрахунково-монтажна таблиця

ТТ	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЮЧА ПЛЕНІ				Тип електропроводки	Сум. А	№ РП	№ ліній	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЮЧА ПЛЕНІ				СПОЖИВЧАЕ				НАЗВА ЕЛП
	ТИП	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види					Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	Види	
E	B455-37 160 160 1100				ABBГ 2x05+1x15 115 94,22						E11	1	B451-25	25	25	250	АГВ	4x(1x4)	28	20,2	8	1	Привід просувальної ванни		
	1	B451-25	25	25	250	АГВ	4x(1x4)	28	23,79	8		Привід покривної ванни													
											1	B451-31	50	50	437,2	АГВ	4x(1x10)	47	41,6	14	2	Привід системи охолодження			
											1	BA 51-33	160	125	1068,8	АГВ	4x(1x20)	130	101,79	37	3	Намотувальний верстат			
											1	BA23-31	100	31,5	315	АГВ	4x(1x4)	30	28,3	10,3	4	Термовкладальна г/ч			
											1	BA 134-41	1000	1000	7000	ABBГ	3x(1x5+1x70)	385	638,5	253	8	Гомогенізатор			
											E12	1	BA 51-33	160	160	1600	АГВ	4x(1x70)	165	148,7	90	9	Вертикальний змішувач		
												1	BA 51-31	100	100	1000	АГВ	4x(1x35)	95	80,3	27	10	Горизонтальний змішувач		
											1	BA 51-25	25	16	180	АГВ	4x(1x4)	28	12,6	5	11	Стричковий транспортер			
											2	BA51-25	25	8	80	АГВ	4x(1x4)	28	5,06	2	12	Фільтр			
											1	BA51-31	100	31,5	315	АГВ	4x(1x4)	30	25,15	9,0	13	Привід системи завантаження наповнювача			
											1	BA51-31	100	40	400	АГВ	4x(1x10)	40	35,19	11	14	Бітумний насос			
											2	BA51-31	100	63	630	АГВ	4x(1x10)	60	56,3	24	15	Датчик циркуляції масла-теплоносія			
											1	BA 51-33	160	125	1250	АГВ	4x(1x20)	130	118,8	47	16	Вентилятор високочистий			

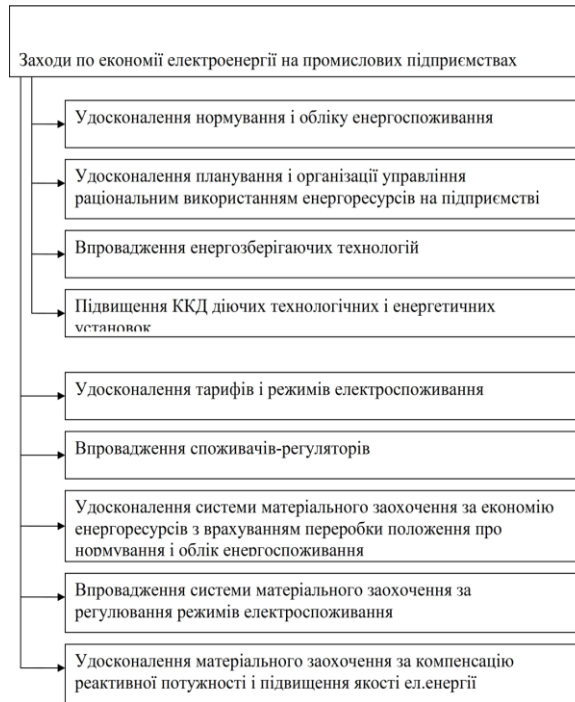
## Генеральний план підприємства



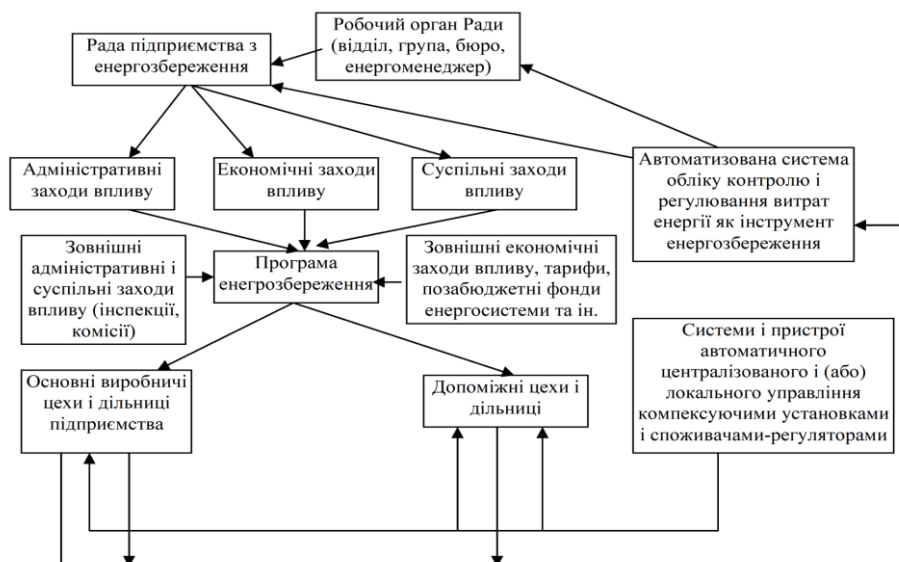
## Однолінійна схема електропостачання



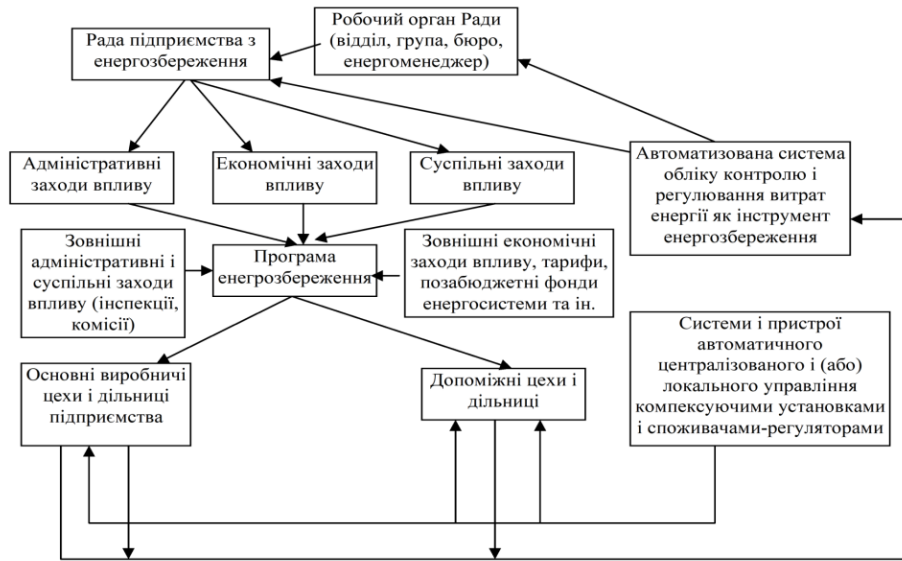
## Заходи з раціонального використання електричної енергії на підприємстві



## Системи управління енергозбереженням на підприємстві



## Системи управління енергозбереженням на підприємстві



Магістерська кваліфікаційна робота присвячена впровадженню інноваційних підходів щодо проектування системи електропостачання заводу будівельних матеріалів м. Славути Хмельницької області та раціонального використання електричної енергії.

В рамках роботи виконано розробка енергоефективної системи електропостачання, створена оригінальна система електропостачання заводу, на базі застосування інноваційних методів обрано конкурентно спроможне електротехнічне обладнання.

Аналіз технологічного процесу будівельного заводу та ефективного розміщення електричного навантаження забезпечили застосування радіальної схеми живлення споживачів. Це стало можливим за рахунок використання елементів інноваційного проектування, що були пов'язані з незначним втручанням послідовність розташування електротехнічного обладнання без значного впливу на проходження технологічного процесу. За рахунок цього було досягнуто покращення умов прокладки кабельно-провідникової продукції та зменшення їх кількості.

В результаті розробки магістерської роботи були визначенні розрахункові навантаження підприємства та окремих його цехів, до встановлення рекомендовані трансформаторні підстанції з трансформаторами потужністю 1000 кВА, що живляться кабельної мережею, яка виконана кабелем марки ААБ 3х25. На підприємстві передбачено спорудження центрального розподільчого пристрою 10 кВ, місце встановлення якого визначено за допомогою побудови картограми електричних навантажень.

В зв'язку з майбутнім удосконаленням технологічного процесу та розширення виробництва, а також перспективою будівництва житлового фонду для працівників заводу була збільшена потужність трансформаторних підстанцій. Це дозволить в перспективі забезпечити підприємство та прилеглі території надійним та безперебійним живленням електроенергії. Вважаємо такий підхід перспективним з точки зору важливості будівельної галузі Хмельницької області, яка постійно в теперішній час знаходиться у зоні ризику.

Також в роботі було розраховано та обрано сучасне електротехнічне обладнання на напругу 10 та 0,4 кВ. В якості комутаційної апаратури на стороні 10 кВ обрані вакуумні високовольні вимикачі типу ВРС. Комутаційно-захисна апаратура на стороні 0,4кВ відповідає сучасним вимогам, які обумовили використання автоматів ЕТІ виробництва Словенія. Все обране електротехнічне обладнання пройшло перевірку на дію струмів коротких замикань, як в трифазному режимі так і в однофазному.

В магістерській кваліфікаційній роботі значна увага приділена актуальній задачі раціонального використання електричної енергії на підприємстві будівельної галузі. Розглянуті основні заходи що сприяють зниженню витрат електроенергії: організаційні, методичні, технічні та ін.. Запропоновано для отримання найбільшого ефекту від існуючих заходів використати елементи інноваційного комплексного підходу до зниження витрат та раціонального використання електроенергії.

Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи полягала у визначенні та оцінюванні капіталовкладень в розробленій системі електропостачання заводу будівельних матеріалів м. Славути. Також були знайдені в кількісному виразі поточні витрати на ремонт та обслуговування основного електрообладнання, що складає систему електропостачання. Розрахована собівартість електроенергії для виробництва основної продукції підприємства.

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблені організаційно-технічні рішення, які забезпечують безпечну експлуатацію системи електропостачання та захист обслуговуючого персоналу.