

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

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІННИЦЯМЛИН»**

Виконав: студент 4-го курсу, групи Е-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Додон І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник/к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Рецензент

Кочар В.В. - д.р.н., проф.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Освітній ступінь – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма - Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 11 » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Додону Ігорю Віталійовичу

Тема роботи Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницямлин»

1. Керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » _березня_ 2024 року, № 80

2. Термін подання студентом роботи «11» червня 2024 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; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Історична довідка про підприємство

1.2 Технічні характеристики про підприємств

1.3 Оцінка категорії з надійності електропостачання

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень цеху

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок навантажень підприємства

2.5 Вибір цехових ТП та їх розміщення

2.6 Вибір і розміщення ЦРП

2.7 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНО ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Вплив компенсації реактивної потужності на енергозбереження

3.2 Визначення оптимальної потужності компенсаційних установок на підприємстві

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

- 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта
- 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 4.3 Пожежна безпека

Висновки.

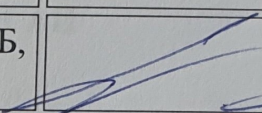
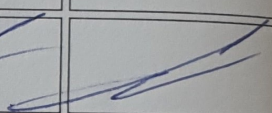
Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

- Генплан підприємства
- Генплан цеху

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 20 » 05 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1	Загальні відомості про підприємство	20.05-30.05	
2	Розробка системи електропостачання підприємства	30.05-02.06	
3	Автоматизація прийняття оптимально проєктних рішень	02.06-08.06	
4	Охорона праці	08.06-11.06	

Студент

(підпис)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Додон І.В.
(прізвище та ініціали)

Бабенко О.В.
(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

Бакалаврська дипломна робота на тему:

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІННИЦЯМЛИН»

Виконав: студент 4-го курсу, групи Е-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханік
(шифр і назва спеціальності)

Додон І.В.
 (прізвище та ініціали)
 Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Бабенко О.В.
 (прізвище та ініціали)

«_____» 2024 p.

Рецензент _____

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

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

« » 2024 p.

« _____ » _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 Електрична інженерія
Освітній ступінь – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма - Електроенергетика та електротехніка

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

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ
Додону Ігорю Віталійовичу

Тема роботи Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницямлин»

1. Керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » березня 2024 року, № 80

2. Термін подання студентом роботи «11» червня 2024 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; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Історична довідка про підприємство

1.2 Технічні характеристики про підприємств

1.3 Оцінка категорії з надійності електропостачання

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень цеху

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок навантажень підприємства

2.5 Вибір цехових ТП та їх розміщення

2.6 Вибір і розміщення ЦРП

2.7 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНО ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Вплив компенсації реактивної потужності на енергозбереження

3.2 Визначення оптимальної потужності компенсаційних установок на підприємстві

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

- 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта
- 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 4.3 Пожежна безпека

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

- Генплан підприємства
- Генплан цеху

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «_20_»_05_2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	20.05-30.05	
2	Розробка системи електропостачання підприємства	30.05-02.06	
3	Автоматизація прийняття оптимально проєктних рішень	02.06-08.06	
4	Охорона праці	08.06-11.06	

Студент

(підпис)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Додон І.В.

(прізвище та ініціали)

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Додон І.В. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницямлин». Бакалаврська робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2024.

Бакалаврська дипломна робота містить 67 сторінок формату А4, 10 рисунків та 21 таблиць.

Метою роботи є розрахунок параметрів системи електропостачання підприємства а також вибір оптимальних елементів: ліній живлення, трансформаторів, апаратів захисту. У загальній частині роботи наведено інформацію про підприємство, а також розраховано електричні навантаження, визначено потужність та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій, вибрано ліній живлення та захисні апарати. У науковій частині виконано оптимізаційну задачу визначення потужностей компенсаційних установок, які забезпечать оптимальну економію коштів за енергоспоживання на підприємстві. В четвертому розділі проаналізовано заходи з охорони праці на підприємстві та вирішено питання безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці а також виробничої санітарії і вжиття заходів з пожежної безпеки.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, кабельна лінія, компенсація реактивної потужності.

ABSTRACT

Dodon I.V. Development of the power supply system of Vinnytsiamlin Limited Liability Company. Bachelor work. 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. FEEEM. ESEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2024.

The bachelor thesis contains 67 pages of A4 format, 10 figures and 21 tables.

The purpose of the work is to calculate the parameters of the company's power supply system, as well as the selection of optimal elements: power lines, transformers, protection devices. In the general part of the work, information about the enterprise is given, as well as electrical loads are calculated, power and locations of workshop transformer substations are determined, power lines and protective devices are selected. In the scientific part, the optimization task of determining the capacities of compensating installations, which will ensure optimal cost savings for energy consumption at the enterprise, is performed. In the fourth chapter, labor protection measures at the enterprise are analyzed and the issues of safe operation of the facility, occupational hygiene, as well as industrial sanitation and fire safety measures are resolved.

Key words: transformer substation, cable line, reactive power compensation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	5
1.1 Короткий опис технологічного процесу	5
1.2 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики	6
ОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	8
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	12
2.2 Вибір та розміщення підстанцій.....	12
2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства	18
2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху.....	23
РОЗДІЛ 3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ	38
3.1 Вплив компенсації реактивної потужності на енергозбереження.....	38
3.2 Визначення оптимальної потужності компенсаційних установок на підприємстві	41
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	45
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах	45
4.1.2 Електробезпека.....	47
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	49
4.2.1 Мікроклімат.....	49
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	49
4.2.3 Виробниче освітлення.....	50
4.2.4 Виробничий шум.....	51
4.3 Пожежна безпека.....	53
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	57

ДОДАТКИ.....	59
Додаток А Вихідні дані.....	60
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	63
Додаток В Графічна частина	64

ВСТУП

Актуальність теми: Формування системи електропостачання залежить від раціонального використання електричної енергії для потреб технологічного процесу сучасного підприємства. В бакалаврській дипломній роботі розроблено оптимальну систему електропостачання, яка забезпечує процес переробки зерна на ТОВ Вінницямлин. Це, в свою чергу, обґрунтовує актуальність роботи, в якій використані сучасні підходи до синтезу основних елементів системи електропостачання [1].

Мета роботи: застосування існуючих в проектній практиці підходів до вибору основного електротехнічного обладнання, яке встановлюється в системі забезпечення електричною енергією технологічного процесу заводу, а також розробка супутніх питань, що впливають на побудову оптимальної системи електропостачання підприємства ТОВ «Вінницямлин».

Об'єкт даної бакалаврської роботи є системи електропостачання ТОВ «Вінницямлин».

Предмет дослідження: сучасні підходи до аналізу та синтезу основних складових системи електропостачання.

Завдання наукового дослідження: розробити систему електропостачання ТОВ «Вінницямлин», яка б забезпечила сучасні вимоги з проектування, експлуатації та монтажу підприємства; розрахувати компенсацію реактивної потужності на підприємстві.

Методи розрахунку. У бакалаврській роботі було застосовано новітні методи проектування систем електропостачання, а також фундаментальні закони фізики, електротехніки і методи математичного аналізу.

Практична цінність: Запропоновані шляхи модернізації системи електропостачання ТОВ «Вінницямлин» можуть бути впроваджені в виробництво та поширені на інші заводи з подібною системою забезпечення технологічного процесу, що приведе до підвищення якості протікання останнього і випуску конкурентно спроможної продукції.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Короткий опис технологічного процесу

ВАТ «Вінницямлин» переробляє зерно пшениці, здійснює накопичення і перевалку більше 10 видів сільськогосподарської продукції (у тому числі насіння соняшнику, рапсу, гірчиці, а також льону, зерна пшениці продовольчої, фуражної пшениці і ячменю, проса, вівса, жита, шроту соняшнику та інших культур, а також гранульованих висівок), має всі можливості для доведення зерна до експортних кондицій.

Вінницький комбінат хлібопродуктів здатний приймати та відвантажувати вантажі автомобільним, залізничним, водним видами транспорту; виконувати очищення, сушку продукції, яка поступає. Комбінат здійснює виробництво сортової пшеничної хлібопекарської муки вищого і першого сортів, а також макаронної муки, манної крупи; надає послуги з гранулювання і перевалки висівок.

Млин оснащений технологічним устаткуванням, виготовленим за ліцензією швейцарської фірми "Бюлер". На млині також встановлена система автоматизованого управління технологічним процесом. Продуктивність млина складає 405 тонн в добу. Виробничі потужності здатні забезпечити річний вживання муки в області.

Діє, також, цех гранулювання розсипних висівок. Продуктивність цеху складає 24 тонни в годину. Планується і надалі підвищення продуктивності даної ділянки.

Елеватор. Універсальне високотехнологічне устаткування елеватора дозволяє здійснювати одночасне приймання та відвантаження на автомобільний, а також водний та залізничний види транспорту.

У підготовчому відділенні млина зерно відчищають від домішок і воно проходить водно-теплову обробку.

Зерно, що надійшло в підготовче відділення, автоматично зважують, а потім направляють на очищення.

Одна з основних зерноочисних машин підготовчого відділення - це сепаратор, в якому зерно очищається на ситах та повітряному потоці. Після очищення в сепараторах та трієрах у зерні ще залишаються камені, грудки землі, осколки скла, а також шматочки руди, черепашки, поєднувані загальною назвою мінеральні домішки. Як правило, в зерні міститься небагато таких домішок, наприклад 2—3 камінчики в кілограмі зерна. Незважаючи на порівняно невеликий зміст мінеральних домішок, вони різко погіршують якість готової продукції. Тому в зерні, яке направляється в відділення помолу млина, не допускається наявність мінеральних домішок. На вітчизняних млинах зернову культуру від мінеральних домішок очищують спочатку з великою продуктивністю, проте при цьому разом з мінеральними домішками видаляють до 5% повноцінного зерна. Потім цю фракцію обробляють на іншій машині із меншою продуктивністю, де цілком розділяється зерно та мінеральні домішки. Очищене від мінеральних домішок зерно надходить на подальшу обробку, а фракція, що містить мінеральної домішки, — на другий етап очищення. Для цього застосовують порівняно невелику камневідделяючу машину. Основні камневідділяючі машини забезпечують продуктивність до 20 т/ч і виконані по типі сепараторів шафового типу.

1.2 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики

Електропостачання підприємства здійснюється на напрузі 10 кВ через трансформатор головної понижувальної підстанції Вінницької кондитерської фабрики «РОШЕН», яка знаходиться неподалік. Основними споживачами підприємства є електричні двигуни виробничих механізмів, що забезпечують потреби на усіх ланках технологічного процесу. Двигуни є асинхронні і живляться як від РП.

Система електропостачання ВАТ «Вінницямлин» містить також побутові споживачі електроенергії і освітлювальне навантаження. На рисунку 1.1 зображено генплан підприємства.

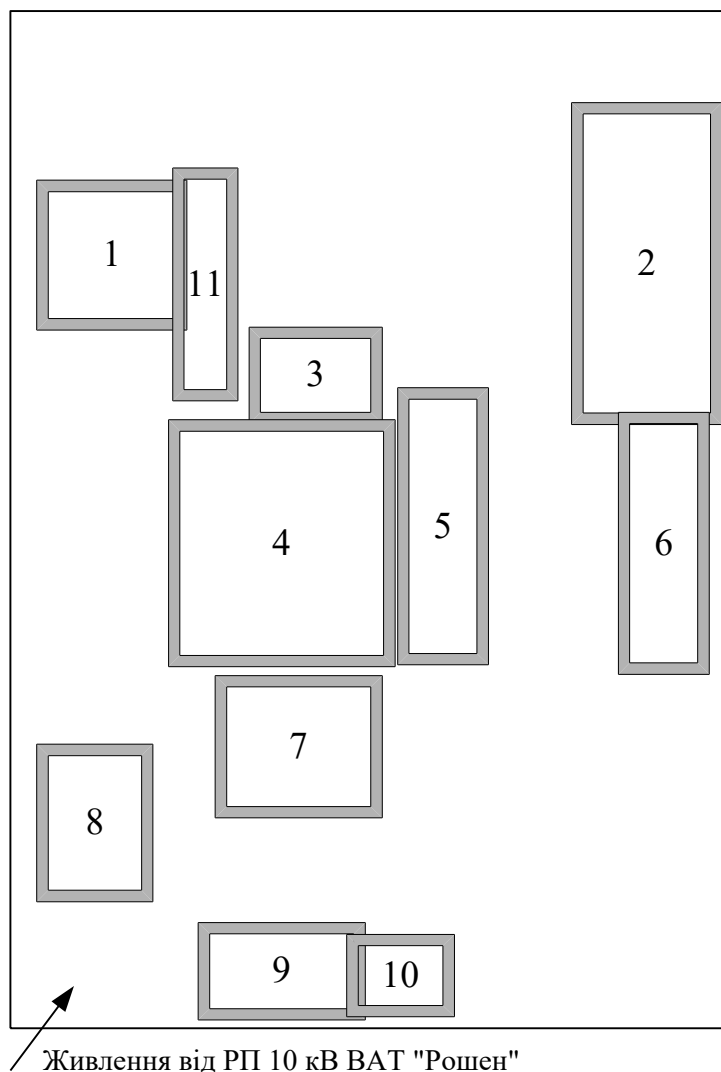


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

	ЕП	Р _н ,кВт
1	Склад готової продукції	73
2	Склад висівок	86
3	Майстерня	152
4	Вальцевий парк	302
5	Бункера	135

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Розрахункові максимальні відповідно активне і реактивне навантаження підприємства визначають із виразів

$$P_M = k_o \left[\left(\sum_{k=1}^N P_{M_k} + P_{зц.м-k} \right) + \sum_{n=1}^M P_{зз.мn} \right]; \quad (2.1)$$

$$Q_M = k_o \left[\left(\sum_{k=1}^N Q_{M-k} + Q_{зц.м-k} \right) + \sum_{n=1}^M Q_{зз.мn} \right], \quad (2.2)$$

де P_{M_k} , Q_{M_k} – розрахункові максимальні відповідно активне та реактивне навантаження k -х ТП або цеху;

N – число ТП або цехів;

$P_{зц.-k}$, $Q_{зц.м-k}$ – розрахункові максимальні відповідно активне та реактивне навантаження загальноцехового ЕП високої напруги 10(6) кВ в k -му цеху, що приєднаний безпосередньо до РП 10(6) кВ.

k_o – коефіцієнт одночасності максимумів для навантаження;

$P_{зз.мn}$, $Q_{зз.мn}$ – розрахункові максимальне відповідно активне та реактивне навантаження загальнозаводського ЕП, який приєднаний безпосередньо до ГПП, ПГВ.

Максимальні навантаження цехів можуть бути розраховані за формулами

$$P_M = P_{M_c} + P_{M_o}; \quad (2.3)$$

$$Q_M = Q_{M_c} + Q_{M_o}, \quad (2.4)$$

де $P_{м_с}$, $Q_{м_с}$ – відповідно активна та реактивна потужності силових споживачів цеху;

$P_{м_о}$, $Q_{м_о}$ – відповідно активна та реактивна потужності освітлювальних ЕП цеху.

В свою чергу активна та реактивна потужності силових споживачів цеху визначаються за методом коефіцієнта попиту

$$P_{м_с} = k_n \cdot P_n; \quad (2.5)$$

$$Q_{м_с} = P_{м_с} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.6)$$

де k_n – коефіцієнт попиту [3];

P_n – номінальна потужність всіх силових споживачів цеху;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності для всіх силових споживачів цеху.

Активна і реактивна потужності освітлювальних ЕП цеху розраховується за формулами, відповідно

$$P_{м_о} = k_{н_о} \cdot k_{н_ра} \cdot P_o \cdot F; \quad (2.7)$$

$$Q_{м_о} = P_{м_о} \cdot \operatorname{tg}\varphi_o, \quad (2.8)$$

де $k_{н_о}$ – коефіцієнт попиту навантаження освітлення [1,3];

$k_{н_ра}$ – коефіцієнт втрат активної потужності у пускорегулювальній апаратурі [1];

P_o – питома потужність для освітлення [4];

F – площа виробничого приміщення;

$\operatorname{tg}\varphi_o$ – коефіцієнт реактивної потужності навантаження освітлення [5].

Приклад для розрахунку навантаження майстерні (№3).

$$P_{M.C} = 0,6 \cdot 152 = 91,2 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{M.C} = 91,2 \cdot 0,62 = 56,52 \text{ (квар)};$$

$$P_{M.O} = 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,015 \cdot 91 = 1,47 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{M.O} = 1,47 \cdot 1,33 = 1,97 \text{ (квар)};$$

$$P_M = 91,2 + 1,47 = 92,67 \text{ (кВт)};$$

$$Q_M = 56,52 + 1,97 = 58,49 \text{ (квар)};$$

$$S_M = \sqrt{92,67^2 + 58,49^2} = 109,59 \text{ (кВА)},$$

Аналогічно виконуються розрахунки навантажень усіх цехів. Результати розрахунків подано в таблиці 2.1.

Сума усіх розрахункових активних потужностей підприємства складає 652,17 кВт, а сума усіх розрахункових реактивних потужностей підприємства – 458,42 квар. Середній коефіцієнт використання на підприємстві $k_{в.сер} = 0,495$, а кількість приєднань на збірних шинах РП 10 кВ дорівнює 2 (оскільки на підприємстві попередньо прогнозується живлення цехів від двох трансформаторів, які відповідно мають 2 високовольтні вводи від РП 10 кВ). В такому випадку за таблицею [1] вибирається коефіцієнт одночасності максимумів навантаження $k_o = 0,95$.

Виходячи з поданих вище даних, розрахункові максимальні відповідно активне і реактивне та повне навантаження підприємства:

$$P_M = 0,95 \cdot 686,49 = 652,17 \text{ (кВт)};$$

$$Q_M = 0,95 \cdot 458,42 = 435,50 \text{ (квар)};$$

$$S_M = \sqrt{652,17^2 + 435,50^2} = 784,21 \text{ (кВА)}.$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень підприємства

№	ЕП	Силове навантаження										Освітлювальне навантаження										Всього		
		Рн,кВт	кв	кп	cosφс	tgφс	Рмс,кВт	Qмс,кВАр	Кпо	Кпра	Рo	F,м	cosφo	tgφo	Рмо,кВт	Qмо,кВАр	Рм,кВт	Qм,кВАр	Sm,кВА					
1	Склад готової продукції	73	0,45	0,5	0,9	0,48	36,5	17,68	0,6	1,1	0,012	225	1	0,00	1,78	0,00	38,28	17,68	42,17					
2	Склад висівок	86	0,45	0,5	0,9	0,48	43	20,83	0,6	1,1	0,012	300	1	0,00	2,38	0,00	45,38	20,83	49,93					
3	Майстерня	152	0,54	0,6	0,85	0,62	91,2	56,52	0,9	1,2	0,015	91	0,6	1,33	1,47	1,97	92,67	58,49	109,59					
4	Вальцевий парк	302	0,72	0,8	0,8	0,75	241,6	181,20	0,9	1,2	0,015	360	0,6	1,33	5,83	7,78	247,43	188,98	311,34					
5	Бункера	135	0,68	0,75	0,85	0,62	101,25	62,75	0,6	1,1	0,012	136	1	0,00	1,08	0,00	102,33	62,75	120,03					
6	Вагова автомобільна	71	0,36	0,4	0,8	0,75	28,4	21,30	0,9	1,2	0,015	128	0,6	1,33	2,07	2,76	30,47	24,06	38,83					
7	Вагова	116	0,36	0,4	0,8	0,75	46,4	34,80	0,9	1,2	0,015	136	0,6	1,33	2,20	2,94	48,60	37,74	61,53					
8	Склад накопичення	65	0,45	0,5	0,8	0,75	32,5	24,38	0,6	1,1	0,012	99	1	0,00	0,78	0,00	33,28	24,38	41,25					
9	Адміністративна будівля	42	0,54	0,6	0,9	0,48	25,2	12,20	0,85	1,35	0,021	85	1	0,00	2,05	0,00	27,25	12,20	29,86					
10	Прохідна	4	0,54	0,6	0,9	0,48	2,4	1,16	0,85	1,35	0,021	40	1	0,00	0,96	0,00	3,36	1,16	3,56					
11	Транспорттер	41	0,36	0,4	0,85	0,62	16,4	10,16	0,6	1,1	0,012	130	1	0,00	1,03	0,00	17,43	10,16	20,18					
	Всього	1087	0,495				664,85	442,9795				1730			21,643988	15,44	652,17	435,50	784,21					

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

Потужність і кількість цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, а також і цехових мереж.

Номінальна потужність цехових ТП обирається за питомою густиною навантаження на 1 м² площі цеху

$$S_{питома} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.9)$$

де S_{Σ} – сумарне навантаження цехів на напрузі 0,38 кВ;

F_{Σ} – загальна площа вказаних цехів.

Інтервали економічних значень потужностей трансформаторів [1]:

$$S_{ном.т.} = \begin{cases} 630, 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{коли } S_{пум} < 0,2 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2; \\ 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{коли } S_{пум} = 0,2 \div 0,3 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2; \\ 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{коли } S_{пум} = 0,3 \div 0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2. \end{cases} \quad (2.10)$$

Кількості трансформаторів у цехових ТП обираються виходячи кз категорії з надійності електропостачання підприємства і також за такими рекомендаціями: за $S_{пум} < 0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$ більш доцільним є використання одотрансформаторних ТП, а за $S_{пум} > 0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$ доцільно використовувати двотрансформаторні підстанції незалежно від існуючої категорії надійності електропостачання.

Після визначення потужності трансформаторів та кількості трансформаторів цехових ТП розраховується економічне число одотрансформаторних підстанцій за такою формулою

$$N_{екон} \geq \frac{S_{\Sigma}}{S_{ном.т.}}, \quad (2.11)$$

а двотрансформаторних – за формулою

$$N_{екон} \geq \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{ном_т.} \cdot k_3},$$

де $k_3 = 0,7 - 0,75$ – за переважання споживачів I категорії;

$k_3 = 0,8 - 0,85$ – за переважання споживачів II, III категорій;

На основі вище приведених тверджень виконаємо розрахунки по вибору кількості і потужності трансформаторів цехових ТП.

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність усіх цехів, електричне обладнання котрих живиться на напрузі 0,4 кВ

$$S_{\Sigma} = \sum S_{mk} = 828,27 \text{ кВА.}$$

Визначимо загальну площу всіх цехів, електричне обладнання котрих живиться на напрузі 0,4 кВ

$$F_{\Sigma} = \sum F_{mk} = 1730 \text{ м}^2.$$

Питома густина навантаження на 1 м^2 площі

$$S_{num} = \frac{828,27}{1730} = 0,48 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2.$$

Згідно поданих вище рекомендацій, оскільки $S_{num} = 0,48 > 0,4 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$, доцільно застосовувати двотрансформаторні підстанції.

Отже, можна вибрати двотрансформаторні підстанції з $S_{ном.т.} = 630$ чи 1000 кВА .

Визначаємо економічне число двотрансформаторних підстанцій. Розглянемо два варіанти:

1. При $S_{ном.т.} = 630$ кВА, враховуючи, що підприємство належить до споживачів II категорії з надійності електропостачання, число ТП

$$N_{ек} \geq \frac{828,27}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 - 0,85)} = 0,82 \div 0,77 \text{ шт.},$$

2. При $S_{ном.т.} = 1000$ кВА число ТП

$$N_{ек} \geq \frac{828,27}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 - 0,85)} = 0,52 \div 0,49 \text{ шт.}$$

Отже, можливе необхідно встановити одно трансформаторну підстанцію з потужностями трансформаторів 630 кВА, або 1000 кВА.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження. Дані розрахунку приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
Цех	S _м , кВА	630 кВА		Цех	S _м , кВА	1000 кВА	
		N, шт	k _з			N, шт	k _з
1-11	828,27	2	0,66	1-11	828,27	2	0,41

Для визначення найкращого варіанту трансформатора необхідно провести техніко-економічне порівняння двох запропонованих варіантів.

Для визначення місця розташування ТП побудуємо картограму навантажень та визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму

навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності

$$P_{mk} = \pi r_k^2 m_P, \quad (2.12)$$

де r_k – радіус круга;

m_P – масштаб побудови.

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: приймемо радіус круга навантаження бункера 15 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_P = \frac{P_{m5}}{\pi \cdot r_5^2} = \frac{102,33}{3,14 \cdot 15^2} = 0,14 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Згідно (2.17) визначаються радіуси кругів навантажень при даному масштабі. Наприклад радіус круга для складу готової продукції:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{m1}}{\pi \cdot m_P}} = \sqrt{\frac{38,28}{3,14 \cdot 0,14}} = 9,17 \text{ (м)}.$$

Кут сектору освітлювального навантаження для складу готової продукції:

$$\alpha_1 = \frac{360 \cdot P_{mo}}{P_m} = \frac{360 \cdot 1,78}{38,28} = 16,76^\circ.$$

Розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані для побудови картограми навантажень

№	ЕП	x	y	P _{мо,кВт}	P _{м,кВт}	гк, м	$\alpha_k, ^\circ$
1	Склад готової продукції	12	89	1,78	38,28	9,17	16,76
2	Склад висівок	75	88	2,38	45,38	9,99	18,85
3	Майстерня	36	73	1,47	92,67	14,27	5,73
4	Вальцевий парк	32	55	5,83	247,43	23,33	8,49
5	Бункера	51	57	1,08	102,33	15,00	3,79
6	Вагова автомобільна	77	55	2,07	30,47	8,19	24,50
7	Вагова	34	31	2,20	48,60	10,34	16,32
8	Склад накопичення	10	22	0,78	33,28	8,55	8,48
9	Адміністративна будівля	32	4,5	2,05	27,25	7,74	27,06
10	Прохідна	46	4	0,96	3,36	2,72	103,16
11	Транспортер	23	75	1,03	17,43	6,19	21,27

Координати центра електричних навантажень (ЦЕН) знаходять за формулами

$$x_{-0} = \frac{\sum_{k=1}^N P_{m-k} x_{-k}}{\sum_{k=1}^N P_{m-k}}, \quad y_{-0} = \frac{\sum_{k=1}^N P_{m-k} y_{-k}}{\sum_{k=1}^N P_{m-k}}, \quad (2.13)$$

де x_k, y_k – координати геометричних центрів об'єктів на генплані підприємства.

Отже

$$x_0 = \frac{38,28 \cdot 12 + \dots + 17,43 \cdot 23}{38,28 + \dots + 17,43} = 38,01 \text{ (м);}$$

$$y_0 = \frac{38,28 \cdot 89 + \dots + 17,43 \cdot 75}{38,28 + \dots + 17,43} = 54,86 \text{ (м).}$$

Враховуючи те, що центр електричних навантажень співпадає з цехом №4,

то, з урахуванням зручності прокладення живлячої кабельної лінії встановлюємо ТП в місці з координатами

$$x_0 = 17 \text{ (м);}$$

$$y_0 = 48,5 \text{ (м).}$$

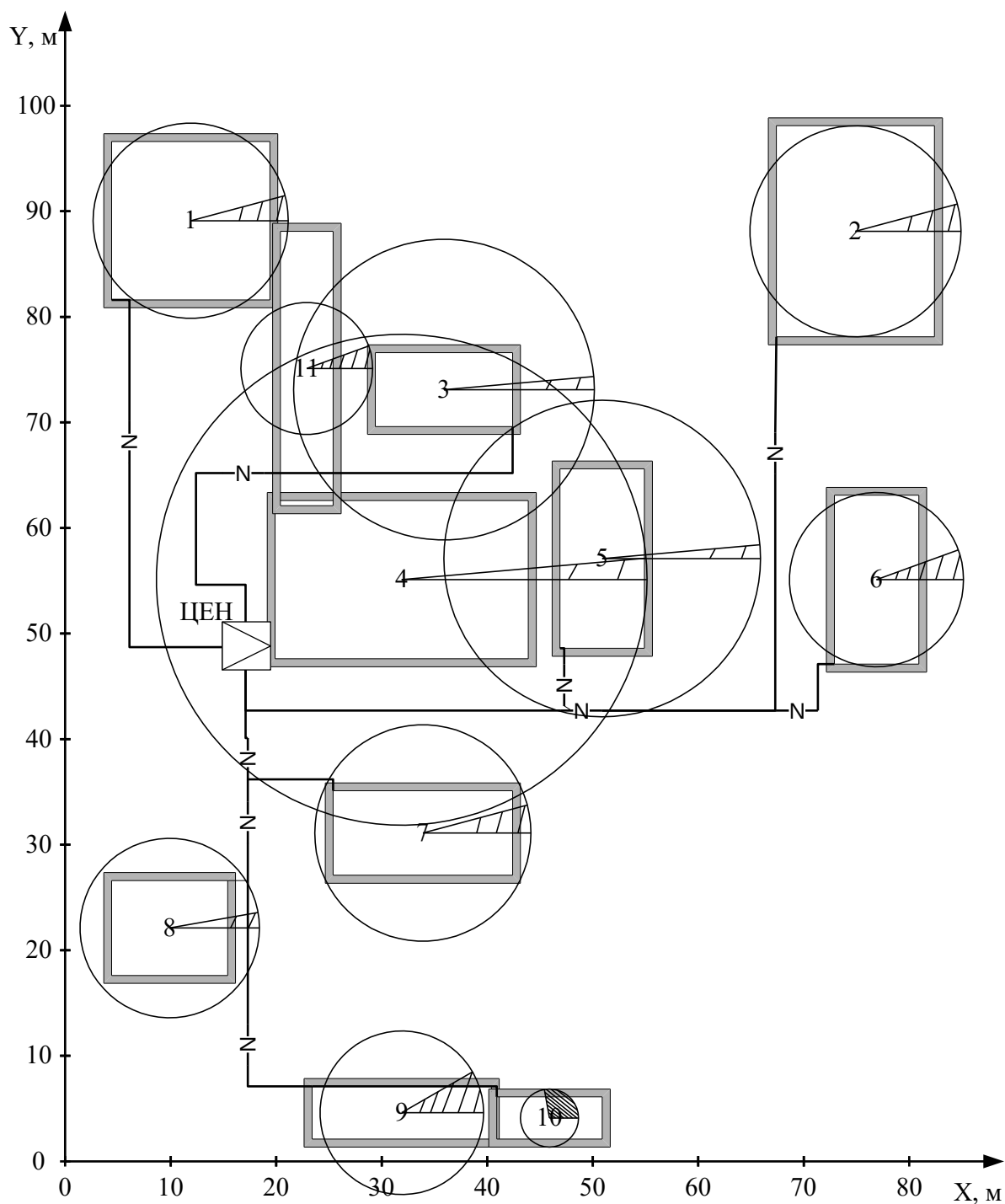


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень підприємства

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

Підприємство ВАТ "Вінницямлин" має невелику потужність 0,65 МВт, що менше ніж 5 МВт. В такому випадку [1] воно може отримувати електроенергію на напрузі 10 кВ. До того ж на підстанції кондитерської фабрики "Рошен", що розташована неподалік, є наявність вільних потужностей на вказаній напрузі.

В попередньому розділі було запропоновано два варіанти трансформаторів в трансформаторній підстанції підприємства. Параметри трансформаторів подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Параметри трансформаторів

$S_{н.тр}$, кВА	$U_{н.т}$, кВ	ΔP_{xx} , кВт	ΔP_k , кВт	$I_{xx}\%$	$U_k\%$
630	10	1,5	8	2,5	5,5
1000	10	2,1	10,5	1,4	6

Схема електропостачання є радіальною. Від РП 10 кВ ВАТ "Рошен" є можливість за живлення підстанції підприємства. Виконаємо порівняння варіантів спорудження двотрансформаторних підстанцій потужністю 630 кВА і 1000 кВА методом зведених річних витрат (рисунок 2.2).

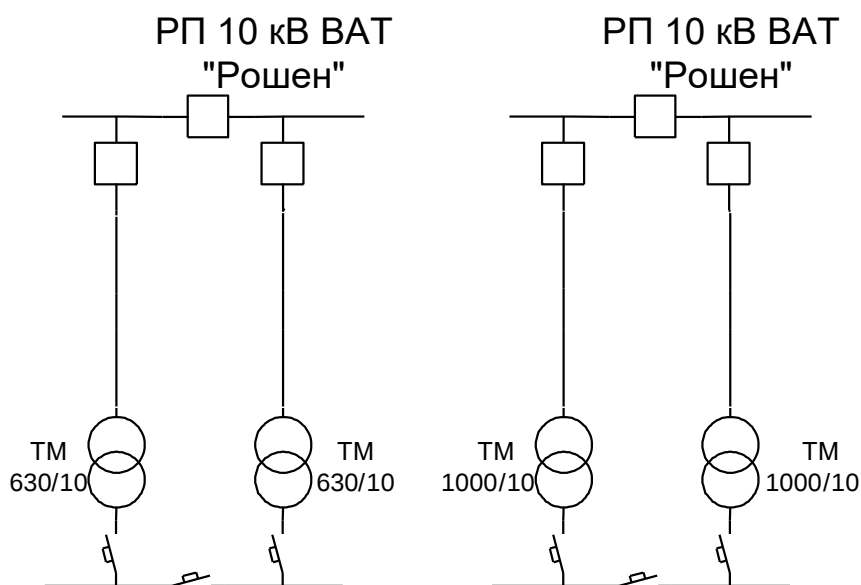


Рисунок 2.2 – Варіанти схем внутрішньозаводського електропостачання

Для найкращого варіанта ТП є найменші приведені витрати, що визначаються за формулою:

$$B_{np} = (E_n + E_a)K + m\Delta P + Z_{пер}, \quad (2.14)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт відрахувань (0,1);

E_a – коефіцієнти амортизаційних відрахувань ($E_a = 0,063$ [3]);

K – капітальні вкладення, грн;

m – питома вартість річних втрат активної потужності, грн/кВт;

ΔP – втрати потужності в трансформаторах, кВт;

$Z_{пер}$ – математичне сподівання збитків від перерви електропостачання.

Оскільки на підприємстві проектується двотрансформаторні підстанція, то збитки від переривання електропостачання не передбачаються.

Втрати потужності в трансформаторах визначаються за формулою:

$$\Delta P_{mp} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \left(\frac{S_m}{S_{ном.т.}} \right)^2 \quad [\text{кВт}], \quad (2.15)$$

де ΔP_{xx} – втрати холостого ходу трансформаторів ТП, кВт;

$\Delta P_{кз}$ – втрати короткого замикання трансформаторів ТП, кВт;

n – кількість трансформаторів в ТП.

Вартість річних втрат потужності визначають за діючими тарифами

$$m = t \cdot \tau, \quad (2.16)$$

де t – тариф за електроенергію, грн/кВт·год;

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 - \text{час максимальних втрат, год, (тут } T_{\text{м}} = \frac{\sum P_j t_j}{P_{\text{м}}} -$$

час використання максимуму навантаження (год), або ж визначається за таблицею 2.25 [3], в залежності від кількості змін роботи підприємства).

Приймаємо, що $t=5$ грн/кВт·год, а $T_{\text{м}}=3000$ (двозмінний графік роботи).
Тоді питома вартість річних втрат активної потужності

$$m = 5 \cdot \left(0,124 + \frac{3000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 7874,2 \text{ (грн/кВт)}.$$

Втрати потужності для трансформаторів 630 кВА:

$$\Delta P_{630} = 2 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot \left(\frac{828,27}{630} \right)^2 = 9,91 \text{ (кВт)},$$

Втрати потужності для трансформаторів 1000 кВА:

$$\Delta P_{1000} = 2 \cdot 2,1 + \frac{1}{2} \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{828,27}{1000} \right)^2 = 7,80 \text{ (кВт)}.$$

Вартість спорудження двотрансформаторних ТП [3]:

$$K_{630} = 127620 \text{ (грн)},$$

$$K_{630} = 142470 \text{ (грн)},$$

Приведені річні витрати при спорудженні двотрансформаторних підстанцій з трансформаторами, потужністю відповідно 630 і 1000 кВА:

$$B_{np630} = (0,1 + 0,063) \cdot 127620 + 787,42 \cdot 9,91 = 28608,43 \text{ (грн)},$$

$$B_{np1000} = (0,1 + 0,063) \cdot 142470 + 787,42 \cdot 7,8 = 29365,28 \text{ (грн)}.$$

Таким чином, перший варіант з ТП 2х630 кВА більш економічний.

Вибираємо радіальну схему електропостачання (рисунок 2.3). Резервування відбувається з використанням секційного вимикача на низькій стороні ТП. Живлення ТП відбувається від РП ВАТ "Рошен".

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{ном.в.} \geq U_{ном.мережі} \quad (2.17)$$

$$I_{ном.в.} \geq I_{м.ав.} \quad (2.18)$$

де $I_{м.ав.}$ – розрахунковий максимальний струм для післяаварійного режиму.

Переріз провідників вибираємо за економічною густиною струму:

$$S_{ек} = \frac{I_{м.}}{J_{ек}}, \quad (2.19)$$

де $J_{ек}$ – економічна густина струму.

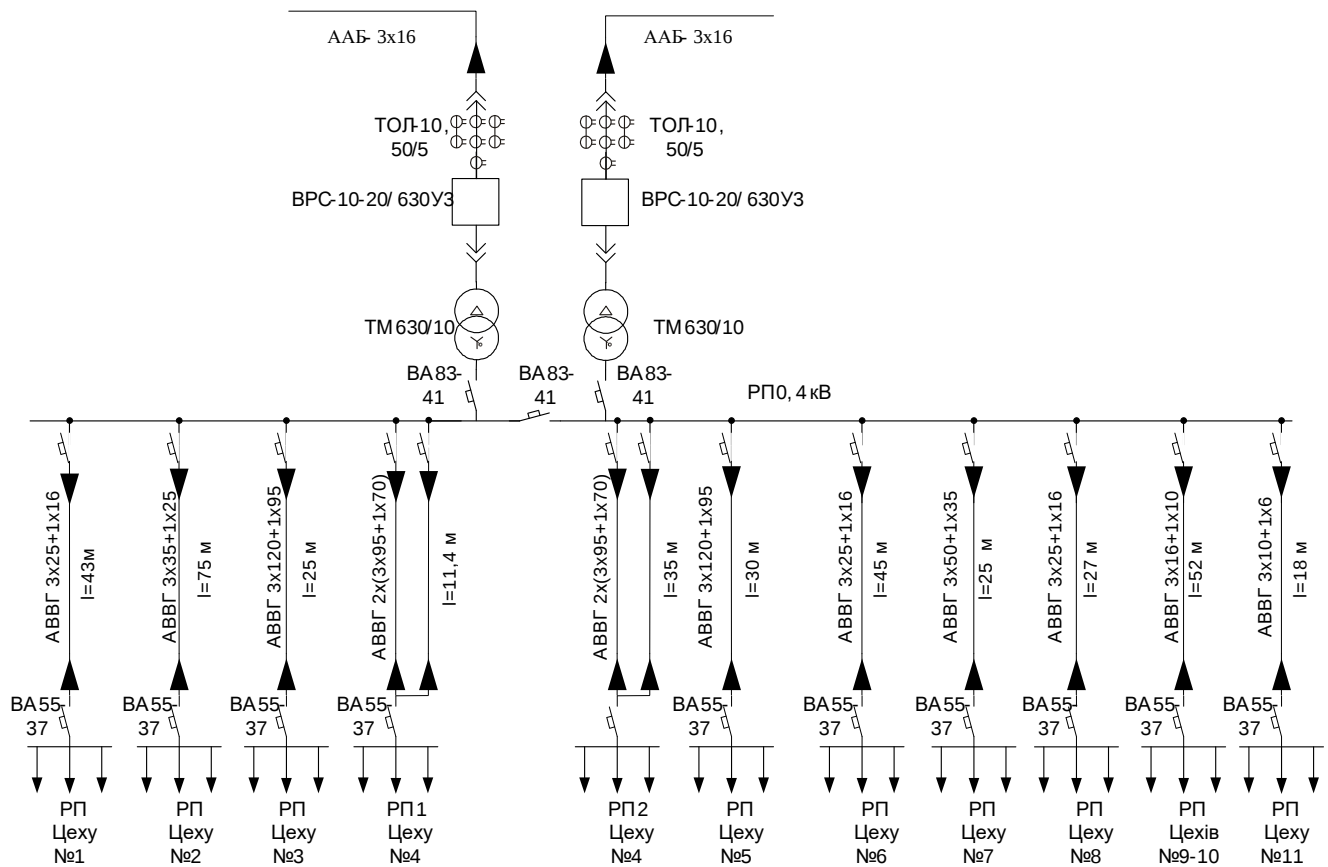


Рисунок 2.3 – Схема заводської мережі

Визначимо струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній підприємства напругою 10 кВ:

$$I_M = \frac{S_M}{2\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{784,21}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 22,63 \text{ (А)};$$

$$I_{M.ав} = \frac{1,4S_{ном.т.}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,92 \text{ (А)}.$$

На стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-10-20/630 УЗ з номінальними даними: номінальна напруга вимикача $U_{ном} = 10$ кВ; номінальний струм вимикача $I_{ном.в} = 630 \text{ А} > I_{M.ав}$; номінальний струм відключення $I_{ном.відкл} = 20 \text{ кА}$.

Вибір провідників виконуємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією $j_{ек} = 1,6 \text{ А/мм}^2$ при $T_m > 1000$.

Визначаємо економічний переріз провідників, наприклад, для ТП1:

$$S_{ек} = \frac{I_M}{j_{ек}} = \frac{22,63}{1,6} = 14,15 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Для даної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією і алюмінієвій оболонці типу ААБ. Результати розрахунків приведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	I_M , А	$I_{M.ав.}$, А	Вимикач	$I_{ном.в.}$, А	$S_{ек}$, мм ²	Провідник	$I_{доп}$, А
РП-ТП	22,63	50,92	ВРС-10-20/630У3	630	14,15	ААБ- 3х16	75

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

Для визначення розрахункових навантажень доцільно використати метод упорядкованих діаграм, що розроблений Г.М. Каяловим [1, 2].

Розрахунок виконаємо в табличній формі (таблиця 2.6). Оскільки в цеху є два РП, то для кожного з них необхідно визначити розрахункові навантаження і розрахункові струми. Відповідно до методу упорядкованих діаграм, споживачі, що приєднані до РП поділяються на дві групи: група А (споживачі з повторно-короткочасним режимом) і група Б (споживачі з тривалим режимом роботи).

Визначаємо номінальну загальну активну потужність для кожного виду електроприймачів за формулою (для прикладу візьмемо 3-ю і 4-у розмелювальну установку):

$$P_{н.сум} = P_{н} \cdot n, \quad (2.20)$$

де $P_{н}$ – номінальна потужність одного електроприймача, кВт;

n – кількість електроприймачів одного типу і потужності,

$$P_{\text{н.сум}} = 2 \cdot 15 = 30 \text{ (кВт)}.$$

Розраховуємо середнє активне та реактивне навантаження за максимально-завантажену зміну для кожного виду електроприймачів (для прикладу візьмемо 3-ю і 4-у розмелювальну установку)

$$P_{\text{зм}} = k_{\text{в}} \cdot P_{\text{н}}; \quad (2.21)$$

$$Q_{\text{зм}} = P_{\text{зм}} \operatorname{tg} \varphi_{\text{н}}, \quad (2.22)$$

де $k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання [2];

$\operatorname{tg} \varphi_{\text{н}}$ – номінальний коефіцієнт реактивної потужності,

$$P_{\text{зм}} = 0,85 \cdot 30 = 25,5 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{зм}} = 25,5 \cdot 0,75 = 19,13 \text{ (квар)}.$$

Для визначення розрахункових навантажень по РП необхідно використати формули:

для споживачів групи А:

$$P_{\text{м}} = k_{\text{м}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{зм}i}; \quad (2.23)$$

$$Q_{\mathcal{M}} = \begin{cases} 1,1 \sum_{i=1}^n Q_{3\mathcal{M}i} & \text{за } n_e \leq 10 \\ \sum_{i=1}^n Q_{3\mathcal{M}i} & \text{за } n_e > 10 \end{cases}, \quad (2.24)$$

де $k_{\mathcal{M}}$ – коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності,
 n_e – ефективне число ЕП,

для групи Б:

$$P_{\mathcal{M}} = \sum_{i=1}^n P_{3\mathcal{M}i}, \quad (2.25)$$

$$Q_{\mathcal{M}} = \sum_{i=1}^n Q_{3\mathcal{M}i}, \quad (2.26)$$

Визначення значення ефективного числа ЕП здійснюється за формулою:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n p_{\mathcal{M}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n p_{\mathcal{M}i}^2}. \quad (2.27)$$

Розраховане значення n_e округляється до найближчого цілого числа.

Коефіцієнт розрахункового максимуму визначається за таблицею [1] виходячи із значення n_e та середнього значення коефіцієнта використання, котрий, в свою чергу визначається для групи споживачів, що належать до групи А за формулою

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}}. \quad (2.28)$$

Значення повної потужності визначаються за формулою:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \quad (2.29)$$

а значення розрахункового максимального струму визначаються за виразом:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U}, \quad (2.30)$$

де U – напруга 0,38 кВ для цехових РП.

За таким алгоритмом визначаємо розрахункові величини по групам, РП та в цілому по цеху.

Визначимо розрахункові величини групи А РП1.

Знаходимо n_e , для групи А

$$n_e = \frac{30^2}{900} = 1.$$

Знаходимо значення групового коефіцієнта використання

$$K_B = \frac{7,5}{30} = 0,25.$$

Виходячи із значень коефіцієнта використання і ефективної кількості споживачів групи А, з таблиці 1.1 [1] випливає, що коефіцієнт розрахункового максимуму дорівнює 3.

Знаходимо сумарні значення по групі А , розрахункових величин

$$P_M = 3 \cdot 7,5 = 22,5 \text{ (кВт)};$$

$$Q_M = 1,1 \cdot 6,6 = 7,28 \text{ (квар)}.$$

Для групи споживачів Б:

$$P_M = 33 + 27 + 25,5 + 16,5 + 16,5 = 118,5 \text{ (кВт)},$$

$$Q_M = 24,75 + 20,75 + 19,13 + 12,38 + 12,38 = 88,88 \text{ (квар)},$$

Повна розрахункова потужність S_M по групі А визначається, як

$$S_M = \sqrt{22,5^2 + 7,28^2} = 23,65 \text{ (кВА)},$$

а по групі Б

$$S_M = \sqrt{118,5^2 + 88,88^2} = 148,13 \text{ (кВА)},$$

Сумарні активна, реактивна та повна розрахункові потужності по РП чи ТП, визначаються як сума потужностей, визначених по приєднаних групах споживачів. Наприклад, для РП1

$$S_M = 23,65 + 148,13 = 171,77 \text{ (кВА)},$$

Розрахунковий струм кабелю, що живить РП1:

$$I_M = \frac{171,77}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 260,98 \text{ (А)}.$$

Таблиця 2.6 – Розрахунок силового навантаження цехової мережі

Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт		Номінальна потужність, кВт		За довідниковими даними			Розрахункові дані			Ефективне число ЕП, ne	Коефіцієнт розрахункового максимуму, km	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм Iр, А
	ЕП	Одноф. ЕП	Загальна	Коефіцієнт використання, Kв	Коефіцієнт реактивної потужності		Kв*Pн	Kв*Pн*tg ф	n*Pн²	Активна, кВт P=Pм			Реактивна, кВАр Qр=Qм	Повна потужність, кВА Sр=Sм		
					cosφ	tgφ										
РП1																
гр - А																
1-й шліфувальний верстат (3)	1	30	30	0,25	0,75	0,88	7,5	6,61	900	1,00	3	22,50	7,28	23,65	60,774	
Всього по гр. А																
гр - Б																
1-а дренна установка (1)	1	44	44	0,75	0,8	0,75	33	24,75				44	33,00	55,00	83,564	
2-а дренна установка (2)	1	36	36	0,75	0,8	0,75	27	20,25				36	27,00	45,00	68,37	
1-а розмелювальна установка (4)	1	30	30	0,85	0,8	0,75	25,5	19,13				30	22,50	37,50	56,975	
4-а дренна установка (для грубого зерна) (5)	1	22	22	0,75	0,8	0,75	16,5	12,38				22	16,50	27,50	41,782	
5-а дренна установка (6)	1	22	22	0,75	0,8	0,75	16,5	12,38				22	16,50	27,50	41,782	
Всього по гр. Б																
Всього по РП1	6	184	184				126	95,49				141,00	96,15	171,77	260,98	
РП2																
гр - Б																
3-а дренна установка (для грубого зерна) (7)	1	22	22	0,75	0,8	0,75	16,5	12,38				22	16,50	27,50	41,782	
2-а, 5-а, 6-а розмелювальні установки (8, 11, 12)	3	22	66	0,85	0,8	0,75	56,1	42,08				22	16,50	27,50	41,782	
3-а і 4-а розмелювальна установка (9, 10)	2	15	30	0,85	0,8	0,75	25,5	19,13				15	11,25	18,75	28,488	
Всього по гр. Б																
Всього по РП1	6	118	118				98,1	73,58			1	98,1	73,58	122,63	186,31	
Всього по гр. А																
Всього по гр. Б																
Всього по цеху																

Схема цехової мережі (рис. 2.4, рис. 2.5) вальцевого парку пропонується як радіальна, тобто для передачі електричної енергії до кожного споживача використовується окрема лінія. Такий вибір зумовлено невеликою кількістю

споживачів і тим, що виробниче приміщення вальцевого парку відноситься до класу запилених.

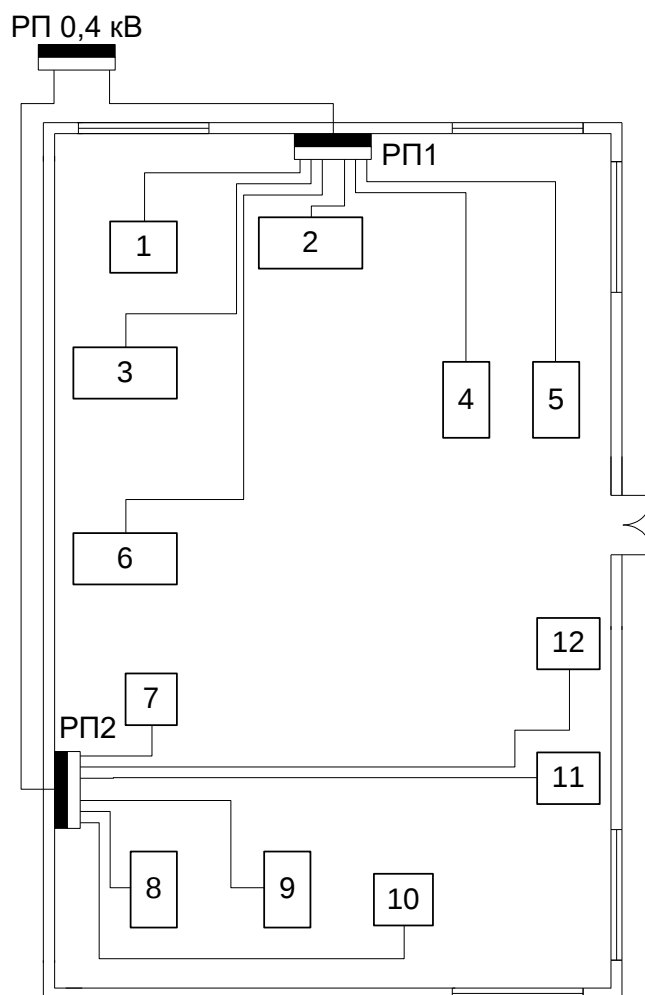


Рисунок 2.4 - Схема цехової мережі вальцевого парку.

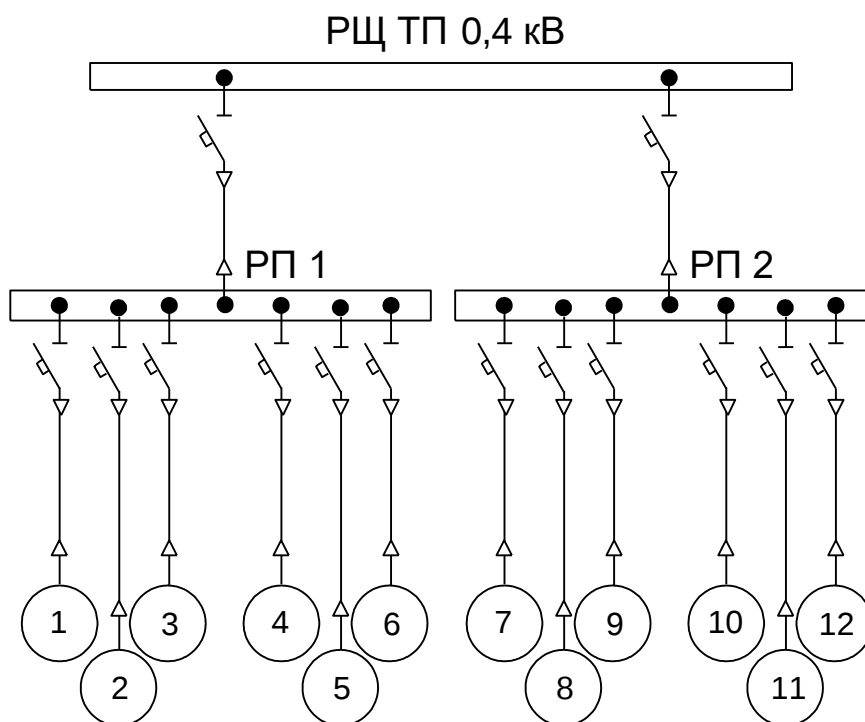


Рисунок 2.5 - Структурна схема цехової мережі вальцевого парку.

Розподільчі пристрої цеху живляться кабелями від розподільного щита (РЩ ТП 0,4 кВ) трансформаторної підстанції підприємства. Потужності споживачів вальцевого парку не перевищують 55 кВт, тому ці споживачі доцільно постачати електроенергією від розподільчих пристроїв РП1 і РП2.

Як комутаційно-захисну апаратуру ліній пропонується вибрати втоматичні вимикачі.

Вибір вимикачів здійснюється за умовами:

$$I_{н.розч} \geq k_{відс} \cdot I_M, \quad (2.31)$$

$$I_{с.в.} \geq k_H \cdot I_n, \quad (2.32)$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчіплювача;

$k_{\text{відс}}$ – коефіцієнт відстроювання захисту від перевантажень [1];

I_M – розрахунковий максимальний струм приєднаних споживачів електроенергії;

$I_{\text{с.в}}$ – струм спрацювання відсічки;

k_H – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки [1];

I_n – піковий струм, що проходить через автоматичний вимикач.

В свою чергу максимальний струм розраховується за формулою

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \quad (2.33)$$

де S_M – розрахункова максимальна потужність приєднаних споживачів електроенергії (таблиця 2.7);

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга апарата захисту,

а піковий струм (для групи електроприймачів) –

$$I_n = I_M - k_{\text{в}} I_{n_найб} + I_{n_найб} \quad (2.34)$$

де $I_{n_найб}$, $I_{n_найб}$ – номінальний та піковий струми ЕП, з найбільшим піковим струмом [1];

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання електроспоживача з найбільшим піковим струмом.

Номінальний і піковий струми ЕП, з найбільшим піковим струмом (1-а дренна установки) розраховуються за формулами:

$$I_{n_найб} = \frac{P_{n_найб}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{найб}}}, \quad (2.35)$$

$$I_{n_найб} = 5 \cdot I_{н_найб},$$

де $P_{н_найб}$ – номінальна потужність ЕП з найбільшим піковим струмом;

$\cos\varphi_{найб}$ – коефіцієнт потужності ЕП з найбільшим піковим струмом.

Приклад вибору комутаційно захисного апарату і перерізу кабельної лінії від ЦРП ТП до РП1.

$$I_M = \frac{171,77}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 260,98 \text{ (A)};$$

$$I_{н_найб} = \frac{44}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 83,56 \text{ (A)};$$

$$I_{n_найб} = 5 \cdot 83,56 = 417,82 \text{ (A)},$$

а піковий струм, що проходить через автоматичний вимикач, що захищає лінію від РЩ ТП до РП1:

$$I_n = 260,98 - 0,75 \cdot 83,56 + 417,82 = 616,13 \text{ (A)};$$

$$I_{н.розч.розр.} = 1,1 \cdot 260,98 = 287,08 \text{ (A)};$$

$$I_{с.в.розр} = 1,5 \cdot 616,13 = 924,19 \text{ (A)}.$$

Для захисту цієї лінії передбачаємо використання селективного вимикача типу ВА55. Вибираємо автоматичний вимикач ВА 55-37 з номінальним струмом $I_{н.вим} = 400\text{A}$, номінальним струмом розчеплювача $I_{н.розч} = 320\text{A}$ і струмом спрацювання відсічки 960 А.

Перевіряємо виконання умов (2.31), (2.32):

$$I_{н.розч} = 320A \geq I_{н.розч.розр.} = 287,08 (A);$$

$$I_{с.в.} = 960A \geq I_{с.в.розр} = 924,19 (A).$$

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для інших ліній. Для ліній, що відходять від цехових РП, обираємо автоматичні вимикачі серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчіплювачами. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цеху

Лінія	Ім, А	Іп, А	Ін.р. (розр), А	Ін.р., А	Іс.в. (розр), А	Іс.в., А	Тип захисного апарата	Іном.в, А
РП1-ЕП3	60,77	303,87	60,77	80	638,12	800	ВА 51-31	100
РП1-ЕП1	83,56	417,82	83,56	100	877,42	1000	ВА 51-31	100
РП1-ЕП2	68,37	341,85	68,37	80	717,89	800	ВА 51-31	100
РП1-ЕП4	56,98	284,88	56,98	63	598,24	630	ВА 51-31	100
РП1-ЕП5	41,78	208,91	41,78	50	438,71	500	ВА 51-31	100
РП1-ЕП6	41,78	208,91	41,78	50	438,71	500	ВА 51-31	100
РЦ ТП-РП1	260,98	616,13	287,08	320	924,19	960	ВА 55-37	400
РП2-ЕП7	41,78	208,91	41,78	50	438,71	500	ВА 51-31	100
РП2-ЕП8,11,12	41,78	208,91	41,78	50	438,71	500	ВА 51-31	100
РП2-ЕП9,10	28,49	142,44	28,49	31,5	299,12	315	ВА 51-31	100
РЦ ТП-РП2	186,31	359,70	204,94	250	539,56	750	ВА 55-37	250

В таблиці 2.8 подані результати вибору комутаційно-захисної апаратури інших цехів підприємства, а також автоматичних вимикачів, що з'єднують ТП 10/0,4 кВ і РП 0,4 кВ і секційного вимикача, що забезпечує автоматичне живлення

сусідньої шини РП у разі виведення з роботи одного з трансформаторів. При розрахунках використовувались формули 2.31 – 2.34.

Таблиця 2.8 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цехів підприємства

Лінія	Ім, А	Іп, А	Ін.р. (розр), А	Ін.р., А	Іс.в. (розр), А	Іс.в., А	Тип захисного апарата	Іном.в, А
РЩ ТП-РП Цеху №1	64,07	96,10	70,47	100,8	144,15	201,6	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цеху №2	75,86	113,78	83,44	100,8	170,68	201,6	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цеху №3	166,50	333,00	183,15	200	499,50	600	ВА 55-37	250
РЩ ТП-РП Цеху №5	182,37	364,75	200,61	250	547,12	750	ВА 55-37	250
РЩ ТП-РП Цеху №6	59,00	117,99	64,90	100,8	176,99	201,6	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цеху №7	93,49	186,98	102,84	128	280,47	384	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цеху №8	62,68	94,02	68,95	100,8	141,03	201,6	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цехів №9-10	50,77	50,77	55,85	100,8	76,16	201,6	ВА 55-37	160
РЩ ТП-РП Цеху №11	30,66	61,31	33,72	100,8	91,97	201,6	ВА 55-37	160
Тр-р-РП	588,90	762,29	647,79	800	1143,44	1600	ВА 83-41	1000
Тр-р-РП	638,65	812,05	702,52	800	1218,07	1600	ВА 83-41	1000
ділянка секційного вимикача	638,65	812,05	702,52	800	1218,07	1600	ВА 83-41	1000

Оскільки цехова мережа є під напругою 0,4 кВ, то переріз провідників вибирають за допустимим нагріванням за використання умови

$$I_{don} \geq I_m, \quad (2.36)$$

де I_{don} – допустимий струм провідника [1, 2]

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок обираємо наступні способи прокладки ліній:

- від ТП до РП-1 та РП-2 прокладка кабелю з алюмінієвими жилами марки АВВГ в трубах, прокладених в підлозі;
- від РП до електроприймачів прокладка проводу АПВ в стальних рукавах.

Приклад вибору кабеля від РЩ ТП до РП-2:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}} = 186,31 \text{ (A)}.$$

Допустимий тривалий струм для кабеля АВВГ складає 216,2 А, що відповідає перерізу 3х150+1х120 мм².

Аналогічно обираємо переріз решти кабелів та провідників.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	Ім, А	Ін.р., А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм ²	Ідоп, А	l, м
РП1-ЕП3	60,774	80	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х25)+1х16	70	5,4
РП1-ЕП1	83,564	100	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х35)+1х25	85	3,7
РП1-ЕП2	68,37	80	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х25)+1х16	70	2,2
РП1-ЕП4	56,975	63	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х25)+1х16	70	4,9
РП1-ЕП5	41,782	50	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х16)+1х10	55	5,3
РП1-ЕП6	41,782	50	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х16)+1х10	55	7,6
РЩ ТП-РП1	260,98	320	АВВГ	В стальних рукавах	2х(3х95+1х70)	156,4	11,4
РП2-ЕП7	41,782	50	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х16)+1х10	55	1,5
РП2-ЕП8,11,12	41,782	50	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х16)+1х10	55	1,7; 13,5; 14,5
РП2-ЕП9,10	28,488	31,5	АПВ	В підлозі в трубі	3(1х6)+1х5	30	4,3; 6,4
РЩ ТП-РП2	186,31	250	АВВГ	В стальних рукавах	3х150+1х120	216,2	35

В таблиці 2.10 подані результати вибору кабелів інших цехів підприємства. При розрахунках використовувалась формула 2.36.

Таблиця 2.10 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	Ім, А	Ін.р., А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм ²	Ідоп, А	l, м
РЩ ТП-РП Цеху №1	64,065	100,8	АВВГ	В землі	3х25+6х16	69	40
РЩ ТП-РП Цеху №2	75,856	100,8	АВВГ	В землі	3х35+7х25	82,8	41
РЩ ТП-РП Цеху №3	166,5	200	АВВГ	В землі	3х120+8х95	184	42
РЩ ТП-РП Цеху №5	182,37	250	АВВГ	В землі	3х120+10х95	184	44
РЩ ТП-РП Цеху №6	58,996	100,8	АВВГ	В землі	3х25+11х16	69	45
РЩ ТП-РП Цеху №7	93,491	128	АВВГ	В землі	3х50+12х35	101,2	46
РЩ ТП-РП Цеху №8	62,68	100,8	АВВГ	В землі	3х25+13х16	69	47
РЩ ТП-РП Цехів №9-10	50,77	100,8	АВВГ	В землі	3х16+14х10	55,2	48
РЩ ТП-РП Цеху №11	30,655	100,8	АВВГ	В землі	3х10+16х6	38,64	50

Перевірка на допустимість втрат напруги здійснюється з використанням формули:

$$\Delta U = \frac{P_M r_{\text{пит}} + Q_M x_{\text{пши}}}{U_{\text{ном}}} \cdot l, \quad (2.37)$$

де $r_{\text{пит}}$, $x_{\text{пит}}$ – питомі опори провідників, Ом/км;

l – довжина провідника, км.

Перевіримо втрати напруги до найбільш віддаленого споживача (ЕП12):

$$\Delta U_{\text{ЕП12}} = \Delta U_{\text{ТП-РП2}} + \Delta U_{\text{РП2-ЕП12}};$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП2}} = \frac{98,1 \cdot 0,206 + 73,58 \cdot 0,0596}{0,380} \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 0,59 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{РП2-ЕП12}} = \frac{56,1 \cdot 1,94 + 42,08 \cdot 0,0675}{0,380} \cdot 14,5 \cdot 10^{-3} = 4,26 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{EП12} = 0,59 + 4,26 = 4,85 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{EП12\%} = \frac{4,85}{380} \cdot 100\% = 1,27\%.$$

Оскільки відхилення напруги не перевищує 7,5%, то вибрані провідники забезпечують живлення споживачів допустимою напругою.

РОЗДІЛ 3

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Вплив компенсації реактивної потужності на енергозбереження

Електроенергія – це товар, якість котрого повинна відповідати вимогам стандартів. Нині споживача цікавлять три питання: якої якості електроенергію він купив і чи варта вона цих грошей (у тому розумінні, який збиток йому приносить кожне порушення якості електроенергії); на які цілі й у якій кількості він споживає електроенергію, яку купує (раціонально чи ні); як грамотно керувати енергоспоживанням, щоб звести до мінімуму витрати електроенергії (у який момент і які навантаження варто відімкнути, щоб не перевищити ліміт споживання).

Як тільки споживач одержує достовірну інформацію про те, куди й скільки він витрачає кіловат-годин, його сумарне споживання знижується на 10–15%. Це тільки частина того потенціалу енергозбереження, яку можна зреалізувати без великих витрат на модернізацію електромережі й устаткування.

Електричній мережі загалом потрібен баланс генерації і споживання активної й реактивної потужності. Основним нормативним показником підтримки балансу активної потужності в кожний момент часу є частота змінного струму, котра є загальносистемним критерієм. А основним нормативним показником для підтримки балансу реактивної потужності в кожний момент часу є рівень напруги – це місцевий критерій, що для кожного вузла навантаження й кожного щабля номінальної напруги суттєво відрізняється. Тому на відміну від балансу активної потужності потрібно забезпечити баланс реактивної потужності не тільки загалом в енергосистемі, але й у вузлах навантаження. І від того, де і як «гуляє» реактивна потужність (РП) по електричній мережі, залежить багато чого, якщо не все. От тому і необхідно серйозно відноситися до проблеми компенсації РП.

Нині, коли будівництво нових генеруючих потужностей є дуже дороге й неможливе в короткий термін, актуальним стає максимальне використання діючих ЛЕП і трансформаторів, через підвищення їхньої пропускної здатності за рахунок застосування різних пристроїв керованої компенсації РП.

Як відомо, повна потужність електричної мережі складається з активної потужності P , що передається до навантаження, та реактивної Q , що використовується на нагрівання обмоток електродвигунів та трансформаторів. Q негативно впливає на режими роботи електричної мережі та показники якості електроенергії. Але без неї процес одержання корисної роботи є неможливий (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Векторна діаграма процесу компенсації РП

Але негативний вплив РП на мережу незрівнянно більший, ніж позитивний. Недарма ще в часи СРСР наприкінці 80-х директивно на усіх промислових підприємствах були встановлені силові конденсаторні батареї. Реактивний струм додатково завантажує високовольтні лінії й трансформатори, призводить до збільшення втрат активної (АП) та реактивної потужності (РП) і впливає на рівень напруги в споживача. Велика величина РП у мережі призводить до несинусоїдності напруги, з'являються додаткові втрати в мережі, електричних машинах та трансформаторах, скорочується термін роботи ізоляції кабелів та іншого устаткування, з'являються перешкоди й збої в роботі комп'ютерів та пристроїв автоматики, телемеханіки й зв'язку, виникають резонансні перенапруги у електричних мережах.

При компенсації РП відбувається зменшення споживання РП і повернення останньої в мережу. Внаслідок цього повна потужність S , споживана з мережі, практично уся використовується на корисну роботу. Q_1 зменшується до значення Q_2 .

Використання пристроїв компенсації реактивної потужності (ПКРП) дає змогу:

- розвантажити ЛЕП живлення, розподільні пристрої й силові трансформатори;
- поліпшити якість електроенергії у мережі;
- знизити витрати на оплату електроенергії та загальні витрати на енергоспоживання;
- підімкнути додаткове активне навантаження, без збільшення потужності силового трансформатора і без збільшення перерізу кабелю живлення;
- збільшити термін служби електроустаткування;
- автоматично відслідковувати зміни навантаження і компенсації РП (рисунок 2).



Рисунок 3.2 – Принцип компенсації РП

3.2 Визначення оптимальної потужності компенсаційних установок на підприємстві

Для перевірки ефективності встановлення засобів компенсації реактивної потужності необхідно вирішити задачу, математична модель якої представлена цільовою функцією витрат на експлуатацію засобів компенсації реактивної потужності

$$Z(q_k) = \frac{C_0}{U^2} \{ 2(q_n - q_k)^2 \cdot (r_T + r_L) \} + \\ + (q_{k1} + q_{k2}) \cdot (E \cdot B_k + \Delta P_k \cdot C_o) \rightarrow \min,$$

де C_0 – питома вартість втрат потужності, грн/кВт; U – номінальна напруга мережі, кВ; q_n – реактивні потужності вузлів навантажень, квар; q_k – реактивні потужності конденсаторних батарей, які необхідно увімкнути у відповідні вузли навантаження, квар; r_T , r_L – активні опори трансформаторів та ліній електропередавання підприємства, Ом; E – сумарний коефіцієнт відрахувань від капіталовкладень; B_k – питома вартість конденсаторних установок, грн/квар; ΔP_k – питомі втрати активної потужності у конденсаторних батареях, кВт/квар; C_o – питома вартість втрат потужності, грн/кВт.

Обмеженнями при вирішенні цієї задачі є значення потужностей конденсаторних установок, які не можуть бути від'ємними

$$q_{ki} \geq 0, i=1,2.$$

Разом з тим ціллю енергозбереження на підприємстві є зниження капіталовкладень, що пов'язані і з другою їх складовою оплатою за реактивну енергію.

Вихідні дані для вирішення задачі компенсації подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – вихідні дані задачі КРП

Напруга приведення U (кВ)	10
Питома вартість втрат потужності Bo (грн/кВт)	787,42
Питома вартість КП B_k (грн/квар)	100
Питомі втрати активної потужності в КП DP_k (кВт/Мвар)	4,5
Економічний еквівалент реактивної потужності, D_p , кВт/квар	0,01
Вартість активної електроенергії, грн/кВт*год	5
Нормативне базове знач. к-та стимулювання кап. вкладень в засоби КРП, Сбаз	1
Сумарний коефіцієнт відрахувань від капвкладень E	0,223
Коефіцієнт середнього завантаження споживача, під'єданого до трансформатора 1	0,66
Коефіцієнт середнього завантаження споживача, під'єданого до трансформатора 2	0,66
Нормативний коефіцієнт врахування збитків, K	3
Кількість годин в році	8760
Вхідна реактивна потужність Q_{vx} (квар)	400
Термін окупності, років	1

Розрахунки доцільно проводити за допомогою електронного процесора Excel, можливості якого дозволяють вирішувати оптимізаційні задачі. Таблична форма вирішення оптимізаційної задачі подана на рисунку 3.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
31	Елемент	Qк, квар	Рн, кВт	Qн, квар	Ro,ом	L, км	R, ом	Q, кВАр	Зпер, грн	Зкомп, грн	З, грн	WQсп, квар*год	WQген, квар*год
32	Ржк				0	10	0	96,9604	0	0	0		
33	Ртг				0		0	96,9604	0	0	0		
34	Рм				1,94	0,8	1,552	96,9604	114,8912	0	114,89116		
35	Рт1	264,7169	543,5	326,1	2,142		2,142	61,3831	63,55118	6841,18198	6904,7332	354892,55	0
36	Рл				1,94	0,8	1,552	35,5773	15,46832	0	15,468319		
37	Рт2	290,52274	543,5	326,1	2,142		2,142	35,5773	21,34867	7508,0925	7529,4412	205693,48	0
38	Сума	555,23964	1087	652,2							14564,534	560586,04	0
39													
40	tgφ	0,0892 коефіцієнт реактивної потужності											
41	П1	2802,9302 основна плата за РП, грн											
42	П2	0 надбавка за недостатнє оснащення підприємства засобами КРП, грн											
43	Т	2802,9302 плата за реактивну енергію, грн											
44													
45	Вхідна реактивна потужність Qвх, квар									96,96036			
46	Економія, грн									13880,99			
47	Початкові капіталовкладення, грн									55523,96			
48	Термін окупності									4			

Рисунок 3.3 – Таблична форма вирішення задачі КРП

В результаті проведення серії розрахунків побудовано графік залежності терміну окупності річної економії коштів підприємства від терміну окупності заходів з компенсації реактивної потужності, який представлено на рисунку 3.4.

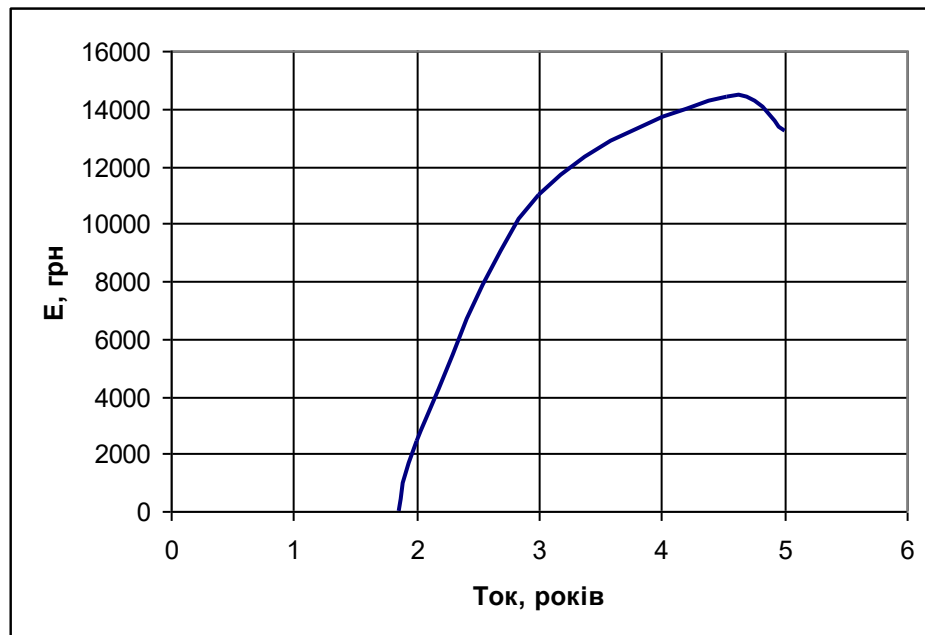


Рисунок 3.4 – Графік залежності економії щорічних капітальних витрат підприємства від терміну окупності системи КРП

З графіка (рисунок 3.4) видно, що найбільша щорічна економія буде за умови оснащення підприємством системою КРП, термін окупності якої складатиме 4,53 роки.

Потужності конденсаторних батарей, що відповідають різним термінам окупності системи КРП представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Визначення потужностей конденсаторних батарей.

Ток, років	1,863873	2	3	4,531	5
Qк1, квар	0	0	122,505	326,1	332,269
Qк2, квар	0,091921	48,99018	208,104	326,1	330,092
Е, грн	4,931744	2449,509	11020,3	14393	13247,2

Виходячи з цього графіка можна обрати оптимальну для фінансових можливостей підприємства систему КРП.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі обслуговування електрообладнання системи електропостачання ТОВ «Вінницямлин». Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який здійснює обслуговування електрообладнання цього підприємства, впливають такі шкідливі 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, 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.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження

працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів [4, 5]:

- здійснити необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);
- обгородити, за необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов, струмопровідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

Під час оперативного обслуговування електроустановки двома і більше працівниками в зміну перелічені в цьому пункті заходи мають виконувати два працівники. В разі одноособового обслуговування їх може виконувати одна особа, крім накладання переносних заземлень і здійснення перемикань, що проводяться на двох і більше приєднаннях в електроустановках напругою понад 1000 В, які не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

Замінювання ламп і чищення арматури світильників будь-якої конструкції, встановлених на опорах всіх типів або на кронштейнах, а також підвішених на тросах, в разі проведення роботи з телескопічної вишки з ізолювальною секцією допускається виконувати за розпорядженням без зняття напруги з проводів.

У світильниках, встановлених нижче фазних проводів, роботу допускається проводити з опори або з приставної драбини, виготовленої з ізоляційних матеріалів. Ця робота провадиться керівником робіт з одним або кількома членами бригади з групою II.

Заміна ламп та очищення арматури світильників будь-якої конструкції, встановлених на залізобетонних та металевих опорах і на кронштейнах, в разі проведення роботи з телескопічної вишки без ізолювальної секції або з опори, приставної драбини із ізоляційних матеріалів виконуються за нарядом зі зняттям напруги з усіх підвішених на опорі проводів і обов'язковим їх заземленням.

Підніматися до світильників під час виконання робіт, зазначених в цьому пункті, дозволяється тільки керівнику робіт або члену бригади з групою III.

Під час роботи на пускорегулювальній апаратурі ламп до відключення її від загальної схеми світильника необхідно заздалегідь від'єднати від мережі живлення.

4.1.2 Електробезпека

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ – спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх потрібно захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють

з електроустаткуванням. Струмоведачі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробоя і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів.

Забороняється для освітлення робіт під час розбирання, демонтажу користуватися електричною мережею будівлі, що розбирається. Для освітлення цих робіт повинна бути влаштована спеціальна тимчасова електромережа і встановлені освітлювальні прилади.

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу

повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена справність вимикача та машини на холостому ходу; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмоцнення (помости); нагляд за експлуатацією ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99. Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання [6]. Електромонтажні роботи відносяться до категорії Пб по важкості праці. Енерговитрати за цією категорією становлять – до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6].

Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима	Відносна вологість	Швидкість руху, X
-------------	-----------------	------------------------------	--------------------	-------------------

		Верхня межа	Нижня межа	Допустима	Допустима
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

При здійсненні будівельно-монтажних робіт виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні в приміщення може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при оздоблювальних технологічних процесах в будівництві, що знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 4.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони проектом передбачені наступні рішення [7]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

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

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт з обслуговування електрообладнання – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 4.3.

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

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

4.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт виникає виробничий шум з такими характеристиками: за характером спектру – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – механічний і гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23 [9] і наведені в таблиці 4.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого двигуни будівельних машин і механізмів виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000

Загальна вібрація:	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

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

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

4.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення ТОВ «Вінницямлин» за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.7.

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Сту- - пін ь вог- не- стій - кос ті бу- дин- -ків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло- ни	сходові площад- ки, костури, сходи, балки, марші сходови х кліток	пере- криття між по- верхові (у т.ч. горищн і та над підва- лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходо- вих кліток	само- несучі	зов- ніш- ні не- несу- чі	внут- рішні не- несучі (пере- город- ки				пли- ти, наст и-ли, прог о-ни	балки, ферми , арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинка	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території підприємства встановлено 18 вогнегасників ВП-5 та ВВП-5 [16].

ВИСНОВКИ

Розраховано елементи системи електропостачання ВАТ "Вінницямлин": вибрано живлячі кабелі і провідники споживачів, вибрано силові трансформатори і комутаційно захисну апаратуру.

Проведено розрахунок навантажень підприємства та цеху. За результатами проектних розрахунків виконано чотири креслення: генплан підприємства, план цехової мережі, однолінійна схема живлення підприємства і розрахунково-монтажна таблиця, що містить в собі всю інформацію про провідники і комутаційно-захисну апаратуру одного з корпусів підприємства.

Розглянуті особливості компенсації реактивної потужності на підприємстві. Визначено, що встановлення компенсаційних установок зменшує витрати, пов'язані з втратами активної енергії в елементах електропередавання підприємства, а також витрати на оплату спожитої енергії підприємства. Найбільша економія фінансових ресурсів підприємства буде за умови встановлення системи компенсації реактивної потужності, термін окупності якої складає 4,53 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
2. Посібник Mathcad [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>
3. Каталог конденсаторних батарей [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>.
4. 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.
5. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
6. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
7. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.
8. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
9. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила

устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок).

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

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

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

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

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

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

15. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

16. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

17. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

18. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

19. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

20. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВИХІДНІ ДАНІ

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю «Вінницямлин»

Таблиця А.1 – Відомості про навантаження підприємства

	ЕП	Р _н ,кВт
1	Склад готової продукції	73
2	Склад висівок	86
3	Майстерня	152
4	Вальцевий парк	302
5	Бункера	135

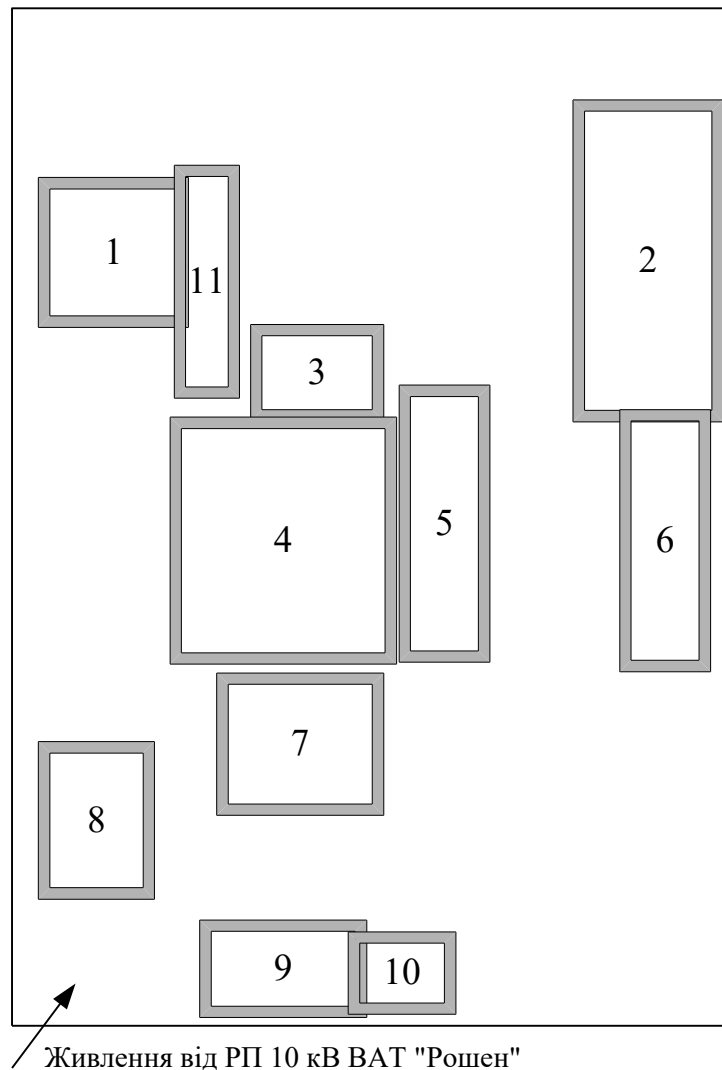


Рисунок А.1 - Генплан підприємства

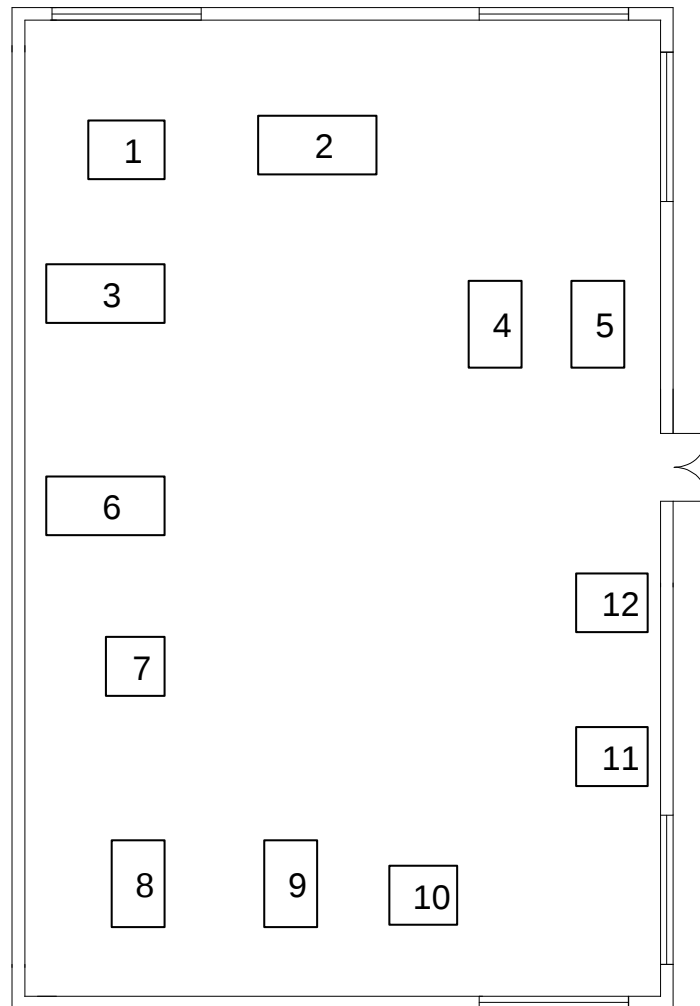


Рисунок А.2 - План вальцевого парку

Таблиця А.2 - Відомості про електричні навантаження цеху

1-й шліфувальний верстат (3)	30
1-а дренна установка (1)	44
2-а дренна установка (2)	36
1-а розмелювальна установка (4)	30
4-а дренна установка (для грубого зерна) (5)	22
5-а дренна установка (6)	22
3-а дренна установка (для грубого зерна) (7)	22
2-а, 5-а, 6-а розмелювальні установки (8, 11, 12)	22
3-а і 4-а розмелювальна установка (9, 10)	15

Додаток Б

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницямлин»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність 82,1 Схожість 17,9

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 Unichек щодо роботи.

Автор роботи _____ Додон І.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю «Вінницямлин»

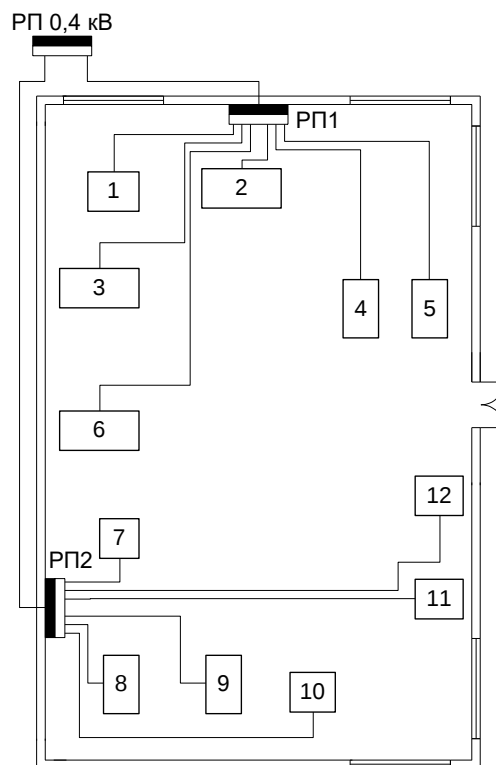


Рисунок В.1 – План електропостачання цеху

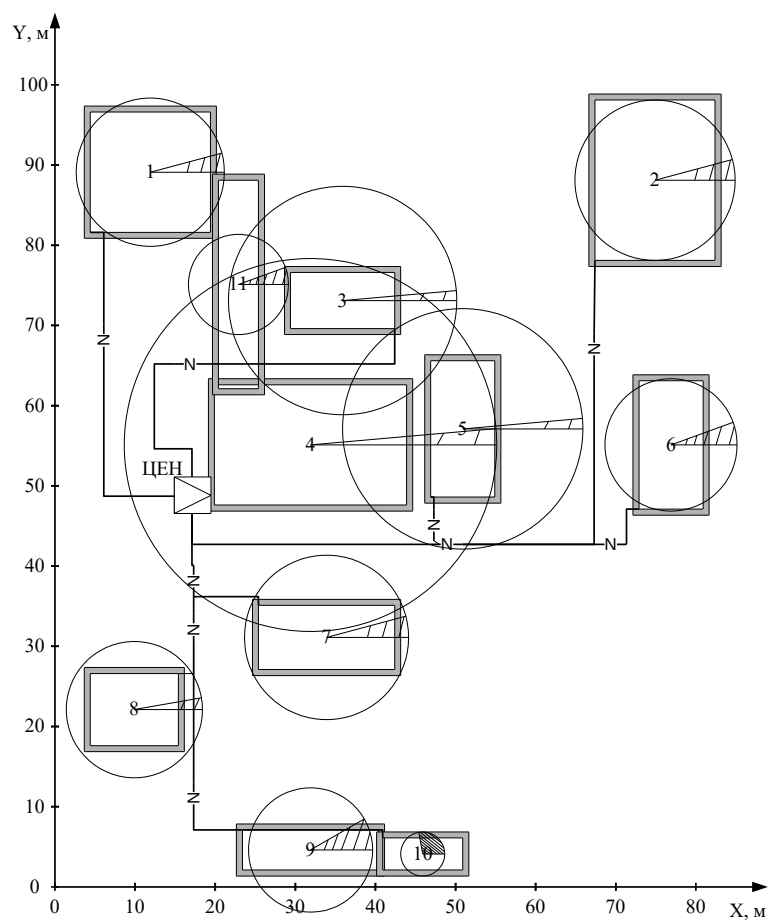


Рисунок В.2 – Генеральний план підприємства

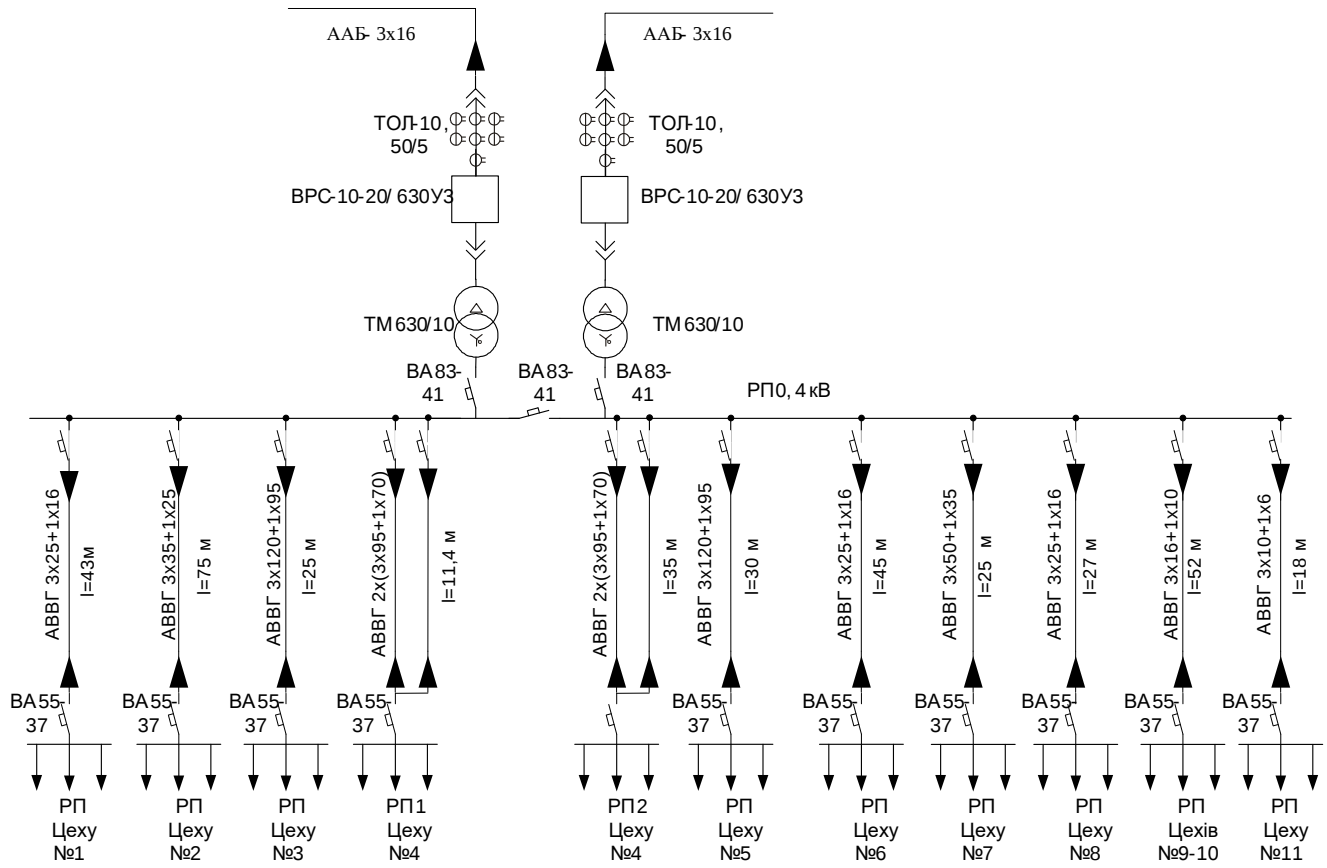


Рисунок В.3 – Однолінійна схема електропостачання

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
31	Елемент	Qк, квар	Рн, кВт	Qн, квар	Ro, ом	L, км	R, ом	Q, кВАр	Зпер, грн	Зкомп, грн	З, грн	WQсп, квар*год	WQген, квар*год
32	Rж				0	10	0	96,9604	0	0	0		
33	Rтг				0		0	96,9604	0	0	0		
34	Rм				1,94	0,8	1,552	96,9604	114,8912	0	114,89116		
35	Rт1	264,7169	543,5	326,1	2,142		2,142	61,3831	63,55118	6841,18198	6904,7332	354892,55	0
36	Rл				1,94	0,8	1,552	35,5773	15,46832	0	15,468319		
37	Rг2	290,52274	543,5	326,1	2,142		2,142	35,5773	21,34867	7508,0925	7529,4412	205693,48	0
38	Сума	555,23964	1087	652,2							14564,534	560586,04	0
39													
40	lgf	0,0892 коефіцієнт реактивної потужності											
41	П1	2802,9302 основна плата за РП, грн											
42	П2	0 надбавка за недостатнє оснащення підприємства засобами КРП, грн											
43	T	2802,9302 плата за реактивну енергію, грн											
44													
45	Вхідна реактивна потужність Qвх, квар								96,96036				
46	Економія, грн								13880,99				
47	Початкові капіталовкладення, грн								55523,96				
48	Термін окупності								4				

Рисунок 2 – Таблична форма вирішення задачі КРП

Таблиця 1. Визначення потужностей конденсаторних батарей.

Ток, років	1,863873	2	3	4,531	5
Qк1, квар	0	0	122,505	326,1	332,269
Qк2, квар	0,091921	48,99018	208,104	326,1	330,092
Е, грн	4,931744	2449,509	11020,3	14393	13247,2

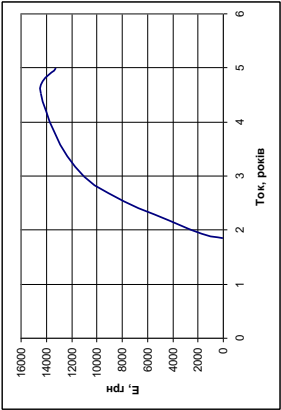


Рисунок 3 – Графік залежності економії щорічних капітальних витрат підприємства від терміну окупності системи КРП

Рисунок В.4 – Визначення оптимальних потужностей КУ