

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 “ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
“ЕКСПРЕС”»

Виконав: студент 4-го курсу, групи Е-20бз

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

Татарінова В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Кутіна М. В.

(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2024 р.

Рецензент к.т.н., ст. вик. каф. ЕСС

Сікорська О. В.

(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Вінниця – 2024 року

культет електроенергетики та електромеханіки
федра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
вень вищої освіти перший (бакалаврський)
лузь знань – 14 Електрична інженерія
вітній ступінь – бакалавр
ціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

« 11 » 03 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Татарінову Вадиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю “Жмеринське підприємство “Експрес”».

Керівник роботи Кутіна Марина Василівна, к.т.н.

Затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » 03 2024 року, № 80

Термін подання студентом роботи « 11 » 06 2024 року.

Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства (об'єкта); план цеху (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього і зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеху, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники. (Додаток А).

4. Зміст текстової частини

Анотація.

Вступ.

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Короткий опис технологічних процесів

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

2. Розрахунок електропостачання підприємства

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

3. Дослідження проблеми регулювання напруги в електричних мережах

3.1 Вимоги ГОСТ 13109-97 щодо відхилень напруги

3.2 Розрахунок відхилень і знижень напруги та вибір відпайок трансформаторів на цехових ТП

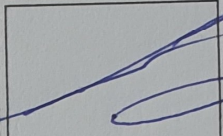
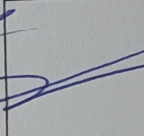
4. Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу
- Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства.
 - План цеху. Розрахунково-монтажна таблиця.
 - Деталь проєкту (обмотка та відпайка цехової ТП).

6. Консультанти розділів роботи

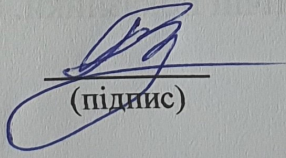
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «27» 05 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

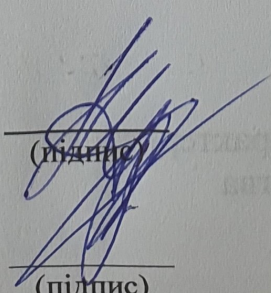
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання	Пр
1	Загальні відомості про підприємство	до 24.05.2024	
2	Розрахунок електропостачання підприємства	до 29.05.2024	
3	Дослідження проблеми регулювання напруги в електричних мережах	до 7.06.2024	
4	Охорона праці	до 10.06.2024	
5	Графічна частина роботи	до 11.06.2024	

Студент


(підпис)

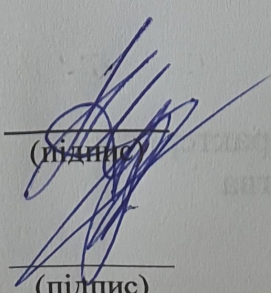
Татарінов В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи


(підпис)

Кутіна М.В. .
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


(підпис)

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 “ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
“ЕКСПРЕС”»

Виконав: студент 4-го курсу, групи Е-206з

спеціальності 141 – Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Татарінова В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Кутіна М. В.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Вінниця – 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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Татарінову Вадиму Олександровичу

_(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю “Жмеринське підприємство “Експрес”.»

Керівник роботи Кутіна Марина Василівна, к.т.н.

затверджені наказом по ВНТУ від «__ 11 __» __03__ 2024 року, №__ 80__

2. Термін подання студентом роботи «__ 11 __» _____ 06 _____ 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства (об'єкта); план цеху (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього і зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеху, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники. (Додаток А).

4. Зміст текстової частини

Анотація.

Вступ.

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Короткий опис технологічних процесів

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

2. Розрахунок електропостачання підприємства

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

3. Дослідження проблеми регулювання напруги в електричних мережах

3.1 Вимоги ГОСТ 13109-97 щодо відхилень напруги

3.2 Розрахунок відхилень і знижень напруги та вибір відпайок трансформаторів на цехових ТП

4. Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

- Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства.
- План цеху. Розрахунково-монтажна таблиця.
- Деталь проєкту (обмотка та відпайка цехової ТП).

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 « 27 » 05 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	до 24.05.2024	
2	Розрахунок електропостачання підприємства	до 29.05.2024	
3	Дослідження проблеми регулювання напруги в електричних мережах	до 7.06.2024	
4	Охорона праці	до 10.06.2024	
5	Графічна частина роботи	до 11.06.2024	

Студент _____
(підпис)

Татарінов В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи _____
(підпис)

Кутіна М.В. .
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 62 сторінок формату А4, на яких є 9 рисунків, 16 таблиць, список використаних джерел містить 32 найменування.

Метою роботи є підвищення якості електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю “Жмеринське підприємство “Експрес” шляхом вибору оптимальної структури системи електропостачання підприємства та регулювання напруги на цехових ТП.

В першому розділі наведено стислий огляд технологічних процесів, які використовуються на підприємстві та надано детальну інформацію про електроспоживачів на підприємстві

В другому розділі проведено розрахунок електричних навантажень та розроблена система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю “Жмеринське підприємство “Експрес”. Виконано вибір ТП, проводів і кабелів, комутаційних та захисних апаратів, розподільчих пристроїв.

Виконано вибір числа і місця розташування трансформаторних підстанцій з розрахунком потужності трансформатора.

В третьому розділі розглянуто проблеми регулювання напруги в електричних мережах. Проведено розрахунок відхилень та знижень напруги і вибір відпайок трансформаторів на цехових трансформаторних підстанціях.

В четвертому розділі охорони праці опрацьовано питання, присвячені причинам виникнення, дії на організм людини та нормуванню шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: система електропостачання, відхилення напруги, регулювання напруги, відпайки трансформаторів.

ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis consists of 62 A4 pages, which include 9 figures, 16 tables, and a list of references containing 32 sources. The aim of the work is to improve the quality of power supply for the Limited Liability Company "Zhmerinka Enterprise 'Express'" by selecting the optimal structure of the enterprise's power supply system and regulating the voltage at the industrial transformer substations. The first chapter provides a brief overview of the technological processes used at the enterprise and detailed information about the electrical consumers at the enterprise.

The second chapter involves the calculation of electrical loads and the development of the power supply system for the Limited Liability Company "Zhmerinka Enterprise 'Express'". It includes the selection of transformer substations, wires and cables, switching and protective devices, and distribution devices. The chapter also covers the selection of the number and location of transformer substations along with the calculation of transformer capacity.

The third chapter addresses the issues of voltage regulation in electrical networks. It includes the calculation of voltage deviations and drops and the selection of transformer taps at industrial transformer substations. The fourth chapter, dedicated to occupational safety, examines the causes of harmful and hazardous production factors in the workplace, their effects on the human body, and their regulation, providing recommendations for improving working conditions and considering fire safety standards.

Key words: power supply system, voltage deviation, voltage regulation, transformer taps.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	5
1.1 Короткий опис технологічних процесів.....	6
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	9
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ..ПІДПРИЄМСТВА.....	14
2.1 Розрахунок навантажень підприємства.....	14
2.2 Вибір та розміщення підстанцій.....	15
2.2.1 Визначення потужності заводу з врахуванням втрат в ЦТП.....	15
2.2.2 Вибір місця розташування ЦРП.....	18
2.2.3 Техніко-економічне порівняння вартості спорудження внутрішньо заводської мережі 10кВ.....	21
2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	23
2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху.....	31
2.4.1 Вибір схеми цехової мережі.....	31
2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі..	34
2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	37
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ	43
3.1 Вимоги ГОСТ 13109-97 щодо відхилень напруги.....	43
3.2 Розрахунок відхилень і знижень напруги та вибір відпайок трансформаторів на цехових ТП	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	51
4.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць.....	51
4.1.2 Електробезпека.....	52
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	53
4.2.1 Мікроклімат	53
4.2.3 Виробниче освітлення.....	54
4.2.4 Виробничий шум	55
4.3 Пожежна безпека.....	56

ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ.....	63
ДОДАТОК А. Вихідні данні.....	64
ДОДАТОК Б. Графічна частина.....	67
ДОДАТОК В. Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи	87
ДОДАТОК Г. Ілюстративна частина	89

ВСТУП

Актуальність. Актуальність розробки системи електропостачання (СЕП) ТОВ "Жмеринське підприємство "Експрес" та регулювання напруги на ньому зумовлена кількома ключовими факторами. Стабільне і надійне електропостачання є критичним для забезпечення безперебійної роботи тепловозів та рухомого складу, що, у свою чергу, впливає на ефективність логістичних процесів і загальну продуктивність підприємства.

Правильно спроектована СЕП дозволяє мінімізувати енергетичні втрати і підвищити енергоефективність, що є особливо важливим в умовах зростання вартості енергоносіїв і необхідності зниження експлуатаційних витрат.

Вибір сучасного електрообладнання, оптимальних схем живлення та високоякісної провідниково-кабельної продукції сприяє зниженню аварійності та збільшенню терміну служби обладнання, що забезпечує більш стабільну і довготривалу експлуатацію системи.

Регулювання напруги в системі електропостачання є не менш важливим аспектом. Воно дозволяє підтримувати оптимальні робочі параметри для різного електрообладнання, запобігає перенапругам та зниженню напруги, що може призвести до виходу з ладу техніки або погіршення її характеристик. Крім того, належне регулювання напруги допомагає уникнути перевантажень та зниження якості електроенергії, що безпосередньо впливає на надійність і безпеку роботи всіх електроспоживачів на підприємстві.

Отже, розробка ефективної СЕП і забезпечення належного регулювання напруги є вкрай важливими для підвищення надійності, економічності та безпеки функціонування ТОВ "Жмеринське підприємство "Експрес".

Метою роботи є підвищення якості електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Жмеринське підприємство "Експрес" шляхом вибору оптимальної структури системи електропостачання підприємства та регулювання напруги на цехових ТП.

Основними задачами при розрахунку системи електропостачання є:

- дослідження технологічного процесу та аналіз електричного навантаження підприємства.
- вибір систем зовнішнього та заводського електропостачання, визначення електричних навантажень на різних рівнях електроспоживання, вибір місця встановлення трансформаторних підстанцій та ЦРП.
- дослідження питання регулювання напруги на підприємстві у відповідності з ГОСТ 13109-97.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи електропостачання з регулюванням напруги на цехових ТП.

Предмет дослідження – Підвищення якості електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю “Жмеринське підприємство “Експрес”.

Методи. В роботі використано теоретичні та експериментальні методи, серед них методи визначення електричних силових навантажень (упорядкованих діаграм, коефіцієнту попиту), освітлювальних навантажень (питомої потужності).

Короткий зміст роботи. Перший розділ присвячений дослідженню технологічного процесу та аналізу електричних навантажень підприємства. У другому розділі здійснено вибір систем зовнішнього та внутрішнього електропостачання, визначено електричні навантаження на різних рівнях споживання, вибрано місця встановлення трансформаторних підстанцій та центрального розподільного пункту. Також проведено необхідні техніко-економічні розрахунки. Третій розділ охоплює питання регулювання напруги на підприємстві відповідно до стандарту ГОСТ 13109-97. У четвертому розділі запропоновано низку технічних рішень щодо безпечної експлуатації обладнання на “Жмеринське підприємство “Експрес”.

Новизна. Полягає в застосуванні сучасних методичних рекомендацій з проектування систем електропостачання, що відповідальні за надійне живлення підприємства.

Практична цінність. Використанні методи та засоби дозволяють поширити застосування та адаптацію їх для створення ефективних систем електропостачання подібних підприємств.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

За історичними даними, локомотивне депо Жмеринка було засновано у 1870 році, під час створення Південно-Західної залізниці. На початку свого існування депо складалося з механічних майстерень, призначених для ремонту паровозів, та мало штат із десяти працівників.

У 1881 році були побудовані два сараї з ремонтними стійлами та два поворотних кола з ручним управлінням. У 1891 році, з введенням в експлуатацію залізничної дільниці Жмеринка-Могилів-Подільський, були зведені ремонтні корпуси, деякі з яких збереглися до сьогодні. Локомотивний парк того часу складався з паровозів Ов, Щ, С, а з 1930 року парк поповнили паровози Су, Єм, СО.

У цей період працівники депо освоїли поточний ремонт паровозів, а також виконували деповський ремонт із викаткою та обточкою колісних пар. Під час Другої світової війни, у 1941 році, все обладнання депо було демонтовано та відправлено на Схід. Після визволення Жмеринки у 1944 році розпочалися роботи з відновлення деповського господарства, і до 1945 року було завершено будівництво цеху поточного ремонту паровозів.

У 1963 році, на заміну паровозам, до депо почали надходити тепловози серії ТЕЗ і ТЕ7. Через чотири роки була повністю завершена реконструкція депо для обслуговування тепловозної тяги, а також перепідготовка кадрів. Працівники депо постійно вдосконалювали виробничі процеси, механізували робочі місця та виготовляли нове обладнання. Протягом короткого часу було створено понад 20 поточних ліній та понад 40 механізованих робочих місць.

Реконструкція та механізація виробничих процесів дозволили депо стати великою ремонтною базою магістральних тепловозів не лише Південно-Західної залізниці, а й інших залізниць. Наприкінці 60-х років у депо почали надходити маневрові локомотиви серії ЧМЕ2, ЧМЕ3. У 1975 році працівники депо освоїли ремонт тепловозів серії 2М62 та М62. Наприкінці 80-х років до депо почали надходити нові магістральні тепловози 2ТЕ116, 2ТЕ10 та 2ТЕ10У. Було

проведено реконструкцію поточних ліній, що дало можливість швидко освоїти всі види деповського ремонту нових серій, який виконується до теперішнього часу.

У депо був побудований навчальний корпус із шістьма учбовими аудиторіями, кожна з яких, залежно від призначення, оснащена діючими тренажерами, схемами та моделями. У 1978 році, у зв'язку з переходом дільниці Жмеринка-Козятин на електричну тягу, депо освоїло експлуатацію електровозів ВЛ80т. У 1997 році депо отримало 17 електровозів.

У 2007-2008 роках була проведена реконструкція цеху технічного обслуговування та капітальний ремонт систем постачання та колійного господарства, на що було витрачено 13 млн 560 тис. грн.

На сьогоднішній день депо "Жмеринське підприємство "Експрес" продовжує свою роботу, здійснюючи технічне обслуговування та ремонт тепловозів і електровозів. Постійні інвестиції у модернізацію обладнання та інфраструктури дозволяють забезпечувати високу якість послуг і надійність залізничного транспорту, що робить депо одним із провідних підприємств у цій галузі.

1.1 Короткий опис технологічних процесів

Локомотивне депо виконує експлуатацію, обслуговування та ремонт локомотивів і інших транспортних засобів. Воно скорочено називається ТЧ і забезпечує видачу під потяги відремонтованих тепловозів, ремонт і заходи для нормальної експлуатації локомотивів. Депо оснащене технологічним обладнанням, станками, контрольно-вимірювальними приладами та підіймальними пристроями для огляду і ремонту тепловозів. Крім того, тут є випробувальні стенди для ДВЗ, компресорів, тягових електродвигунів і паливної апаратури для регулювання та випробування дизельгенераторних установок тепловозів.

Справний і працездатний технічний стан тепловозів забезпечується суворим дотриманням системи планово-попереджувального ремонту, яка передбачає своєчасне, якісне та повне виконання робіт. Ця система включає:

1. Технічне обслуговування (ТО-1, ТО-2, ТО-3) - для огляду, підтримки працездатності, чистоти та належного санітарно-гігієнічного стану локомотивів, забезпечення протипожежної безпеки, мастила окремих вузлів, контролю стану ходових частин, гальмівного обладнання, швидкостемірів, приладів пильності, радіозв'язку та іншого обладнання, що забезпечують безпеку руху.

2. Технічне обслуговування (ТО-4) - для обточки бандажів колісних пар без викочування їх з-під тепловоза, що підтримує оптимальні параметри прокату та товщини гребенів. Обточку бандажів можна поєднувати з ТО-3 і поточними ремонтами ПР-1 та ПР-2.

3. Технічне обслуговування (ТО-5) - для підготовки тепловозів до резерву Укрзалізниці або до відправлення на капітальний чи поточний ремонт на інші залізниці.

4. Поточний ремонт (ПР-1, ПР-2, ПР-3) - для огляду, ревізії, заміни або відновлення окремих вузлів і деталей, заміни мастила, випробувань і регулювання, а також часткової модернізації, що забезпечують працездатність локомотивів між відповідними видами ремонту.

5. Капітальний ремонт першого об'єму (КР-1) - для відновлення експлуатаційних характеристик і ресурсу тепловоза шляхом ремонту або заміни тільки зношених або пошкоджених деталей і агрегатів.

6. Капітальний ремонт другого об'єму (КР-2) - для відновлення повної працездатності тепловоза шляхом заміни або відновлення будь-яких його частин, включаючи базові, з подальшим регулюванням, повною заміною проводів і кабелів та модернізацією.

Усі цехи та допоміжні організації беруть участь у технологічному процесі, забезпечуючи нормальну роботу депо. Основні підрозділи включають:

1. Цех підйомного ремонту - виконує роботи з розбирання та збирання тепловозів за допомогою кранів та інших підйомних механізмів.

2. Електромашинний цех - ремонтує електричне обладнання тепловоза.

3. Учбовий корпус - проводяться планові перевірки знань працівників, інструктажі та навчання студентів за спеціальністю "Помічник машиніста, слюсар

по обслуговуванню тепловозів".

4. Кладова - веде облік матеріалів, видає та зберігає їх.
5. Хімлабораторія - перевіряє воду, мастила, паливо та інші матеріали на придатність до використання.
6. Термічне відділення - виконує термічну обробку деталей.
7. Механічний цех - виконує токарні роботи.
8. Паливний цех - ремонтує паливну систему тепловоза.
9. Електроапаратне відділення - ремонтує електричні апарати тепловоза.
10. Відділення ремонту якорів ТЕД - ремонтує тягові електричні двигуни.
11. Заточне відділення - заточує інструменти.
12. Інструментальне відділення - забезпечує інструментами.
13. Гальванічне відділення - виконує хромування та нікелювання деталей.
14. Акумуляторне відділення - обслуговує акумулятори.
15. Кузня .
16. Фільтро-комплетовочне відділення - обслуговує фільтри.
17. Миюче відділення - миє деталі.
18. Пральня - пере постільну білизну та спецодяг.
19. Парокотельня - виробляє пар для цехів.
20. Столярне відділення - виготовляє та ремонтує дерев'яні вироби.
21. Відділення КІП - стежить за роботою контрольно-вимірювальних приладів.
22. Побутовий корпус - приміщення адміністрації, їдальня, медпункт, клуб, спортзал, душові.
23. Автоматне відділення - ремонтує повітряні установки тепловоза.
24. Дизель-агрегатне відділення - ремонтує знімні деталі дизелів.
25. Просочувально-сушильне відділення - просочує та сушить електричні машини.

Підприємство отримує електроживлення від трьох підстанцій 35/10 кВ міської мережі, розташованих на відстані 1,5-5 км, а також від тягової підстанції. Для роботи підприємства живлення повинно надходити на напрузі 10 кВ.

Найбільш раціональним є живлення від ТП №15 35/10 кВ, розташованої на відстані 1,5 км.

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

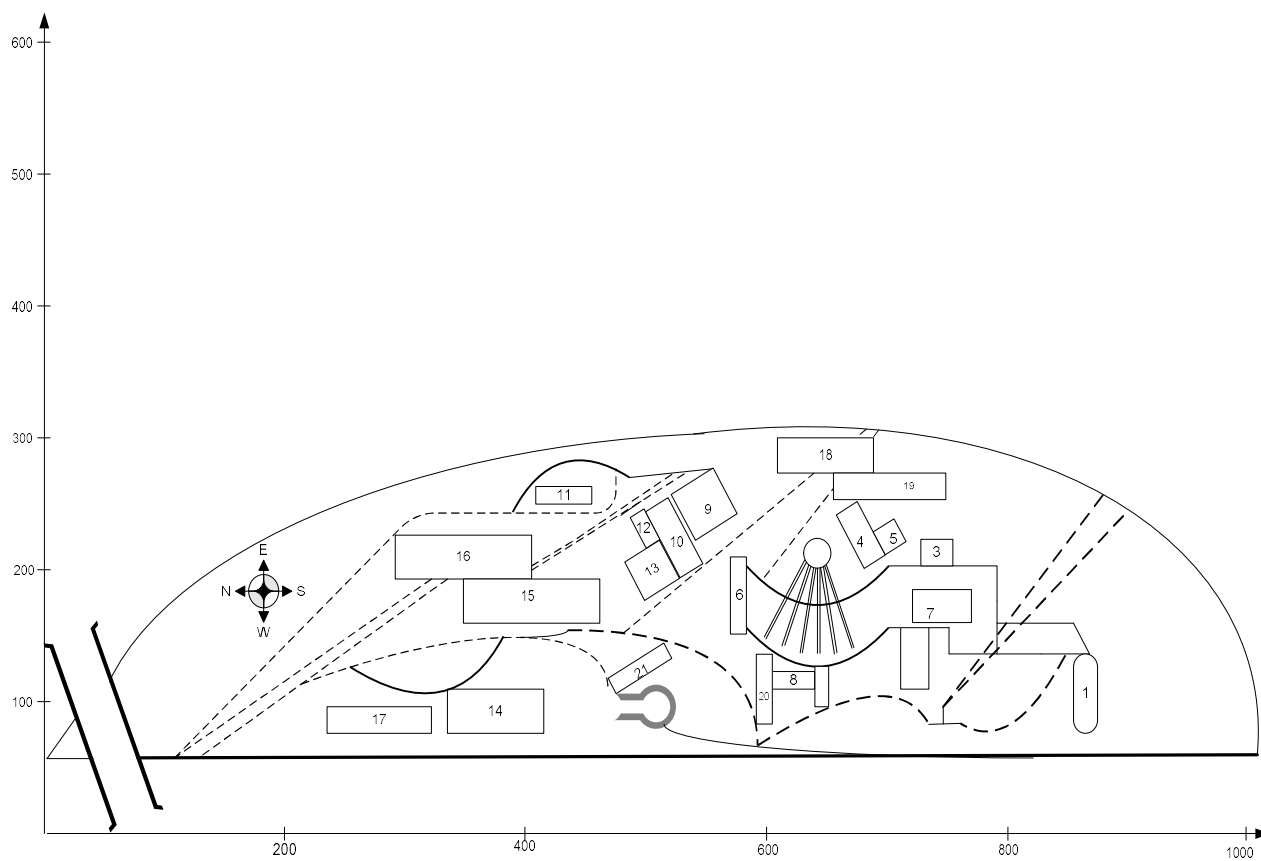


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на генплані	Вузли живлення ЕП	Рн кВт
1	Учбовий корпус	50
2	Хім лабораторія	32
3	Компресорна	350
4	Акумуляторна	47
5	Пральня	40
6	Адміністрація	35
7	Цех ПРЗ	190
8	Актовий зал	25
9	Черговий по депо	80
10	Насосна	135
11	База палива	128
12	Електромашинне відділення	110
13	Піскосушка	42
14	ТО-2	198
15	ТО-3	210
16	Експериментальне відділення	42
17	Котельня	310
18	Бригадний дім	138
19	Дослідний цех	17
20	Побутові приміщення	8
21	Виробничий склад	10

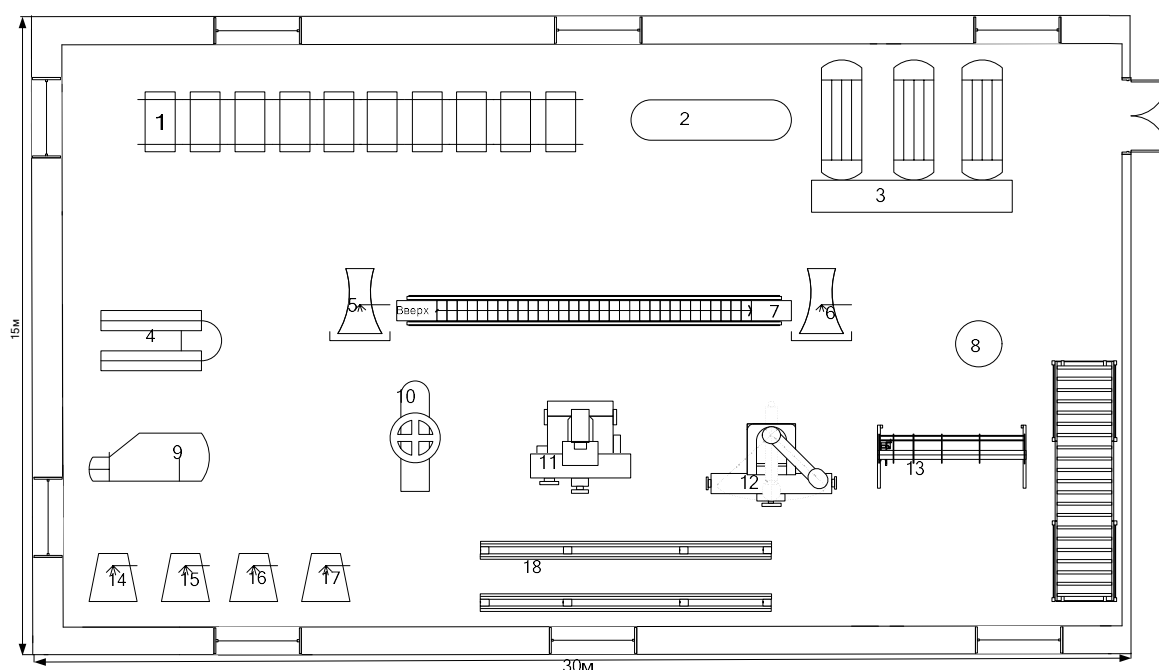


Рисунок 1.2 – План електромашинного цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва	n шт	P _н , кВт
1	Конвеєр-кантувач	1	20
2	Сушильна піч	1	15
3	Станок шліфовки колекторів	1	10
4	Станок ремонту якорів	1	5
5,6	Бандажировочний станок	2	3,5
7	Конвеєрна лінія розбори двигунів	1	5,5
8	Мийочна машина	1	7,5
9	Рольгант	1	1,1
10	Шкаф нагріву кілець	1	9,5
11	Установка для рен	1	1,5
12	Пневмо гайковерт	1	2,2
13	Кран мостовий	1	14,5
14-17	Станок моторно-осьових підшипників	4	4,5
18	Установка для рен	1	15

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

Проведемо обчислення активної та реактивної потужностей силового обладнання та освітлення цехів відповідно до розробленої програми і перевіримо правильність введених даних. Результати обчислень наведено у таблиці 2.1.

Для прикладу, розрахунок зазначених величин для електромашинного цеху виконаємо наступним чином:

$$P_{mc} = P_n \cdot K_n = 110 \cdot 0,5 = 55 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 110 \cdot 0,6 = 66 \text{ (квар)},$$

$$P_{mo} = P_{пито} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} \cdot F = 0,024 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 357 = 8,7 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{mo} = P_{mo} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 8,7 \cdot 0,48 = 4,23 \text{ (квар)},$$

де K_n – коефіцієнт попиту [1],

$K_{по}$, $K_{пра}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі відповідно [2, 15].

Розрахункові потужності ливарного цеху дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_m = P_{mc} + P_{mo} = 55 + 8,7 = 63,7 \text{ (кВт)},$$

$$Q_m = Q_{mc} + Q_{mo} = 66 + 4,23 = 70,23 \text{ (квар)}.$$

Всі розрахунки навантаження цехів проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в додаток Б.

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначаємо:

- сумарне активне навантаження:

$$P_m = K_o \cdot \sum P_{mc} + P_{mo} = 0,95 \cdot 1044,42 + 338,56 = 1326,09 \text{ (кВт)};$$

- сумарне реактивне навантаження:

-

$$Q_M = K_o \cdot \sum Q_{Mc} + Q_{Mo} = 0,95 \cdot 738,87 + 163,97 = 955,27 \text{ (квар)},$$

де $K_o = 0,95$ коефіцієнт одночасності максимумів навантаження для $0,3 < K_B < 0,5$ і 2 – 4 приєднань 10 кВ на збірних шинах РП [2, с.16];

- сумарне повне навантаження підприємства:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{1326,09^2 + 955,27^2} = 1634,34$$

Всі розрахунки навантаження цехів проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в додаток Б.

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{21} S_i = 1634,34 \text{ (кВА)}$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{21} F_i = 1204 + 1093 + 535 + 937 + 512 + 781 + 1380 + 1230 + 781 + 675 + 625 + \\ + 357 + 1115 + 2676 + 3792 + 3790 + 1740 + 2141 + 1874 + 328 + 349 = 27915 \text{ м}^2$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{пнт}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{1634,34}{27915} = 0,058 \left(\frac{\text{кВА}}{\text{м}^2} \right)$$

Згідно з [3] для даної густини навантаження потрібно встановлювати трансформатори потужністю 630 кВА.

Розглянемо 2 варіанти спорудження трансформаторних підстанцій з $S_{\text{ном.т}} = 630 \div 400$ кВА.

В першому варіанті використаємо двотрансформаторні підстанції з $S_{\text{ном.т}} = 630$ кВА.

Розрахуємо кількість двотрансформаторних підстанцій з $S_{\text{ном.ТР}} = 630$ кВА:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{1634,34}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,29 \div 1,52$$

$k_3 = 0,8 \div 0,85$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції споживачів II – III категорії.

Отже необхідно встановити дві двотрансформаторних підстанції.

В другому варіанті розглянемо встановлення трьох двотрансформаторних підстанцій з $S_{\text{ном.ТР}} = 400$ (кВА) .

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

Таблиця 2.1 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				
Цех	$S_m, \text{кВА}$	$S_{ном\ TP}, \text{кВА}$	N, шт	k_3
1 - 10	828,41	630	2	0,66
11 – 21	872,53	630	2	0,69
Варіант 2				
1 – 7,21	614,44	400	2	0,78
8-13,16	497,85	400	2	0,68
14-20	590,6	400	2	0,77

Не зважаючи на те що фактичні коефіцієнти завантажень, значно менші від розрахункових, залишаємо обидва варіанти для подальшого розгляду, оскільки дані коефіцієнти враховують подальше збільшення потужності і відповідно розвиток підприємства.

Таблиця 2.2 - Параметри трансформаторів

$S_{н.тр}, \text{кВА}$	$U_{н.т}, \text{кВ}$	$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	$\Delta P_k, \text{кВт}$	$I_{xx}\%$	$U_k\%$
630	10	1,5	8	2,5	5,5
400	10	1,3	5,4	3	5,5

2.2.1 Визначення потужності заводу з врахуванням втрат в ЦТП

Для визначення повної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми, визначимо втрати потужності в цехових ТП. Параметри встановлених на підприємстві трансформаторів наведені в таблиці 2.4.

Для першого варіанту:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \Delta P_{\text{к}} \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot \left(\frac{828,41}{630} \right)^2 = 9,9 \text{ (кВт)},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \frac{\Delta I_{\text{х\%}}}{100} S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot \frac{2,5}{100} \cdot 630 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{828,41}{630} \right)^2 = 31,5 \text{ (квар)}.$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \Delta P_{\text{к}} \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot \left(\frac{872,5}{630} \right)^2 = 10,67 \text{ (кВт)},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \frac{\Delta I_{\text{х\%}}}{100} S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot \frac{2,5}{100} \cdot 630 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{872,5}{630} \right)^2 = 31,5 \text{ (квар)}$$

Розрахунок інших ЦТП проведемо аналогічно і зведемо їх в таблицю 2.5.

Таблиця 2.3 – Втрати в трансформаторах ЦТП

Цех	К-сть	Сном	Кз	ΔР	ΔQ
1 – 10	2	630	0,66	9,9	31,5
11 –21	2	630	0,69	10,67	31,5
Всього	4			20,57	63
1-7,21	2	400	0,78	8,9	24,06
8-13,16	2	400	0,68	6,7	24,04
14-20	2	400	0,77	8,4	24,05
Всього	6			24,23	72,16

Розрахуємо потужність заводу з врахуванням втрат в цехових ТП

Для першого варіанту:

$$P_{\text{мл}} = P_{\text{мз}} + \sum_{i=1}^4 \Delta P_{\text{три}} = 1943,77 + 20,57 = 1964,34 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{m1} = Q_{m3} + \sum_{i=1}^4 \Delta Q_{tri} = 955,27 + 63 = 1118,27 \text{ (квар)}.$$

Для другого варіанту:

$$P_{m2} = P_{m3} + \sum_{i=1}^4 \Delta P_{tri} = 1943,77 + 24,23 = 1968 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{m2} = Q_{m3} + \sum_{i=1}^4 \Delta Q_{tri} = 955,27 + 72,16 = 1027,43 \text{ (квар)}.$$

Є можливість заживити завод на напрузі 10 кВ від ПС 110/35/10, що знаходиться на відстані 0,9 км від заводу. Оскільки потужність заводу менша 5 МВт, то живлення всіх цехів буде здійснюватись від ЦРП, місце розташування якого буде розраховане далі.

Визначимо реактивну потужність, що може бути спожита з енергосистеми в години великих навантажень:

$$Q_{le1} = a \cdot P_{m1} = 0,15 \cdot 1118,27 = 167,74 \text{ (квар)},$$

$$Q_{le2} = a \cdot P_{m2} = 0,15 \cdot 1027,43 = 154,11 \text{ (квар)},$$

де $a = 0,15$ - для підстанцій напругою 10 кВ [3, 17];

Необхідна потужність компенсувальних пристроїв визначається з нерівності:

Варіант 1:

$$Q_{ky1} \geq Q_m - Q_{le} = 1118,27 - 167,74 = 950,53 \text{ (квар)},$$

Варіант 2:

$$Q_{ky2} \geq Q_m - Q_{le} = 1027,43 - 154,11 = 873,31 \text{ (квар)}.$$

Тобто є доцільним встановлення компенсуючих пристроїв (централізованої або групової компенсації).

Розрахуємо повну потужність, що споживається підприємством з енергосистеми:

Перший варіант:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_{le}^2} = \sqrt{1118,27^2 + 167,74^2} = 1130,78 \text{ (кВА)}.$$

Другий варіант:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_{le}^2} = \sqrt{1027,43^2 + 154,11^2} = 1038,92 \text{ (кВА)}.$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що доцільно вибрати варіант №1 ; очевидно, що вигідніше буде встановлення трансформаторів більшої потужності і коефіцієнт завантаження більш підходить до вибраних варіантів.

2.2.2 Вибір місця розташування ЦРП

Для уточнення місця розташування ЦРП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуюмо на кресленні генерального плану підприємства.

Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності

$$P_{mk} = \pi \cdot r_k^2 \cdot m_p \quad (2.1)$$

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: приймемо радіус круга навантаження компресорної 40 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_p = \frac{P_{M1}}{\pi \cdot r_3^2} = \frac{181,71}{3,14 \cdot 40^2} = 0,036 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Вибираємо $m_p = 0,035 \text{ кВт/м}^2$. Визначимо радіуси кругів при даному масштабі:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{M1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{181,71}{3,14 \cdot 0,035}} = 41,7 \text{ (м)}.$$

Сектор освітлювального навантаження для компресорної складає:

$$\alpha_1 = \frac{360 \cdot P_{MO}}{P_M} = \frac{360 \cdot 6,7}{181,71} = 13,27^\circ.$$

Розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані для побудови картограми навантажень

	Споживач	x	y	P _{мо} , кВт	P _м , кВт	r _k м	α _i , °
1	Учбовий корпус	886	101	16,47072	46,47	20,563	127,6
2	Хім лабораторія	724	127	13,70622	29,71	16,441	166,1
3	Компресорна	742	207	6,7089	181,71	40,662	13,292
4	Акумуляторна	680	221	11,13156	34,63	17,752	115,71
5	Пральня	706	217	6,78912	26,79	15,613	91,234
6	Адміністрація	577	175	8,76282	29,76	16,457	105,99
7	Цех ПРЗ	742	166	18,2988	132,30	34,696	49,793
8	Актовий зал	623	111	13,8006	26,30	15,47	188,9
9	Черговий по депо	549	244	8,24736	56,25	22,623	52,786
10	Насосна	524	219	7,776	102,28	30,506	27,371

Продовження Таблиці 2.4

	Споживач	x	y	P _{мо} , кВт	P _м , кВт	r _k м	α _i , °
11	База палива	432	251	7,2	58,40	23,052	44,384
12	Електромашинне відділення	499	226	8,73936	63,74	24,083	49,36
13	Піскосушка	505	194	14,7849	44,18	20,051	120,46
14	ТО-2	375	87	28,25856	127,26	34,029	79,94
15	ТО-3	405	171	40,04352	124,04	33,596	116,21
16	Експериментальне відділення	348	204	56,1678	72,97	25,767	277,11
17	Котельня	278	81	23,0724	116,07	32,499	71,559
18	Бригадний дім	650	281	18,49824	59,90	23,346	111,18
19	Дослідний цех	720	258	22,93776	29,74	16,45	277,68
20	Побутові приміщення	599	104	3,77856	6,18	7,498	220,16
21	Виробничий склад	495	120	3,39228	9,39	9,2446	130,02

Координати центру навантажень підприємства будуть:

$$X = \frac{\sum_{k=1}^{21} P_{mk} X_k}{\sum_{k=1}^{21} P_{mk}} = \frac{940408}{1708,5} = 550,42,$$

$$Y_{III-1} = \frac{\sum_{k=1}^{21} P_{mk} Y_k}{\sum_{k=1}^{21} P_{mk}} = \frac{302550}{1708,5} = 177.$$

Центр навантажень припадає на вільну територію підприємства.

Будуємо картограму навантажень.

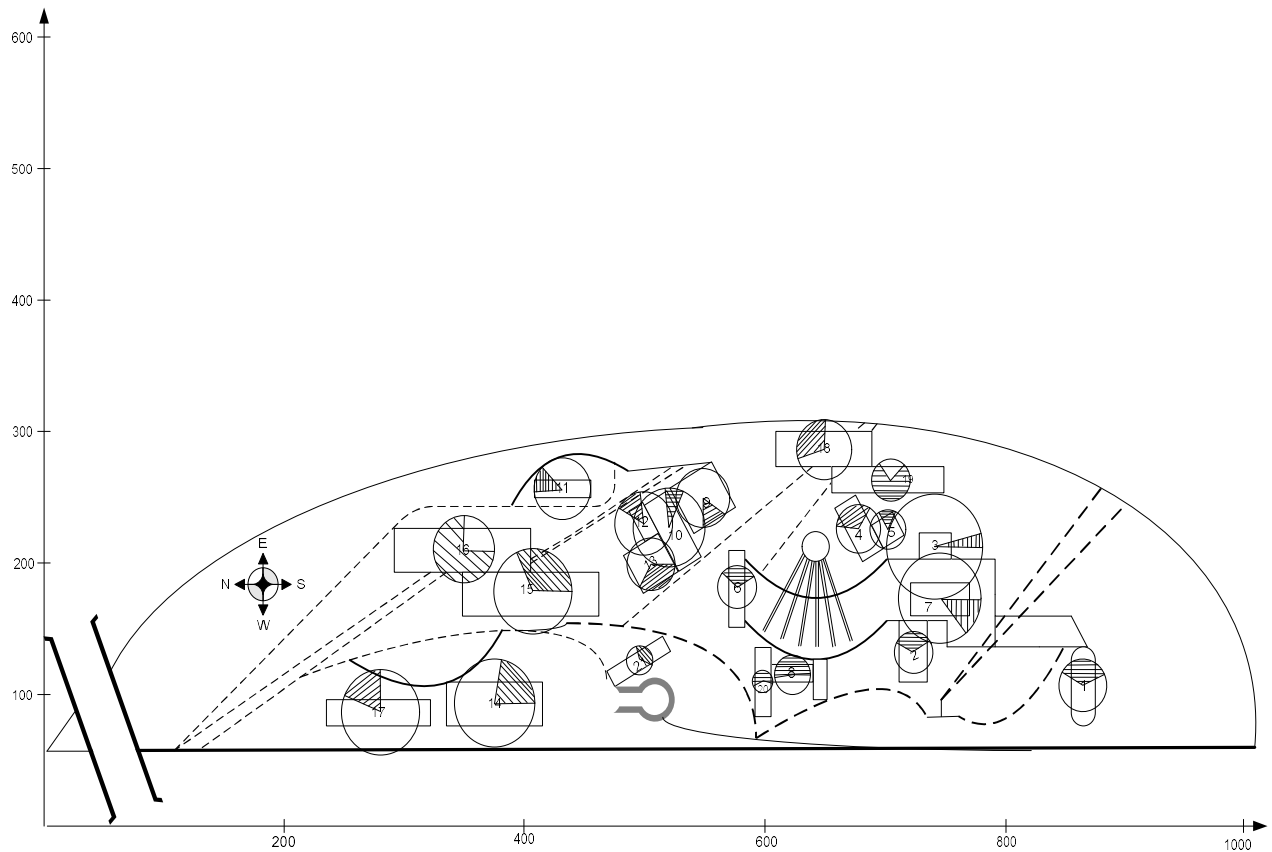


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень підприємства

2.2.3 Техніко-економічне порівняння вартості спорудження внутрішньо-заводської мережі 10 кВ

Наведемо капітальні затрати на спорудження внутрішньо-заводської мережі в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Капітальні затрати на спорудження внутрішньо-заводської мережі

Варіант 1								
ТП	тип тр-ра	п, шт	Ціна(грн.)	вартість	кабель	L (м)	Ціна грн./м	вартість
1	ТМ-630/10	2	74051	148102	ААБ-3х16	2х37	10	740
2	ТМ-630/10	2	74051	148102	ААБ-3х16	2х187	10	3740
Всього				296204				4480

Продовження Таблиці 2.5

Варіант 2								
ТП	тип тр-ра	п, шт	Ціна(грн.)	вартість	кабель	L (м)	Ціна грн./м	вартість
1	ТМ-400/10	2	53130	106260	ААБ-3х16	2х95	10	1900
2	ТМ-400/10	2	53130	106260	ААБ-3х16	2х110	10	2200
3	ТМ-400/10	2	53130	106260	ААБ-3х16	2х187	10	4480
Всього				318780				8580

Високовольтні вимикачі: ВВЭ-10-20/630 ціна 13600 грн.

В першому варіанті:

$$K_B = n_1 \cdot C_{BB} = 4 \cdot 13600 = 54400(\text{грн.})$$

$$K_1 = (E_n + E_a) \cdot K_{KL} + (E_n + E_a) \cdot K_{ТП} + (E_n + E_a) \cdot K_B = (0,1 + 0,04) \cdot 4480 + \\ + (0,1 + 0,036) \cdot 296204 + (0,1 + 0,036) \cdot 54400 = 48309,34(\text{грн.})$$

2 варіант:

$$K_B = n_2 \cdot C_{BB} = 6 \cdot 13600 = 81600(\text{грн.})$$

$$K_2 = (E_n + E_a) \cdot K_{KL} + (E_n + E_a) \cdot K_{ТП} + (E_n + E_a) \cdot K_B = (0,1 + 0,04) \cdot 8580 + \\ + (0,1 + 0,036) \cdot 318780 + (0,1 + 0,036) \cdot 81600 = 58741,68(\text{грн.})$$

Визначимо вартість втрат при $m_o = 0,58$ грн/кВт год. Оскільки підприємство працює в одну зміну тому:

$$m = m_o \cdot \tau_m = 0,58 \cdot 920 = 533,6 \text{ (грн/кВт} \cdot \text{рік)}.$$

Втрати в трансформаторах приведені в таблиці 2.4:

$$m \cdot \Delta P_{mp1} = 533,6 \cdot 20,57 = 10976,152 \text{ (грн);}$$

$$m \cdot \Delta P_{mp2} = 533,6 \cdot 24,23 = 12929,128 \text{ (грн).}$$

Для двокової системи (з резервуванням) плановий недовідпуск електроенергії відсутній, а середньорічний аварійний недовідпуск електроенергії практично дорівнює нулю [1]. В низьковольтній мережі втратами нехтуємо.

Визначимо сумарні приведені затрати:

- варіант 1

$$Z_1 = K_1 + m \cdot \Delta P_{mp1} = 48309,34 + 10976,152 = 59285,492 \text{ (грн.)},$$

- варіант 2

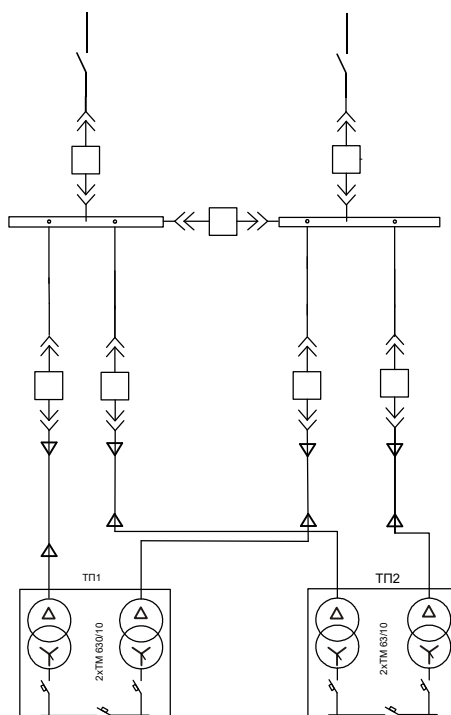
$$Z_2 = K_2 + m \cdot \Delta P_{mp2} = 58751,68 + 12929,128 = 71680,808 \text{ (грн.)}$$

Зважаючи на те, що приведені затрати для варіанту 1 менші за дешевших трансформаторів, приймаємо варіант 1 для подальших розрахунків.

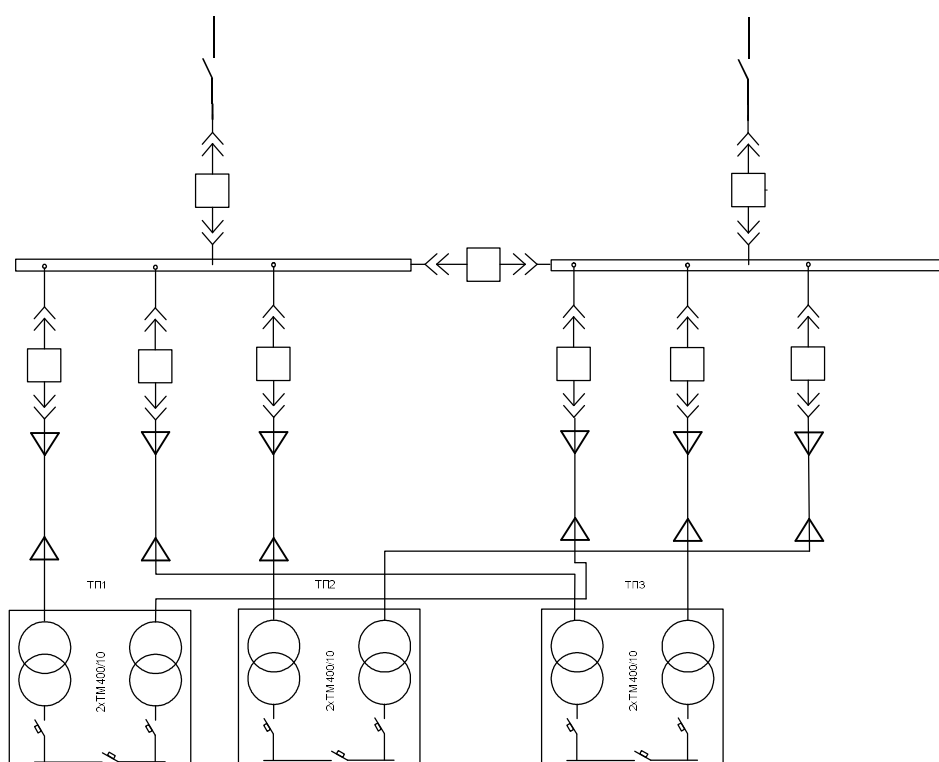
2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Виконаємо порівняння варіантів спорудження двох двотрансформаторних підстанцій з ТР 630 кВа, та трьох двотрансформаторних підстанцій з потужністю ТР 400 кВа.

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями прокладеними в траншеях або скобами до стін цехів.



Варіант 1



Варіант 2

Рисунок 2.2 – Варіанти трансформаторних підстанцій підприємства

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

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (2.2)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}, \quad (2.3)$$

де $I_{м.ав}$ - розрахунковий максимальний струм для після аварійного режиму.

Розрахуємо струм для нормального та після аварійного режиму (1 варіант):

- для ТП 1

$$I_{м} = \frac{S_{м}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{828,87}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 23,9 \text{ (A)},$$

$$I_{м.ав} = \frac{1,4 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,9 \text{ (A)}.$$

- для ТП 2

$$I_{м} = \frac{S_{м}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{872,53}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 25,2 \text{ (A)},$$

$$I_{м.ав} = \frac{1,3 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,9 \text{ (A)}.$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі вимикачі ВВЭ-10-20/630 Номінальний струм вимикачів $I_{ном.в} = 630 \text{ A} > I_{м.ав}$ для всіх присіднань. Власний час відключення вимикача 0,055 с.

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

Вибір перерізу жил виконаємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією $j_{ек} = 1,4 \text{ А / мм}^2$ при $T_M = 2500$ год [1].

Визначаємо економічний переріз провідників для живлення ТП1 ТМ-630/10:

$$s_{ек} = \frac{I_M}{j_{ек}} = \frac{23,9}{1,4} = 17,07 (\text{мм}^2).$$

Вибираємо кабель ААБ перерізом $3 \times 16 \text{ мм}^2$ з $I_{дон} = 75 \text{ А}$ з таблиці Г.1

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_M, \text{ А}$	$I_{M.ав}, \text{ А}$	Вимикач	$I_{ном.в}, \text{ А}$	$s_{ек}, \text{ мм}^2$	Провідник	$I_{дон}, \text{ А}$	$L, \text{ м}$
Варіант 1								
ЦРП-ТП-1	23,9	50,9	ВБЭМ-10-20/630	630	17,07	ААБ-3х16	75	37
ЦРП-ТП-2	25,22	50,9	ВБЭМ-10-20/630	630	18	ААБ-3х16	75	187
Варіант 2								
ЦРП-ТП-1	17,7	32,18	ВБЭМ-10-20/630	630	12,6	ААБ-3х16	75	95
ЦРП-ТП-2	14,3	32,18	ВБЭМ-10-20/630	630	10,2	ААБ-3х16	75	110
ЦРП-ТП-3	17,06	32,18	ВБЭМ-10-20/630	630	12,6	ААБ-3х16	75	187

2.3.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Для підприємств, які живляться від енергосистеми з віддаленими від точки КЗ генераторами. При розрахунку струмів КЗ розрізняють два випадки:

- 1) високовольтні електродвигуни відсутні;

2) високовольтні двигуни відсутні.

Так, як на підприємстві відсутні високовольтні електродвигуни, то струми КЗ необхідно визначати тільки від енергосистеми. Прийmemo базисну потужність $S_{\delta} = 1000 \text{ МВА}$ [2]. За базисну напругу приймаємо середню напругу $U_{\text{сер}}$ ступеня, на якому виникає КЗ. Базисний струм на кожному ступені можна визначити за формулою:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сер}}} . \quad (2.4)$$

Потужність трифазного КЗ приймаємо рівною $S_{\kappa} = 50 \text{ МВА}$.

Розрахункова схема і схема заміщення зображені на рисунку 2.3.

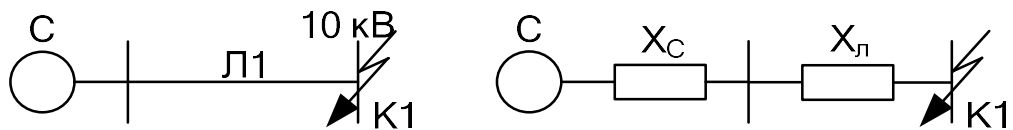


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема і схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

Визначимо базисний струм:

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

Опір системи можна визначити за формулою:

$$x_c = \frac{S_{\delta}}{S_{\kappa}} = \frac{1000}{50} = 20 \text{ (в.о.)}.$$

Для визначення опору ліній від системи до ЦРП визначимо переріз цих ліній за економічною густиною струму:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1634,34}{\sqrt{3} \cdot 10} = 93,92 \text{ (А)}.$$

Визначаємо економічний переріз провідників:

$$S_{ек} = \frac{I_M}{j_{ек}} = \frac{93,92}{1,4} = 67,08 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Вибираємо кабельну лінію ААБ 4х70 з таблиці Д.4 [2, 147].

Визначаємо опір лінії:

$$X_L = X_{ном} \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{сер}^2} = 0,065 \cdot 0,9 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 0,536 \text{ (в.о.)}.$$

Визначаємо результуючий опір:

$$X_{\Sigma} = X_C + X_L = 20 + 0,536 = 20,536 \text{ (в.о.)}.$$

Початкове діюче значення струму КЗ від системи:

$$I_{н.о.с} = \frac{E_c}{x_{\Sigma}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{20,536} \cdot 55 = 2,67 \text{ (кА)}.$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється, тому

$$I_{n.\tau.c} = I_{n.o.c} = 2,67 \text{ (кА)}.$$

Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,01 \text{ с}$:

$$i_{a.\tau.c} = \sqrt{2} I_{n.o.c} e^{-t/T_{a.c.}} = \sqrt{2} \cdot 2,67 \cdot e^{-0,1/0,03} = 0,135 \text{ (кА)},$$

де $\tau = t_{pz.min} + t_{\theta.\theta.} = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ с}$;

$T_{a.c.} = 0,03$ - постійна часу аперіодичної складової, с [1].

Ударний струм КЗ:

$$i_{y\partial.c} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o.c} \left(1 + e^{-0,01/T_{a.c.}}\right) = \sqrt{2} \cdot 2,67 \cdot \left(1 + e^{0,01/0,03}\right) = 9,046 \text{ (кА)}.$$

Визначаємо тепловий імпульс:

$$B_K = I_{noC}^2 (t_{відкл} + T_{aC}) = 2,67^2 \cdot (0,6 + 0,03) = 4,48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $t_{відкл} = t_{pz} + t_{П.В} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ с}$ - час відключення КЗ.

Перевірку високовольтних вимикачів ВБЭМ-10-20/630 на динамічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюємо за умовами:

$$\begin{cases} i_{дин} \geq i_{y\partial}, \\ I_{дин} \geq I_{no}, \end{cases} \quad (2.5)$$

Всі необхідні параметри вимикача ВБЭМ-10-20/630 беремо з [2].

$$\begin{cases} i_{дин} = 25 \text{ (кА)} \geq i_{y\partial} = 9,046 \text{ (кА)}, \\ I_{дин} = 10 \text{ (кА)} \geq I_{no} = 2,67 \text{ (кА)}. \end{cases}$$

Умови перевірки обраного вимикача на динамічну стійкість до дії струмів КЗ теж виконуються.

Перевірку комутаційної здатності здійснюємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{нт.с}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{нт.с} + i_{ат.с}. \end{cases} \quad (2.6)$$

Оскільки $\tau = 0,1 \text{ с} > 0,09 \text{ с}$, то приймаємо $\beta_n = 0$ і перевірку комутаційної здатності вимикача здійснюємо за наступними умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{нт.с}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{нт.с} + i_{ат.с}, \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\begin{cases} I_{н.відкл} = 10 \text{ кА} \geq I_{нт} = 2,67 \text{ (кА)}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{ (кА)} \geq \sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 2,67 + 0,135 = 3,9 \text{ (кА)}. \end{cases}$$

Умови перевірки обраного вимикача на комутаційну здатність виконуються.

Визначаємо тепловий імпульс:

$$B_{\kappa} = I_{н.о.с}^2 (t_{відк} + T_{а.с.}) = 2,84^2 (0,6 + 0,03) = 5,08 \text{ (кА}^2 \text{ с)},$$

де $t_{відк} = t_{пз} + t_{н.в} = 0,5 + 0,1 = 0,6$, с [1].

Перевіримо умову на термічну дію струму КЗ для вибраного високовольтного вимикача:

$$\begin{aligned} B_{\kappa} &\leq I_{тер}^2 t_{тер}, \\ 4,48 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)} &\leq 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Умова виконується, отже вибраний високовольтний вимикач забезпечить надійну комутацію лінії.

Перевіримо термічну стійкість кабелів від ЦРП до ТП до дії струмів КЗ. Визначимо мінімальний переріз кабельних ліній:

$$s_{\min} = \frac{I_{n.o.c}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}}}{C_m} \cdot 1000, \quad (2.9)$$

$$s_{\min} = \frac{2,67 \cdot \sqrt{0,15}}{90} \cdot 1000 = 11,4 (\text{мм}^2).$$

де $t_{\text{відкл}}$ – час відключення струму короткого замикання:

$$t_{\text{відкл}} = t_{c.b} + t_d + T_a, \quad (2.10)$$

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

де C_T - термічний коефіцієнт.

Як видно з розрахунків $s_{\min} < s_{\text{пр}}$ ($s_{\text{пр}} = 16 \text{ мм}$), отже, умова перевірки кабельних ліній від ЦРП до ТП на термічну стійкість до дії струмів КЗ виконується, тому даний тип ліній може бути використаний для внутрішнього електропостачання заводу.

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1 Вибір схеми цехової мережі

Врахувавши, що обладнання в цеху поділено на дві технологічні групи, розміщення електроприймачів в цеху і порівнявши з магістральною схемою,

вибираємо більш надійну - радіальну схему цехової мережі. При якій кожна з груп буде живитись від окремого РП.

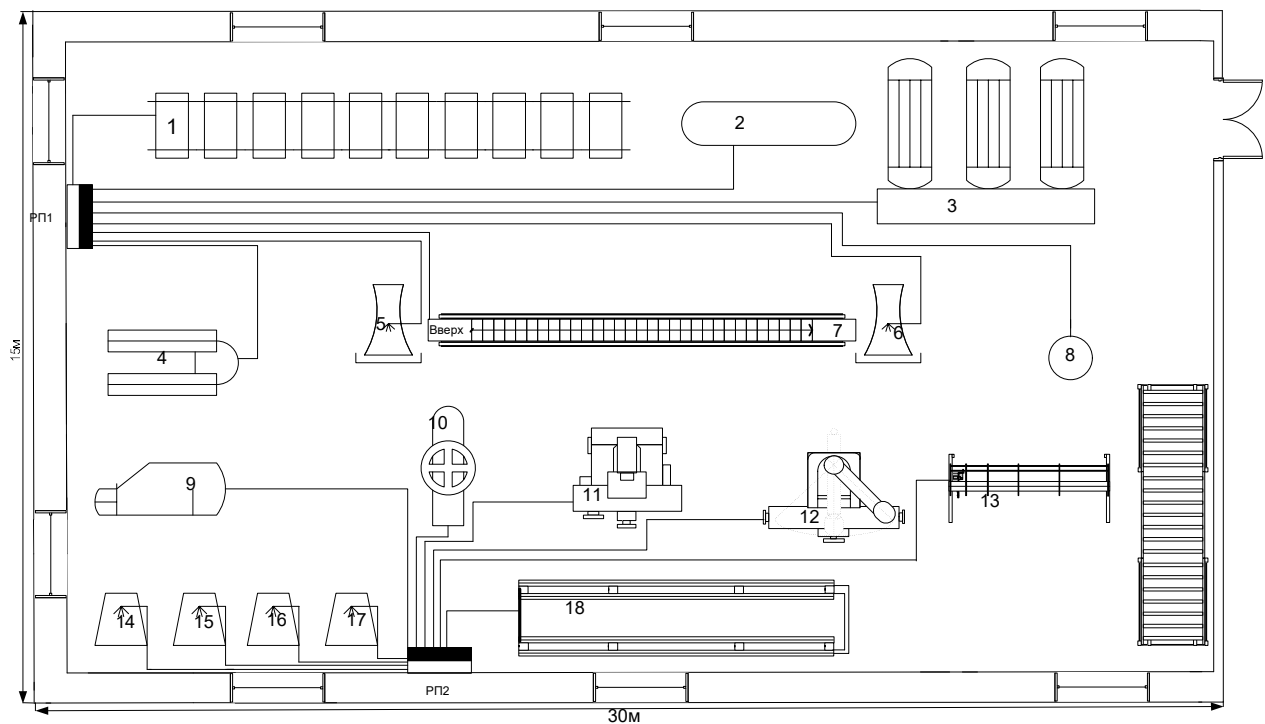


Рисунок 2.4 - План електропостачання цеху

Для розрахунку навантаження цехової мережі електроприймачі розподільчих пунктів поділяють на дві групи:

- електроприймачі зі змінним графіком навантаження – навантаження групи А, коефіцієнт використання яких $k_B < 0,65$;
- електроприймачі з практично постійним графіком навантаження – навантаження групи Б, коефіцієнт використання яких $k_B \geq 0,65$.

В цеху, для якого проводиться розрахунок, всі електроприймачі відносяться до групи А.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для конвеєр-кантувача:

$$n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 20 \cdot 0,14 = 2,8 \text{ (кВт)},$$

$$n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1 \cdot 20 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 4,84 \text{ (квар)};$$

Визначаємо розрахункові навантаження РП-1:

$$K_B = \frac{\sum n \cdot P_H \cdot k_B}{\sum n \cdot P_H} = \frac{2,8 + 1,95 + 2 + 0,85 + 1,4 + 1,1 + 0,975}{20 + 15 + 10 + 5 + 7 + 5,5 + 7,5} = \frac{12,29}{70} = 0,16,$$

$$n_e = \frac{\left(\sum n \cdot P_H\right)^2}{\sum n \cdot P_H^2} = \frac{(20 + 15 + 10 + 5 + 7 + 5,5 + 7,5)^2}{400 + 225 + 100 + 25 + 24,5 + 30,25 + 56,25} = \frac{70^2}{861} = 5,69 \approx 6,$$

З таблиці 1 [1, с.5] $K_p = 2,64$ і обчислюємо розрахункові потужності:

$$P_p = K_p \cdot K_B \cdot \sum n \cdot P_H = 2,64 \cdot 11,08 = 29,24 \text{ кВт},$$

$$Q_p = \sum K_B \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi = 16,90 \text{ квар}.$$

Оскільки ефективне число електроприймачів менше 10 ($n_e < 10$), то в формулі реактивної потужності використовуємо коефіцієнт 1,1.

Визначаємо S_M електроприймачів РП-1:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{29,24^2 + 16,90^2} = 33,77 \text{ (кВА)}.$$

Розрахункові навантаження цеху визначаються в такій послідовності:

- спочатку проводимо розрахунок для всіх споживачів:

$$K_B = \frac{\sum n \cdot P_H \cdot k_B}{\sum n \cdot P_H} = \frac{11,08 + 9,47}{70 + 61,8} = \frac{20,54}{131,8} = 0,16,$$

$$n_e = \frac{\left(\sum n \cdot P_H\right)^2}{\sum n \cdot P_H^2} = \frac{(70 + 61,8)^2}{861,00 + 614,8} = \frac{131^2}{1475,80} = 11,77 \approx 12.$$

З таблиці 1 [1, с.5] знаходимо значення $K_p = 0,8$ і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів:

$$P_M = K_M K_B n P_n = 1,56 \cdot 0,16 \cdot 131,8 = 32,05 \text{ (кВт)},$$

$$Q_p = K_p \cdot \sum K_B \cdot n \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi = 32,35 \text{ (квар)},$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{32,35^2 + 32,05^2} = 45,53 \text{ (кВА)}.$$

Решта розрахунків навантаження цеху проводиться аналогічно.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.1. Додаток Б.

2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

Відповідно вимог правил улаштування електроустановок вибираємо слідуєчі способи прокладки ліній:

- від ТП до РП-1, РП-2 АВВГ прокладених в кабельних каналах.

- від РП-1 до ЕП-1-8, від РП-2 до ЕП-9-18, всі електроприймачі приєднані алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в сталевих рукавах;

Від ТП до РП-1 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{\partial on} \geq I_M = 51,31 \text{ (A)}.$$

Виберемо кабель марки АВВГ перерізом 4х16, при прокладені в кабельних каналах допустимий тривалий струм якого складає :

$$I_{\partial on} = 55 \text{ (A)}.$$

З дещо меншим перерізом вибираємо провідники від ТП до РП-2.

$$I_{\partial on} \geq I_M = 44 \text{ (A)}.$$

Виберемо кабель марки АВВГ перерізом 4х16, при прокладені в кабельних каналах допустимий тривалий струм якого складає $I_{доп} = 55$ (А)

Від РП-1 до ЕП-1 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{доп} \geq I_M = 30,4 \text{ (А)}.$$

Допустимий тривалий струм для АПВ 4(1х8) прокладених в сталіних рукавах складає 37 А.

Аналогічно обираємо переріз решти провідників АПВ.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 2.7 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	I_M , А	I_n розч, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм ²	$I_{доп}$, А
ТП - РП-1	51,3	56,43	АВВГ	в кабельних каналах	4х16	55
ТП - РП-2	44,65	49,12	АВВГ	в кабельних каналах	4х16	55
РП1-ЕП1	30,422878	33,47	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х8)	37
РП1-ЕП2	22,817159	25,10	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х6)	30
РП1-ЕП3	15,211439	16,73	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23
РП1-ЕП4	7,6057195	8,37	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23
РП1-ЕП5-6	10,648007	11,71	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23
РП1-ЕП7	8,3662915	9,20	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23
РП1-ЕП8	11,408579	12,55	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х6)	30
РП2-ЕП9	1,6732583	1,84	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23
РП2-ЕП10	14,450867	15,90	АПВ	в сталіних рукавах	4(1х4)	23

Продовження Таблиці 2.7

Лінія	Ім, А	Ін розч, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм ²	Ідоп, А
РП2-ЕП11	2,2817159	2,51	АПВ	в сталъних рукавах	4(1x4)	23
РП2-ЕП12	3,3465166	3,68	АПВ	в сталъних рукавах	4(1x4)	23
РП2-ЕП13	22,056587	24,26	АПВ	в сталъних рукавах	4(1x10)	39
РП2-ЕП14-17	6,8451476	7,53	АПВ	в сталъних рукавах	4(1x4)	23
РП2-ЕП18	22,817159	25,10	АПВ	в сталъних рукавах	4(1x10)	39

Перевіriamo втрати напруги на найбільш віддалених споживачах:

$$\Delta U = \frac{P_{num} R_{num} + Q_{num} X_{num}}{U_{ном}} \cdot l \quad (2.11)$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП-21} = \Delta U_{ТП-РП-3} + \Delta U_{РП-3-ЕП-21} \quad (2.12)$$

Перевіriamo втрати напруги для ЕП-14

$$\Delta U_{ТП-РП-1} = \frac{29,24 \cdot 3,8 + 16,90 \cdot 0,088}{380} 10 = 2,9 (В)$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП-14} = \frac{10 \cdot 9,61 + 2,34 \cdot 0,098}{380} 17 = 4,2 (В),$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП-21} = 2,9 + 4,2 = 7,1 (В)$$

$$\Delta U_{\%ТП-ЕП-} = \frac{7,1}{380} 100\% = 1,8\% - \text{дана втрата напруги є допустима}$$

2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться з метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП2-РП1-ЕП12. Складемо розрахункову схему.

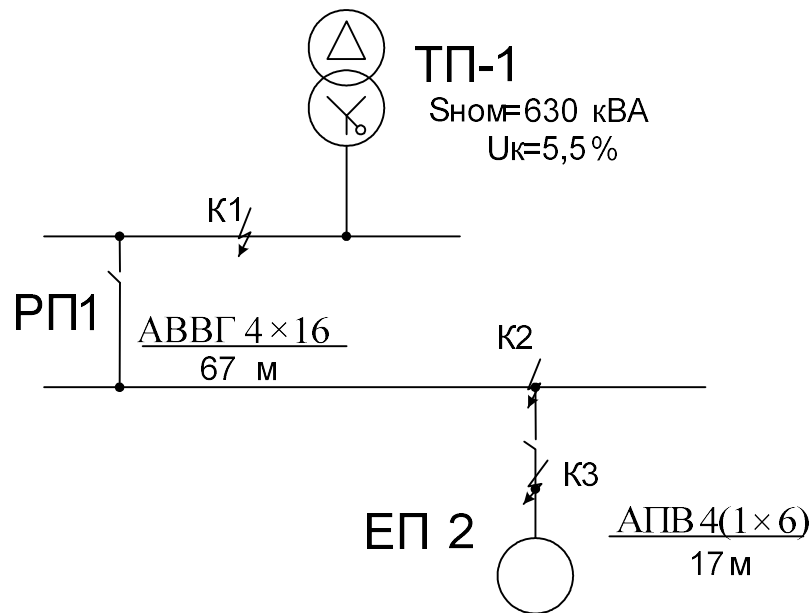


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема мережі

Номінальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.т}}=630$ (кВА).

Опори трансформатора: $R_{\text{т}} = 3,4$ (мОм), $X_{\text{т}} = 13,5$ (мОм).

Комутаційна здатність вимикачів перевіряється за умовою:

$$I_{\text{н.відк}} \geq I_{\text{к}}^{(3)} \quad (2.13)$$

Розрахуємо струм трифазного КЗ на шинах ТП:

$$I_{\text{к1max}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (2.14)$$

де Z_{Σ} – повний опір трансформатора.

- для точки K1

$$I_{K1\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,4^2 + 13,5^2}} = 16,547 \text{ (кА)}.$$

- для точки K2

$$I_{K2\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,64 + 6,4 \cdot 17 + 0,02)^2 + (3,46 + 0,094 \cdot 17)^2}} = 1,53 \text{ (кА)}$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП, умовам комутаційної здатності відповідають, адже

- для точки K1

$$I_{н.відк} = 32,5 \text{ кА} > I_{K1}^{(3)} = 16,547 \text{ (кА)}.$$

- для точки K2

$$I_{н.відк} = 6 \text{ кА} > I_{K1}^{(3)} = 1,53 \text{ (кА)}.$$

Виконаємо перевірку селективності дії захисту.

Визначимо струм однофазного КЗ в точці короткого замикання з урахуванням перехідного процесу:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n} \cdot l}, \quad (2.15)$$

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

$Z_{\phi-n}$ - питомий опір петлі фаза-ноль;

l – відстань до місця КЗ.

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

$$I_{\dot{e}2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 4,43 \cdot 67} = 0,563(\hat{A})$$

Струм однофазного КЗ на затискачах затискачах ЕП-2:

$$I_{\kappa 3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n} \cdot l}, \quad (2.16)$$

$$I_{\kappa 3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 4,43 \cdot 67 + 12,34 \cdot 18} = 0,413(\kappa A).$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{\kappa.мін}^{(1)}}{3}, \quad (2.17)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП1:

$$I_{н.розч} = 100 \text{ (A)} < \frac{I_{\dot{e}2}^{(1)}}{3} = \frac{563}{3} = 187,6 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1- ЕП2:

$$I_{н.розч} = 25 \text{ (A)} < \frac{I_{\kappa 3}^{(1)}}{3} = \frac{413}{3} = 137,6 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

Перевіримо селективність дії захисту. Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases}$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП – РП-1(вимикач 1), РП-1 – ЕП-2(вимикач 2) (дані про вимикачі знаходяться в таблиці 1.2).

$$\begin{cases} I_{c.B1} = 500 \text{ (A)} > (1,3..1,5)I_{c.B2} = (1,3..1,5) \cdot 250 = 325..375 \text{ (A)}, \\ t_{c.B1} = 0,2 > t_{c.B2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115. \end{cases}$$

Умови селективності виконуються.

Побудуємо карту селективності дії захисту для вимикачів 1 та 2.

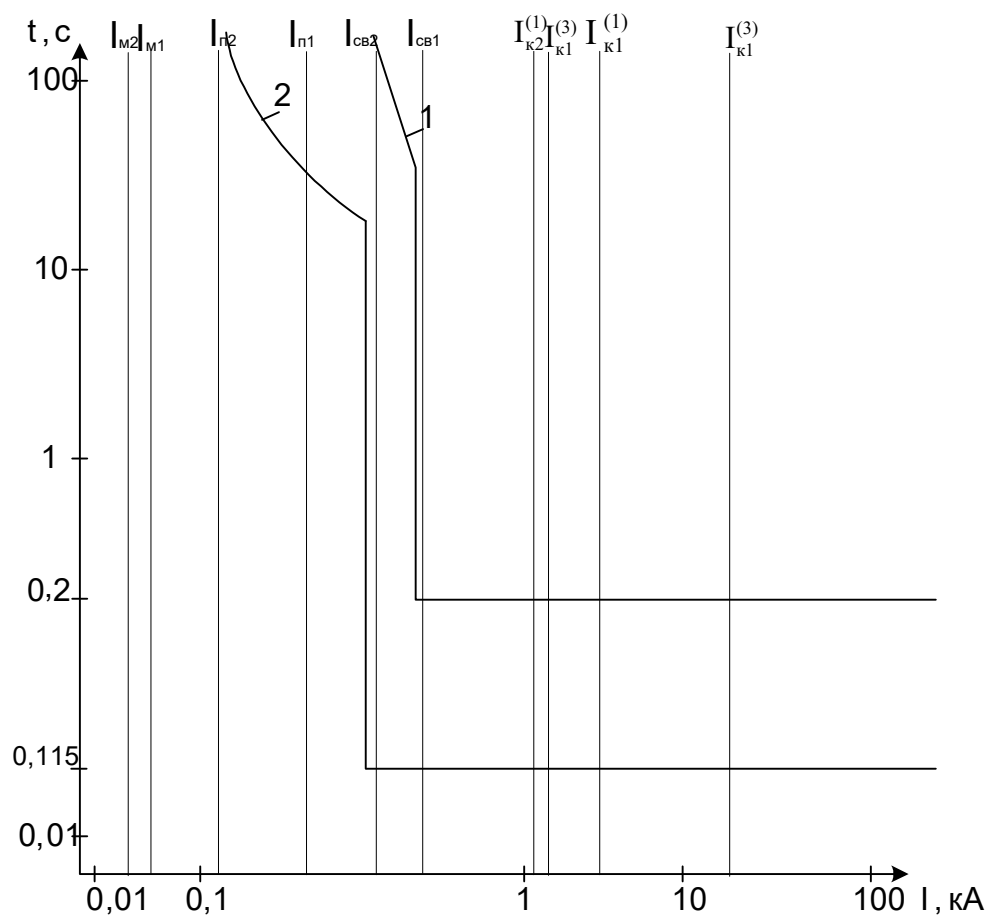


Рисунок 2.6 - Карта селективності

Висновки

В даному розділі розроблено систему електропостачання підприємства.

Було розглянуто два можливих варіанти схеми електропостачання заводу: електропостачання заводу від двох підстанцій, та трьох двотрансформаторних підстанцій, спорудження ЦРП. Схеми порівнювались за затратами на спорудження. Усі показники приводились до грошового еквіваленту. В результаті проведеного порівняння обрали варіант живлення від двох двотрансформаторних підстанцій по 630 кВА, що забезпечить більшу надійність електропостачання а також менші затрати на спорудження і експлуатацію.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

3.1 Вимоги стандартів (ГОСТ 13109-97) щодо відхилень напруги

Стандарт (ГОСТ 13109-97) визначає показники та норми якості електричної енергії (ЯЕЕ) у мережах електропостачання загального призначення для змінного трьохфазного та однофазного струму частотою 50 Гц у точках приєднання мереж різних споживачів електроенергії. Норми ЯЕЕ, встановлені цим стандартом, є рівнями електромагнітної сумісності для кондуктивних електромагнітних перешкод у системах електропостачання загального призначення. Дотримання цих норм забезпечує електромагнітну сумісність між мережами постачання і споживачів електричної енергії.

Встановлені стандартом норми обов'язкові у всіх режимах роботи систем електропостачання, за винятком випадків, спричинених:

надзвичайними погодними умовами та стихійними лихами (ураган, повінь, землетрус тощо);

непередбаченими ситуаціями, викликаними діями, які не є енергопостачальними організаціями чи споживачами електроенергії (пожежа, вибух, воєнні дії тощо);

умовами, встановленими державними органами для ліквідації наслідків таких виняткових погодних умов та непередбачених ситуацій.

Норми цього стандарту повинні включатися у технічні умови на приєднання споживачів електричної енергії та в договори на користування електроенергією між постачальниками та споживачами. Для забезпечення виконання норм у точках загального приєднання допускається встановлення жорсткіших вимог для споживачів, які погіршують якість електричної енергії.

За домовленістю між енергопостачальною організацією та споживачами, в технічних умовах і договорах можуть бути встановлені додаткові вимоги до

показників якості електроенергії, якщо вони не порушують норм стандарту. Норми застосовуються при проектуванні та експлуатації електричних мереж, а також при встановленні рівнів перешкод для приймачів електроенергії.

Значення якості електроенергії в мережах споживачів регламентовані галузевими стандартами та іншими нормативними документами і не повинні бути нижчими за встановлені у цьому стандарті. Якщо галузеві стандарти відсутні, застосовуються норми даного стандарту.

В нормальному режимі роботи електричної мережі значення ЯЕЕ повинні залишатися в межах максимальних значень. При аварійних порушеннях електропостачання допускається короткочасне відхилення значень ЯЕЕ, з подальшим їх відновленням до післяаварійних значень.

На входах приймачів електроенергії, які є джерелами електромагнітних перешкод, допустимі значення ЯЕЕ можуть бути ширшими, якщо це не порушує норми стандарту для інших споживачів. Відхилення напруги характеризується постійним відхиленням, для якого встановлені наступні норми:

нормально допустимі та гранично допустимі значення постійного відхилення напруги на виводах приймачів електроенергії рівні відповідно $\pm 5\%$ та $\pm 10\%$ від номінальної напруги електричної мережі;

значення відхилення напруги в точках загального приєднання споживачів до мереж напругою 0,38 кВ і більше визначаються в договорах між енергопостачальною організацією і споживачем.

Ці значення визначаються відповідно до нормативних документів, затверджених у встановленому порядку.

3.2 Розрахунок відхилень і знижень напруги та вибір відпайок трансформаторів на цехових ТП

Одним з основних показників, який вказує на якість електричної енергії, є відхилення напруги на затискачах електроприймачів, зв'язаних з загальною мережею, в зв'язку з падінням напруги в мережі [11-16]. За ПУЕ, при нормальній

роботі дозволяється таке відхилення напруги: на затискачах електродвигунів (-5; +10)%, на затискачах проводів працюючого освітлення (-2,5; +5)%.

Регулювання напруги в трансформаторах є важливим аспектом забезпечення стабільного електропостачання. Це досягається шляхом зміни коефіцієнта трансформації, який впливає на рівень вихідної напруги. Основні методи регулювання напруги включають:

Регулювання під навантаженням (OLTC - On Load Tap Changer):

Перемикачі під навантаженням дозволяють змінювати коефіцієнт трансформації без відключення трансформатора від мережі. Це дає можливість підтримувати стабільний рівень напруги навіть при змінних навантаженнях.

OLTC зазвичай має декілька положень (ступенів), які можуть бути перемикає автоматично або вручну, залежно від рівня напруги в мережі.

Регулювання без навантаження (NLTC - No Load Tap Changer):

Перемикачі без навантаження використовуються для зміни коефіцієнта трансформації лише коли трансформатор відключений від мережі.

Цей метод регулювання менш гнучкий у порівнянні з OLTC, оскільки вимагає зупинки трансформатора для перемикає.

Автоматичне регулювання напруги (AVR - Automatic Voltage Regulation):

Системи автоматичного регулювання напруги використовують спеціальні реле або мікропроцесорні пристрої для контролю та автоматичного регулювання рівня напруги.

AVR може працювати в тісному зв'язку з OLTC для забезпечення максимальної стабільності напруги.

Ферорезонансні регулятори напруги:

Використовуються спеціальні трансформатори з ферорезонансним контуром для підтримання стабільної напруги при змінних навантаженнях.

Стабілізатори напруги:

Електронні стабілізатори або магнітні стабілізатори використовуються для підтримки стабільної напруги в певному діапазоні. Вони можуть бути встановлені як на вході, так і на виході трансформатора.

Практичне застосування регулювання напруги

У промислових та комерційних мережах: Для забезпечення стабільної роботи обладнання та запобігання перегріву або пошкодженню чутливих пристроїв.

В електричних мережах розподілу: Для підтримки стабільної напруги на кінцевих точках мережі, що забезпечує надійне постачання електроенергії споживачам.

На електростанціях та підстанціях: Для підтримки необхідних рівнів напруги при передачі електроенергії на великі відстані.

Регулювання напруги в трансформаторах є ключовим фактором для забезпечення надійності та ефективності електричних мереж, а також для підтримки високої якості електроенергії.

В. цьому випадку для контролю напруги в трансформаторах передбачено чотири додаткові точки відведення, що дозволяє отримати п'ять різних значень коефіцієнта трансформації. Для проведення розрахунків необхідно мати вихідні дані: схему зовнішнього електропостачання заводу та схему електропостачання цеху, параметри цих мереж, розрахункові навантаження вузлів вказаних мереж та значення напруги в живильному вузлі в режимі максимальних та мінімальних навантажень енергосистеми. Мета розрахунків полягає в забезпеченні допустимих рівнів напруги на зажимах споживачів шляхом правильного вибору регулюючих відгалужень на трансформаторах заводських підстанцій, а також в правильній організації розподільчих мереж підприємства та місцевих засобів регулювання напруги. При цьому необхідно врахувати, що енергосистема може забезпечити рівень напруги на рівні 1,05 номінальної напруги в максимальному режимі роботи підприємства та рівень напруги на рівні 1,0 номінальної напруги в мінімальному режимі роботи підприємства в точці приєднання.

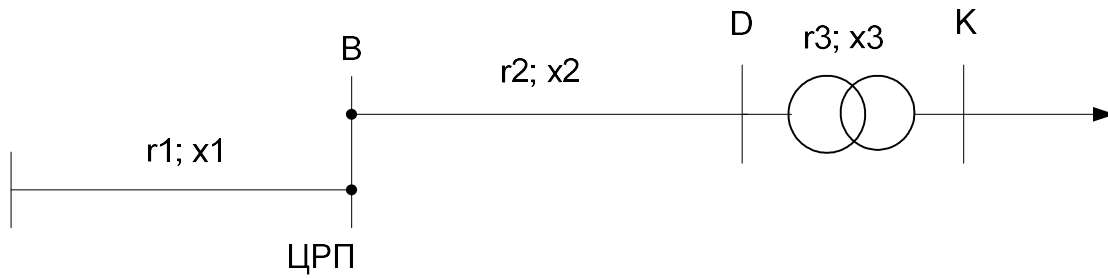


Рисунок 3.1 – Схема розрахункової мережі.

Розрахунок здійснимо для режимів максимального та мінімального навантаження (в якості прикладу розрахуємо вибір відпайок на ТП1):

а) Режим максимального навантаження:

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_k^{\max} \cdot r_1 + Q_k^{\max} \cdot X_1}{U_c^{\max}} = \frac{659,6 \cdot 0,769 + 475,96 \cdot 0,066}{11} = 0,051(\kappa B)$$

$$U_B^{\max} = U_c^{\max} - \Delta U_{CB} = 11 - 0,051 = 10,949(\kappa B)$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{329,8 \cdot 2,4 + 238 \cdot 0,84}{10,949} = 0,091(\kappa B)$$

$$U_D^{\max} = 10,949 - 0,091 = 10,858(\kappa B)$$

$$\Delta U_{DK} = \frac{329,8 \cdot 3,4 + 238 \cdot 13,5}{10,858} = 0,399(\kappa B)$$

$$U_K^{\max} = 10,858 - 0,399 = 10,459(\kappa B)$$

б) В режимі мінімальних навантажень (розрахунок проводиться аналогічно):

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_k^{\min} \cdot r_1 + Q_k^{\min} \cdot X_1}{U_c^{\min}} = \frac{659,6 \cdot 0,769 + 475,96 \cdot 0,066}{10} = 0,056(\kappa B)$$

$$U_B^{\min} = U_c^{\min} - \Delta U_{CB} = 10 - 0,056 = 9,944(\text{кВ})$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{329,8 \cdot 2,4 + 238 \cdot 0,84}{9,944} = 0,1(\text{кВ})$$

$$U_D^{\min} = 9,944 - 0,1 = 9,844(\text{кВ})$$

$$\Delta U_{DK} = \frac{329,8 \cdot 3,4 + 238 \cdot 13,5}{9,844} = 0,44(\text{кВ})$$

$$U_K^{\min} = 9,844 - 0,44 = 9,5(\text{кВ})$$

Давайте проведемо розрахунок напруги при різних режимах підключення трансформатора. Отримані результати занесемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення вторинної напруги при роботі трансформатора на різних відпайках.

	Режим вузлів	$U_k^{\max}$, кВ	Відгалудж. ТП, %	Ктр, при $U_{1\text{ном}}=10$ кВ	U_2 , при $U_k = U_{1\text{ном}}$	Висновок
ТП1	MAX	10,5	5	26,251	0,4	Допустимо
			2,5	25,626	0,41	Допустимо
			0	25	0,42	Допустимо
			-2,5	24,376	0,43	Допустимо
			-5	23,76	0,44	Допустимо
	MIN	9,5	5	26,26	0,36	Не допустимо
			2,5	25,626	0,37	Не допустимо
			0	25	0,38	Не допустимо
			-2,5	24,376	0,39	Допустимо
			-5	23,76	0,4	Допустимо

Критерієм допустимості є нерівність:

$$U_n \leq U_k \leq 1,05U_n, \quad (3.1)$$

де $U_n = 0,38$ кВ – номінальна напруга.

Проектування рішення: отже в обох режимах слід обрати відпайку -2,5% трансформатора для всіх цехових ТП.

Висновки

В даному розділі розглянуто проблеми регулювання напруги в електричних мережах. Проведено розрахунок відхилень та знижень напруги і вибір відпайок трансформаторів на цехових трансформаторних підстанціях. Проведені розрахунки та отримані результати дозволяють забезпечити допустимі рівні напруги на зажимах споживачів за рахунок правильного обрання коректних регулюючих відгалужень на трансформаторах заводських підстанцій та правильної побудови СЕП підприємства і місцевих засобів регулювання напруг.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі бакалаврської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі експлуатації установок і відновлювальних джерел електроенергії. Аналіз потенційних небезпек проведемо за [17, 18] для електротехнічного оперативного персоналу.

Під час експлуатації діючих електроустановок необхідно передбачати заходи із запобігання впливу на працівників таких шкідливих виробничих факторів: 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. У розділі охорони праці будуть досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, пожежна безпека для працівників в цілому для об'єкта проектування під час будівництва та після прийняття його в експлуатацію.

4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Підготовка робочого місця і допуск до виконання робіт з пошуку місць пошкоджень в розподільчих мережах здійснюється оперативним персоналом електричних станцій і підстанцій [20, 21].

Підготовка робочих місць і допуск можуть провадитись тільки з дозволу оперативних працівників, а на підприємствах, де таких працівників немає – з дозволу особи, яка видала наряд чи розпорядження за узгодженням з особою, відповідальною за електрогосподарство. Забороняється змінювати передбачені нарядом (розпорядженням) заходи по підготовці робочих місць. В разі виникнення сумніву в достатності і правильності заходів з підготовки робочого місця і можливості безпечного виконання роботи, ця підготовка має бути припинена.

Підготовку робочих місць, як правило, виконують два працівники, які мають право на оперативні перемикання в даній електроустановці. Дозволяється виконувати підготовку робочого місця керівнику робіт з одним із членів бригади, якщо вони мають права на оперативні перемикання в даній електроустановці. Підготовку робочого місця може виконувати один працівник, крім встановлення переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В і виконання перемикань, що здійснюються на двох і більше приєднаннях в електроустановках понад 1000 В, що не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

Допускач разом з керівником робіт повинні перевірити виконання технічних заходів з підготовки робочого місця. Якщо керівник робіт суміщає обов'язки допускача, то таку перевірку він виконує з одним із членів бригади, який має групу III. Допуск до роботи за нарядами та розпорядженнями слід провадити безпосередньо на робочому місці.

Допуск провадиться після перевірки технічних заходів з підготовки робочого місця. В цьому разі допускач має:

- перевірити, чи відповідає склад бригади зазначеному у наряді або розпорядженні, та наявність у членів бригади посвідчень про перевірку знань;

- провести інструктаж: ознайомити бригаду зі змістом наряду, розпорядження; зазначити межі робочого місця і підходи до нього; показати найближче до робочого місця устаткування та струмовідні частини приєднань, що ремонтуються, та суміжних, до яких забороняється наближатися незалежно від того, перебувають вони під напругою чи ні;

- довести бригаді, що напруга відсутня, показом встановлених заземлень та перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочого місця, а в електроустановках 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання) з наступним дотиком рукою до струмовідних частин, після перевірки відсутності напруги.

Після інструктажу допускателя бригаду повинен проінструктувати керівник робіт щодо безпечного виконання робіт, використання інструменту, пристосувань, механізмів і вантажопідіймальних машин. Без проведення інструктажу допуск бригади забороняється. Проведення інструктажу і допуску оформляються підписами допускателя і керівника робіт (наглядача) в таблиці 3 наряду із зазначенням дати і часу. Допуск оформлюється в обох примірниках наряду, з яких один залишається у керівника робіт (наглядача), а другий – у допускателя. Коли керівник робіт суміщає обов'язки допускателя, допуск оформлюють в одному примірнику наряду. Під час роботи за розпорядженням час допуску реєструють в журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями.

4.1.2 Електробезпека

Тип електромережі, що контролюється: розподільчі мережі напругою 0.4-10 кВ. Категорія умов з небезпеки електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

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

- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Електроінструмент, переносні лампи, знижувальні трансформатори і перетворювачі частоти струму необхідно перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального контуру, цілісність ізоляції живильних проводів та відсутність оголених струмопровідних частин. Переносні трансформатори необхідно перевіряти також на відсутність замикання між обмотками високої і низької напруги.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні [22], де встановлена лінія, наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

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

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [23]:

1. Утеплення фасаду будівлі
- 2 Встановлено вентиляцію приміщень

4.2.2. Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний [22].

Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони в роботі передбачені такі рішення [23]:

- Робочі місця, де можливе виділення пилу та, обладнані вентиляційними пристроями, які повинні бути постійно готовими до роботи.
- Будь-які порушення у системі вентиляції відображаються попереджувальними сигнальними пристроями.
- Установки для кондиціювання повітря або механічні вентиляційні установки під час їх роботи не створюють для працівників протягів.

4.2.3 Виробниче освітлення

Штучне освітлення в будівлі запроектоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення). Нормовані значення виробничого освітлення наведені в таблиці 4.3.

Характеристика зорових робіт під час проведення пошуку місць пошкоджень – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [25] розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

Для забезпечення нормованого значення освітлення у проекті передбачено:

- використання природного та штучного освітлення;
- штучне освітлення повинне бути рівномірне та достатньо інтенсивне;
- світло не повинне створює різких тіней на місцях роботи, значних контрастів між освітленим робочим місцем і навколишньою обстановкою;
- штучне світло не створює зайвих відблисків у полі зору працівника.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка 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	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

4.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму наведено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

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

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

- раціональне розташування робочих місць;
- постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників;

- обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [26, 27]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [28], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [29].

Приміщення підстанцій розподільчих мереж, де здійснюється пошук місць пошкоджень, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою 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).

Будівлі підстанцій характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІІ 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 [30] наведено в таблиці 4.5.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати во-гонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балк и, 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	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [31] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7 (знаменник) [31].

Таблиця 4.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

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

В приміщеннях підстанцій розподільчих мереж встановлюється по 8 вогнегасників ВП-5 [32].

ВИСНОВКИ

В роботі було спроектовано систему електропостачання ТОВ «Експрес» м. Жмеринка.

В результаті розраховано електричні навантаження електромашинного цеху та підприємства в цілому.

Було розглянуто два можливих варіанти схеми електропостачання заводу: електро постачання заводу від двох підстанцій, та трьох двотрансформаторних підстанцій, спорудження ЦРП. Схеми порівнювались за затратами на спорудження. Усі показники приводились до грошового еквіваленту. В результаті проведеного порівняння обрали варіант живлення від двох двотрансформаторних підстанцій по 630 кВА, що забезпечить більшу надійність електропостачання а також менші затрати на спорудження і експлуатацію .

Обрані комутаційно-захисна апаратура та живлячі провідники заводської мережі перевірені на допустимість, та термічну стійкість на основі розрахунку коротких замикань.

Був проведений розрахунок відхилень і знижень напруги та вибір відпайок трансформаторів на цехових ТП.

Розроблена система електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2005. 140с.
2. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Форт, 2013. 410 с.
4. Малиновський А.А. Основи електропостачання : навч. посібник / А.А. Малиновський, Б.К. Хохулін. Львів : Львівська політехніка, 2005. 324 с.
5. Рябенко І.С., Мейта О.В. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок енергоємних виробництв : Курсове та дипломне проектування виробництв: підручник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / І.С. Рябенко, О.В. Мейта. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 244 с.
6. Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах. Навчальний посібник / А.Д. Голота. К. : Вища школа, 2006. 367 с.
8. Офіційна сторінка машинобудівного заводу. МПМЗ : веб-сайт. URL: <https://mpmz.ua/uk> (дата звернення 01.06.2024)
9. Сегеда, М. С. Електричні мережі та системи : підручник / М.С. Сегеда. Львів: Львів. політехніка, 2007. 488 с.
10. Романюк, Ю. Ф. Електричні системи та мережі : навч. посіб. / Ю. Ф. Романюк. К. : Знання, 2007. 292 с.
12. Kundur, P., & Paserba, J. Power System Stability and Control. McGraw Hill Education, 2016. 1008 p.
13. Grigsby, L. (Ed.). The Electric Power Engineering Handbook. CRC Press, 2017. 752 p.
14. Miller, T. J. E. Reactive Power Control in Electric Systems. John Wiley & Sons, 2018. 400 p.
15. Sankaran, C. Power Quality. CRC Press, 2019. 848 p.

16. ДСТУ 3682-98 (ГОСТ 30583-98) Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт та послуг. К. 11с.
17. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
18. 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->.
19. 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.
20. 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.
21. 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>.
22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
23. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
24. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
25. 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>.

26. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
27. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
28. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
29. 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>.
30. 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.
31. 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.
32. 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>.

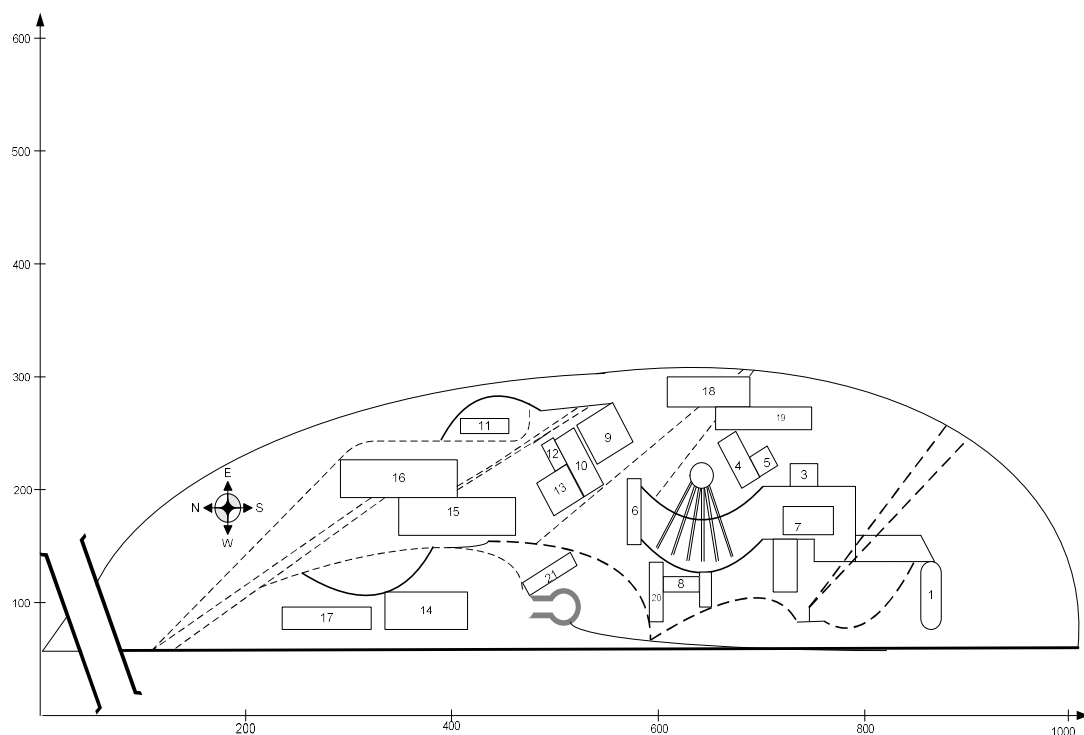
ДОДАТКИ

Додаток А

ВИХІДНІ ДАННІ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЕКСПРЕС»

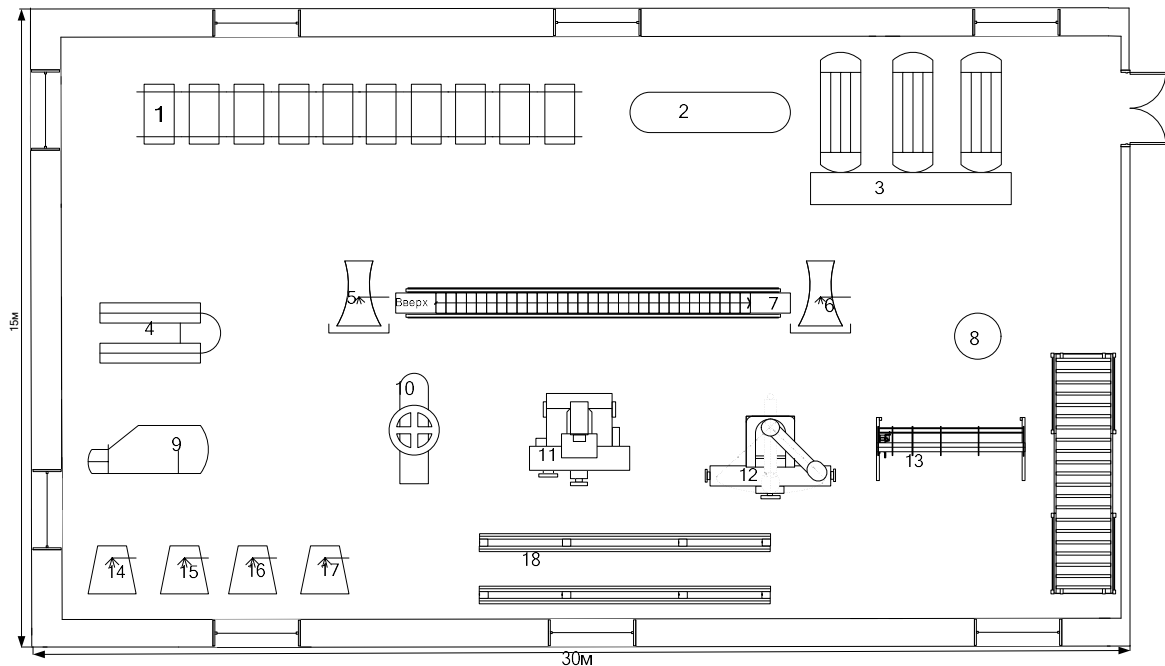
Рисунок А.1– Генплан підприємства



Таблиця А.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на генплані	Вузли живлення ЕП	Рн кВт
1	Учбовий корпус	50
2	Хім лабораторія	32
3	Компресорна	350
4	Акумуляторна	47
5	Пральня	40
6	Адміністрація	35
7	Цех ПРЗ	190
8	Актовий зал	25
9	Черговий по депо	80
10	Насосна	135
11	База палива	128
12	Електромашинне відділення	110
13	Піскосушка	42
14	ТО-2	198
15	ТО-3	210
16	Експериментальне відділення	42
17	Котельня	310
18	Бригадний дім	138
19	Дослідний цех	17
20	Побутові приміщення	8
21	Виробничий склад	10

Рисунок А.2 – План електромашинного цеху



Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва	n шт	P _н , кВт
1	Конвеєр-кантувач	1	20
2	Сушильна піч	1	15
3	Станок шліфовки колекторів	1	10
4	Станок ремонту якорів	1	5
5,6	Бандажировочний станок	2	3,5
7	Конвеєрна лінія розбори двигунів	1	5,5
8	Мийочна машина	1	7,5
9	Рольгант	1	1,1
10	Шкаф нагріву кілець	1	9,5
11	Установка для рен	1	1,5
12	Пневмо гайковерт	1	2,2
13	Кран мостовий	1	14,5
14-17	Станок моторно-осьових підшипників	4	4,5
18	Установка для рен	1	15

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЕКСПРЕС»

Рисунок Б.1 – Рисунок генплан підприємства

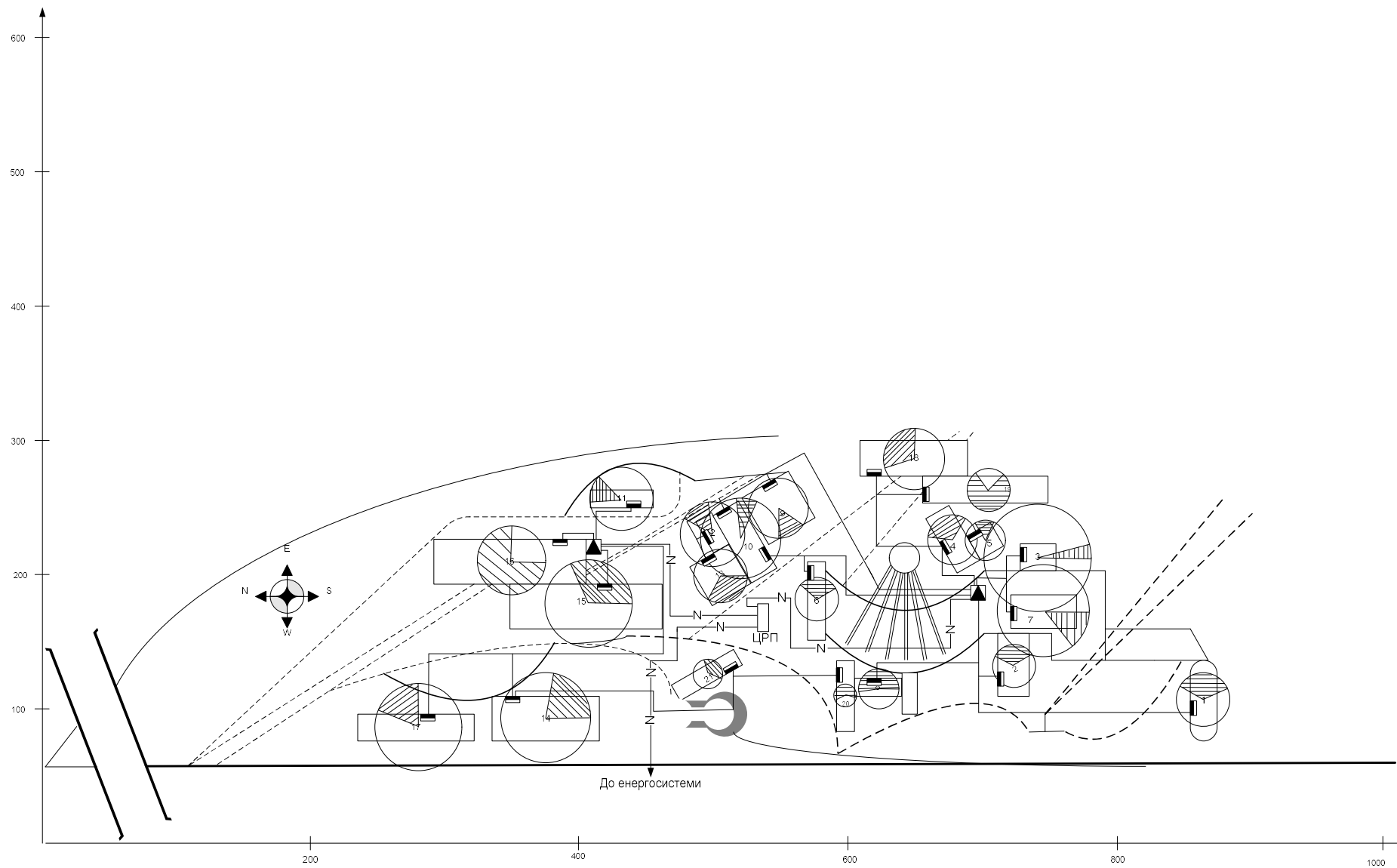


Рисунок Б.3 – План цеху і силової мережі

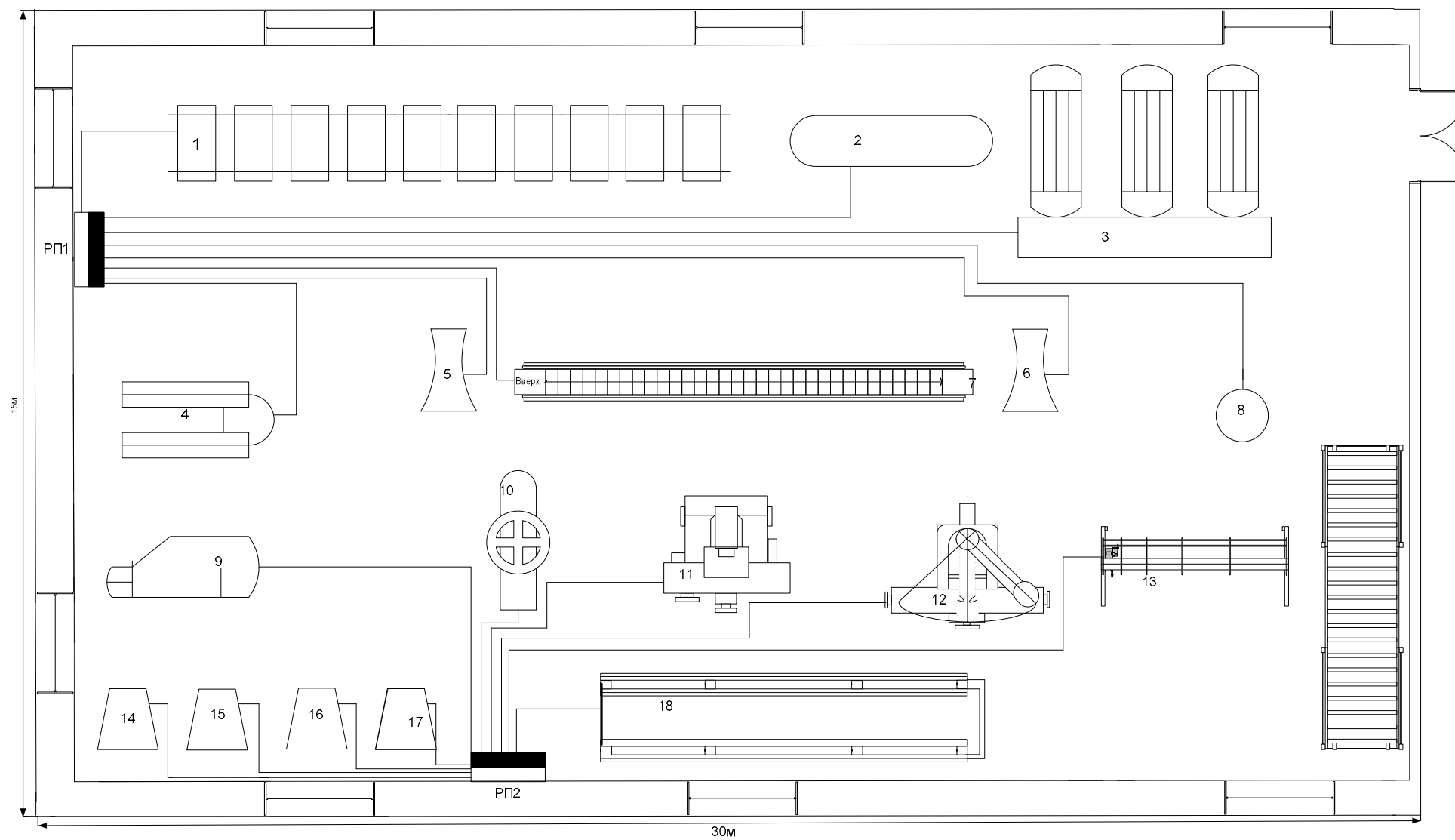
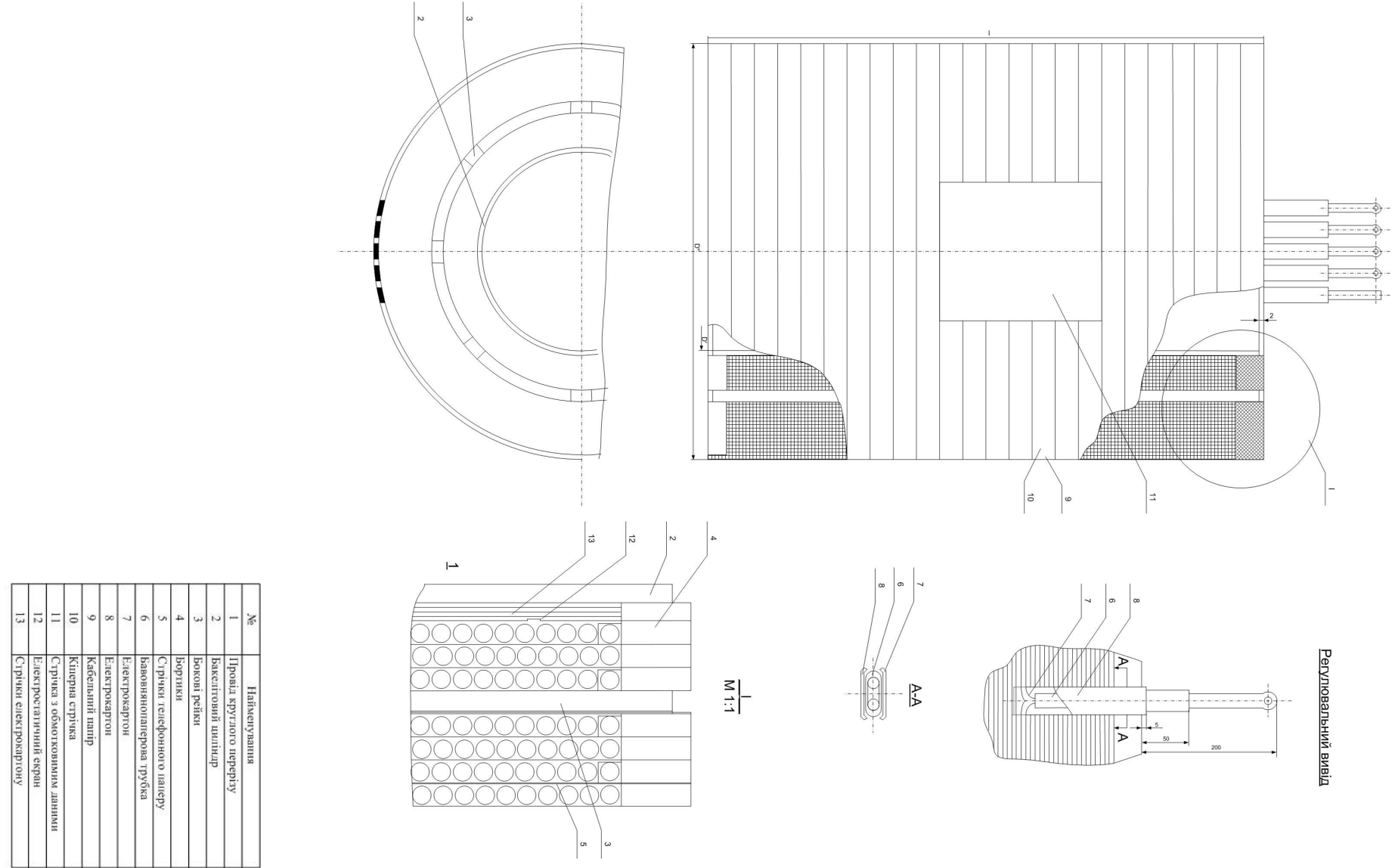


Рисунок Б.4 – Розрахунково - монтажна таблиця

Тип вимикача	$I_{нр} A$	$I_{ндрознч} A$	$I_{свр} A$	$I_{мт} A$	Кабель	$I_{доп} A$	РП	Тип вимикача	$I_{нр} A$	$I_{ндрознч} A$	$I_{свр} A$	$I_{мт} A$	$I_{пв} A$	Кабель	Спосіб прокладання	$I_{доп} A$		№	К-сть	
ВА 55-37	160	100	500	51,3	АВВГ 4х16	55	РП1	ВА 51-31	100	40	400	30,4	152	АПВ 4(1×8)	В підлозі в сталених рукавах	37		1	1	Конвеєркантувач
								ВА 51-31	100	25	250	22,8	114	АПВ 4(1×6)	В підлозі в сталених рукавах	30		2	1	Сушильна піч
								ВА 51-31	25	20	148	15,2	76,05	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		3	1	Станок шліфовки колекторів
								ВА 51-25	25	8	80	7,6	38,02	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		4	1	Станок ремонту якорів
								ВА 51-25	25	12	120	10,6	53,2	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		5-6	2	Бандажировочний станок
								ВА 51-31	25	12	120	8,36	41,83	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		7	1	Конвеєрна лінія
								ВА 51-25	25	12	120	11,4	57,04	АПВ 4(1×6)	В підлозі в сталених рукавах	30		8	1	Мийочна машина
ВА 55-37	160	100	500	44,65	АВВГ 4х16	55	РП2	ВА 51-25	25	6,3	63	1,6	8,3	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		9	1	Рольгант
								ВА 51-25	25	20	200	14,4	72,2	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		10	1	Шкаф нагріву кілець
								ВА 51-25	25	6,3	63	2,2	11,4	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		11	1	Установка для рен
								ВА 51-25	25	6,3	63	3,3	16,7	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		12	1	Пневмогайковерт
								ВА 51-31	100	25	250	22,05	110,2	АПВ 4(1×10)	В підлозі в сталених рукавах	39		13	1	Балансувальний верстат
								ВА 51-25	25	6,3	63	6,8	34,22	АПВ 4(1×4)	В підлозі в сталених рукавах	23		14-17	4	Станок моторно осьових підшипників
								ВА 51-31	100	25	250	22,8	114,08	АПВ 4(1×10)	В підлозі в сталених рукавах	39		18	1	Установка для рен

Рисунок Б.5 – Відпайки трансформатора



Таблиця Б.1 – Розрахунок навантаження підприємства

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
4			Дані сили				Дані світла					Середні навантаження						Розрах. Навантаження				ро	
5		Найменування	P _н ,кВт	Cos	tg	K _п	K _в	Площа, м²	K _{пра}	K _{по}	P _{пит} , Вт/м²	cos(φ)	P _{ро} , кВт	Q _{ро}	P _с , кВт	Q _с ,квар	Sc,кВА	I _с , А	P _р , кВт	Q _р , квар	Sp,кВА	I _р , А	
7	1	Учебний корпус	50	0,85	0,619744	0,6	0,2	1204	1,2	0,95	0,012	0,9	16,47072	7,977134	26,47	14,17	30,03	6,59	46,47	26,57	53,53	81,33	0,04
8	2	Хім лабораторія	32	0,76	0,855162	0,5	0,4	1093	1,1	0,95	0,012	0,9	13,70622	6,638225	26,51	17,58	31,81	6,98	29,71	20,32	35,99	54,68	0,03
9	3	Компресорна	350	0,8	0,75	0,5	0,4	535	1,1	0,95	0,012	0,9	6,7089	3,249269	146,71	108,25	182,32	40,00	181,71	134,50	226,07	343,48	0,42
10	4	Акумуляторна	47	0,8	0,75	0,5	0,4	937	1,1	0,9	0,012	0,9	11,13156	5,391261	29,93	19,49	35,72	7,84	34,63	23,02	41,58	63,18	0,04
11	5	Пральня	40	0,83	0,672004	0,5	0,2	512	1,3	0,8	0,012	0,9	6,38976	3,094702	14,39	8,47	16,70	3,66	26,39	16,53	31,14	47,32	0,06
12	6	Адміністрація	35	0,72	0,963853	0,6	0,5	781	1,1	0,8	0,012	0,9	8,24736	3,994379	25,75	20,86	33,14	7,27	29,25	24,24	37,98	57,71	0,05
13	7	Цех ПРЗ	190	0,72	0,963853	0,6	0,25	1380	1,3	0,8	0,012	0,9	17,2224	8,341189	64,72	54,12	84,37	18,51	131,22	118,22	176,62	268,35	0,13
14	8	Актзовий зал	25	0,9	0,484322	0,5	0,2	1230	1,1	0,8	0,012	0,9	12,9888	6,290763	17,99	8,71	19,99	4,39	25,49	12,34	28,32	43,03	0,02
15	9	Черговий по депо	80	0,7	1,020204	0,6	0,3	781	1,1	0,8	0,012	0,9	8,24736	3,994379	32,25	28,48	43,02	9,44	56,25	52,96	77,26	117,38	0,10
16	10	Насосна	135	0,85	0,619744	0,7	0,3	675	1,2	0,8	0,012	0,9	7,776	3,766089	48,28	28,87	56,25	12,34	102,28	62,33	119,77	181,98	0,18
17	11	База палива	128	0,9	0,484322	0,4	0,3	625	1,2	0,8	0,012	0,9	7,2	3,487119	45,60	22,09	50,67	11,12	58,40	28,28	64,89	98,59	0,10
18	12	Електромашичне відділення	110	0,85	0,619744	0,5	0,25	357	1,2	0,8	0,024	0,9	8,22528	3,983685	35,73	21,03	41,45	9,09	63,23	38,07	73,80	112,13	0,21
19	13	Пісокосушка	42	0,78	0,802281	0,7	0,4	1115	1,3	0,8	0,012	0,9	13,9152	6,739439	30,72	20,22	36,77	8,07	43,32	30,33	52,88	80,34	0,05
20	14	ТО-2	198	0,7	1,020204	0,5	0,4	2676	1,1	0,8	0,012	0,9	28,25856	13,68625	107,46	94,49	143,09	31,39	127,26	114,69	171,31	260,28	0,06
21	15	ТО-3	210	0,7	1,020204	0,4	0,4	3792	1,1	0,8	0,012	0,9	40,04352	19,39396	124,04	105,09	162,58	35,67	124,04	105,09	162,58	247,01	0,04
22	16	Експериментальне відділення	42	0,9	0,484322	0,4	0,3	3790	1,3	0,95	0,012	0,9	56,1678	27,20331	68,77	33,31	76,41	16,76	72,97	35,34	81,08	123,18	0,02
23	17	Котельня	310	0,76	0,855162	0,3	0,25	1740	1,3	0,8	0,012	0,9	21,7152	10,51715	99,22	76,79	125,46	27,53	114,72	90,05	145,84	221,57	0,08
24	18	Бригадний дім	138	0,83	0,672004	0,3	0,25	2141	1,2	0,6	0,012	0,9	18,49824	8,959107	53,00	32,14	61,98	13,60	59,90	36,78	70,29	106,79	0,03
25	19	Дослідний цех	17	0,85	0,619744	0,4	0,25	1874	1,2	0,8	0,012	0,9	21,58848	10,45578	25,84	13,09	28,96	6,35	28,39	14,67	31,95	48,55	0,02
26	20	Побутові приміщення	8	0,76	0,855162	0,3	0,25	328	1,2	0,8	0,012	0,9	3,77856	1,83004	5,78	3,54	6,78	1,49	6,18	3,88	7,30	11,09	0,02
27	21	Виробничий склад	10	0,85	0,619744	0,6	0,5	349	1,35	0,6	0,012	0,9	3,39228	1,642956	8,39	4,74	9,64	2,11	9,39	5,36	10,81	16,43	0,03
28		Всього	2197					27915					331,6722	160,6362	1037,52	735,53	1271,79	1932,29	1319,20	951,93	1626,79	2471,65	0,06

Таблиця Б.2 – Розрахунок силового навантаження цеху

Вихідні дані						Розрахункові величини			Ефективне число ЕП	Коефіцієнт	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
по заданню технологів				по довідниковим даним		$K\varphi P_n$	$K\varphi P_n \operatorname{tg} \varphi$	$P_n^2 \cdot n$	$n_p = (\sum P_n)^2 / \sum P_n^2$	розрахункового навантаження	активна, кВт	реактивна, квар**	Повна кВА	$I_p = S_p / (\sqrt{3} U_n)$
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт.	Номинальна (встановлена) потужність, кВт*		кофіцієнт використання	кофіцієнт реактивної потужності					K_p	$P_p = K_p \sum K\varphi P_n$	$Q_p = 1,1 \sum K\varphi P_n \operatorname{tg} \varphi$ при $n \leq 10$; $Q_p = \sum K\varphi P_n \operatorname{tg} \varphi$ при $n > 10$	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	
	n	одного ЕП P_n	общая $P_n = n P_n$	$K\varphi$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РП -1														
ЕП-1	1	20	20	0,14	1,73	2,8	4,844	400						30,422878
ЕП-2	1	15	15	0,13	1,98	1,95	3,861	225						22,8171585
ЕП-3	1	10	10	0,2	1,17	2	2,34	100						15,211439
ЕП-4	1	5	5	0,17	1,17	0,85	0,9945	25						7,605719501
ЕП-5-6	2	3,5	7	0,2	1,17	1,4	1,638	24,5						10,6480073
ЕП-7	1	5,5	5,5	0,2	1,17	1,1	1,287	30,25						8,366291451
ЕП-8	1	7,5	7,5	0,13	1,98	0,975	1,9305	56,25						11,40857925
всього	8		70	0,16		11,08	16,90	861,00	5,69	1,96	29,24	16,90	33,77	51,31
РП-2														
ЕП-9	1	1,1	1,1	0,14	1,73	0,15	0,27	1,21						1,67325829
ЕП-10	1	9,5	9,5	0,14	1,73	1,33	2,30	90,25						14,4508671
ЕП-11	1	1,5	1,5	0,17	1,17	0,26	0,30	2,25						2,28171585
ЕП-12	1	2,2	2,2	0,2	1,2	0,44	0,53	4,84						3,34651658
ЕП-13	1	14,5	14,5	0,12	2,29	1,74	3,98	210,25						22,0565866
ЕП-14-17	4	4,5	18	0,2	1,17	3,60	4,21	81,00						6,84514755
ЕП-18	1	15	15	0,13	1,98	1,95	3,86	225,00						22,8171585
всього	10	48,3	61,8	0,15		9,47	15,45	614,8	6,21	1,96	25,00	15,45	29,39	44,65
Всього по цеху	18		131,8	0,16		20,54	32,35	1475,80	11,77	0,8	32,05	32,35	45,53	69,18

Додаток В

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)
РОБОТИ**

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЕКСПРЕС»**

Автор роботи		
	(підпис)	Татарінов В.О. (прізвище, ініціали)
Керівник роботи		
	(підпис)	Кутіна М. В. (прізвище, ініціали)

Додаток Г

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЕКСПРЕС»

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УН
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетики

« РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
“ЖМЕРИНСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО “ЕКСПРЕС”

Вип.

Актуальність розробки системи електропостачання (СЕП) ТОВ "Жмеринське підприємство" зумовлена кількома ключовими факторами. Стабільне і надійне електропостачання є критично важливим для теплоходів та рухомого складу, що, у свою чергу, впливає на ефективність логістичних процесів.

Правильно спроектована СЕП дозволяє мінімізувати енергетичні втрати і підвищити енергозбереження в умовах зростання вартості енергоносіїв і необхідності зниження експлуатаційних витрат.

Вибір сучасного електрообладнання, оптимальних схем живлення та високоякісного зниження аварійності та збільшенню терміну служби обладнання, що забезпечує більш стабільну роботу.

Регулювання напруги в системі електропостачання є не менш важливим аспектом. Вона визначає параметри для різного електрообладнання, запобігає перенапругам та зниженню напруги, або погіршення її характеристик. Крім того, належне регулювання напруги допомагає у збереженні електроенергії, що безпосередньо впливає на надійність і безпеку роботи всіх електроспоживачів.

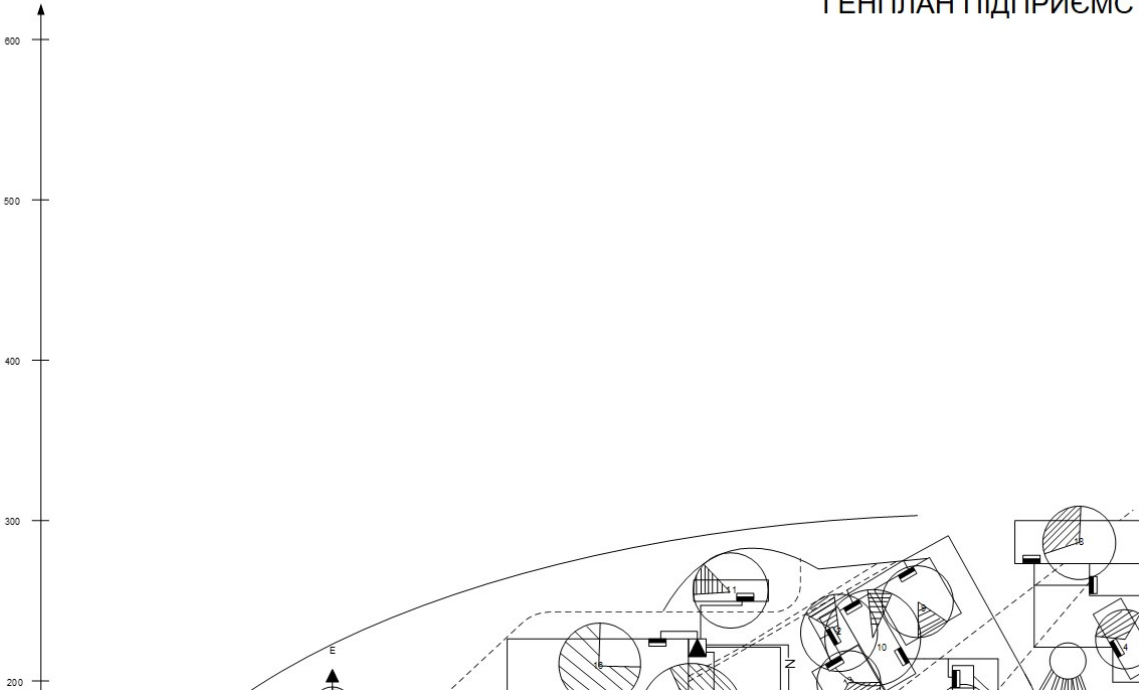
Отже, розробка ефективної СЕП і забезпечення належного регулювання напруги є важливими аспектами економічності та безпеки функціонування ТОВ "Жмеринське підприємство "Експрес".

Метою роботи є підвищення якості електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Експрес" шляхом вибору оптимальної структури системи електропостачання підприємства.

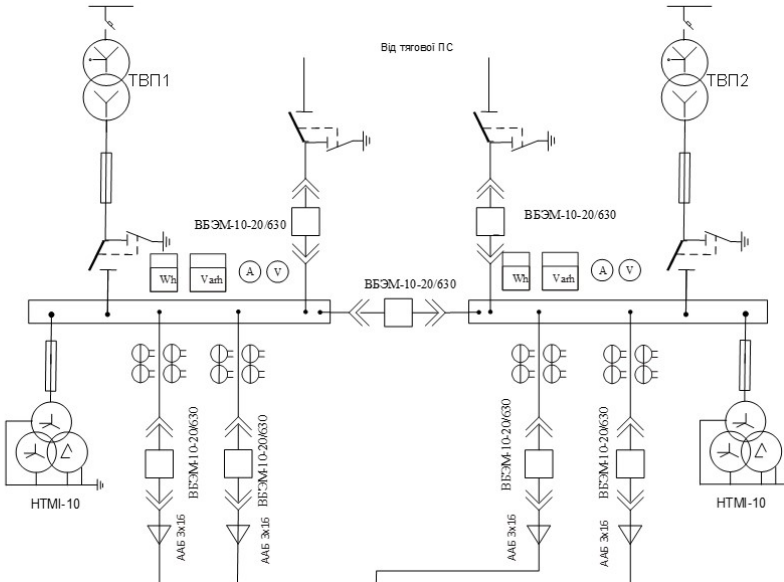
Основними задачами при розрахунку системи електропостачання є:

- дослідження технологічного процесу та аналіз електричного навантаження підприємства;
- вибір систем зовнішнього та заводського електропостачання, визначення електричних параметрів електроспоживачів, вибір місця встановлення трансформаторних підстанцій та ЦРП.

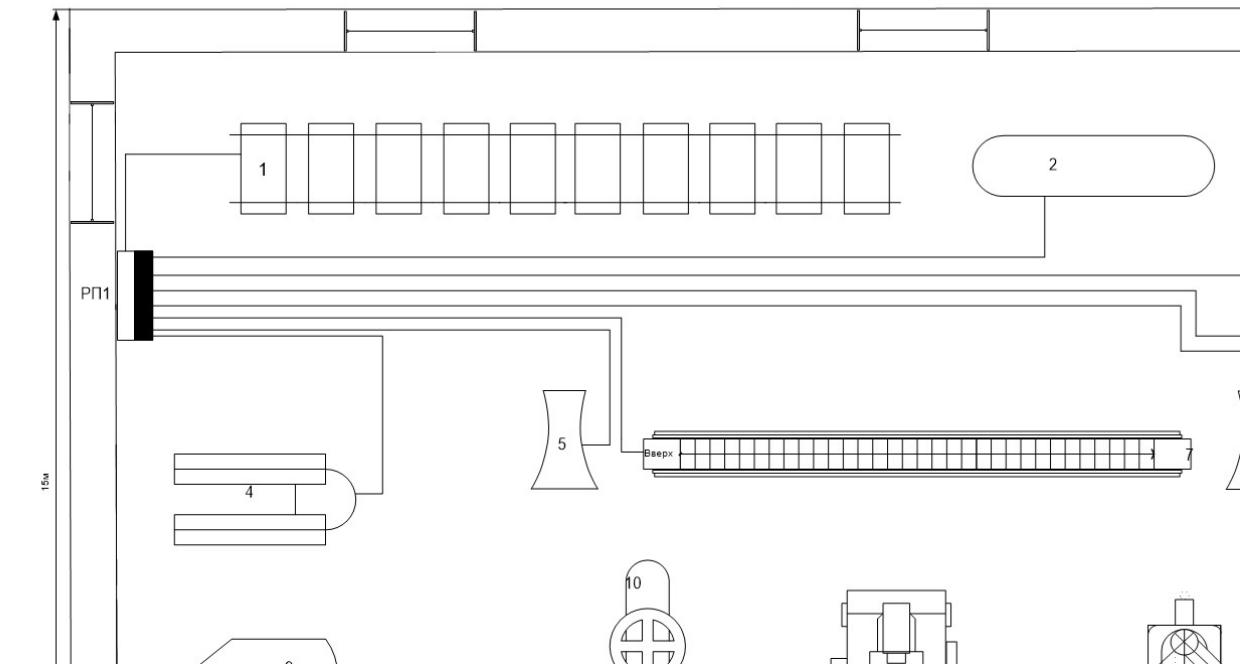
ГЕНПЛАН ПІДПРИЄМСТВА



ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА



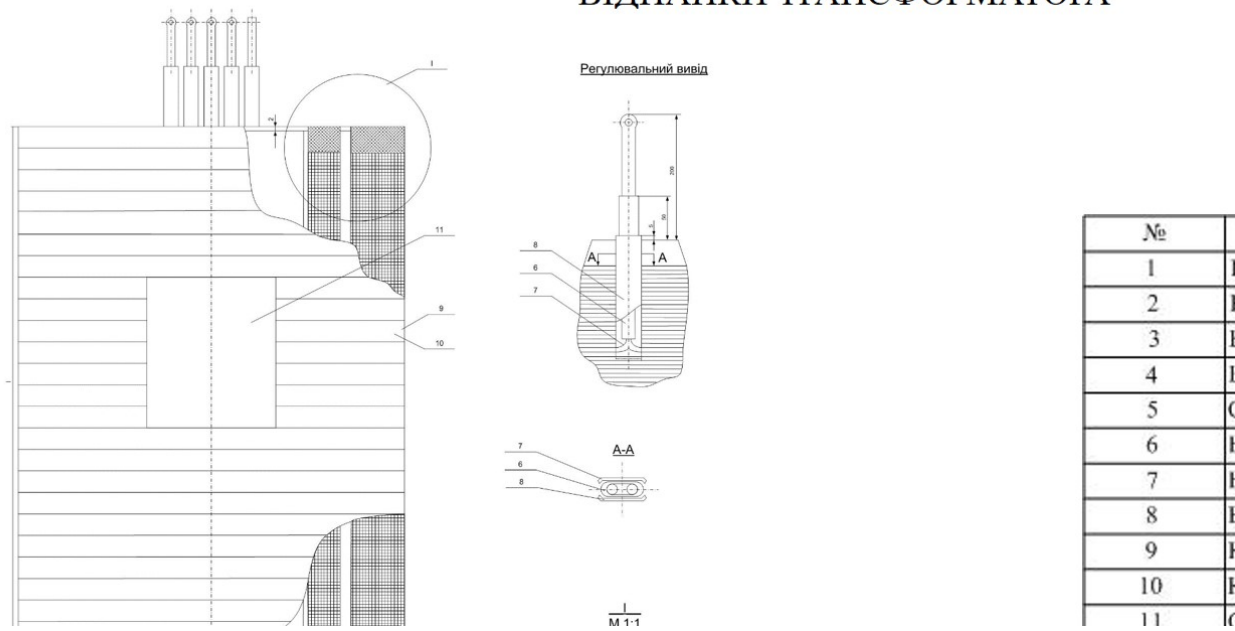
ПЛАН ЦЕХУ І СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ



РОЗРАХУНКОВО - МОНТАЖНА ТАБЛИЦЯ

Тип вимикача	I_n, A	$I_{н.розч}, A$	$I_{св}, A$	I_m, A	Кабель	$I_{доп}, A$	РП	Тип вимикача	I_n, A	$I_{н.розч}, A$	$I_{св}, A$	I_m, A	I_n, A	Кабель	Спо
ВА 55-37	160	100	500	51,3	АВВГ 4х16	55	РП1	ВА 51-31	100	40	400	30,4	152	АПВ 4(1х8)	В під
								ВА 51-31	100	25	250	22,8	114	АПВ 4(1х6)	В під
								ВА 51-31	25	20	148	15,2	76,05	АПВ 4(1х4)	В під
								ВА 51-25	25	8	80	7,6	38,02	АПВ 4(1х4)	В під
								ВА 51-25	25	12	120	10,6	53,2	АПВ 4(1х4)	В під
								ВА 51-31	25	12	120	8,36	41,83	АПВ 4(1х4)	В під
								ВА 51-25	25	12	120	11,4	57,04	АПВ 4(1х6)	В під
ВА 51-25	25	20	200	14,4	АПВ 4(1х4)	72,2	РП1	ВА 51-25	25	6,3	63	1,6	8,3	АПВ 4(1х4)	В під
								ВА 51-25	25	20	200	14,4	72,2	АПВ 4(1х4)	В під

ВІДПАЙКИ ТРАНСФОРМАТОРА



ЗНАЧЕННЯ ВТОРИННОЇ НАПРУГИ ПРИ РОБОТІ ТРАНСФОРМАТОРА НА

	Режим вузлів	U_k^{max} , кВ	Відгалудж. ТП, %	Ктр, при $U_{1ном}=10$ кВ	$U_2 =$
ТП1	MAX	10,5	5	26,251	
			2,5	25,626	
			0	25	
			-2,5	24,376	
			-5	23,76	
	MIN	9,5	5	26,26	
			2,5	25,626	
			0	25	

ВИСНОВКИ

В роботі було спроектовано систему електропостачання ТЧ.
Розраховано електричні навантаження електромашино
цілому.

Було розглянуто два можливих варіанти схеми електро
постачання заводу від двох підстанцій, та трьох двотра
спорудження ЦРП. Схеми порівнювались за затратами на с
приводились до грошового еквіваленту. В результаті пров
варіант живлення від двох двотрансформаторних підстанцій
більшу надійність електропостачання а також менші з
експлуатацію .

Обрані комутаційно-захисна апаратура та живлячі про