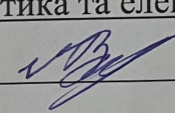


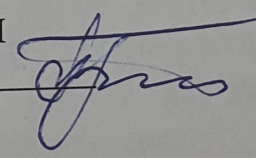
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Бакалаврська дипломна робота на тему:

Підвищення якості електропостачання
приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця

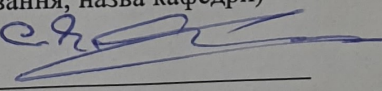
Виконав: студент 4 курсу, групи Е-22мс
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,

Шаповалов М.В. 

Керівник: д.т.н., проф. каф. ЕСЕМ
Бурбело М.Й. 

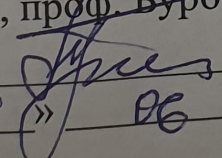
« 17 » 06 2024 р.

Рецензент К.Б.М., доц. каф. ЕСЕМ
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

Величківський С.Я. 

« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.


« 19 » 06 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

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. М. Й. Бурбело

«18» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Шаповалов Максим Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця
керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович д.т.н., проф., каф. ЕСЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від «11» «березня» 2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи «11» «червня» 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація

Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

3 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ СЕП ВИКОРИСТАННЯМ КРП І ПІДПРИЄМСТВІ

- 3.1 Аналіз стану реактивного навантаження на підприємстві
- 3.2 Розрахунок оптимальної потужності конденсаторних установок
- 3.3 Економічний ефект від встановлення КУ

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

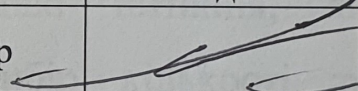
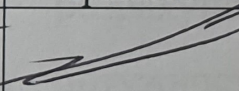
Висновки

Література

Додаток

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
- Однолінійна схема електропостачання підприємства
- План цеху і силової мережі
- Розрахунково-монтажна таблиця
- Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів роботи

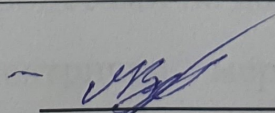
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «03» «травня» 2024 року.

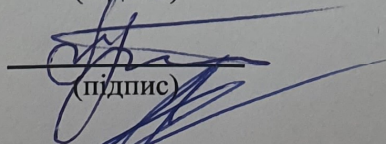
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.24	викон
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	07.06.24	викон
3	Охорона праці	10.06.24	викон
4	Графічна частина	11.06.24	викон

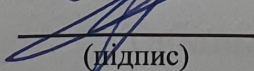
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Шаповалов М.В.

(прізвище та ініціали)

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шаповалов Максим Вікторович. Підвищення якості електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця. Бакалаврська дипломна робота. Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2024 – 70с.

Дана дипломна робота присвячена питанням оптимізації та підвищення економічності системи електричного постачання приватного акціонерного товариства «Маяк», яке знаходиться у м. Вінниця.

БКР було розроблено на базі отриманих даних під час проходження переддипломної практики ПАТ «Маяк».

У дипломній роботі розглядаються такі питання, як розрахунок електропостачання підприємства та цеху, вибір кількості та потужності підстанцій, ліній живлення та автоматики.

Основним результатом наукової роботи є дослідження ефективності використання компенсації реактивної потужності для підвищення економічності роботи СЕП підприємства.

Також у роботі були розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Наведено заходи по зниженню небезпечних факторів зв'язаних з виробничими процесами на даному підприємстві.

Ключові слова: електрична мережа, система живлення, реактивна потужність, компенсатор.

ABSTRACT

Maxim Viktorovych Shapovalov. Improving the quality of electricity supply of the Mayak private joint-stock company, the city of Vinnitsa. Bachelor thesis. Specialties 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. – ESEEM Department – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2024 – 70p.

This qualification work is devoted to the issue of optimizing and increasing the efficiency of the electricity supply system of the Mayak private joint-stock company, which is located in Vinnytsia.

BKR was developed on the basis of the data obtained during the pre-diploma internship at Mayak PJSC.

In the qualification work, such issues as the calculation of the electricity supply of the enterprise and the workshop, the choice of the number and power of substations, power lines and automation are considered.

The main result of the scientific work is the study of the efficiency of using reactive power compensation to increase the efficiency of the enterprise's SEP operation.

The work also discussed issues of occupational health and safety in emergency situations. Measures to reduce dangerous factors associated with production processes at this enterprise are given.

Key words: electrical network, power supply system, reactive power, compensator

Drawings – 18

Tables – 23

Bibliographies – 37

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	8
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	11
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	11
2.2 Вибір схеми цехової мережі	14
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	15
2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	18
2.5 Розрахунок навантажень підприємства	23
2.6 Вибір оптимальної напруги живлення.....	24
2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення.....	25
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП	28
2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої СЕП	30
2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства.....	32
2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	35
2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі	38
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ СЕП ВИКОРИСТАННЯМ КРП НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	40
3.1 Аналіз стану реактивного навантаження на підприємстві	40
3.2 Розрахунок оптимальної потужності конденсаторних установок.....	43
3.3 Економічний ефект від встановлення КУ	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	49
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	51
4.2.1 Мікроклімат.....	51
4.2.2 Виробниче освітлення	52
4.2.3 Виробничий шум	53
4.2.4 Виробничі вібрації	54

4.3 Пожежна безпека	54
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ.....	61
Додаток А – Вихідні дані.....	62
Додаток Б – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	64
Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами.....	65
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	66
Додаток Д – План електропостачання цеху.....	67
Додаток Є – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху.....	68
Додаток Ж – Оптимальна потужність пристроїв КРП	69
Додаток З – Результат використання пристроїв КРП на підприємства.....	70

ВСТУП

Актуальність роботи. До початку етапу експлуатації виробничої системи першочерговим завданням є розробка проектів забезпечення живлення об'єктів підприємства, що забезпечують якісну і надійну роботу всіх електроприймачів, допоміжних пристроїв і ліній електропередачі у виробничих цехах, допоміжних і управлінських приміщеннях та інших будівлях.

Проектування системи електропостачання (СЕП) для будь-якої галузі є важливим кроком у визначенні нормального стану для довгострокової експлуатації та розвитку виробничих потужностей підприємства [2,4].

Компенсація реактивної потужності – при наявному стані електромережі являється важливою та необхідною умовою економічного функціонування систем електропостачання. Тому оптимальний вибір пристроїв КРП є важливою та актуальною задачею. В наш час починають широко застосовувати пристрої динамічної компенсації.

Методи розрахунку. У роботі для виконання розрахунку навантаження виробничих потужностей підприємства використовувався метод коефіцієнта розрахункового максимуму навантаження. Згідно з сучасними методиками здійснено розрахунок активної і реактивної складових потужності обладнання та освітлення підприємства.

Об'єктом дипломної бакалаврської роботи є ПАТ «Маяк», м. Вінниця.

Предметом дослідження роботи являють розроблені проектні рішення для підвищення економічності СЕП підприємства.

Мета роботи: розробити проектні рішення за допомогою, яких можна досягти підвищення економічності СЕП підприємства.

Наукова новизна. Удосконалено СЕП підприємства за допомогою використання сучасних методів вибору оптимальних параметрів та впровадженням новітнього високо економічного обладнання та на основі добового графіка споживання підприємством реактивної потужності проведено розрахунок для

визначення оптимальної потужності та системи керування компенсуючих пристроїв задіяних на низькій стороні трансформаторних підстанцій для досягнення економічності електропостачання.

Практична цінність. Отримані результати проектних рішень та технічних заходів можуть бути використані для реалізації оптимізації СЕП підприємства, що дає змогу підвищення економічності процесу споживання електроенергії.

Задачі дослідження. В ході виконання дослідження необхідно проаналізувати конфігурацію надійної та економічної системи електропостачання на підприємстві та технічні рішення щодо заходів охорони праці.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

Підприємство ПАТ «Маяк» знаходиться у м. Вінниця за адресою вулиця Василя Порики, 28. Підприємство здійснює постачання тепла та гарячої води споживачам та підприємствам. Протяжність мережі постачання рівна 32429 м в двотрубному вимірюванні. Підприємство обслуговує 12 центральних теплових пунктів з водопідігрівом та підживлювальними насосами. Всі теплові пункти підприємства працюють в автономному режимі подання гарячої води по температурі та часі [3].

Водопостачання забезпечуються від міської мережі водогону а також від берегової насосної станції технічної води. Вода поступає на очисні споруди заводу, де проходить механічні фільтри і заповнює бетонні підземні ємності об'ємом 500 м³, що може забезпечити триденні витрати води підприємства.

На підприємстві також виконується ливарні роботи у спеціалізованих виробничих цехах. Дані роботи пов'язані з виготовленням вузлових виробів з розробкою і виробництвом невеликої кількості інтегральних схем для управління термоелектричними пристроями, в залежності від їх використання у виробі. Невелика їх кількість викликана тим що на підприємстві дуже широко використовуються патентовані зарубіжні аналоги.

Продукція ПАТ «Маяк» імпортується до багатьох країн, а саме Білорусії, Прибалтики, Молдови. Асортимент виробів підприємства досить значна та складається з: масло наповнених електрорадіаторів – понад 50 можливих моделей; електроконвектори для нагріву повітря – 360 можливих моделей; радіатори для реалізації систем індивідуального опалення – понад 153 моделі; конвектори з робочим тілом із сталі – 20 моделей; вентилятор нагрітого повітря – 12 модеолей; побутові прилади нагріву - 14 моделей; інфрачервоні обігрівачі [3].

Для ПАТ «Маяк» актуальною проблемою є вдосконалення та розширення системи електропостачання для забезпечення збільшення продуктивності підприємства.

1.2 Характеристика електричних навантажень

Споживачів СЕП ПАТ «Маяк» необхідно відносити до II категорії надійності електропостачання [1].

Під час проектування СЕП підприємств потрібно враховувати те, що електротехнічна частина виробничих систем повинна включати: лінії живлення та генерації потужності, захисне обладнання, освітлювальні мережі, блискавкозахист, захисне заземлення, можливість дистанційного керування, аварійну сигналізацію. Також необхідно враховувати специфіку виробничих процесів і наявність небезпечних факторів чи легкозаймистих речовин.

На рисунку 1.1 представлено генплан підприємства з об'єктами проектування, а в таблиці 1.1 наведена інформація про назви та електричні навантаження цехів підприємства.

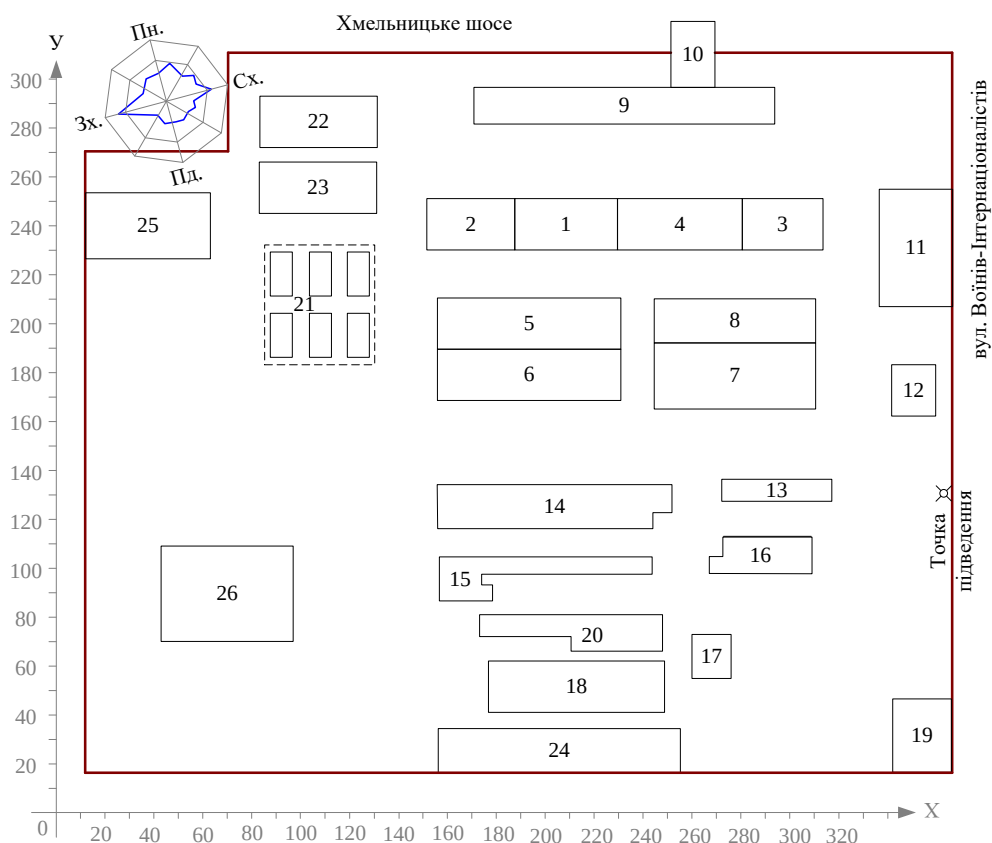


Рисунок 1.1 – Генеральний план ПАТ «Маяк», м. Вінниця

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження цехів

№	Цех	Р _н , кВт	cos	tg	К _п	К _в	Площа, м ²	К _{п0}	Р _{пит} , Вт/м ²	К _{пра}	tg0
1	Механічний цех	90	0,65	1,17	0,4	0,37	882	0,85	0,015	1,2	0,43
2	Заготівельний цех	75	0,65	1,17	0,35	0,32	756	0,85	0,015	1,2	0,43
3	Ковально-штамповочний цех	100	0,85	0,62	0,5	0,45	693	0,85	0,015	1,2	0,43
4	Зварювальний цех	115	0,7	1,02	0,45	0,4	1071	0,9	0,015	1,2	0,43
5	Намоточний цех	150	0,65	1,17	0,5	0,45	1575	0,85	0,013	1,2	0,43
6	Цех лиття	170	0,8	0,75	0,4	0,36	1575	0,85	0,013	1,2	0,43
7	Інструментальний цех	120	0,75	0,88	0,45	0,4	1782	0,85	0,015	1,2	0,43
8	Фарбувальний Цех	105	0,8	0,75	0,4	0,35	1188	0,9	0,016	1,2	0,43
9	Збірно-монтажний цех	125	0,65	1,17	0,45	0,41	1845	0,85	0,016	1,2	0,43
10	Адміністративний корпус	45	0,85	0,62	0,45	0,4	486	0,9	0,016	1,2	0,43
11	Ремонтно-механічний цех	90	0,65	1,17	0,4	0,36	1140	0,85	0,015	1,2	0,43
12	Очисні споруди	22	0,7	1,02	0,35	0,3	378	0,6	0,013	1,2	0,43
13	Енергоблок	130	0,8	0,75	0,45	0,4	414	0,8	0,015	1,2	0,43
14	Цех друкованих плат	260	0,7	1,02	0,4	0,36	1675	0,95	0,016	1,2	0,43
15	Відділ випробувань	240	0,8	0,75	0,35	0,3	835	0,9	0,013	1,2	0,43
16	Котельня	160	0,65	1,17	0,4	0,36	583	0,85	0,013	1,2	0,43
17	Будівельно-монтажний цех	40	0,85	0,62	0,45	0,41	290	0,6	0,15	1,2	0,43
18	Цех нест-ного обладнання	310	0,75	0,88	0,3	0,27	1516	0,85	0,016	1,2	0,43
19	Автотранспортний цех	140	0,85	0,62	0,4	0,36	722	0,8	0,013	1,2	0,43
20	Тарно-пакувальний цех	170	0,85	0,62	0,4	0,37	892	0,85	0,013	1,2	0,43
21	Склади	40	0,85	0,62	0,25	0,2	972	0,6	0,013	1,2	0,43
22	Столова	55	0,85	0,62	0,3	0,26	1008	0,95	0,016	1,2	0,43
23	Цех термопластів	105	0,75	0,88	0,4	0,35	1008	0,85	0,015	1,2	0,43
24	КСК "Маяк"	90	0,8	0,75	0,45	0,4	1782	0,95	0,016	1,2	0,43
25	Типографія	80	0,75	0,88	0,3	0,25	1377	0,95	0,016	1,2	0,43
26	Корпус поршків і металургії	105	0,65	1,17	0,35	0,3	2106	0,85	0,013	1,2	0,43

Електроприймачі (ЕП) цеху система електропостачання, якого буде спроектована у роботі потрібно віднести до II категорії надійності [1] тому, що зупинка їх роботи від припинення електропостачання навантажень цеху може призвести до значних матеріальних втрат, виходу з ладу обладнання, підвищеної кількості браку продукції, до збою технологічного процесу або пошкодження найбільш важливих етапів виробництва та нести загрозу персоналу.

Дані про навантаження ЕП цеху представлено в табл. 1.2, на рисунку 1.2 зображено план розміщення приймачів цеху.

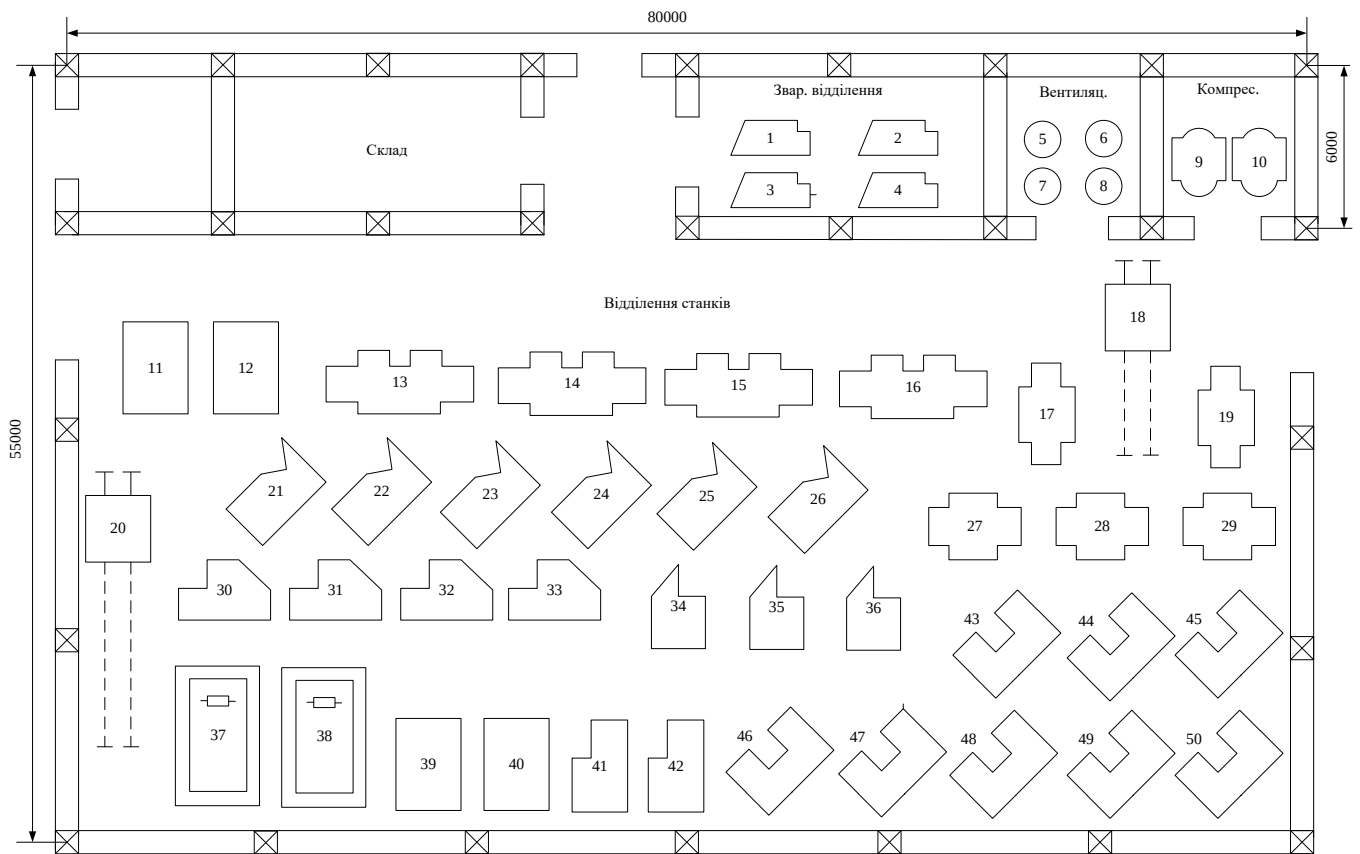


Рисунок 1.2 – План механічного цеху

Таблиця 1.2 – Електричні навантаження цеху

№	МЕХАНІЧНИЙ ЦЕХ	Р _н , кВт
1 – 4	Зварювальні автомати	50
5 – 8	Вентилятори компресори	4,8
9, 10	Алмазно-розточувальні верстати	30
11, 12, 39, 40	Горизонтально-розточувальні верстати	2,5
13 – 16	Поздовжньо-стругальні верстати	25
17, 19	Кран-балка	40
18	Мостовий кран	15
20	Розточувальні верстати	55
21 – 26	Поперечно-стругальні верстати	14
27 – 29	Радіально-свердлильні верстати	10
30 – 33	Вертикально-свердлильні верстати	3
34 – 36	Електропечі опору	4
37, 38	Заточувальні верстати	32
41, 42	Токарно-револьверні верстати	1,5
43 – 50	Зварювальні автомати	4,5

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Магістральними мережами - називають мережі, в якій одна лінія живлення під'єднана до групи однотипних споживачів. Живлення ЕП цеху за магістральним способом використовуються шинопроводи ШРА-1,2,3 що показано на рисунку 2.1.

Радіальними мережами - являються мережі в яких використовують лінії живлення кожного ЕП окремо. Радіальні системи більш надійні в подачі електроенергії, але вимагають великих витрат на електрообладнання і монтаж.

Мережа механічного цеху буде виконана за радіально-магістральною схемою. Беручи до уваги розташування ЕП в паралельні ряди, тому живлення до них доцільно підвести від шинопроводів ШР-1,2,3 відповідно, які в свою чергу живляться від РП-1 та РП-2 відповідно. Потужні електроприймачів, тобто номінальна потужність яких більша за 55 кВт, будуть живитися від РП-1 та РП-2 напряму.

План електропостачання механічного цеху зображений на рисунку 1.1.

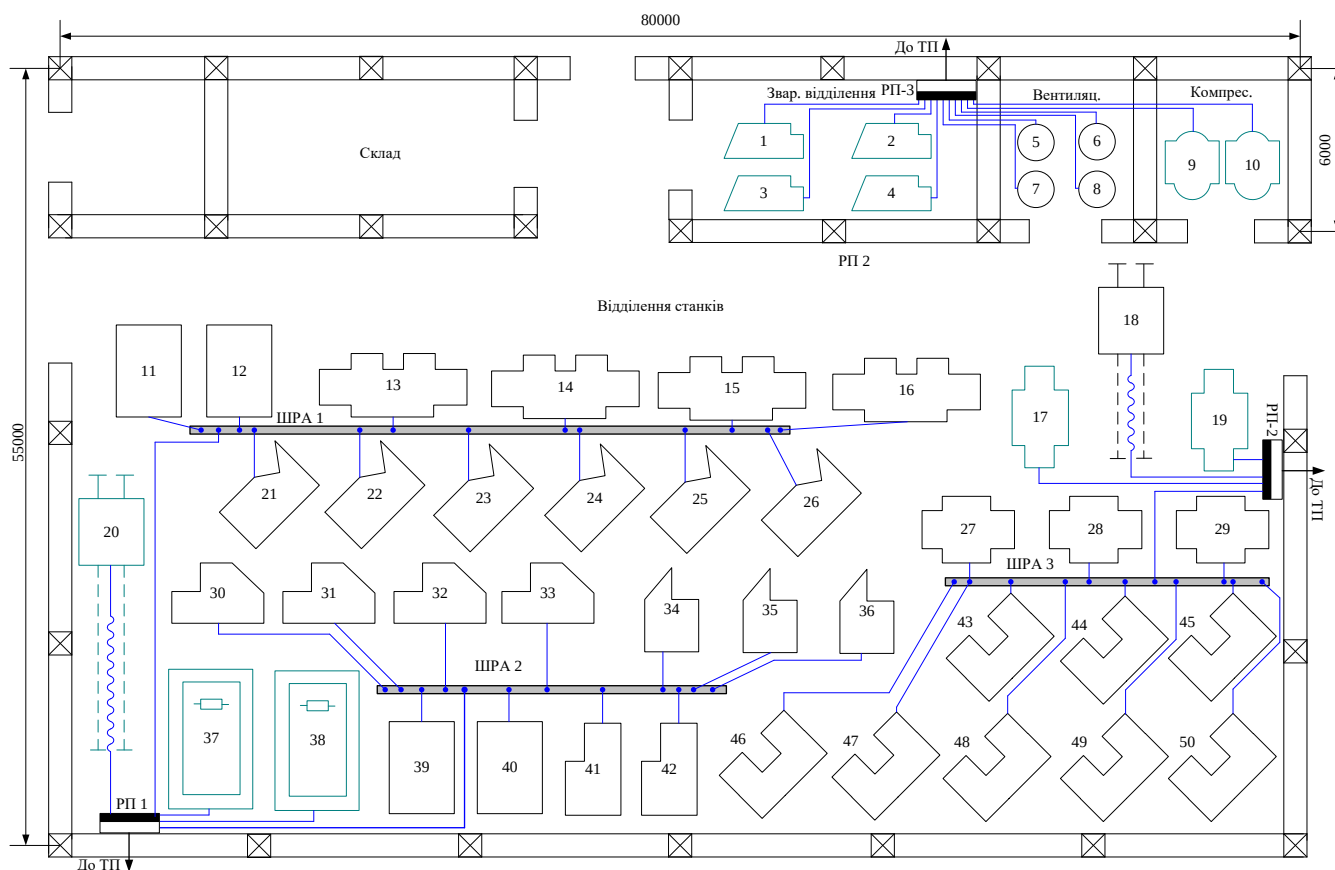


Рисунок 2.1 – Проект електропостачання механічного цеху

Розрахункові навантаження окремих груп споживачів розраховують за наступними співвідношеннями:

$$P_p = P_H, \quad Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H; \quad (2.1)$$

де P_H - номінальна активна потужність (АП), кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_H$ - коефіцієнт реактивної потужності (РП).

ЕП які працюють в повторно-короткочасного режимі роботи:

$$P_H = P_{\text{пасп.}} \cdot \sqrt{T_{\text{ПВ.пасп.}}}; \quad (2.2)$$

Величина розрахункових навантажень:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}; \quad (2.3)$$

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.4)$$

Величина розрахункових навантажень для шинопроводів:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}; \quad (2.5)$$

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}; \quad (2.6)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму, береться відповідно системі живлення з [6];

n_e - значення ефективного числа ЕП;

Середні активні реактивні потужності:

$$P_C = K_B \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.7)$$

Значення коефіцієнт використання групи споживачів:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} ; \quad (2.8)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} ; \quad (2.9)$$

Розрахункова потужність РП до якого під'єднано дану групу споживачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.10)$$

Значення розрахункового струму буде рівний:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} . \quad (2.11)$$

Проводимо даний розрахунок для ЕП під'єднаних до ШРА-3:

Розрахунок силового навантаження для ШРА-3:

$$P_C = 3 \cdot 10 \cdot 0,25 + 8 \cdot 4,5 \cdot 0,15 = 12,9 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = 7,5 \cdot 1,33 + 5,4 \cdot 1,52 = 18,2 \text{ (квар)};$$

$$K_B = \frac{7,5 + 5,4}{30 + 36} = 0,2;$$

$$n_e = \frac{(3 \cdot 10 + 8 \cdot 4,5)^2}{3 \cdot 10^2 + 8 \cdot 4,5^2} = 9 \text{ (шт.)};$$

Із [1, таблиця 1.1] визначаємо $K_p = 0,91$, звідси:

$$P_p = 0,91 \cdot 12,9 = 11,74 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 18,2 = 20,02 \text{ (квар)};$$

$$S_p = \sqrt{11,74^2 + 20,02^2} = 23,21 \text{ (кВА)};$$

$$I_p = \frac{23,21 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 35,26 \text{ (А)}.$$

Аналогічно проводиться даний розрахунок для усіх інших ЕП, ШРА та РП цеху, а результат даного розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Вихідні дані										Розрахункові величини				Розрахункові навантаження															
Завдання технологів				Довідкові дані			n □ K _В □ P _Н			K _Р		P _Р , кВт			Q _Р , квар		S _Р , кВА		I _Р , А										
Найменування ЕП				n	P _Н , кВт	□	P _Н , кВт	K _В	cosφ	tgφ	Q _Н	n □ P ² _Н	п _е	K _Р	P _Р , кВт	Q _Р , квар	S _Р , кВА	I _Р , А											
1				2	3	4	5	6												12	13	14	15						
Горизонтально-розточувальні верстати				2	2,5	5	0,25	0,6	1,33																6,7				
Поздовжньо-стругальні верстати				4	25	100	0,2	0,8	0,75																50,0				
Поперечно-стругальні верстати				6	14	84	0,2	0,65	1,17																34,4				
Всього ШРА 1				12		189	0,20														38,05	36,31	3688,50	9	0,91	34,63	39,94	52,86	80,31
Вертикально-свердильні верстати				4	3	12	0,2	0,6	1,33												2,40	3,20	36,00						8,0
Електропечі опору				3	4	12	0,3	0,8	0,75												3,60	2,70	48,00						8,0
Горизонтально-розточувальні верстати				2	2,5	5	0,25	0,6	1,33												1,25	1,67	12,50						6,7
Токарно-револьверні верстати				2	1,5	3	0,25	0,6	1,33												0,75	1,00	4,50						4,0
Всього ШРА 2				11		32	0,25														8,00	8,57	101,00	100	0,905	7,24	9,42	11,88	18,06
Розточувальні верстати				1	55	55	0,25	0,6	1,33												13,75	18,33	3025,00						146,6
Заточувальні верстати				2	32	64	0,25	0,6	1,33												16,00	21,33	2048,00						85,3
Всього РП 1				26		340	0,22														75,80	84,54	8862,50	13	1,25	94,75	84,54	126,98	192,93
Радіально-свердильні верстати				3	10	30	0,25	0,6	1,33												7,50	10,00	300,00						26,7
Зварювальні автомати				8	4,5	36	0,15	0,55	1,52												5,40	8,20	162,00						13,1
Всього ШРА 3				11		66	0,20														12,90	18,20	462,00	9	0,91	11,74	20,02	23,21	35,26
Кран-балка				2	40	80	0,3	0,7	1,02												24,00	24,48	3200,00						91,4
Мостовий кран				1	15	15	0,25	0,65	1,17												3,75	4,38	225,00						36,9
Всього РП 2				14		161	0,25														40,65	47,07	3887,00	6	1,28	52,03	51,78	73,40	111,52
Зварювальні автомати				4	50	200	0,15	0,55	1,52												30,00	45,55	10000,00						145,4
Вентилятори компресори				4	4,8	19,2	0,35	0,65	1,17												6,72	7,86	92,16						11,8
Алмазно-розточувальні верстати				2	30	60	0,3	0,75	0,88												18,00	15,87	1800,00						64,0
Всього РП 3				10		279,2	0,20														54,72	69,29	11892,16	6	1,62	88,65	76,21	116,90	177,62
Всього цеху				50		511	0,25														126,45	141,61	12759,50	20	1,08	136,57	141,61	196,73	298,90

2.2 Реалізація схеми живлення цехової мережі

Оскільки змішані радіально-магістральні схеми забезпечують високу економічність електропостачання, тому вибираємо змішану схему цехової мережі, що було показано на рисунку 1.1.

Для захисту ліній доцільно використати автоматичні вимикачі від виробника ЕТІ марки ЕВ та ЕВ2 з напівпровідниковим чи тепловими і електромагнітним розчіплювачем.

Згідно ПУЕ вибираємо такі способи прокладки кабельних ліній ліній:
від ТП до РП-1-3, кабелями марки АВВГ прокладеним в землі;
від РП 1-3 до ШРА 1-3 кабелями марки АВВГ прокладених відкрито;
від ШРА 1-3 до ЕП за провідниками АПВ покладених в підлозі в трубі.

2.3 Вибір захисного обладнання та ліній живлення цехової мережі

При виборі автоматичного вимикача необхідно дотримуватися наступних умов:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.12)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n. \quad (2.13)$$

$$I_{н.ВІДК} \geq I_{К.мах}^{(3)}. \quad (2.14)$$

Здійснюємо вибір автоматичного вимикача для захисту електроприймача 17.

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}; \quad (2.15)$$

$$I_p = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 91,4 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм визначаємо за наступним співвідношенням:

$$I_n = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 91,4 = 456,9 \text{ (A)}. \quad (2.16)$$

Для захисту ЕП-17 доцільно обрати автоматичний вимикач (АВ) з електронним розчіплювачем. Визначаємо необхідну величину номінального струму розчіплювача та струму спрацювання відсічки для здійснення захисту ЕП-17:

$$I_{н.розчп} \geq 1 \cdot 91,4 = 91,4 \text{ (А)};$$

$$I_{с.відс} \geq 2,1 \cdot 91,4 = 193,8 \text{ (А)}.$$

За розрахованими значеннями струмів приймаємо ЕВ2 250/3Е 125А4р [7].

Проводимо розрахунок та вибір захисної апаратури для решти ЕП цеху відповідно даного алгоритму а результат зводимо до таблиці 2.2.

Здійснюємо підбір АВ для захисту РП-2. Розрахунковий струм:

$$I_p = 111,52 \text{ (А)}.$$

Пусковий струм для групи ЕП під'єднаних до РП визначаємо за наступною формулою:

$$I_{п} = I_p - K_{в} \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах}; \quad (2.17)$$

$$I_{п} = 111,52 - 0,3 \cdot 91,4 + 456,9 = 541,1 \text{ (А)}.$$

Вибираємо для захисту ЕВ2 250/3Е 125А 4р [7].

Визначаємо струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для РП-2:

$$I_{н.розч} = 250 \geq K_{відс} I_M = 1 \cdot 111,52 = 111,52 \text{ (А)};$$

$$I_{с.в} = 700 \geq K_{н} \cdot I_{п} = 1,3 \cdot 541,1 = 703,43 \text{ (А)}.$$

Отже вимикач ЕВ2 250/3Е 125А 4р підходить для захисту лінії.

Для мереж напругою до 1 кВ живильні лінії вибирають за умовою допустимого нагріву викликаного величиною протікаю чого по лінії струму.

Для лінії ТП – РП-2 доцільно обрати кабель марки АВВГ прокладений відкрито, а переріз має складати 3х50+1х25 [8] з допустимим струмом $I_{доп} = 136 > I_p = 111,5 \text{ А}$.

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-17:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_H} \cdot l; \quad (2.18)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП2}} = \frac{52,03 \cdot 0,769 + 51,78 \cdot 0,066}{380} 10 = 1,143 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{РП2-ЕП17}} = \frac{24 \cdot 0,769 + 24,48 \cdot 0,066}{380} 12 = 0,633 \text{ (В)},$$

$$U_{\text{ТП-ЕП17}} = 1,143 + 0,633 = 1,78 \text{ (В)}.$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП17}} = \frac{1,78}{380} 100\% = 0,47\%. \quad (2.19)$$

Така втрата напруги на лінії електропередачі допустима. Виконуємо розрахунки аналогічним чином для інших споживачів. Результат даного вибору представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Захисна апаратура та провідники цехової мережі

Ділянка	І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛЖ	S, мм2	спос. прок.	Тип труби	І _{доп} , А
ТП-РП-1	192,93	889,3	ЕВ2 250/3Е 250А 4р	250	250	1200	АВВГ	3х95+1х50	відкрито		273
ТП-РП-2	111,52	541,1	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито		136
ТП-РП-3	177,62	882,8	ЕВ2 250/3Е 250А 4р	250	250	1200	АВВГ	3х95+1х50	відкрито		273
РП 1-ШРА 1	80,31	320,2	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито		136
РП 1-ШРА 2	18,06	55,6	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АВВГ	3х16+1х10	відкрито		67
РП 2-ШРА 3	35,26	161,9	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АВВГ	3х16+1х10	відкрито		67
ШРА1-ЕП 11,12	6,7	33,3	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
ШРА1-ЕП 13-16	50,0	249,9	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	ТТØ40	70
ШРА1-ЕП 21-26	34,4	172,2	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	ТТØ40	70
ШРА2-ЕП 30-33	8,0	40,0	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
ШРА2-ЕП 34-36	8,0	40,0	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
ШРА2-ЕП 39,40	6,7	33,3	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
ШРА2-ЕП 41,42	4,0	20,0	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
РП-1-ЕП 20	146,6	733,0	ЕВ2 250/3Е 160А 4р	160	160	800	АВВГ	3х70+1х35	відкрито		167
РП-1-ЕП 37,38	85,3	426,5	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито		136
ШРА3-ЕП 27-29	26,7	133,3	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	180	АПВ	4(1х8)	в трубі	ТТØ22	36
ШРА3-ЕП 43-50	13,1	65,4	ЕВ 100/3Л 25А 3р	25	25	125	АПВ	4(1х6)	в трубі	ТТØ16	30
РП-2-ЕП 17-19	91,4	456,9	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито		136
РП-2-ЕП 18	36,9	184,5	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АВВГ	3х16+1х10	відкрито		67
РП-3-ЕП 1-4	145,4	727,0	ЕВ2 250/3Е 160А 4р	160	160	800	АВВГ	3х70+1х35	відкрито		167
РП-3-ЕП 5-8	11,8	59,1	ЕВ 100/3Л 12А 3р	12	12	60	АПВ	4(1х2,5)	в трубі	ТТØ8	14
РП-3-ЕП 9,10	64,0	319,9	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито		136

2.4 Визначення струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ

Введення в експлуатацію виробничих потужностей підприємства починається з розробки проектів, що забезпечують якісну і надійну роботу всіх електроприймачів, допоміжних пристроїв і ліній електропередачі у виробничих цехах та інших допоміжних будівлях.

Розрахунок струму короткого замикання проводиться з метою теоретичної перевірки раніше обраного захисного пристрою [9].

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-18. Складемо розрахункову схему рисунок 2.2.

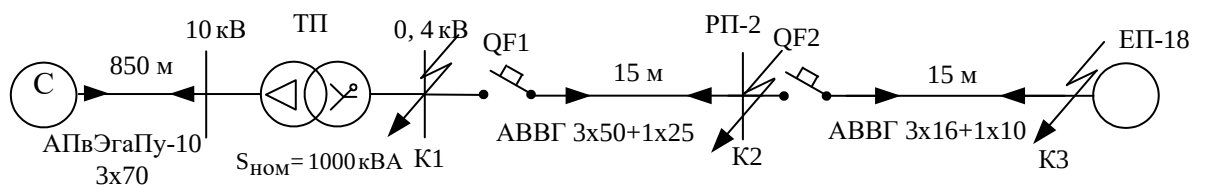


Рисунок 2.2 – Схема електропостачання ЕП-18

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25; \quad (2.20)$$

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 0,00101 \text{ (Ом)}. \quad (2.21)$$

де С - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга;

Активний і реактивний опір системи визначають за наступними відношеннями:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (мОм)}; \quad (2.22)$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ (мОм)}. \quad (2.23)$$

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 10^3} = 8,8 \text{ (мОм)}. \quad (2.24)$$

Значення опорів ліній живлення Л1, Л2, Л3 визначається як:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,443 \cdot 850 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,603 \text{ (мОм)}; \quad (2.25)$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,065 \cdot 850 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,09 \text{ (мОм)}; \quad (2.26)$$

$$Z_{L2} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{0,769^2 + 0,066^2} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 11,58 \text{ (мОм)};$$

$$Z_{L3} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{1,54^2 + 0,072^2} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 23,125 \text{ (мОм)}.$$

Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ

Ділянка кола	L, м	R0, мОм/м	X0, мОм/м	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	Zф-0, мОм
ТМ 1000/10/0,4	-	-	-	1,05	8,46	8,8	140
Л1	850	0,443	0,065	0,603	0,09	0,604	1,59
Л2	15	0,769	0,066			11,58	2,22
Л3	15	1,54	0,072			23,125	5,92

Визначаємо величину струму при найбільш небезпечному трифазному металічному КЗ за формулою:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.27)$$

де Z_{Σ} - повний опір до точки КЗ.

- для точки КЗ, яка знаходиться безпосередньо на затискачах ЕП-18:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,001 + 0,604 + 8,8 + 11,58 + 23,125)} = 5,47 \text{ (кА)}.$$

- для точки К2:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,001 + 0,604 + 8,8 + 11,58)} = 11,5 \text{ (кА)}.$$

- для точки K1:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,001 + 0,604 + 8,8)} = 25,66 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо вибрані вимикачі на комутаційну здатність:

$$I_{\text{cu}} > I_{\text{к.макс}}^{(3)}. \quad (2.28)$$

QF1: EB2 250/3L 125A 3p з $I_{\text{cu}} = 27 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 27 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 25,66 \text{ (кА)}.$$

Отже для точки K1 умова комутаційної здатності виконується.

QF2: EB 100/3L 63A 3p з $I_{\text{cu}} = 16 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 16 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 11,5 \text{ (кА)}.$$

Також і для точки K2 перевірка на комутаційну здатність виконується.

Також необхідно перевірити обрані захисні апарати за умови можливості селективної роботи.

Розглянемо перехідний процес, щоб визначити струм однофазного короткого замикання в точці короткого замикання:

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l}; \quad (2.29)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ мОм – повний опір ТП величині струмам однофазного КЗ;

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

l – відстань до місця КЗ.

Розраховуємо струм однофазного КЗ на кінці лінії ТП-РП-2:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_{\text{Т}} + R_{\text{от}} + 3 \cdot R_{\text{пер}})^2 + (2 \cdot X_{\text{Т}} + X_{\text{от}})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 1,05 + 1,05 + 3 \cdot 3,8)^2 + (2 \cdot 5,91 + 5,91)^2} = 22,93 \text{ (мОм)}; \end{aligned} \quad (2.30)$$

$$I_{KR2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{22,93}{3} + 2,22 \cdot 15} = 5,37 \text{ (кА)}.$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-18:

$$\begin{aligned} Z_T^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 1,05 + 1,05)^2 + (2 \cdot 5,91 + 5,91)^2} = 18,1 \text{ (мОм);} \\ I_{K3}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{18,1}{3} + 2,22 \cdot 15 + 5,92 \cdot 15} = 1,72 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{H.RO3Ч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (2.32)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП-2:

$$I_{H.RO3Ч} = 125 \text{ (А)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{5370}{3} = 1790 \text{ (А)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП-2 – ЕП18:

$$I_{H.RO3Ч} = 63 \text{ (А)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{1720}{3} = 573,3 \text{ (А)}.$$

Умови для перевірки чутливості автоматичного вимикача дотримані.

Перевіряємо селективність автоматичного вимикача відповідно до умов:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.33)$$

Перевіряємо обрані вимикачі на селективність відносно ступеня їх встановлення, починаючи з лінії ТП - ГРП(вимикач 1), ГРП - ЕП-2(вимикач 2).

$$I_{c.BI} = 700 \text{ (A)} > (1,3..1,5)300 = 390...450 \text{ (A)}.$$

Карта селективності захисту зображена на рисунку 2.3.

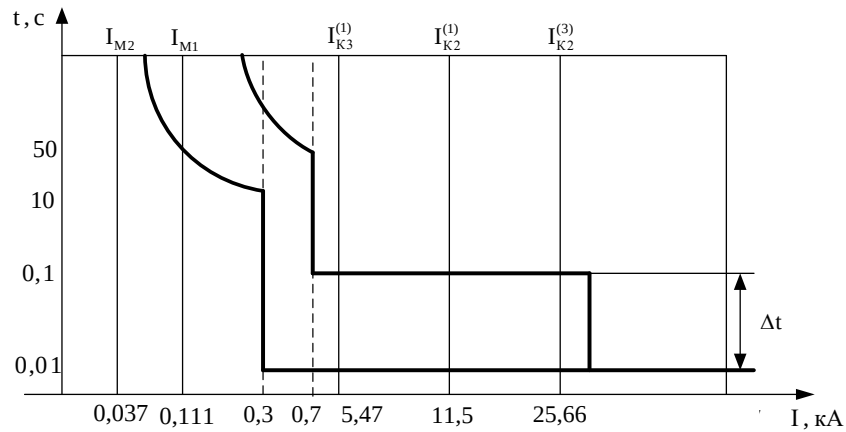


Рисунок 2.3 – Карта селективності захисту

Отже апарати налагоджені на селективну роботу.

2.5 Визначення розрахункових навантажень підприємства

Визначення середньої активної та реактивної потужності [10] виконуються за формулами:

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.34)$$

Розрахункова потужність для системи освітлення цеху [5]:

$$P_O = P_{\text{ПІТ.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F; \quad (2.35)$$

$$Q_O = P_O \cdot \operatorname{tg} \phi_O; \quad (2.36)$$

Визначення розрахункової активної та реактивної потужності [10] виконуються за формулами:

$$P_P = P_C + P_O; \quad Q_P = Q_C + Q_O; \quad (2.37)$$

Розрахункові максимальні навантаження:

$$P_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{\text{ПЦі}} + P_{P3} \right) + P_{O\Sigma}; \quad Q_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{\text{ПЦі}} + Q_{P3} \right); \quad (2.38)$$

Значення повного навантаження споживачів підприємства визначають як:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}; \quad (2.39)$$

В якості прикладу здійснюємо розрахунок для виробничої споруди №2:

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_{\Pi} = 0,4 \cdot 218 = 87,2 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi = 87,2 \cdot 1,17 = 101,95 \text{ (кВт)};$$

$$P_O = 0,015 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 756 = 11,57 \text{ (кВт)};$$

$$P_p = 87,2 + 11,57 = 98,77 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 0,43 \cdot 11,57 + 101,95 = 106,92 \text{ (кВт)};$$

$$S_p = \sqrt{98,77^2 + 106,92^2} = 145,56 \text{ (кВА)}.$$

Здійснюємо розрахунок усіх наявних навантажень підприємства, а результати даного розрахунку зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження			
		P _н , кВт	K _п	cosφ	tgφ	P _с , кВт	Q _с , квар	F, м ²	P _{плт} , Вт/м ²	K _{по}	K _{пра}	P _о , кВт	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Механічний цех					136,57	141,61	882	0,015	0,85	1,2	13,49	150,06	147,41	210,36
2	Заготівельний цех	218	0,4	0,65	1,17	87,2	101,95	756	0,015	0,85	1,2	11,57	98,77	106,92	145,56
3	Ковально-штамповочний цех	220	0,5	0,85	0,62	110	68,17	693	0,015	0,85	1,2	10,60	120,60	72,73	140,84
4	Зварювальний цех	195	0,5	0,7	1,02	97,5	99,47	1071	0,015	0,9	1,2	17,35	114,85	106,93	156,92
5	Намоточний цех	265	0,5	0,65	1,17	132,5	154,91	1575	0,013	0,85	1,2	20,88	153,38	163,89	224,47
6	Цех лиття	344	0,5	0,8	0,75	172	129,00	1575	0,013	0,85	1,2	20,88	192,88	137,98	237,16
7	Інструментальний цех	265	0,55	0,75	0,88	145,75	128,54	1782	0,015	0,85	1,2	27,26	173,01	140,26	222,73
8	Фарбувальний Цех	235	0,45	0,8	0,75	105,75	79,31	1188	0,016	0,9	1,2	20,53	126,28	88,14	154,00
9	Збірно-монтажний цех	185	0,45	0,65	1,17	83,25	97,33	1845	0,016	0,85	1,2	30,11	113,36	110,28	158,15
10	Адміністративний корпус	65	0,45	0,85	0,62	29,25	18,13	486	0,016	0,9	1,2	8,40	37,65	21,74	43,47
11	Ремонтно-механічний цех	195	0,5	0,65	1,17	97,5	113,99	1140	0,015	0,85	1,2	17,44	114,94	121,49	167,25
12	Очисні споруди	42	0,35	0,7	1,02	14,7	15,00	378	0,013	0,6	1,2	3,54	18,24	16,52	24,61
13	Енергоблок	130	0,45	0,8	0,75	58,5	43,88	414	0,015	0,8	1,2	5,96	64,46	46,44	79,45
14	Цех друкованих плат	260	0,4	0,7	1,02	104	106,10	1675	0,016	0,95	1,2	30,55	134,55	119,24	179,78
15	Відділ випробувань	240	0,35	0,8	0,75	84	63,00	835	0,013	0,9	1,2	11,72	95,72	68,04	117,44
16	Котельня	160	0,4	0,65	1,17	64	74,82	583	0,013	0,85	1,2	7,73	71,73	78,15	106,08
17	Будівельно-монтажний цех	40	0,45	0,85	0,62	18	11,16	290	0,15	0,6	1,2	31,32	49,32	24,62	55,12
18	Цех нест-ного обладнання	310	0,3	0,75	0,88	93	82,02	1516	0,016	0,85	1,2	24,74	117,74	92,66	149,83
19	Автотранспортний цех	140	0,4	0,85	0,62	56	34,71	722	0,013	0,8	1,2	9,01	65,01	38,58	75,60
20	Тарно-пакувальний цех	170	0,4	0,85	0,62	68	42,14	892	0,013	0,85	1,2	11,83	79,83	47,23	92,75
21	Склади	80	0,3	0,85	0,62	24	14,87	972	0,013	0,6	1,2	9,10	33,10	18,79	38,06
22	Столова	60	0,3	0,85	0,62	18	11,16	1008	0,016	0,95	1,2	18,39	36,39	19,06	41,08
23	Цех термопластів	215	0,45	0,75	0,88	96,75	85,33	1008	0,015	0,85	1,2	15,42	112,17	91,96	145,05
24	КСК "Маяк"	165	0,45	0,8	0,75	74,25	55,69	1782	0,016	0,95	1,2	32,50	106,75	69,66	127,47
25	Типографія	115	0,3	0,75	0,88	34,5	30,43	1377	0,016	0,95	1,2	25,12	59,62	41,23	72,48
26	Корпус поршків і металургії	105	0,35	0,65	1,17	36,75	42,97	2106	0,013	0,85	1,2	27,93	64,68	54,97	84,88
	Всього по підприємству	4419				2041,72	1845,66	28551				463,38	2403,018	1942,672	3090,06

Впровадження на етапі проектування або капітального ремонту надійної і економічної конфігурації схеми електропостачання, сучасних дуже економічних методів передачі потужності від джерела вироблення електроенергії до вузла споживання, впровадження балансу реактивної потужності, впровадження заходів щодо зниження пікових навантажень шляхом вирівнювання графіка навантаження і можливої мінімізації витрат на електроенергію. втрати досягаються за рахунок оптимізації методів проектування використовуваних енергосистем підприємства [1,5].

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір класу напруги електричної мережі зовнішнього живлення є техніко-економічним проектним завданням, яке необхідно здійснюватися спільно з вибором схеми СЕП на основі порівняння можливих варіантів [12]. Під час проектування для визначення напруги лінії електропередачі можна використовувати наступну формулу:

$$U_{\text{ек}} = 4,34\sqrt{L + 16 \cdot P_p}; \quad (2.40)$$

Доцільну використовувати дану формули коли підприємство для якого здійснено проектування знаходиться на відстані не більше 250 км до живлячої підстанції а навантаження її виробничих потужностей не перевищує 60 МВт.

Отже для живлення даного підприємства доцільно використати величину напруги лінії живлення:

$$U_{\text{ек}} = 4,34\sqrt{0,85 + 16 \cdot 2,403} = 27,2 \text{ (кВ)}.$$

Виходячи з відомого рівня напруги підстанції для техніко-економічного порівняння прийняті два варіанти схеми зовнішнього електропостачання відповідно до стандарту напруги $10 \text{ кВ} < 27,2 < 35 \text{ кВ}$.

2.7 Розрахунок техніко-економічного порівняння напруги

Для проведення порівняння варіантів виконання схем зовнішнього живлення для різних класів напруги необхідно виконати вибір перерізу та тип ліній живлення на обох можливих варіантів. Даний вибір виконується за величиною допустимого струму:

$$I_p = \frac{S_p / 2}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} \text{ (A);} \quad (2.41)$$

$$I_{p35} = \frac{3090 / 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 25,5 \text{ (A);}$$

$$I_{p10} = \frac{3090 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 89,2 \text{ (A).}$$

Для мережі підприємства доцільно в якості КЛ 10 кВ приймаємо кабель з ізоляцією з шитого поліетилену (ІЗШП) типу АПвЭгаПу-10 3×70 [16], допустимий струм при прокладанні у землі складає 171 А. На рисунку 2.3 показано опис конструкції та технічні характеристики кабелю АПвЭгаПу-10 3×70.

Для мережі підприємства доцільно в якості КЛ 35 кВ приймаємо кабель з ІЗШП типу АПвЭгаПу-35 3х55, допустимий струм, якого при прокладанні у землі складає 140 А.

АПвЭгаПу-10 3х70 ТУ У 31.3-00214534-017-2003 Кабелі силові з алюмінієвими СГЖ, ізоляцією зі шитого поліетилену, поздовжньою та поперечною герметизацією екрану та посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:			
Номинальна напруга	кВ		10
Максимальна напруга	кВ		12
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²		3 х 70
Товщина ізоляції	мм		3.4
Мінімальний перетин екрану	мм ²		16
Допустимий струм короткого замикання по екрану мінімального перетину	кА		3.3
Максимально допустимий струм короткого замикання по струмопровідній жилі	кА		6.6
Тривало допустимі струмові навантаження *			
• при прокладанні у повітрі	А		196
• при прокладанні в ґрунті	А		171
Рівень часткових розрядів при номінальній напрузі, не більше	рС		6
Максимально допустима температура жили			
• тривало	° С		+90
• в аварійному режимі	° С		+130
• при короткому замиканні	° С		+250
Діапазон робочих температур	° С		-60 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм		912
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм		57
Маса (орієнтовно)	кг/км		3150

Рисунок 2.4 – Конструкція кабелю АПвЭгаПу-10 3×50

Розрахунок капітальних вкладень доцільно виконати у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок капітальних вкладень

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×70	512,00	1,7	870,40		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			6	3553,19
ВСЬОГО по лініях			870,40		3553,19
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 2×2,5 МВ*А	22630			1	22630
Розширення РП-10 кВ	12,7	2	25,4		
Спорудження РП-10 кВ	86,4	1	86,4		
ВСЬОГО по ПС			111,8		22630
ВСЬОГО			982,20		26183,19

Для висначення величини втрат активної енергії необхідно скористатися наступною формулою, яка враховує параметри живлення:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт·год/рік);} \quad (2.42)$$

Тоді величина втрат в лінях живлення відносно класу напруги становитиме:

$$C_{\Delta W_{10}} = 2 \cdot 3 \cdot 89,5^2 \cdot 0,443 \cdot 0,85 \cdot 10^{-6} \cdot 2405,3 \cdot 6,649 = 287,5 \text{ (тис.грн./рік);}$$

$$C_{\Delta W_{35}} = 2 \cdot 3 \cdot 25,5^2 \cdot 0,641 \cdot 3,0 \cdot 10^{-6} \cdot 2405,3 \cdot 5,195 = 93,64 \text{ (тис.грн./рік).}$$

Також необхідно визначити річні витрати відповідно класу напруги. Дані витрати повинні враховувати амортизаційні відрахування, оплату технічному персоналу а також вартість втрат. Результат даного розрахунку показано в таблиці 2.6. Також для даного розрахунку доцільно врахувати різницю в оплаті за електроенергію оскільки один із варіатів належить до І класу оплати а інший варіант до ІІ класу оплати за електроенергію.

Таблиця 2.6 – Витрати протягом року відповідно класу напруги

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 1,2% від К		42,64
ПЛ 10 кВ, 3,8% від К	20,89	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		543,12
ПС 10 кВ, 4,3% від К	42,23	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	63,12	585,76
Амортизація, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 2% від К		71,06
ПЛ 10 кВ, 3% від К	17,41	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		942,59
ПС 10 кВ, 3,6% від К	35,36	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	52,77	1013,66
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	287,50	93,64
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	403,39	1693,06

Річні витрати будуть складатися з частки величини капіталовкладень та витрат протягом року:

$$З = E_n \cdot K + B; \quad (2.43)$$

де E_n – ефективність капітальних вкладень для даної сфери технологій ($E_n = 0,1$ [15]); K – капітальні вкладення в спорудження елементів СЕП; B – витрати на експлуатацію спроектованої СЕП протягом року.

Також доцільно врахувати різницю в ціні на оплату спожитої активної електроенергії та врахувати отримане значення в річних приведених затратах [15] ($6,649 - 5,195 = 1,454$ грн./кВт*год.) таким чином переплата за спожиту електроенергію буде рівною $1,454 \cdot 2403 \cdot 4000 = 13975,85$ тис.грн./рік, а зведені річні витрати при цьому будуть рівними для обох варіантів:

$$З_{10} = 0,1 \cdot 982,2 + 403,39 + 13975,85 = 14477,46 \text{ (тис.грн.)};$$

$$З_{35} = 0,1 \cdot 26183,19 + 1693,06 = 4311,38 \text{ (тис.грн.)};$$

Також визначаємо термін окупності додаткових капіталовкладень:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{26183,19 - 982,2}{(403,39 + 13975,85) - 1693,06} = 1,99 \text{ (років)}. \quad (2.44)$$

Проведений розрахунок порівняння двох варіантів вказує на те, що вигіднішим буде варіант при якому зовнішня лінія живлення проектується для напруги 35 кВ. Проте потрібно врахувати, що розміщення підприємства припадає на забудову м. Вінниця. При цьому біля даного підприємства уже наявні діючі підстанції на напрузі 10 кВ, від яких можна отримати необхідний обсяг підприємства в величині спожитого навантаження, тому остаточно приймаємо проектне рішення згідно якого живлення підприємства виконано на напрузі 10 кВ.

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

Значення густини питомого навантаження на 1 м² площі цеху [10] беремо з таблиці 2.4:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.45)$$

Кількості необхідних двотрансформаторних підстанцій які здатні забезпечити навантаження підприємства визначається за наступною формулою [10]:

$$N_{\text{ек}} \geq \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{\text{ном.т.}} \cdot k_3}; \quad (2.46)$$

де $k_3 = 0,7 - 0,75$ – для споживачів I категорії [14];

$k_3 = 0,8 - 0,85$ – для споживачів II, III категорій [14];

Повна розрахункова потужність всіх цехів підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{\text{pi}} = 3090,06 \text{ (кВА)}.$$

Сумарна площа всіх цехів підприємства:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 28551 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Значення питомої густини навантаження підприємства на 1м² площі цехів:

$$S_{\text{ПИТ}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{3090,06}{28551} = 0,11 \text{ (кВ}\cdot\text{А/м}^2\text{)}.$$

Даній густині відповідають двотрансформаторні підстанції з потужністю апаратів $S_{\text{НОМ.Т.}} = 630$ чи 1000 кВА. Розглянемо та порівняємо між собою два варіанти:

1. При $S_{\text{НОМ.Т.}} = 630$ кВА число ТП:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{3090,06}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 2,88 \div 3,06 \text{ (шт.)};$$

2. При $S_{\text{НОМ.Т.}} = 1000$ кВА число ТП:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{3090,06}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,82 \div 1,93 \text{ (шт.)}.$$

Отже, необхідно встановити три трансформаторних підстанцій з потужностями трансформаторів 630 кВА, або дві з потужністю 1000 кВА [17].

Дані про навантаження трансформаторів обох варіантів в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
Цех	S _м , кВА	630 кВА		Цех	S _м , кВА	1000 кВА	
		N, шт	k ₃			N, шт	k ₃
13-20,24,26	1063,59	2	0,84	6,7,13-20,24,26	1547,78	2	0,77
3,4,7-12	1063,23	2	0,84	1-5,8-12,21-23,25	1687,96	2	0,84
1,2,5,6,21-23,25	1108,33	2	0,88				

2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання підприємства

Параметри трансформаторів подано в таблиця 2.8 [10].

Таблиця 2.8 - Параметри трансформаторів

$S_{н.тр}, \text{кВА}$	$U_{н.т}, \text{кВ}$	$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	$\Delta P_{к}, \text{кВт}$	$I_{xx}\%$	$U_{к}\%$
630	10	1,5	8	2,5	5,5
1000	10	2,1	10,5	1,4	6

Однолінійна схема електропостачання ПАТ «Маяк» є радіальною на напрузі 10 кВ. Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів спорудження підстанцій потужністю 630 кВА і 1000 кВА за допомогою методу річних витрат (рисунок 2.5).

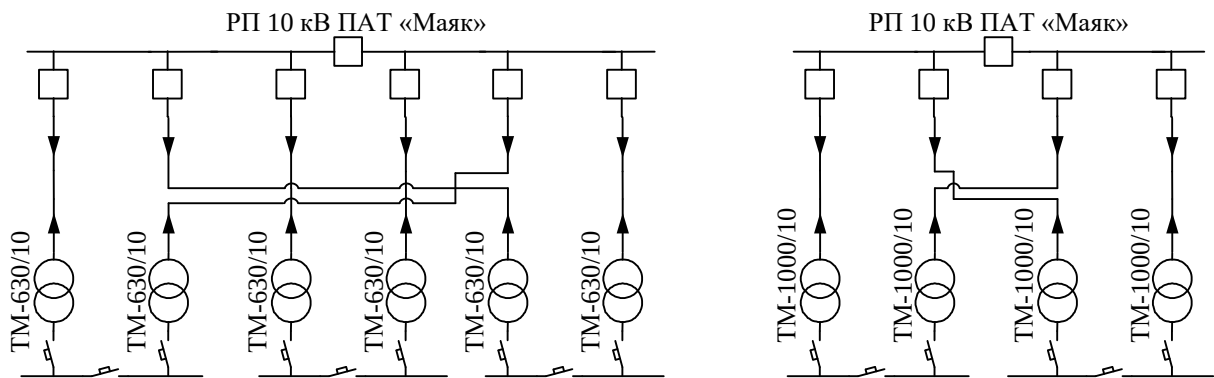


Рисунок 2.5 – Варіанти схем внутрішньозаводського електропостачання

Кращий варіант задіяних ТП буде з меншими приведеними затратами:

$$B_{пр} = (E_n + E_a)K + m\Delta P + 3_{пер}; \quad (2.47)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт (0,1);

E_a – амортизація ($E_a = 0,063$ [12]);

K – капітальні вкладення в ТП, грн;

Втрати потужності в трансформаторах розраховуємо за формулою [5,7]:

$$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \left(\frac{S_m}{S_{ном.т.}} \right)^2; \quad (2.48)$$

Вартість річних втрат потужності розраховуємо за допомогою діючого тарифу:

$$m = t \cdot \tau; \quad (2.49)$$

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

Приймаємо, що $t = 6,649$ грн/кВт·год. для напруги живлення 10 кВ, а $T_m = 4000$. Звідси вартість річних витрат активної потужності в трансформаторах буде складати:

$$m = 6,649 \cdot \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 15971,1 \text{ (грн/рік)}.$$

Втрати потужності при потужності трансформаторів 630 кВА:

$$\Delta P_{630} = 6 \cdot 1,5 + \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot \left(\frac{3090,06}{630} \right)^2 = 41,1 \text{ (кВт)};$$

Втрати потужності при потужності трансформаторів 1000 кВА:

$$\Delta P_{1000} = 4 \cdot 2,1 + \frac{1}{4} \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{3090,06}{1000} \right)^2 = 27,5 \text{ (кВт)}.$$

Вартість спорудження двотрансформаторних ТП [10]:

$$K_{630} = 838000 \text{ (грн)};$$

$$K_{1000} = 1142000 \text{ (грн)}.$$

Остаточню розраховуємо, який із запропонованих варіантів буде вигіднішим при використанні трансформаторів потужністю 630 чи 1000 кВА:

$$B_{\text{пр}630} = 3 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 838000 + 15971,1 \cdot 41,1 = 1066194,21 \text{ (грн)};$$

$$B_{\text{пр}1000} = 2 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 1142000 + 15971,1 \cdot 27,5 = 811497,25 \text{ (грн)}.$$

Термін протягом якого буде отримана окупність додаткових капіталовкладень в елементи СЕП буде рівний:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{1142000 - 838000}{15971,1(41,1 - 27,5)} = 1,4 \text{ (років)}.$$

Отже обираємо варіант спорудження СЕП з двома двотрансформаторними підстанціями так як даний варіант є більш економічний.

2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства

Розподіл навантаження підприємства між обраними ТП представлено в таблиці 2.9. Розподіл навантаження доцільно здійснювати таким чином, щоб мінімізувати перетоки потужностей.

Таблиця 2.9 - Номінальні параметри трансформаторів

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Кз, в.о.
ТП1	6	Цех лиття	192,88	137,98	237,16			
	7	Інструментальний цех	173,01	140,26	222,73			
	13	Енергоблок	64,46	46,44	79,45			
	14	Цех друкованих плат	134,55	119,24	179,78			
	15	Відділ випробувань	95,72	68,04	117,44			
	16	Котельня	71,73	78,15	106,08			
	17	Будівельно-монтажний цех	49,32	24,62	55,12			
	18	Цех нест-ного обладнання	117,74	92,66	149,83			
	19	Автотранспортний цех	65,01	38,58	75,60			
	20	Тарно-пакувальний цех	79,83	47,23	92,75			
	24	КСК "Маяк"	106,75	69,66	127,47			
	26	Корпус поршків і металургії	64,68	54,97	84,88			
		Всього по ТП1	1233,93	934,35	1547,78	1000	2	0,77
ТП2	1	Механічний цех	150,06	147,41	210,36			
	2	Заготівельний цех	98,77	106,92	145,56			
	3	Ковально-штамповочний цех	120,60	72,73	140,84			
	4	Зварювальний цех	114,85	106,93	156,92			
	5	Намоточний цех	153,38	163,89	224,47			
	8	Фарбувальний Цех	126,28	88,14	154,00			
	9	Збірно-монтажний цех	113,36	110,28	158,15			
	10	Адміністративний корпус	37,65	21,74	43,47			
	11	Ремонтно-механічний цех	114,94	121,49	167,25			
	12	Очисні споруди	18,24	16,52	24,61			
	21	Склади	33,10	18,79	38,06			
	22	Столова	36,39	19,06	41,08			
	23	Цех термопластів	112,17	91,96	145,05			
	25	Типографія	59,62	41,23	72,48			
	0	Всього по ТП2	1271,17	1110,56	1687,96	1000	2	0,84

Місце розташування цехових ТП можна визначити за наступними формулами:

$$X_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}; \quad (2.50)$$

Дані для даного розрахунку беремо з таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	Х, м	У, м	Рр*Х, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Механічний цех	2	150,06	208	240	31213,44	36015,50
2	Заготівельний цех	2	98,77	170	240	16790,36	23704,03
3	Ковально-штамповочний цех	2	120,60	287	240	34613,03	28944,70
2	Зварювальний цех	2	114,85	255	240	29286,80	27564,05
5	Намоточний цех	2	153,38	193	200	29603,21	30676,90
6	Цех лиття	1	192,88	193	179	37226,71	34526,33
7	Інструментальний цех	1	173,01	277	178	47925,04	30796,60
8	Фарбувальний Цех	2	126,28	277	200	34979,18	25255,73
9	Збірно-монтажний цех	2	113,36	232	289	26299,61	32761,16
10	Адміністративний корпус	2	37,65	260	310	9788,50	11670,90
11	Ремонтно-механічний цех	2	114,94	351	231	40344,64	26551,60
12	Очисні споруди	2	18,24	350	172	6383,33	3136,95
13	Енергоблок	1	64,46	295	132	19016,17	8508,93
14	Цех друкованих плат	1	134,55	204	125	27448,61	16819,00
15	Відділ випробувань	1	95,72	200	95	19144,68	9093,72
16	Котельня	1	71,73	288	105	20658,41	7531,71
17	Будівельно-монтажний цех	1	49,32	268	64	13217,76	3156,48
18	Цех нест-ного обладнання	1	117,74	212	51	24961,12	6004,80
19	Автотранспортний цех	1	65,01	354	31	23013,74	2015,33
20	Тарно-пакувальний цех	1	79,83	210	73	16763,86	5827,44
21	Склади	2	33,10	109	207	3607,67	6851,27
22	Столова	2	36,39	107	282	3893,29	10260,83
23	Цех термопластів	2	112,17	107	255	12002,45	28603,96
24	КСК "Маяк"	1	106,75	205	25	21884,50	2668,84
25	Типографія	2	59,62	38	240	2265,43	14307,96
26	Корпус поршків і металургії	1	64,68	70	89	4527,29	5756,12
			ΣR_r , кВт	$\Sigma R_r * X / \Sigma R_r$	$\Sigma R_r * Y / \Sigma R_r$	$\Sigma R_r * X$, кВт*м	$\Sigma R_r * Y$, кВт*м
	Сумарно по ТП1		867,47	225,83	108,23	195903,35	93888,88
	Сумарно по ТП2		1271,17	216,09	238,50	274687,61	303168,59
	Координати ЦЕН		2505,10	222,29	175,25	556858,83	439010,84

Розміщення ТП на території підприємства відповідно розрахованим координатам не завжди можливо здійснити. В точці з оптимальними координатами можуть знаходитися споруди, дороги чи інші комунікаційні лінії. Отже встановлюємо ТП максимально близько до оптимальних координат враховуючи при цьому об'єкти на генплані підприємства. Вибір оптимальних координат розміщення ТП показано у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Координати оптимального розміщення ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м
ТП-1	225,83	108,23	264	128
ТП-2	216,09	238,50	239	218
ЦРП	222,29	175,25	314	171

Будуємо картограму навантажень на генплані підприємства. Радіус кола пропорційно навантаженню цеху буде визначатися за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.50)$$

Величина сектору, яке характеризує освітлювальне навантаження цеху:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.51)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	Механічний цех	208	240	150,06	13,49	9,78	32,4	19,55
2	Заготівельний цех	170	240	98,77	11,57	7,93	42,2	15,86
3	Ковально-штамповочний цех	287	240	120,60	10,60	8,76	31,6	17,53
4	Зварювальний цех	255	240	114,85	17,35	8,55	54,4	17,11
5	Намоточний цех	193	200	153,38	20,88	9,88	49,0	19,77
6	Цех лиття	193	179	192,88	20,88	11,08	39,0	22,17
7	Інструментальний цех	277	178	173,01	27,26	10,50	56,7	21,00
8	Фарбувальний Цех	277	200	126,28	20,53	8,97	58,5	17,94
9	Збірно-монтажний цех	232	289	113,36	30,11	8,50	95,6	16,99
10	Адміністративний корпус	260	310	37,65	8,40	4,90	80,3	9,79
11	Ремонтно-механічний цех	351	231	114,94	17,44	8,56	54,6	17,11
12	Очисні споруди	350	172	18,24	3,54	3,41	69,8	6,82
13	Енергоблок	295	132	64,46	5,96	6,41	33,3	12,82
14	Цех друкованих плат	204	125	134,55	30,55	9,26	81,7	18,52
15	Відділ випробувань	200	95	95,72	11,72	7,81	44,1	15,62
16	Котельня	288	105	71,73	7,73	6,76	38,8	13,52
17	Будівельно-монтажний цех	268	64	49,32	31,32	5,60	228,6	11,21
18	Цех нест-ного обладнання	212	51	117,74	24,74	8,66	75,6	17,32
19	Автотранспортний цех	354	31	65,01	9,01	6,43	49,9	12,87
20	Тарно-пакувальний цех	210	73	79,83	11,83	7,13	53,3	14,26
21	Склади	109	207	33,10	9,10	4,59	99,0	9,18
22	Столова	107	282	36,39	18,39	4,81	181,9	9,63
23	Цех термопластів	107	255	112,17	15,42	8,45	49,5	16,91
24	КСК "Маяк"	205	25	106,75	32,50	8,25	109,6	16,49
25	Типографія	38	240	59,62	25,12	6,16	151,7	12,32
26	Корпус поршків і металургії	70	89	64,68	27,93	6,42	155,4	12,84

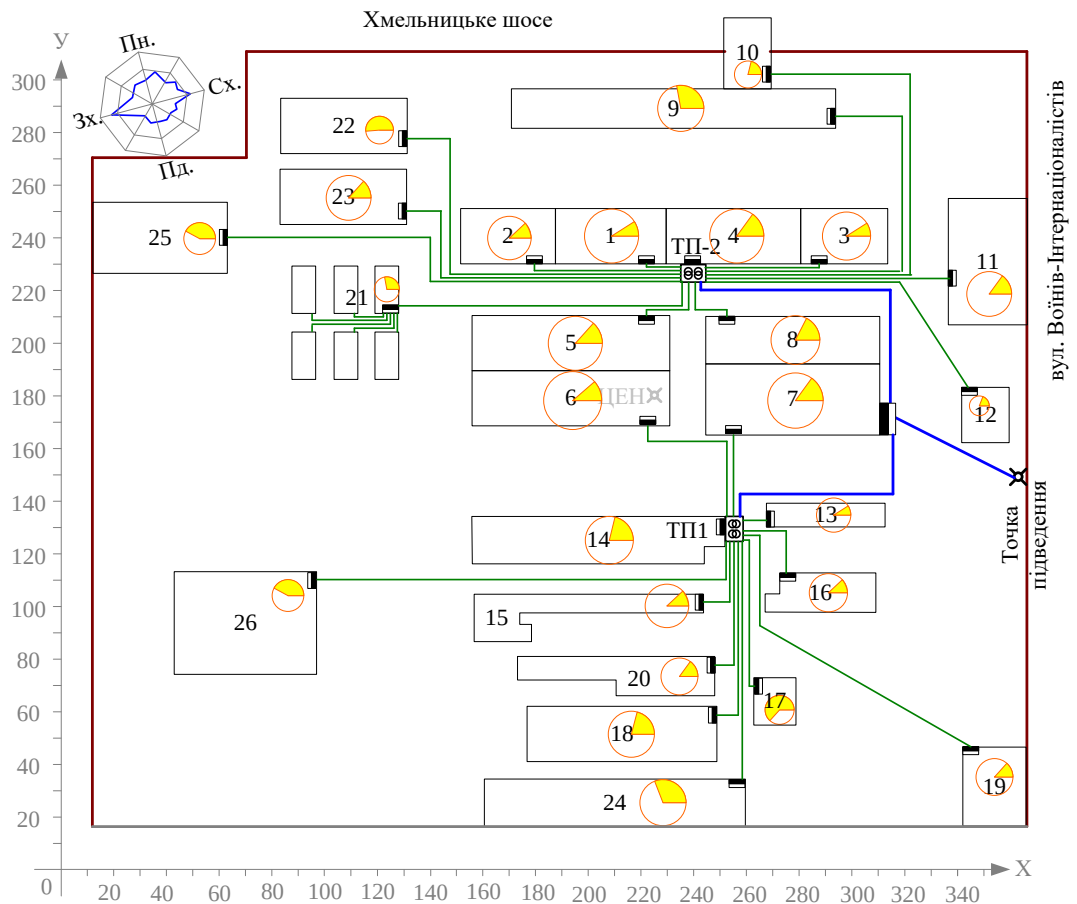


Рисунок 2.6 – Генеральний план підприємства

2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Згідно з ПУЕ [1], електрообладнання необхідно підбирати за типом установки, величиною номінального струму і номінальною напругою та перевіряється на термічну і динамічну стійкість при аварійних режимах роботи.

Високовольтний вимикач вибирається відповідно до номінальною напругою і струмом з урахуванням можливості протидії величинам струму короткого замикання.:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}; \quad (2.52)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}; \quad (2.53)$$

Визначимо I_{max} для нормального режиму роботи ЦРП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3090,06}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 89,2 \text{ (A)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p \cdot k_{н.па}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{3090,06 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 142,7 \text{ (A)} ;$$

де $k_{н.па}$ – коефіцієнт, який враховує навантаження яке залишається в післяаварійному режимі.

$$I_{max} = \frac{1,3 \cdot S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 75,1 \text{ (A)}.$$

Отже на стороні 10 кВ доцільно задіяти вакуумні вимикачі типу ВРС-10-20/630 [18]. Номінальний струм даних силових вимикачів рівний $I_{ном.в} = 630 \text{ A} > I_{м.ав} = 178,4 \text{ A}$ для всіх приєднань до ЦРП.

Попередньо було обрано броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭгаПу-10 3×70 [16] прокладені в траншеї.

Перевірка допустимого нагрівання кабелів із зшитого ПЕ виконується для нормального та післяаварійного режимів з урахування умов прокладки [12], які впливають на технічні характеристики жил:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{доп} ; \quad (2.54)$$

- де k_1 - коефіцієнт, що характеризує температуру навколишнього середовища;
 k_2 - коефіцієнт, що характеризує глибину прокладення кабелів в землі;
 k_3 - коефіцієнт, що характеризує питомий термічний опір ґрунту;
 k_4 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в землі;
 k_5 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в повітрі;
 k_6 - коефіцієнт, що характеризує вплив перерізу екрана.

$$142,7 \text{ (A)} \leq 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,32 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 171 = 179,9 \text{ (A)}.$$

Ця умова виконується. Також необхідно перевірити термостійкість до струмів короткого замикання.

Схема підприємства показана на рисунку 2.7. У таблиці 2.13 представлена інформація про типи вимикачів і ліній електропередачі в залежності від типу підключення.

Таблиця 2.13 – Захисні апарати та лінії живлення СЕП

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	I_{pa} , А	Вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А
С–ЦРП	3090	89,2	142,7	ВРС-10-20/630 УЗ	630	АПвЭгаПу-10	3×70	171
ЦРП–ТП-1	1547,8	45	90	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119
ЦРП–ТП-2	1687,9	49	97	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119

Протягом усього терміну служби вимикача необхідно підтримувати високий рівень вакууму. На практиці дугогасильна камера вимикача повинна бути повністю герметична. Тому для з'єднання елементів камери використовується тільки зварювання або пайка твердим припоєм. Герметичність камери при переміщенні рухомого контакту забезпечується сильфоном, який забезпечує щільність вакууму між струмопроводом рухомого контакту і фланцем камери.

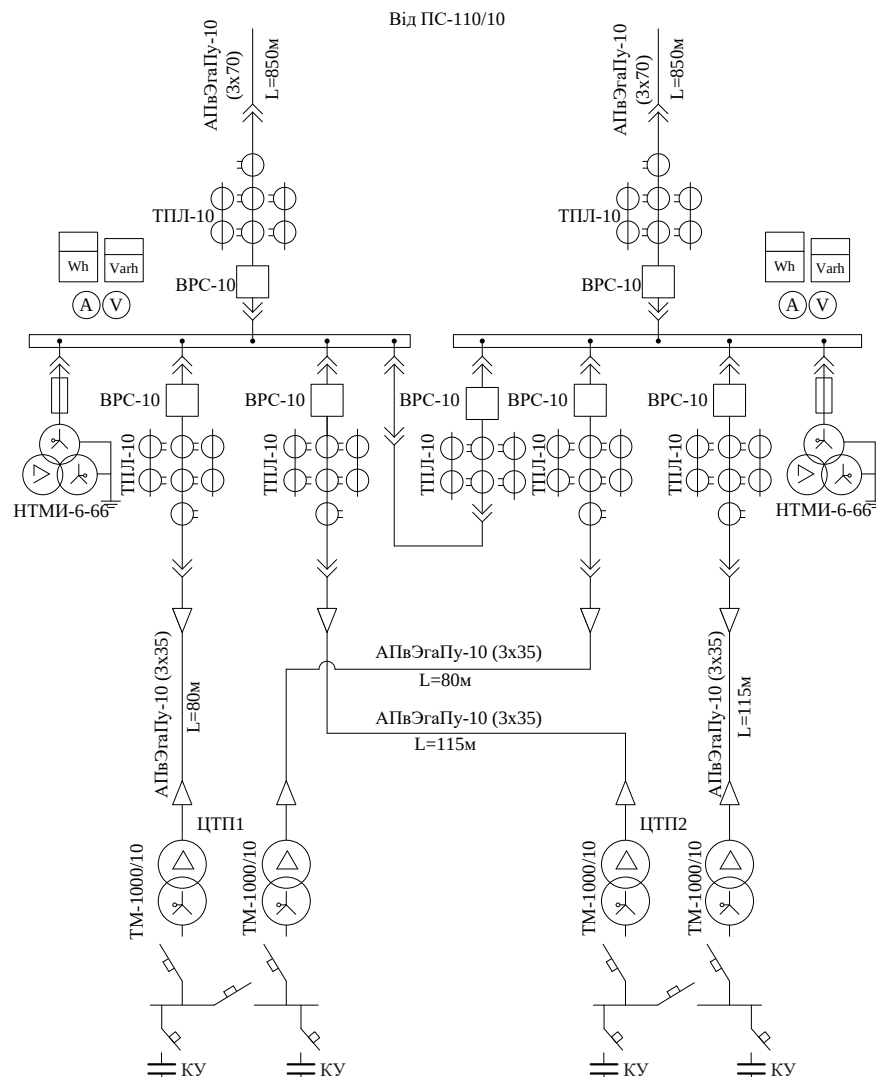


Рисунок 2.7 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Щоб провести необхідну перевірку раніше обраних силових високовольтних вимикачів та обраних ліній живлення проводимо розрахунок струмів КЗ [9]. Розрахункова схема даного розрахунку представлена на рисунку 2.8.

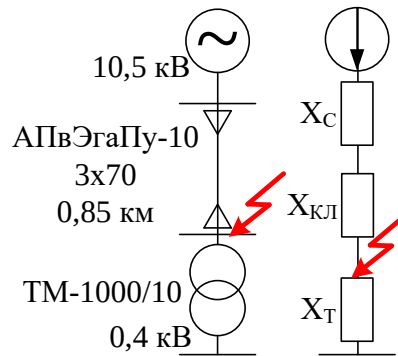


Рисунок 2.8 – Розрахункова та заступна схеми

Формули та результати розрахунку струмів КЗ приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Формули для розрахунку струмів КЗ

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Опір системи, Ом	$X_c = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot I_K}$	$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 34944} = 0,173$
Опір лінії живлення, Ом	$X_{л} = X_0 l \left(\frac{U_{с.н.}}{U_{с.н.л.}} \right)^2$	$X_{л} = 0,164 \cdot 0,443 \cdot \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 0,415$
Сумарний опір від системи до точки К, Ом	$X_{\Sigma} = X_c + X_{кл}$	$X_{\Sigma} = 0,173 + 0,415 = 0,589$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{п0} = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}}$	$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,327} = 10,3$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Час вимкнення КЗ, с	$t_{вим} = t_{рз.мин} + t_{в.в.}$	$t_{вим} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Аперіодична складова струму КЗ	$i_{ат.с} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-t_{вид}}{T_{ac}}}$	$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 10,3 \cdot e^{\frac{-0,6}{0,032}} = 3,01$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 10,3 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,032}} \right) = 25,1$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{вид} + T_{ac})$	$B_K = 18,5^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 66,8$

Здійснюємо перевірки згідно [9] раніше обраних вимикачі типу ВРС-10 на

необхідні параметри роботи, а результати даної перевірки представимо в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Формули для перевірки обраного типу вимикачів

Умова вибору	Номінальні параметри	Розрахункові параметри
$I_{\text{НОМ.Від}} = I_{\text{Пт.}}$	$I_{\text{НОМ.Від}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{Пт}} = I_{\text{ПтС}} = 10,3 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.Від}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{Пт}} + i_{\text{ат}}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 10,3 + 3,01 = 13,31 \text{ кА}$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 128 \text{ кА}$	$i_{\text{уд.С}} = 25,1 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{ПО}}$	$I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{ПО}} = 10,3 \text{ кА}$
$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 66,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Отже необхідні умови перевірки силових вимикачів виконуються.

Переріз КЛ за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}}; \quad (2.55)$$

$$s = 70 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\min} = \frac{10,3 \sqrt{0,6}}{94} = 64,8 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, обрані кабельні лінії задовільняють умовам термічної стійкості до дії струму КЗ.

Висновки. Даний розділ бакалаврської роботи був присвячений проведенню аналізу системи електропостачання ПАТ «Маяк». Для цього було виконано наступні задачі:

- розраховано систему електропостачання механічного цеху та підприємства в цілому;
- обрано кількість, потужність та місце розташування трансформаторних підстанцій, за критерієм економічності під час порівняння двох можливих варіантів реалізації проекту СЕП;
- дл мережі 10 кВ обрано перерізи та марки ліній живлення та проведено перевірку на можливість їх роботи в аварійних режимах;
- здійснено аналіз засобів захисту електрообладнання відповідно діючих норм;

3 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ СЕП ВИКОРИСТАННЯМ КРП НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.3 Аналіз стану реактивного навантаження на підприємстві

Компенсація реактивної потужності є способом зниження втрат в системах електропостачання великих і малих промислових підприємств і може бути повністю віднесена до енергозберігаючих технологій [20]. Компенсація реактивної потужності - важлива та необхідна умова економічного функціонування СЕП.

Щоб не порушити баланс потужностей енергосистеми, не привести до фінансових втрат і контролювати якість електроенергії в допустимих межах, необхідно провести компенсацію РП.

На рисунку 3.1 представлено добовий графік реактивного навантаження для ЦРП підприємства. З графіка видно що мінімальна сумарна реактивна потужність апаратів КРП повинна складати 550 квар а максимальна потужність 1550 квар.

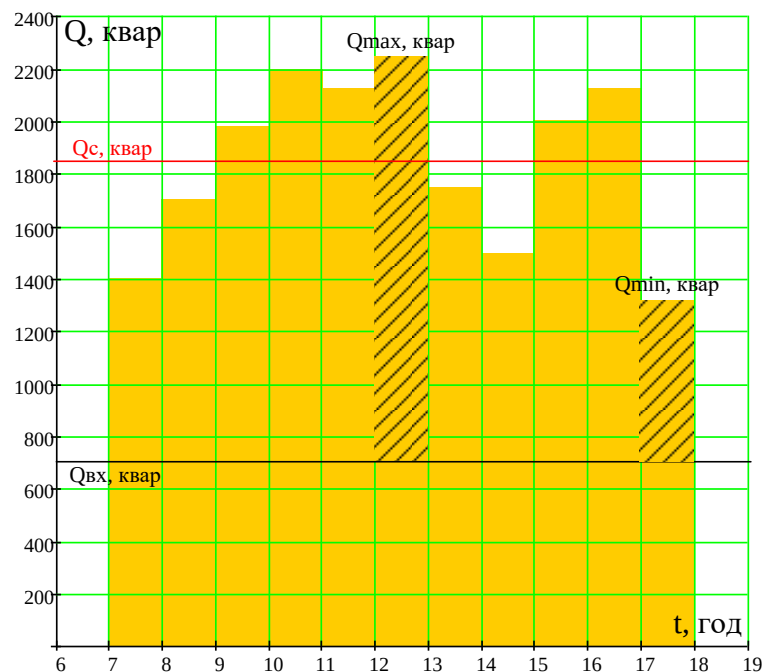


Рисунок 3.1 – Добовий графік реактивного навантаження на ЦРП до КРП

На рисунках 3.1, 3.2 представлено добовий графік реактивного навантаження для ТПР-1, ТП-2 відповідно.

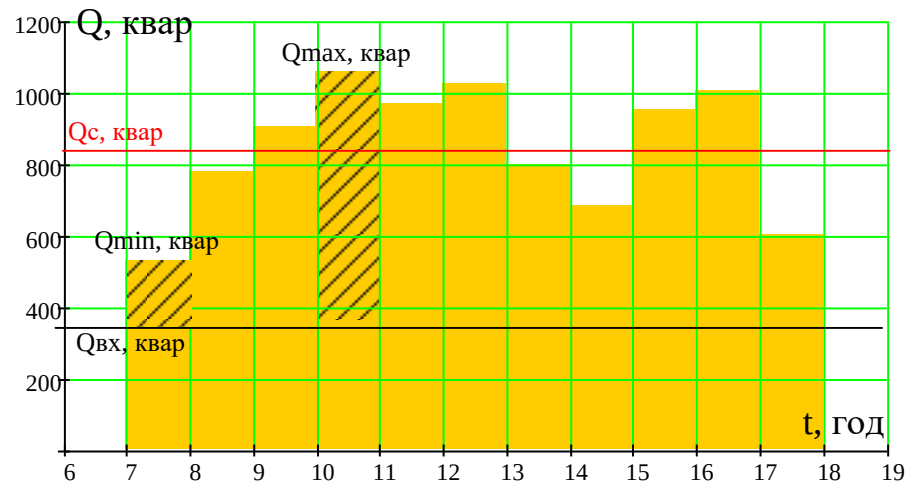


Рисунок 3.2 – Добовий графік реактивного навантаження на ТП-1 до КРП

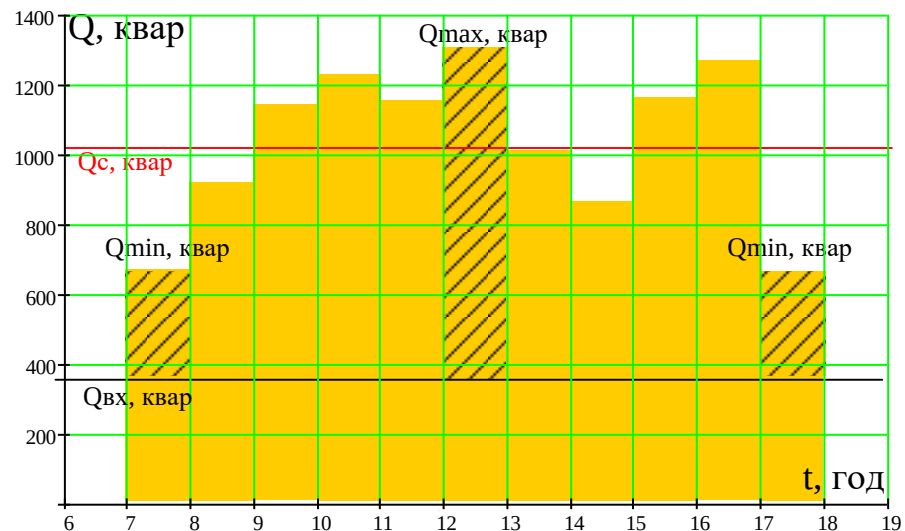


Рисунок 3.3 – Добовий графік реактивного навантаження на ТП-2 до КРП

Постійно увімкнені конденсаторні батареї неприйнятні для підприємств, що потребують змінної реактивної потужності. У цьому випадку конденсаторна батарея оснащується спеціальним контролером, пристроями комутації та захисту: якщо значення $\cos\phi$ відрізняється від нормованого значення, контролер здійснює вмикання чи вимикання конденсаторної ступінчатої батареї. Перевагою використання централізованої компенсації є те, що величина ємності переключеного конденсатора відповідає реактивній потужності, спожитій в конкретний момент часу, без надлишкової або недостатньої компенсації.

Засоби управління компенсуючими установками забезпечують:

- мінімум втрат потужності й електроенергії в електричних мережах;
- виконання обмежень енергосистеми на споживання вхідної реактивної потужності;
- зменшення споживання реактивної потужності до нуля під час позапікового енергоспоживання.

Аналіз добового графіку реактивного навантаження підприємства показав що для економічної роботи на підстанціях СЕП потрібно встановити автоматичні регульовані конденсатори.

3.2 Розрахунок оптимальної потужності конденсаторних установок

Для розрахунку балансової задачі КРП складаємо однолінійну схему представлену на рисунку 3.4, та схему заміщення мережі підприємства рисунок 3.5.

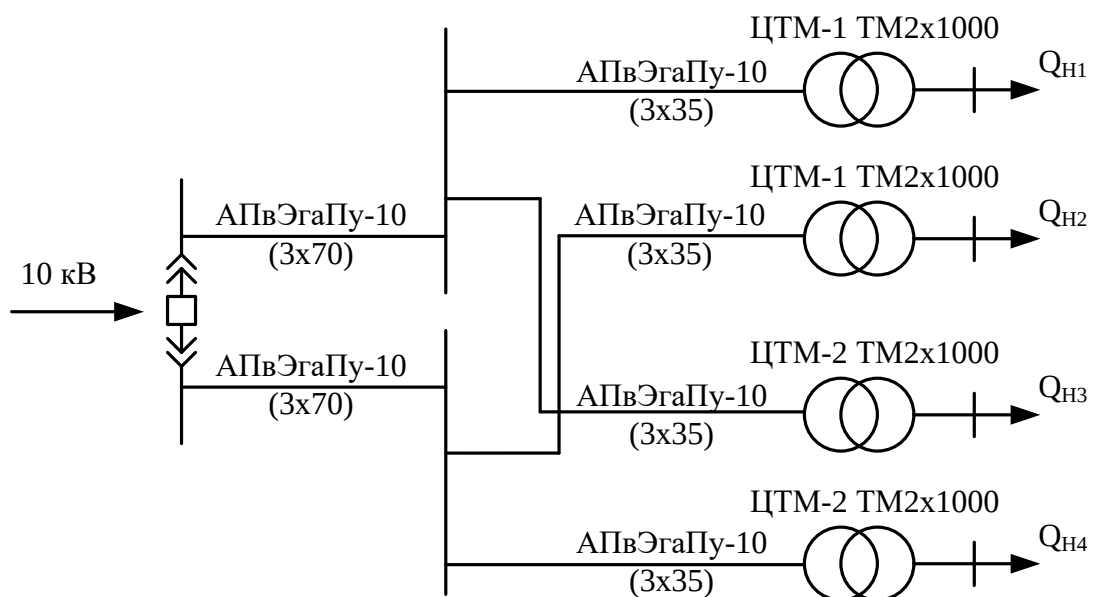


Рисунок 3.4 – Однолінійна схема електропостачання

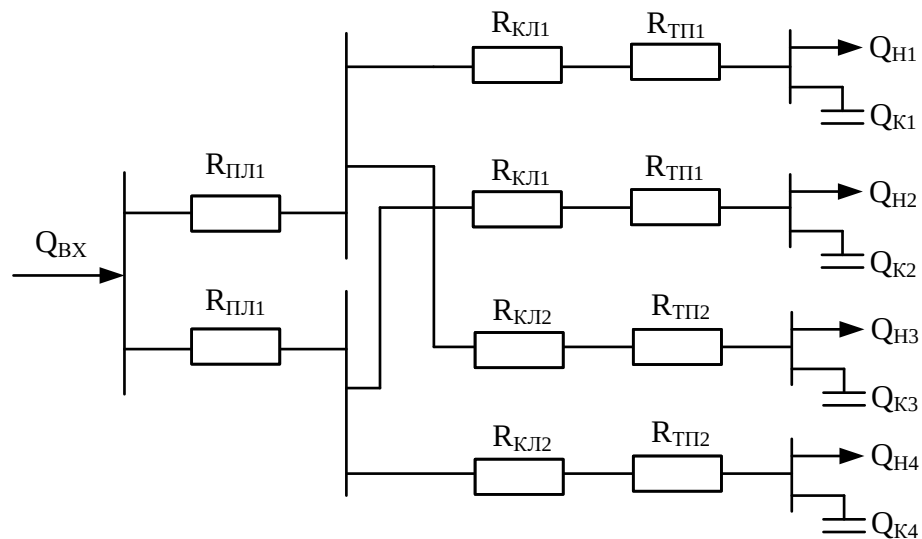


Рисунок 3.5 – Схема заміщення СЕП підприємства

Визначення оптимальної потужності засобів КРП можна досягти використовуючи дану математичну модель [19]:

$$\begin{cases} 3(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{КЛi} + R_{Ti}) \right] \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1,2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - Q_{BX} \end{cases} \quad (3.1)$$

Для математичної моделі керованими змінними являється величина потужності батарей компенсуючої установки.

де B_0 – вартість втрат активної потужності;

U – номінальна напруга;

Q_{Hi} – реактивне навантаження окремої лінії живлення i -тої ТП;

Q_{Ki} – потужність КУ;

Q_{BX} – вхідна реактивна потужність.

На листі САПР MathCad проводимо розрахунок згідно моделі (3.1). Створена математична модель представлена на рисунку 3.6.

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

Вхідна реактивна потужність, квар:

$$q_{вх} := 700$$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$E_e := 0.1$$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію

$$E_a := 0.04$$

Питома вартість КУ

$$B_{k0} := 100$$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар

$$\Delta P_K := 4.5$$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$B_o := 15993$$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$$r_{01} := 0.641 \quad r_{02} := 0.641$$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$$L_{лп1} := 0.08 \quad L_{лп2} := 0.115$$

Опори трансформаторів, Ом

$$r_{т1} := 1.05 \quad r_{т2} := 1.05$$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$$q_{н1} := 934.35 \quad q_{н2} := 1110.56$$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{к1} := 100 \quad q_{к2} := 100$$

Довжина та питомий опір ліній живлення:

$$l_{ж} := 0.85 + 0.05 = 0.9 \quad r_{ж0} := 0.443$$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.399$$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{лп1} = 0.051 \quad r_{л2} := r_{02} \cdot L_{лп2} = 0.074$$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$3(q_{к1}, q_{к2}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \cdot \left[\begin{aligned} & (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{л1}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н1} + q_{н2} - q_{к1} - q_{к2})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{aligned} \right] + [(E_e + E_a) \cdot B_{k0} + B_o \cdot \Delta P_K] \cdot (q_{к1} + q_{к2})$$

Given

обмеження

$$q_{к1} \geq 0 \quad q_{к2} \geq 0$$

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = q_{вх}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_K := \text{Minimize}(3, q_{к1}, q_{к2}) = \begin{pmatrix} 580.821 \\ 764.088 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$3(q_{к1}, q_{к2}) = 1.466 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = 700.001 \quad q_{вх} = 700$$

Рисунок 3.6 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

На ПАТ «Маяк» доцільно застосовувати регульовані КУ типу АУКРМ-0,4 відповідно до потужності вузла встановлення використовуємо наступні стандартні потужності батарей КУ [4]:

для ТП1: 2 КУ типу УКРМ 0,4-300-11-10-31УЗ, ціна якої 108 480 грн.;

для ТП2: 2 КУ типу УКРМ 0,4-400-11-10-31УЗ, ціна якої 137 750 грн.

Зовнішній вигляд даної установки представлено на рисунку 3.7;



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд УКРМ 0,4-400-11-10-31УЗ

3.3 Економічний ефект від встановлення КУ

Критерієм ефективності використання компенсації реактивної потужності на підприємстві може бути термін окупності капітальних вкладень.

Термін окупності інвестицій – це величина часу, протягом якого дохід, який одержує інвестор від реалізації проекту, досягає величину вкладених у проект фінансових коштів [13]:

$$T = \frac{K}{E}; \quad (3.2)$$

де T – термін окупності системи КРП, років;

K – капіталовкладення в систему КРП, грн.;

E – річна економія коштів внаслідок встановлення системи КРП, грн.

Економію коштів можна досягти такими шляхами:

- Зниженням плати за реактивну енергію;
- Зменшенням втрат активної енергії в мережах, що оцінюється зміною вартості цих втрат.

Згідно розрахунку балансової задачі КРП найбільш оптимальним варіантом являється встановлення на ТП2 2 КУ типу УКРМ 0,4-300-11-10-31УЗ; та на ТП2: 2 КУ типу УКРМ 0,4-400-11-10-31УЗ.

В таблиці 3.1 наведенні параметри СЕП до та після КРП.

Таблиця 3.1 – Результати компенсації реактивної потужності

№ ТП	Sc, кВА	Pp, кВт	Qp, кВар	Qку, кВар	K, тис.грн	Q ₂ , кВар	S ₂ , кВА
ТП1	1547,78	1233,93	934,35	600	216,960	334,35	1278,43
ТП2	1687,96	1271,17	1110,56	800	275,500	310,56	1308,56
Разом					492,460		

Виконаємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і трансформаторах після встановлення КУ. Результати заносимо до табл. 3.2 і 3.3 відповідно.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (3.3)$$

Таблиця 3.2 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	R _{лн} , Ом/км	I _м , А		R, Ом	τ, год./рік	ΔE _л , кВт·год./рік.	
					до КРП	після КРП			до КРП	після КРП
ЦРП-ТП-1	АПвЭгаПу-10 3х35	2	0,08	0,641	44,68	41,34	0,051	2405,29	1477,41	1264,76
ЦРП-ТП-2	АПвЭгаПу-10 3х35	2	0,115	0,641	48,73	44,85	0,073	2405,29	2525,92	2139,93
Разом									4003,34	3404,69

Таблиця 3.3 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Марка ТП	К-сть тр-рів	ΔP _х , кВт	ΔP _к , кВт	S _p , кВА		S _н , кВА	ΔE _т , кВт·год./рік	
					до КРП	після КРП		до КРП	після КРП
ТП-1	ТМ-1000	2	2,1	10,5	1547,78	1278,43	1000	44354,81	41951,66
ТП-2	ТМ-1000	2	2,1	10,5	1687,96	1308,56	1000	45786,84	42197,71
Разом								90141,65	84149,37

Підсумовуючи результати розрахунків таблиці 3.2 – 3.9, отримуємо прогнозоване значення економії підприємства електроенергії внаслідок КРП:

$$E = (4003,34 - 3404,69) + (90141,65 - 84149,37) = 598,65 + 35953,66 = 36552,31 \text{ (кВт·год. / рік)}.$$

З урахуванням діючого тарифу економія на платі за електроенергію при використанні засобів КРП складе:

$$\Pi = 6,649 \cdot 36552,31 = 243036,335 \text{ (грн./рік)}.$$

Термін окупності обраних пристроїв КРП очікується рівним:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{2 \cdot 108480 + 2 \cdot 137750}{243036,335} = 2,03 \text{ (років)}.$$

Таким чином, в даному випадку є вигідним використання компенсуючих установок, оскільки термін окупності складає менше п'яти років.

На рисунку 3.10 показано добовий графік реактивного навантаження на ЦРП після КРП.

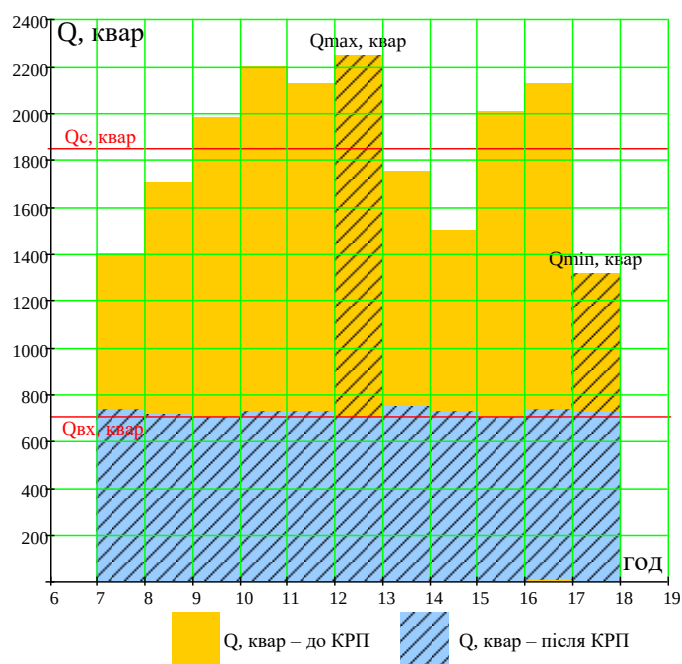


Рисунок 3.10 – Добовий графік реактивного навантаження на ЦРП після КРП

Висновки.

У даному розділі роботи було здійснено аналіз та розрахунок величини оптимальної потужності та типу системи керування пристроїв КРП задіяних на підприємстві для досягнення економічності електропостачання. Розраховано термін окупності пристроїв КРП.

Використання засобів для компенсації РП є найдешевшим і досить ефективним способом поліпшення техніко-економічних показників електропостачання, зниження всіх видів втрат електроенергії.

Критерієм ефективності при виборі і розрахунку компенсаційних пристроїв є мінімальне значення вищевказаних витрат. При визначенні суми скорочених витрат необхідно враховувати:

- Витрати на установку компенсаторів і додаткового обладнання - комутаційних апаратів, пристроїв автоматики і т. д.;
- Зниження вартості обладнання підстанцій і зниження витрат на будівництво живильних і розподільних мереж за рахунок зниження поточного навантаження;
- Зниження втрат електроенергії в живильних і розподільних мережах;
- Зниження втрат активної потужності при максимальному навантаженні енергосистеми.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі експлуатації силового обладнання та системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк». Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

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

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

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

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» та його системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

В цехах підприємства встановлена велика кількість технологічного обладнання з електроприводом, що потребує постійного обслуговування оперативно-ремонтним персоналом. Під час роботи, пов'язаної з доторканням до струмопровідних частин електродвигуна або до частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять у рух, необхідно зупинити електродвигун і на його пусковому пристрої або ключі керування вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди» [4, 5].

Електрозварювальне обладнання має відповідати вимогам ПВЕ.

До електрозварювальних робіт допускаються робітники, не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та перевірку теоретичних знань і практичних навиків, знань інструкцій з охорони праці і мають кваліфікаційне посвідчення з записом про допуск на виконання цих робіт, спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум) та щорічну перевірку знань з одержанням спеціального посвідчення згідно з вимогами Правил пожежної безпеки в Україні. Електрозварювальники повинні мати II групу з електробезпеки. Електрозварювальники, яким надано право самостійного підключення зварювального обладнання до електромереж повинні мати III групу з електробезпеки. Підготовка електрозварювальників має проводитись у спеціалізованих професійно-технічних училищах, на курсах зі зварювання, на підприємствах чи в учбових комбінатах.

Для електрозварювальних установок та зварювальних постів, призначених для постійних електрозварювальних робіт у будовах поза збірно-зварювальними цехами та ділянками, мають бути передбачені спеціальні вентилязовані приміщення зі стінами із негорючих матеріалів. У приміщенні для електрозварювальних установок слід передбачити достатні за шириною проходи, які забезпечують зручність та безпеку виконання зварювальних робіт та доставки виробів до місця зварювання та назад, але не менше 0,8 м.

Проходи між однопостовими джерелами зварювального струму, перетворювальними установками зварювання (різання, наплавлення) — мають бути шириною не менше 0,8 м, між багатопостовими — не менше 1,5 м, відстань від

одного та багатопостових джерел зварювального струму до стіни має бути не менше 0,5 м. Проходи між групами зварювальних трансформаторів повинні мати ширину не менше 1 м. Відстань між зварювальними трансформаторами, які стоять в одній групі, має бути не менше 0,1 м, між зварювальним трансформатором та ацетиленовим генератором — не менше 3 м. Забороняється встановлення зварювального трансформатора над регулятором струму. Регулятор зварювального струму може розміщуватись поряд із зварювальним трансформатором або над ним.

Приєднання зварювальних установок до електричної мережі провадиться тільки через комутаційні апарати. Забороняється безпосереднє живлення зварювальної дуги від силової, освітлювальної та контактної мереж. Схема приєднання декількох джерел зварювального струму під час роботи на одну зварювальну дугу має унеможливити виникнення між виробами та електродом напруги, що перевищує найбільшу напругу холостого ходу одного із джерел зварювального струму.

Напруга холостого ходу джерел струму для дугового зварювання в разі нормальної напруги мережі не повинна перевищувати: 80 В ефективного значення — для джерел змінного струму ручного дугового та напіваавтоматичного зварювання; 140 В ефективного значення — для джерел змінного струму автоматичного зварювання; 100 В середнього значення — для джерел постійного струму.

Одно- та багатопостові зварювальні установки повинні бути захищені запобіжниками чи автоматичними вимикачами з боку живильної мережі. Установки для ручного зварювання повинні бути оснащені покажчиком значення зварювального струму (амперметром або шкалою на регуляторі струму). Багатопостові зварювальні агрегати крім захисту з боку живильної мережі повинні також мати і автоматичний вимикач чи контактор (для підключення джерела струму до розподільчої цехової мережі) у загальному проводі зварювального кола та запобіжника на кожному проводі до зварювального поста.

Для запобігання займанню електропроводів та зварювального обладнання слід правильно добирати переріз кабелів за значенням струму, ізоляція кабелів за робочою напругою та плавкі вставки запобіжників за гранично допустимим

струмом. Приєднання до мережі живлення та відключення від неї зварювальних установок повинні виконувати електротехнічні працівники підприємства, які експлуатують цю електромережу.

Пересувні джерела зварювального струму на час їх пересування мають бути відключені від мережі. Електрозварювальну установку на весь час роботи слід заземлити мідним проводом перерізом не менше 6 кв. мм або сталевим прутом (смужкою) перерізом не менше 12 кв. мм. Заземлення здійснюється через спеціальний болт, що має бути на корпусі установки. Крім заземлення основного електрозварювального обладнання у зварювальних установках слід безпосередньо заземлювати той затискач вторинної обмотки зварювального трансформатора, до якого приєднується провідник, що йде до виробу (зворотний дріт). Забороняється використання нульового робочого чи фазного проводу двожильного живильного кабелю для заземлення зварювального трансформатора. Заземлення електрозварювальних установок слід виконувати до їх підключення до мережі і зберігати до відключення від мережі.

Для живлення однофазного зварювального трансформатора слід застосовувати трижильний гнучкий шланговий кабель, третю жилу якого слід приєднати до заземлювального болта корпусу зварювального трансформатора та до заземлювальної шини пункту живлення. Для живлення трифазного трансформатора слід застосовувати чотирижильний кабель, четверта жила якого використовується для заземлення. Заземлювальну шину пункту живлення слід з'єднати з нульовим захисним проводом живильної лінії в установках з глухозаземленою нейтраллю або заземлювачем в установках з ізолюваною нейтраллю.

Перед початком електрозварювальних робіт необхідно зовнішнім оглядом перевірити справність ізоляції зварювальних проводів та електродотримачів, а також надійність з'єднання усіх контактів.

Відстань від зварювальних проводів до гарячих трубопроводів та балонів з киснем має бути не менше 0,5 м, до балонів та трубопроводів з пальними газами – не менше 1 м. Забороняється користування електродотримачами, у яких порушена ізоляція держаків. Держаки електродотримачів мають бути виготовлені із

негорючого діелектричного та теплоізоляційного матеріалу. Забороняється застосування саморобних електродотримачів. Електродотримачі повинні відповідати ГОСТ 14651.

Струмопровідні частини електродотримача мають бути ізольовані, крім того, має бути забезпечений захист від випадкового дотику до них рук зварювальника чи виробу, що зварюється. Різниця температур зовнішньої поверхні руків'я і навколо нього повітря на ділянці, що охоплюється рукою зварювальника за номінального режиму роботи електродотримача має бути не більше 40 °С.

4.1.2 Електробезпека

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

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробоя і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів.

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

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [12] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності [8].

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

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

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівален т- ний розмір об'єкта розрізнен ня, мм	Розр яд зоро вої робо ти	Під- розряд зорово ї роботи	Контрас т об'єкта з фоном	Характе - ристика фону	Штучне при системі комбіновано го освітлення		Природ не Ен пр	Суміс не Е сум
						всьо го	у т. ч. від загаль- ного		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

4.2.3 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему.

Таблиця 4.2- Рівень звукового тиску

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

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для

яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

4.2.4 Виробничі вібрації

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

Таблиця 4.3 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	92				

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

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

4.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і

матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

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

Таблиця 4.6 – 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 площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходи-вих кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

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

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (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 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник) [15].

Таблиця 4.8 – 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

На території Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» встановлено 56 вогнегасників ВП-5 [16].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання БРК щодо підвищення економічності СЕП ПАТ «Маяк», під час автоматизованого пошуку оптимальних проектних рішень для реалізації СЕП підприємства здійснено наступні оптимальні проектні рішення:

Для цехової мережі проведено розрахунок навантаження. Здійснено вибір ліній живлення та захисної апаратури. Проведено перевірку вибраного обладнання, щодо селективного відключення струмів короткого замикання.

Для підприємства та одного з цеху було проведено розрахунок електричного навантаження та освітлювальних установок. Для СЕП підприємства було обрано трансформатори марки ТМ – 1000/10. Для живлення ТП від ЦРП 10 кВ обрано кабельні лінії типу АПвЭгаПу-10 перерізом 35 мм². Живлення підприємства від ПС 110/10 доцільно виконати кабельними лініями АПвЭгаПу-10 перерізом жил 3х70+1х25 мм² довжиною $L = 0,85$ км

Координати центру енергетичного навантаження були розраховані для розміщення ЦРП. Таке розташування дозволяє встановити ЦРП в оптимальному місці з мінімальними втратами пов'язаними з перетоком потужності.

В науково-дослідній частині дипломної роботи на основі добового графіка споживання підприємством реактивної потужності було здійснено аналіз та розрахунок величини оптимальної потужності та типу системи керування пристроїв КРП задіяних на підприємстві для досягнення економічності електропостачання, якими є для ТП1: 2 КУ типу УКРМ 0,4-300-11-10-31УЗ, для ТП2: 2 КУ типу УКРМ 0,4-400-11-10-31УЗ. Розрахований термін окупності пристроїв КРП менший за нормоване значення, що свідчить про економічну доцільність їх використання.

У четвертому розділі проаналізовано стандарти охорони праці та електробезпеки на даному підприємстві.

Виконані розрахунки дозволять забезпечити максимально економічне електропостачання даного підприємства.

Дипломний проект розроблявся з виконанням вимог ПУЕ та інших нормативних документів по надійності і якості електропостачання наведених в списку використаних джерел.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. ПАТ “МАЯК” : веб-сайт. URL: <https://energyline.com.ua/uk/tarif-elektroenerg/mozhlivi-sposobi-ekonomi-elektroenergi-na-pidprimstvi/> (дата звернення: 15.05.2024).
4. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 16.05.2024).
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. РТМ 36.18.32.4-92: 1993. Методика розрахунку електричного навантаження. 9с.
7. Промислові автоматичні вимикачі ЕВ та ЕВ2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).
8. Кабельно-провідникова продукція. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189/> (дата звернення: 17.05.2024).
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
10. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
11. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю

електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.

12. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.

13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

14. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).

15. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго" : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.05.2021).

16. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yuzhcable.info>

17. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>

18. Вимикачі навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756>

19. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.

20. Реактивна потужність в електричних мережах : монографія / І.В. Жежеленко, Г.Г. Півняк, Г.Г. Трофімов, Ю.А. Папаїка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. Ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 72 с.

21. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

23. 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->.

24. 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.

25. 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.

26. 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>.

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

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

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

30. 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>.

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

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

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

34. 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>.

35. 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.

36. 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.

37. 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>.

Додаток А

Вихідні дані

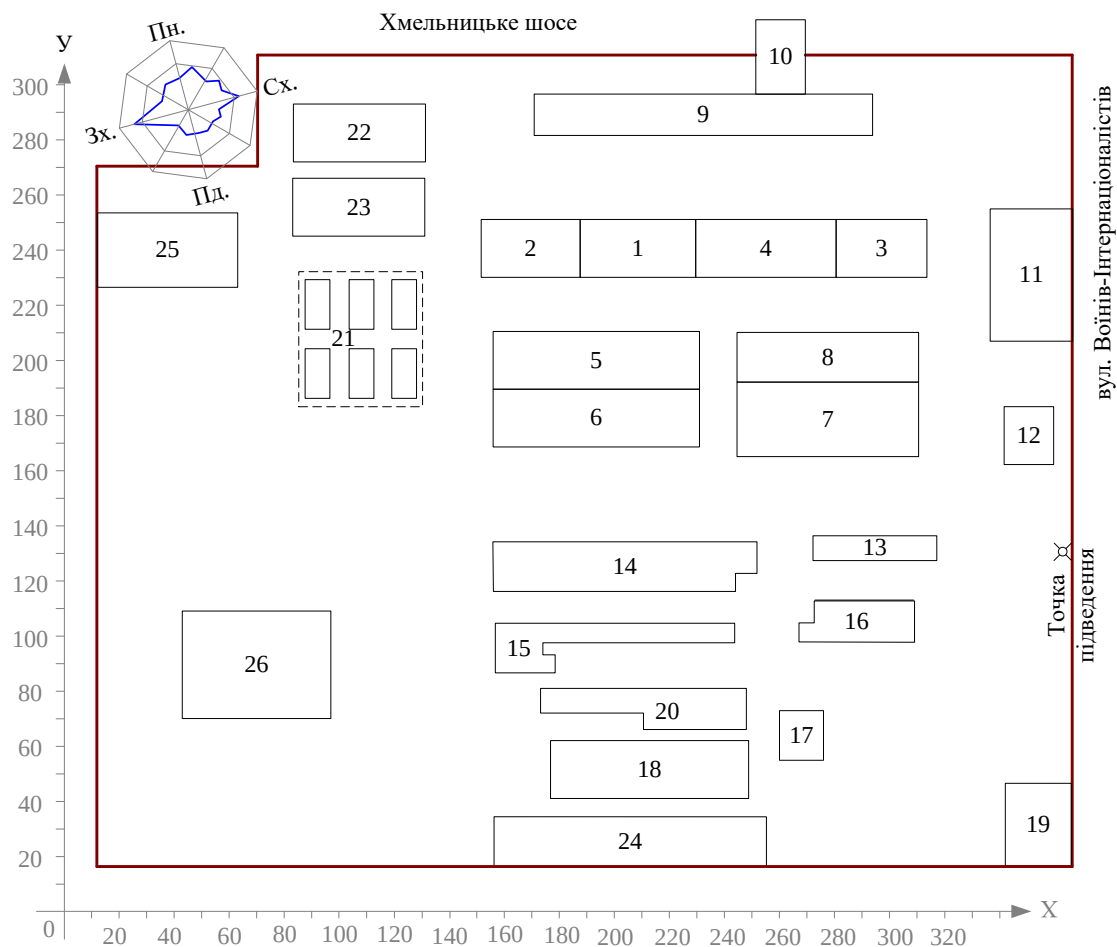


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

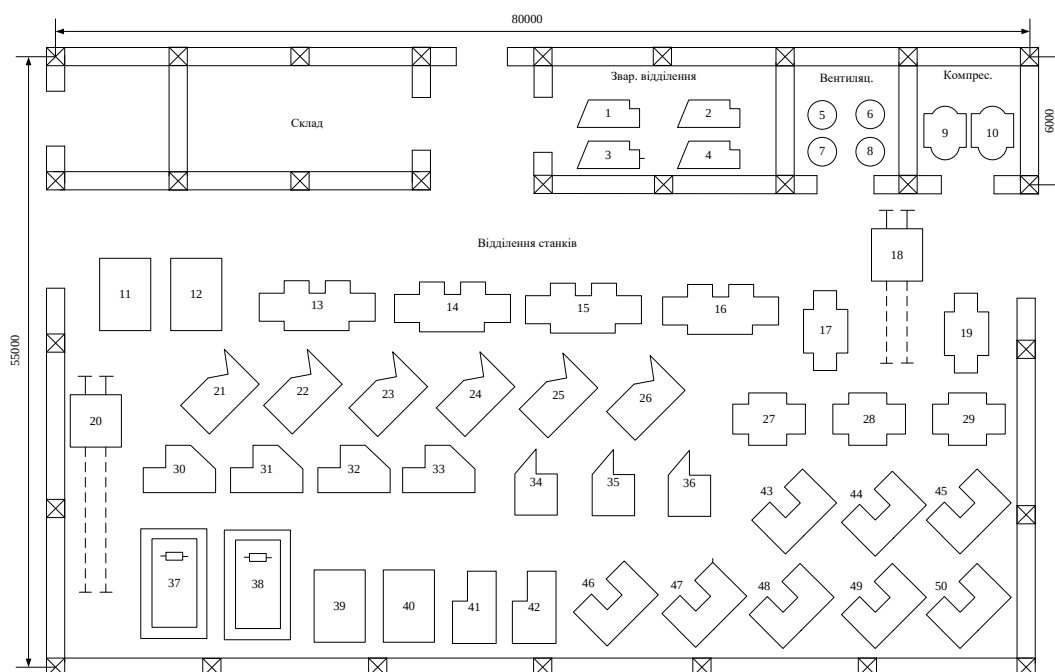


Рисунок А.2 – План розташування електроприймачів в цеху

Таблиця 1 – Електричні навантаження ПАТ «Маяк»

№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м ²	Кп0	Рпит, Вт/м ²	Кпра	tg0
1	Механічний цех	90	0,65	1,17	0,4	0,37	882	0,85	0,015	1,2	0,43
2	Заготівельний цех	75	0,65	1,17	0,35	0,32	756	0,85	0,015	1,2	0,43
3	Ковально-штамповочний цех	100	0,85	0,62	0,5	0,45	693	0,85	0,015	1,2	0,43
4	Зварювальний цех	115	0,7	1,02	0,45	0,4	1071	0,9	0,015	1,2	0,43
5	Намоточний цех	150	0,65	1,17	0,5	0,45	1575	0,85	0,013	1,2	0,43
6	Цех лиття	170	0,8	0,75	0,4	0,36	1575	0,85	0,013	1,2	0,43
7	Інструментальний цех	120	0,75	0,88	0,45	0,4	1782	0,85	0,015	1,2	0,43
8	Фарбувальний Цех	105	0,8	0,75	0,4	0,35	1188	0,9	0,016	1,2	0,43
9	Збірно-монтажний цех	125	0,65	1,17	0,45	0,41	1845	0,85	0,016	1,2	0,43
10	Адміністративний корпус	45	0,85	0,62	0,45	0,4	486	0,9	0,016	1,2	0,43
11	Ремонтно-механічний цех	90	0,65	1,17	0,4	0,36	1140	0,85	0,015	1,2	0,43
12	Очисні споруди	22	0,7	1,02	0,35	0,3	378	0,6	0,013	1,2	0,43
13	Енергоблок	130	0,8	0,75	0,45	0,4	414	0,8	0,015	1,2	0,43
14	Цех друкованих плат	260	0,7	1,02	0,4	0,36	1675	0,95	0,016	1,2	0,43
15	Відділ випробувань	240	0,8	0,75	0,35	0,3	835	0,9	0,013	1,2	0,43
16	Котельня	160	0,65	1,17	0,4	0,36	583	0,85	0,013	1,2	0,43
17	Будівельно-монтажний цех	40	0,85	0,62	0,45	0,41	290	0,6	0,15	1,2	0,43
18	Цех нест-ного обладнання	310	0,75	0,88	0,3	0,27	1516	0,85	0,016	1,2	0,43
19	Автотранспортний цех	140	0,85	0,62	0,4	0,36	722	0,8	0,013	1,2	0,43
20	Тарно-пакувальний цех	170	0,85	0,62	0,4	0,37	892	0,85	0,013	1,2	0,43
21	Склади	40	0,85	0,62	0,25	0,2	972	0,6	0,013	1,2	0,43
22	Столова	55	0,85	0,62	0,3	0,26	1008	0,95	0,016	1,2	0,43
23	Цех термопластів	105	0,75	0,88	0,4	0,35	1008	0,85	0,015	1,2	0,43
24	КСК "Маяк"	90	0,8	0,75	0,45	0,4	1782	0,95	0,016	1,2	0,43
25	Типографія	80	0,75	0,88	0,3	0,25	1377	0,95	0,016	1,2	0,43
26	Корпус поршків і металургії	105	0,65	1,17	0,35	0,3	2106	0,85	0,013	1,2	0,43

Таблиця 2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	МЕХАНІЧНИЙ ЦЕХ	Рн, кВт
1 – 4	Зварювальні автомати	50
5 – 8	Вентилятори компресори	4,8
9, 10	Алмазно-розточувальні верстати	30
11, 12, 39, 40	Горизонтально-розточувальні верстати	2,5
13 – 16	Поздовжньо-стругальні верстати	25
17, 19	Кран-балка	40
18	Мостовий кран	15
20	Розточувальні верстати	55
21 – 26	Поперечно-стругальні верстати	14
27 – 29	Радіально-свердлильні верстати	10
30 – 33	Вертикально-свердлильні верстати	3
34 – 36	Електропечі опору	4
37, 38	Заточувальні верстати	32
41, 42	Токарно-револьверні верстати	1,5
43 – 50	Зварювальні автомати	4,5

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення якості електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	73
Схожість	27

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

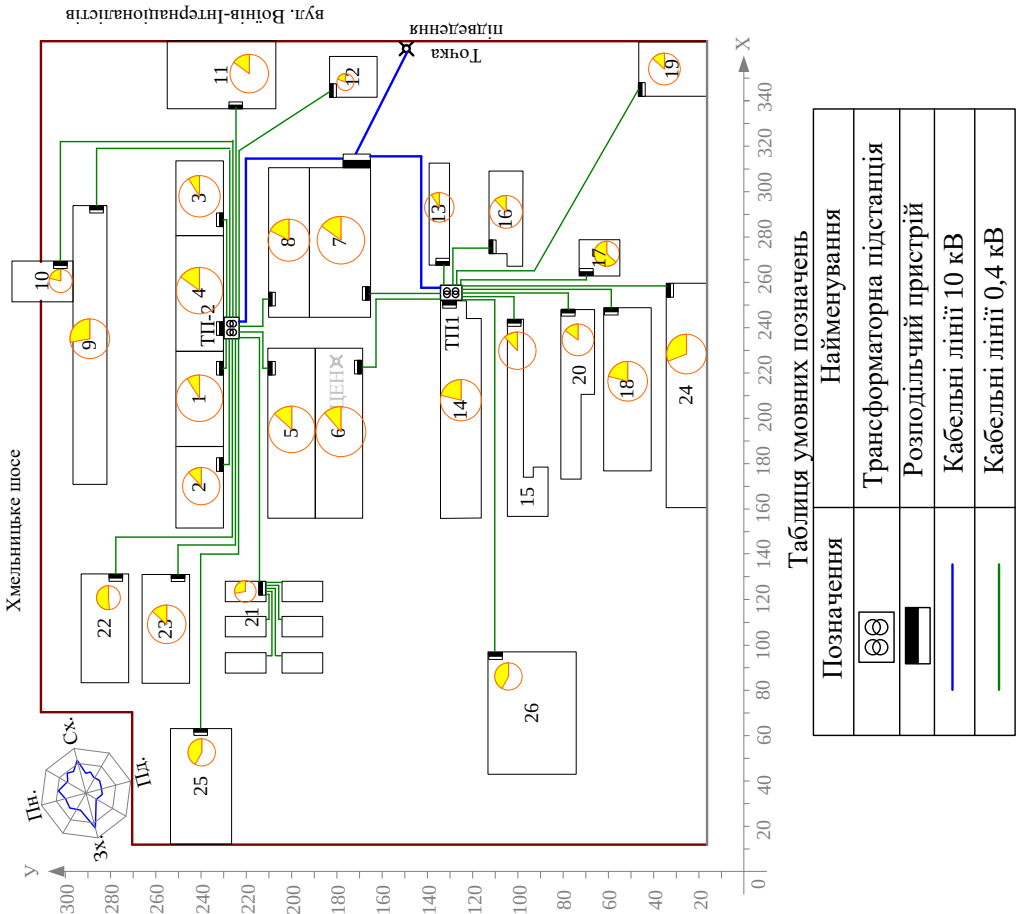
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Шаповалов М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

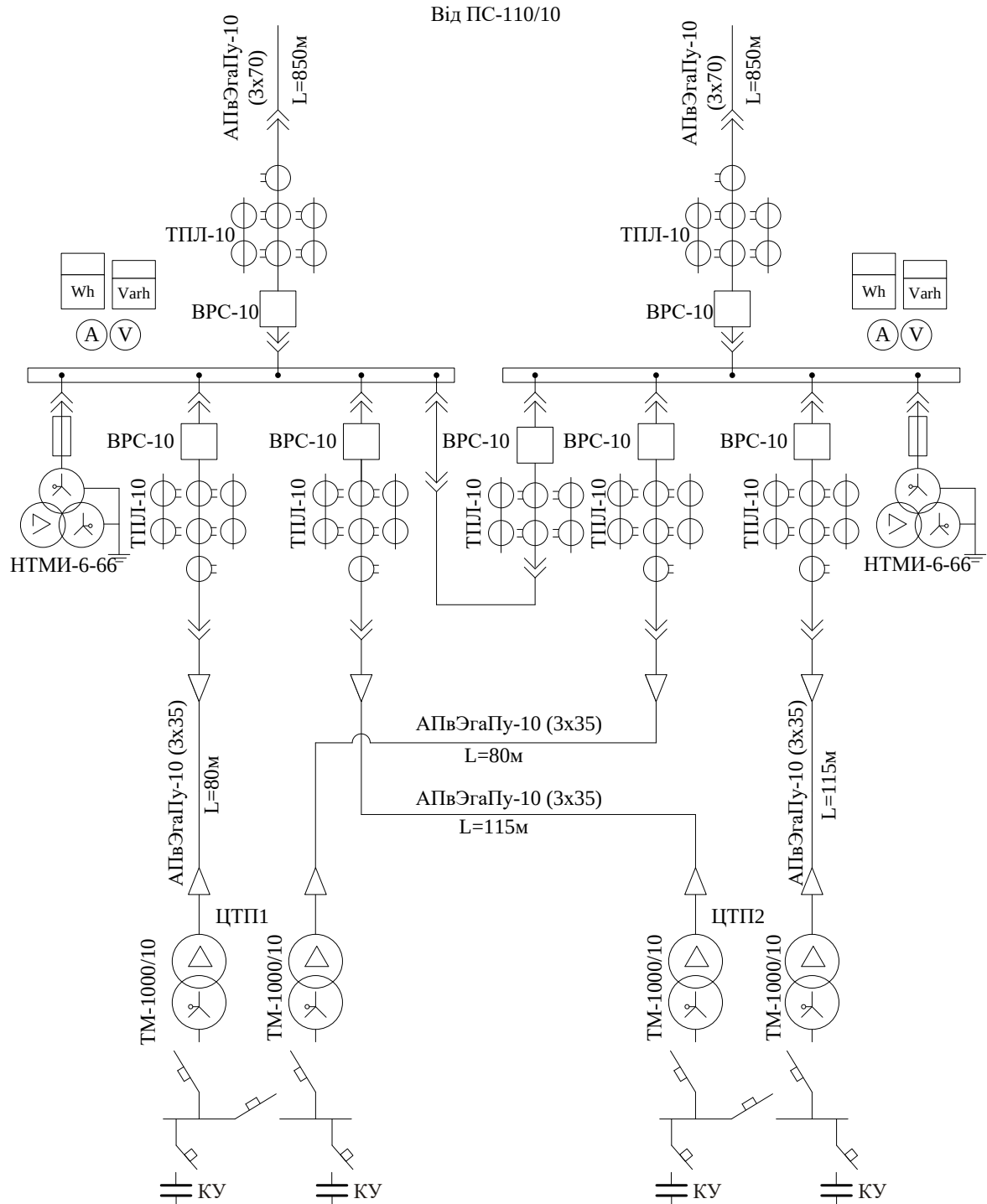
Керівник роботи _____ Бурбело М.Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами

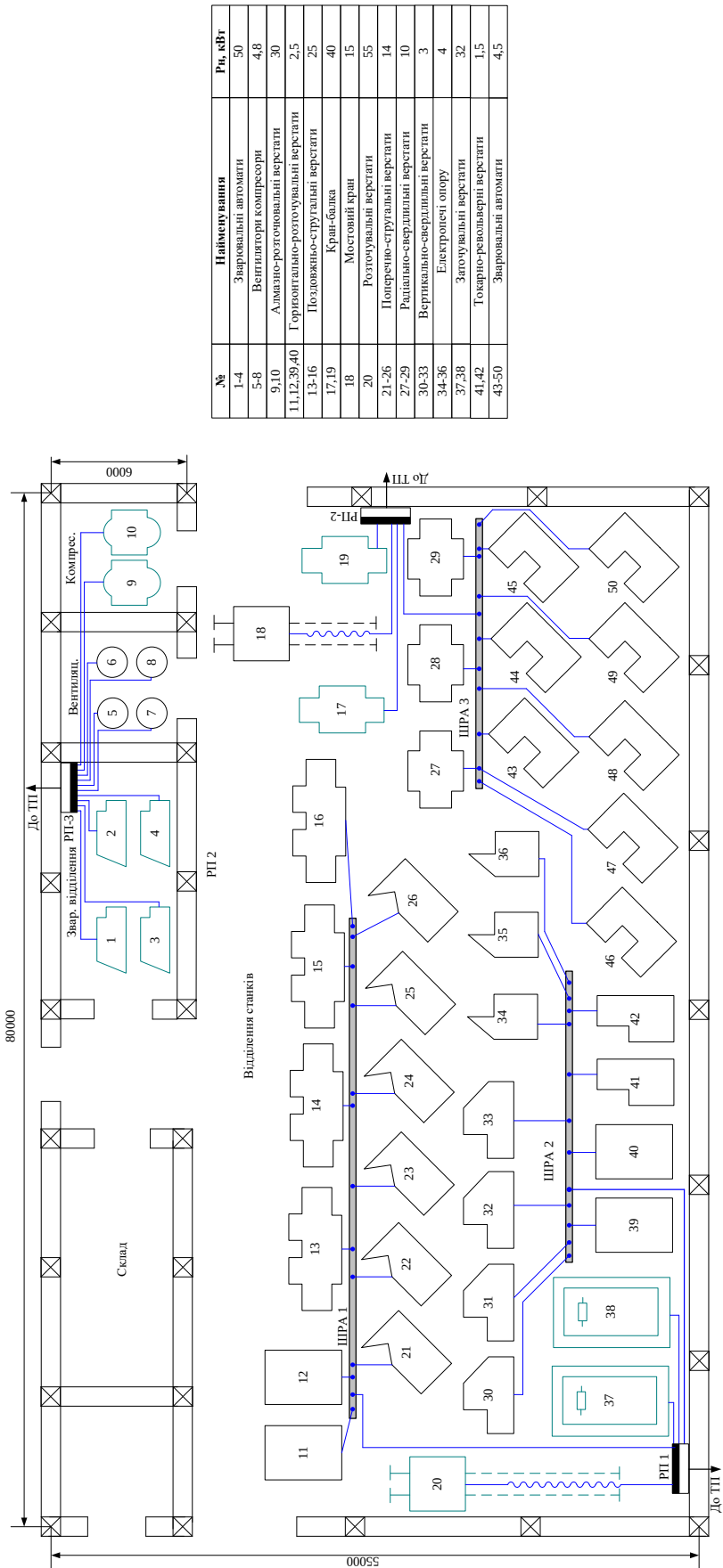
№	Найменування	Рн, кВт
1	Механічний цех	90
2	Заготівельний цех	75
3	Ковально-штамповочний цех	100
4	Зварювальний цех	115
5	Намоточний цех	150
6	Цех лиття	170
7	Інструментальний цех	120
8	Фарбувальний Цех	105
9	Збірно-монтажний цех	125
10	Адміністративний корпус	45
11	Ремонтно-механічний цех	90
12	Очисні споруди	22
13	Енергоблок	130
14	Цех друкованих плат	260
15	Відділ випробувань	240
16	Котельня	160
17	Будівельно-монтажний цех	40
18	Цех нест-ного обладнання	310
19	Автотранспортний цех	140
20	Тарно-пакувальний цех	170
21	Склади	40
22	Столова	55
23	Цех термопластів	105
24	КСК "Маяк"	90
25	Типографія	80
26	Корпус поршків і металургії	105
	ЦРП	
	ТП-1	ТМ 2х1000
	ТП-2	ТМ 2х1000



Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток Д – План електропостачання цеху



№	Найменування	Р _н , кВт
1-4	Зварювальні автомати	50
5-8	Вентилятори компресори	4,8
9,10	Алмазно-рогатошарові верстати	30
11,12,39,40	Горизонтально-розточувальні верстати	2,5
13-16	Поздовжньо-стругальні верстати	25
17,19	Кран-балка	40
18	Мостовий кран	15
20	Ротувальний верстат	55
21-26	Поперечно-стругальні верстати	14
27-29	Радіально-свердлильні верстати	10
30-33	Вертикально-свердлильні верстати	3
34-36	Електродеї опору	4
37,38	Заготувальні верстати	32
41,42	Токарно-револьверні верстати	1,5
43-50	Зварювальні автомати	4,5

Додаток Ж – Оптимальна потужність пристроїв КРП

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

Вхідна реактивна потужність, квар:

$$q_{вх} := 700$$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$E_e := 0.1$$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію

$$E_a := 0.04$$

Питома вартість КУ

$$B_{к0} := 100$$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар

$$\Delta P_K := 4.5$$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$B_o := 15993$$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$$3(q_{к1}, q_{к2}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \left[\begin{aligned} & (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{л1} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{л2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н1} + q_{н2} - q_{к1} - q_{к2})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \\ & + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_o \cdot \Delta P_K] \cdot (q_{к1} + q_{к2}) \end{aligned} \right] \dots$$

$$r_{01} := 0.641 \quad r_{02} := 0.641$$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$$L_{кл1} := 0.08 \quad L_{кл2} := 0.115$$

Опори трансформаторів, Ом

$$r_{т1} := 1.05 \quad r_{т2} := 1.05$$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$$q_{н1} := 934.35 \quad q_{н2} := 1110.56$$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{к1} := 100 \quad q_{к2} := 100$$

Довжина та питомий опір ліній живлення:

$$l_{ж} := 0.85 + 0.05 = 0.9 \quad r_{ж0} := 0.443$$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.399$$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{кл1} = 0.051 \quad r_{л2} := r_{02} \cdot L_{кл2} = 0.074$$

Given

обмеження

$$q_{к1} \geq 0 \quad q_{к2} \geq 0$$

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = q_{вх}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

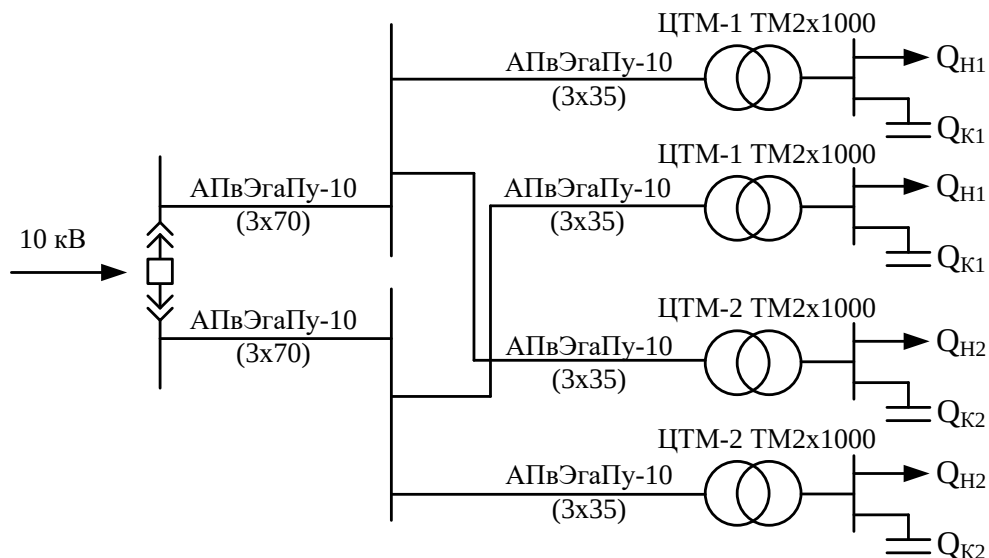
$$q_K := \text{Minimize}(3, q_{к1}, q_{к2}) = \begin{pmatrix} 580.821 \\ 764.088 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$3(q_{к1}, q_{к2}) = 1.466 \times 10^7$$

Перевірка, квар

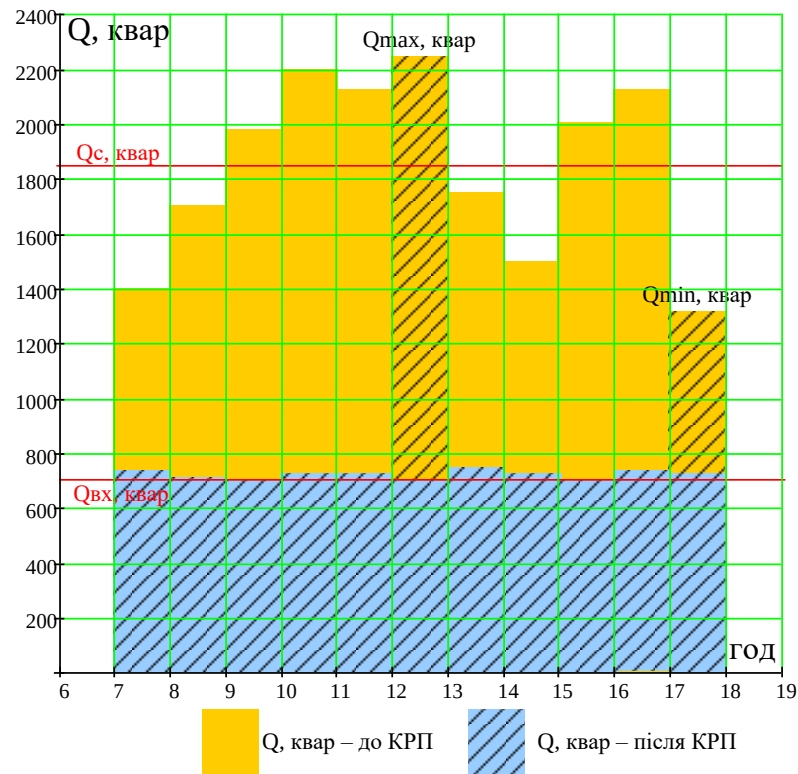
$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = 700.001 \quad q_{вх} = 700$$



для ТП1: 2 КУ типу УКРМ 0,4-300-11-10-31УЗ, ціна якої 108 480 грн.;

для ТП2: 2 КУ типу УКРМ 0,4-400-11-10-31УЗ, ціна якої 137 750 грн.

Додаток 3 – Результат використання пристроїв КРП на підприємства



Добовий графік реактивного навантаження на ЦРП після КРП

Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	R _{пит} , Ом/км	I _м , А		R, Ом	τ, год./рік	ΔЕл, кВт·год./рік.	
					до КРП	після КРП			до КРП	після КРП
ЦРП-ТП-1	АПвЭгаПу-10 3х35	2	0,08	0,641	44,68	41,34	0,051	2405,29	1477,41	1264,76
ЦРП-ТП-2	АПвЭгаПу-10 3х35	2	0,115	0,641	48,73	44,85	0,073	2405,29	2525,92	2139,93
Разом									4003,34	3404,69

Втрати енергії в трансформаторах

№	Марка ТП	К-сть тр-рів	ΔР _х , кВт	ΔР _к , кВт	S _р , кВА		S _н , кВА	ΔЕт, кВт·год./рік	
					до КРП	після КРП		до КРП	після КРП
ТП-1	ТМ-1000	2	2,1	10,5	1547,78	1278,43	1000	44354,81	41951,66
ТП-2	ТМ-1000	2	2,1	10,5	1687,96	1308,56	1000	45786,84	42197,71
Разом								90141,65	84149,37

