

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

Бакалаврська дипломна робота на тему:

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю "Барлінек Інвест"

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЗЕЕ-206

спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Заєць В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2024 р.

Рецензент

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Сікорська О.В. к. т. н., ст. викл. каф. ЕСС

Сікорська О.В.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Освітній ступінь – бакалавр

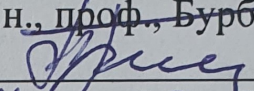
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма - Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.


« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зайцю Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Барлінек Інвест"

Керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доц. каф. каф. ЕСЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від 11.03.2024 року, №80

2. Термін подання студентом роботи «11» червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; план цеху із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники (Додаток А).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Вступ.

1 Загальні відомості про підприємство

2 Розрахунок електропостачання підприємства

3 Компенсація реактивної потужності

4 Охорона праці

Висновки

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

– Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею

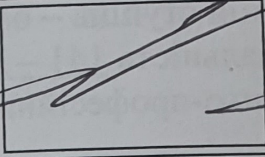
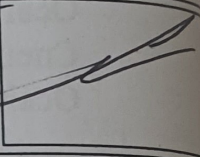
– План цеху і силової мережі

– Розрахунково-монтажна таблиця

– Однолінійна схема електропостачання підприємства

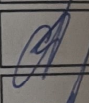
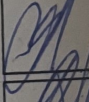
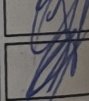
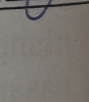
– Креслення із спецпитання

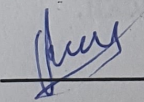
6. Консультанти розділів роботи

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

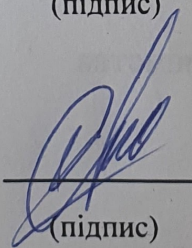
7. Дата видачі завдання «27» травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

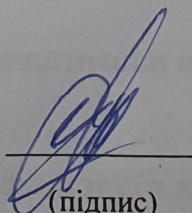
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	20.05	25.05	
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	03.06	08.06	
3	Охорона праці	30.05	10.06	
4	Графічна частина роботи	10.06	11.06	

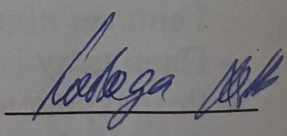
Студент 
(підпис)

Заєць В. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник
бакалаврської
дипломної роботи 
(підпис)

Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль 
(підпис)


(прізвище та ініціали)

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю "Барлінек Інвест"**

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЗЕЕ-206

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Заєць В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Засць Владислав Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Барлінек Інвест"

Керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доц. каф. каф. ЕСЕЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від 11.03.2024 року, №80

2. Термін подання студентом роботи «11» червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; план цеху із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники (Додаток А).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Вступ.

1 Загальні відомості про підприємство

2 Розрахунок електропостачання підприємства

3 Компенсація реактивної потужності

4 Охорона праці

Висновки

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

– Вихідні дані

– Протокол перевірки наявності текстових запозичень

– Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «27» травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	20.05	25.05	
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	03.06	08.06	
3	Охорона праці	30.05	10.06	
4	Графічна частина роботи	10.06	11.06	

Студент _____
(підпис)

Заєць В. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник
бакалаврської
дипломної роботи _____
(підпис)

Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Заєць В. С. Розробка системи електропостачання ТОВ "Барлінек Інвест".
Бакалаврська дипломна робота. Вінниця. ВНТУ, 2024, 68 с. Іл.16: , Табл: 21.

В бакалаврській дипломній роботі розроблена система електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест».

В спеціальній частині дипломної роботи був проведений детальний аналіз та обрахунки втрат підприємства з подальшим використанням компенсувальних установок.

Ключові слова: система електропостачання, компенсації реактивної потужності.

ANNOTATION

Zaiets V. S. Development of the power supply system of «Barlinek Invest» LLC. Bachelor's thesis. Vinnytsia. VNTU, 2024, 68 p. Fig. 16: , Table: 21.

In the bachelor's thesis, the power supply system of «Barlinek Invest» LLC was developed.

In a special part of the thesis, a detailed analysis and calculation of the company's losses was carried out with the subsequent use of compensating installations.

Keywords: power supply system, reactive power compensation.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Короткий опис технологічних процесів.....	10
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	10
2 Розрахунок системи електропостачання ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ».....	14
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	14
2.2 Вибір і розміщення підстанцій	18
2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства.....	23
2.4 Розрахунок струмів КЗ мережі 10 кВ.....	25
2.5 Розрахунок електропостачання цеху	28
2.6 Схема електропостачання цеху	28
2.7 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі	29
2.8 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури в цеховій мережі 33	
2.9 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	38
3 Компенсація реактивної потужності.....	43
3.1 Схеми компенсації реактивної потужності	44
3.2 Особливості компенсації реактивної потужності.....	46
3.3 Вибір конденсаторних установок (КУ) на ТОВ «Барлінек Інвест»....	47
3.4 Обрахунок витрат на ТОВ «Барлінек Інвест».....	49
4 Охорона праці.....	57
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	57
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах	57
4.1.2 Електробезпека.....	59
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	61
4.2.1 Мікроклімат	61

	7
4.2.2 Склад повітря робочої зони	62
4.2.3 Виробниче освітлення	62
4.2.4 Виробничий шум.....	63
4.3 Пожежна безпека.....	64
Висновок	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
Додатки	73
Додаток А – Вихідні дані	74
Додаток Б – Протокол перевірки роботи на наявність текстових запозичень	77
Додаток В – Ілюстративний матеріал	78

ВСТУП

Актуальність роботи. Розробка сучасних та ефективних систем електропостачання (СЕП) є ключовою умовою для надійності та стабільності підприємств. У сучасному світі, де енергетичні ресурси стають дедалі ціннішими, виникає необхідність впровадження технологічно просунутих рішень, що забезпечують оптимальне використання енергії. Проектування СЕП з використанням новітнього обладнання, здатного забезпечити стабільність напруги, достатню потужність і високу енергоефективність, стає нагальною потребою для промислових підприємств. Підприємство ТОВ «Барлінек Інвест» має можливість досягти високих стандартів якості та продуктивності завдяки інноваційним дослідженням у цій галузі.

Метою даної бакалаврської роботи є розробка СЕП ТОВ «Барлінек Інвест», яка забезпечить стабільне та надійне електропостачання, відповідне сучасним вимогам та стандартам.

Об’єктом даної роботи є система електропостачання (СЕП) підприємства ТОВ «Барлінек Інвест».

Предмет дослідження. Зменшення витрат підприємства за допомогою впровадження компенсувальних установок для підвищення енергоефективності та стабільності електропостачання.

Практична цінність. Застосування удосконаленої СЕП на підприємстві ТОВ «Барлінек Інвест», що дозволить забезпечити високу надійність, стабільність та ефективність електропостачання, сприяючи тим самим зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Деревообробна промисловість підприємства ТОВ «Барлінек Інвест» почала формуватися в 19 столітті. На сьогодні, підприємство є одним з провідних світових виробників дерев'яних підлог з річною виробничою потужністю понад 12 мільйонів квадратних метрів, а його продукція продається в 75 країнах на шести континентах. У Вінниці підприємство було засноване у 2004 році, яке знаходиться за адресою м. Вінниця, вул. Чехова, 7в.



Рисунок 1.1 – Розташування підприємства

Окрім підлоги, група «Барлінек» виробляє покриття для спортивних споруд, піклуючись про продукцію та технології, які є екологічно чистими та нешкідливими для навколишнього середовища, «Барлінек» також реалізує низку програм, пов'язаних із охороною природи та екологічною освітою.

Постійна модернізація виробництва та інвестиції в новітні технології зробили «Барлінек» однією з найчистіших компаній у своєму секторі в Польщі та Європі, а діяльність «Барлінек» показує, що охорона навколишнього середовища, крім зобов'язань, викладених у національному законодавстві, є ключовим елементом довгострокової стратегії розвитку компанії. Протягом уже

декількох років компанія реалізує програму "1 за 1", в рамках якої за кожну придбану клієнтом пачку підлогового покриття В з логотипом кампанії висаджується одне дерево. На сьогоднішній день в "Лісі клієнтів" висаджено понад 16 мільйонів дерев[7].

1.1 Короткий опис технологічних процесів

Технологічний процес підприємства передбачає розщеплення лісоматеріалів на виробництво рейок та переробку фанери, виробництво палет та паркетної дошки.

Лісоматеріали постачаються на завод у вигляді колод і транспортуються на переробний завод. Колоди транспортуються до переробного заводу електрокарами та укладаються на спеціалізовані стовпи за допомогою ступінчастого обладнання. Потім колоди транспортуються до лісопилки за допомогою системи вертикальних і горизонтальних конвеєрів, де їх розпилюють на пилорамах. Піломатеріали розпилюються на пилорамах. Потім дошки розрізають на рейки на багатопильному верстаті. Рейки складаються на піддони, а відрізки зберігаються в окремих складах.

Процес обробки дошок повністю механізований, використовуються різні типи конвеєрів. Рейки обрізаються спеціальним пристроєм, який називається оптимізатором, який відправляється на сортувальний конвеєр.

Працівники сортують їх за розміром і якістю та складають на палети. Відходи від виробничого процесу транспортуються стрічковими конвеєрами та транспортуються і передаються на вібраційний конвеєр для відділення стружки, а звідти на переробний завод, розташований біля котельні.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Інформація про потужності підприємства надана в таблиці 1.1 також на рисунку 1.2 наведено генплан підприємства. План та електричні навантаження столярного цеху, зображені на рисунку 1.3 та таблиці 1.2.

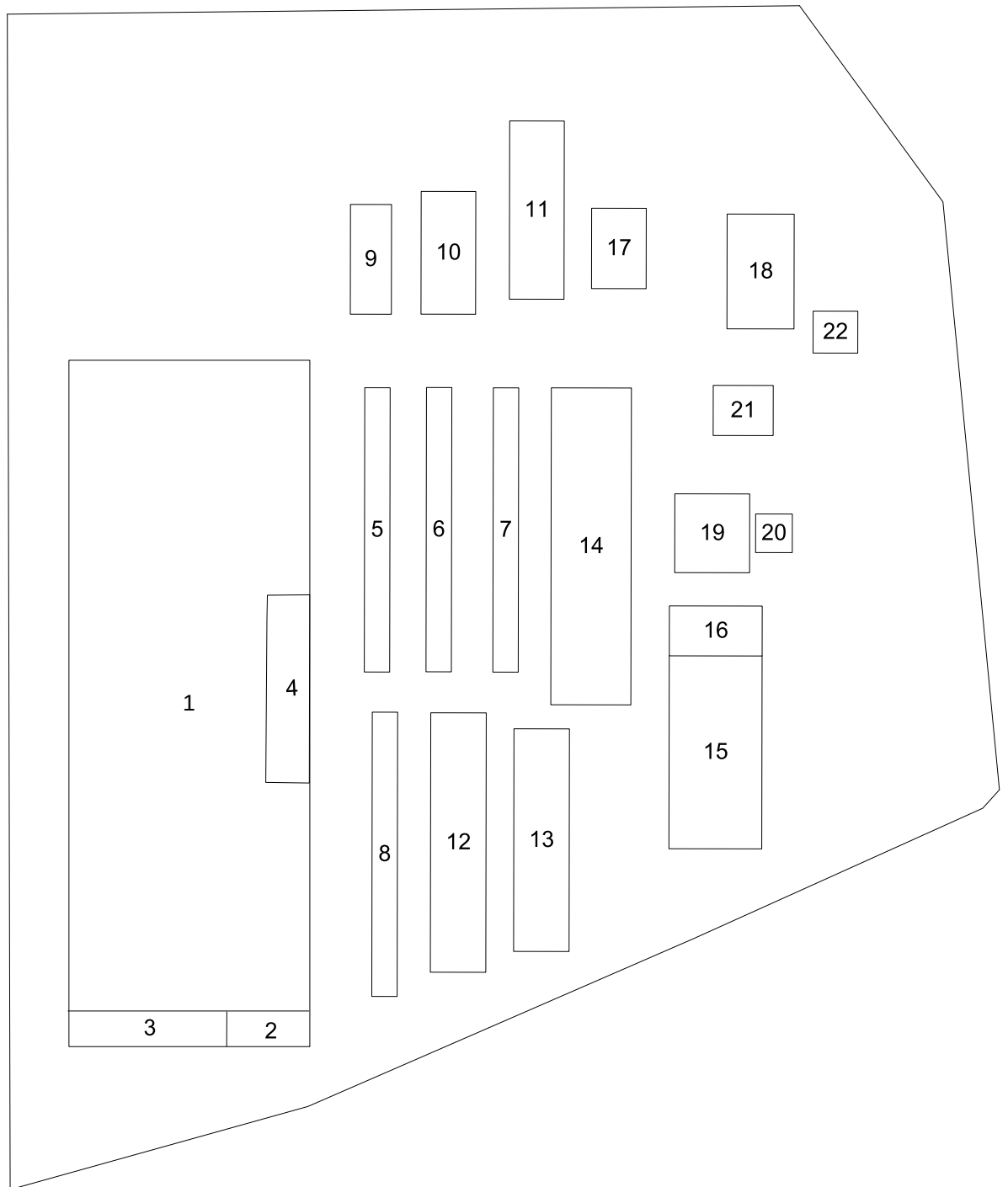


Рисунок 1.2 – Генплан підприємств

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на плані	Споживачі	Рн, кВт
1	Головний виробничий корпус	650
2	Адміністративний корпус	15
3	Навіс для загрузки готової продукції	-
4	Корпус складських і технічних приміщень	10
5	Блок 8-ми сушильних камер №1	300
6	Блок 8-ми сушильних камер №2	300
7	Блок 8-ми сушильних камер №3	300
8	Блок 8-ми сушильних камер №4	300
9	Блок 8-ми сушильних камер №5	150
10	Блок 8-ми сушильних камер №6	180
11	Блок сушильних камер №7	200
12	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №1	-
13	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №2	-
14	Виробництво верхнього шару	475
15	Лісопилний цех	520
16	Технічні і адміністративно-побутові приміщення	20
17	Столярний цех	-
18	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №3	-
19	Котельня	120
20	Склад палива для котельні	5
21	Млин	80
22	Протипожежна насосна станція	5

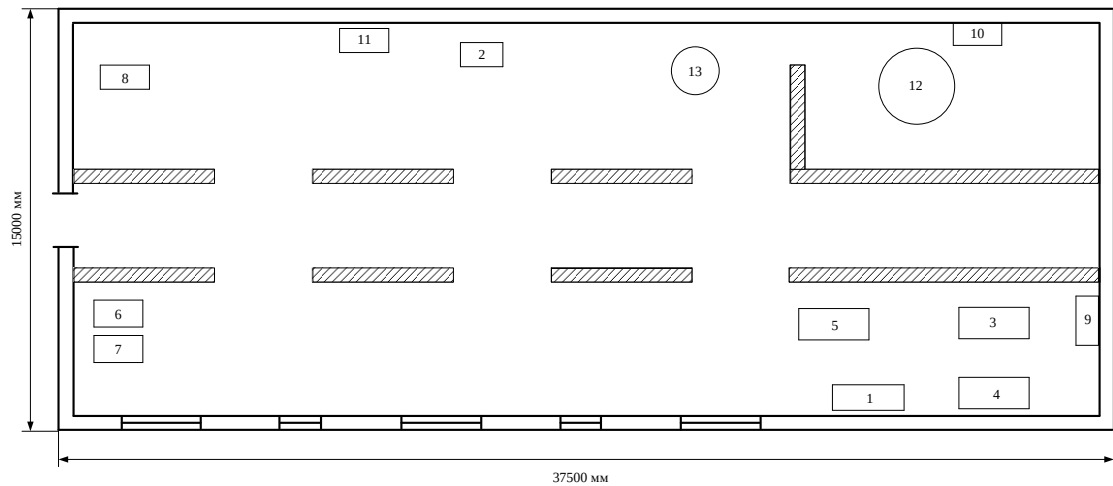


Рисунок 1.3 – План столярного цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	Р _н , кВт
1	Станок фугувальний	4
2	Станок ударний	2
3,4,5	Станок круглопильний	4
6,7	Станок свердлильний	1,5
8	Станок шліфувальний	4
9,10	Витяжка	22
11	Станок вертикальний	4
12	Сушильна камера	12
13	Компресор фарбувальний	3

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ»

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Почнемо розробку електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест» з розрахунку потужності головного виробничого корпусу.

$$P_{mc} = K_{\Pi} \cdot P_{уст}, \quad (2.1)$$

$$P_{mc} = K_{\Pi} \cdot P_{уст} = 0,8 \cdot 650 = 520 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 520 \cdot 0,88 = 458,6 \text{ (квар)}.$$

де K_{Π} – коефіцієнт попиту, згідно [1, 2];

$\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, (приймаємо $\operatorname{tg} \varphi = 0,88$);

$P_{уст}$ – установлена сумарна потужність корпусу, кВт.

Для освітлення цеху приймаємо світильник люмінісцентно-стартерного типу, тоді навантаження освітлювальної мережі можна розрахувати за формулою:

$$P_{м.о.} = F \cdot K_{п.о.} \cdot P_{п.о.} \cdot K_{пра}, \quad (2.3)$$

$$P_{м.о.} = F \cdot K_{п.о.} \cdot P_{п.о.} \cdot K_{пра} = 19966 \cdot 0,016 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 345,02 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{м.о.} = P_{м.о.} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.4)$$

$$Q_{м.о.} = P_{м.о.} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 345,02 \cdot 0,88 = 304,3 \text{ (квар)}.$$

де $P_{п.о.}$ – питома густина освітлювального навантаження, кВт/м² ;

$K_{по}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження ;

$K_{пра}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

F – площа цеху, яка визначається за допомогою генплану, м^2 .

Тоді розрахункова потужність цеху буде розраховуватися за формулою:

$$P_M = P_{MC} + P_{M.O.}, \quad (2.5)$$

$$P_M = P_{MC} + P_{M.O.} \cdot \text{tg}\varphi = 520 + 345,02 = 865,02 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_M = Q_{MC} + Q_{M.O.} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.6)$$

$$Q_M = Q_{MC} + Q_{M.O.} \cdot \text{tg}\varphi = 458,6 + 304,28 = 762,9 \text{ (квар)}.$$

Повна потужність цеху буде:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \quad (2.7)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{865,02^2 + 762,9^2} = 1153,36 \text{ (кВА)}.$$

Всі інші цехи визначаємо у такий же спосіб та заносимо у таблицю 2.1.

Розрахункова активна потужність всього підприємства визначиться як:

$$P_M = K_o \cdot P_{MC} + P_{M.O.}, \quad (2.8)$$

$$P_M = K_o \cdot P_{MC} + P_{M.O.} = 0,95 \cdot 3105,5 + 524,68 = 3474,91 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_M = K_o \cdot Q_{MC} + Q_{M.O.}, \quad (2.9)$$

$$Q_M = K_o \cdot Q_{MC} + Q_{M.O.} = 0,95 \cdot 2961,95 + 494,63 = 3308,47 \text{ (квар)}.$$

де $K_o = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує одночасність максимального навантаження [1].

Повна потужність підприємства становитиме:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{3474,91^2 + 3308,47^2} = 4798,02 \text{ (кВА)}.$$

Таблиця 2.1 - Розрахунок навантажень підприємства

Споживачі	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього		
	Рн, кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс, квар	F, м²	Рпит.о	Кпо	Кпра	Рмо, кВт	Qмо, квар	Рм, кВт	Qм, квар	См кВА
Головний виробничий корпус	650	0,8	0,75	0,88	520	458,60	19966	0,016	0,9	1,2	345,02	304,28	865,02	762,9	1153,36
Адміністративний корпус	15	0,6	0,7	1,02	9	9,18	355	0,011	0,9	1,1	3,87	3,95	12,87	13,1	18,38
Навіс для загрузки готової продукції		0,6	0,5	1,73			771	0,012	0,4	1,1	4,07	7,05	4,07	7,1	8,14
Корпус складських і технічних приміщень	10	0,7	0,6	1,33	7	9,33	1483	0,011	0,4	1,2	7,83	10,44	14,83	19,8	24,72
Блок 8-ми сушильних камер №1	300	0,9	0,7	1,02	270	275,46	779	0,015	0,4	1,2	5,61	5,72	275,61	281,2	393,73
Блок 8-ми сушильних камер №2	300	0,9	0,7	1,02	270	275,46	779	0,015	0,4	1,2	5,61	5,72	275,61	281,2	393,73
Блок 8-ми сушильних камер №3	300	0,9	0,7	1,02	270	275,46	779	0,015	0,4	1,2	5,61	5,72	275,61	281,2	393,73
Блок 8-ми сушильних камер №4	300	0,9	0,7	1,02	270	275,46	779	0,015	0,4	1,2	5,61	5,72	275,61	281,2	393,73
Блок сушильних камер №5	150	0,9	0,7	1,02	135	137,73	487	0,015	0,4	1,1	3,21	3,28	138,21	141,0	197,45
Блок сушильних камер №6	180	0,9	0,7	1,02	162	165,27	722	0,015	0,4	1,1	4,77	4,86	166,77	170,1	238,24
Блок сушильних камер №7	200	0,9	0,7	1,02	180	183,64	1048	0,015	0,4	1,1	6,92	7,06	186,92	190,7	267,03
Навіс для тимчасового зберігання заготовок №1		0,6	0,5	1,73			1590	0,012	0,4	1,1	8,40	14,54	8,40	14,5	16,79
Навіс для тимчасового зберігання заготовок №2		0,6	0,5	1,73			695	0,012	0,4	1,1	3,67	6,35	3,67	6,4	7,33

Продовження таблиці 2.1

Споживачі	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього		
	Рн, кВт	Кп	cos φ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс, квар	F, м2	Рпит. о	Кпо	Кп ра	Рмо, кВт	Qмо, квар	Рм, кВт	Qм, квар	Sm кВА
Виробництво верхнього шару	475	0,8	0,75	0,88	380	335,13	2806	0,016	0,85	1,2	45,80	40,39	425,80	375,5	567,73
Лісопильний цех	520	0,85	0,75	0,88	442	389,81	2313	0,016	0,85	1,2	37,75	33,29	479,75	423,1	639,66
Технічні і адміністративно-побутові приміщення	20	0,6	0,7	1,02	12	12,24	635	0,01	1	1,2	7,62	7,78	19,62	20,0	28,04
Столярний цех	40,64	0,8	0,75	0,88	32,5	28,67	472	0,016	0,85	1,1	7,07	6,23	39,58	34,9	52,77
Навіс для тимчасового зберігання заготовок №3		0,6	0,5	1,73			919	0,012	0,4	1,1	4,85	8,40	4,85	8,4	9,71
Котельня	120	0,7	0,8	0,75	84	63,00	202	0,01	1	1,2	2,42	1,82	86,42	64,8	108,03
Склад палива для котельні	5	0,6	0,5	1,73	3	5,20	152	0,011	0,85	1,2	1,70	2,95	4,70	8,1	9,41
Млин	80	0,7	0,7	1,02	56	57,13	325	0,015	0,85	1,2	4,98	5,08	60,98	62,2	87,11
Протипожежна насосна станція	5	0,6	0,5	1,73	3	5,20	128	0,015	1	1,2	2,30	3,99	5,30	9,2	10,60
Всього по підприємству	3670,64				3105,51	2961,95	38187				524,6 8	494,6 3	3474,9 1	3308,4 7	4798,0 2

2.2 Вибір і розміщення підстанцій

Для вибору розміщення і кількості ТП, скористаємось густиною навантаження на 1 м² площі, визначимо це значення:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}. \quad (2.10)$$

Для розрахунку візьмемо загальну розрахункову потужність підприємства з таблиці 2.1:

$$S_{\Sigma} = 4798,02 \text{ (кВА)}.$$

Загальна площа цехів підприємства аналогічно візьмемо з таблиці 2.1

$$F_{\Sigma} = 38187 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Економічна густина навантаження буде складати:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{4798,02}{38187} = 0,13 \text{ (кВА / м}^2\text{)}.$$

Отримане значення показує, що для підприємства доцільно буде використовувати двотрансформаторні підстанції з потужністю 630 або 1000 кВА.[8] Знайдемо економічне число підстанцій за формулою:

$$N_{\text{ек}} \geq \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3}. \quad (2.11)$$

З прийнятих потужностей трансформатора, розглянемо наступні варіанти:

1) При номінальній потужності трансформатора 630 кВ·А, число ТП буде:

$$N_{\text{ек}} = \frac{4798,02}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \pm 0,85)} = 4,76 \pm 4,48 \text{ (шт)}.$$

При такому значенні, кількість ТП повинна становити п'яти.

2) При номінальній потужності трансформатора 1000 кВ·А, число ТП буде:

$$N_{\text{ек}} = \frac{4798,02}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \pm 0,85)} = 3,00 \pm 2,82 \text{ (шт.)}.$$

При такому значенні, кількість ТП повинна становити три.

Занесемо результати обрахунків у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Розподіл ТП між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
№ на генплані	Sp, кВА	630		№ на генплані	Sp, кВА	1000	
		N, шт	кз			N, шт	кз
1	1153,36	2	0,92	1-5	1596,74	2	0,80
2-4, 8, 12-14	1034,53	2	0,82	6-8, 10- 11	1686,45	2	0,84
5, 6, 9	984,90	2	0,78	9, 12-22	1730,93	2	0,87
7, 10, 11	898,99	2	0,71				
15-22	943,17	2	0,75				

Отже, при порівнянні двох варіантів, обираємо варіант 2, оскільки коефіцієнт завантаження ТП є більш оптимальним.

Побудуємо картограму, для визначення положення ТП та ЦРП. Прийmemo радіус кола для головного виробничого корпусу рівним 100 м.

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2, \quad (2.12)$$

Визначаємо масштаб побудови головного виробничого корпусу:

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}, \quad (2.13)$$

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2} = \frac{865,02}{3,14 \cdot 100^2} = 0,027 \text{ (кВт / м}^2\text{)}.$$

Перерахуємо радіуси кругів вже в обраному масштабі:

$$r = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m_p}}, \quad (2.14)$$

$$r = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{865,02}{3,14 \cdot 0,027}} = 100 \text{ (м)}.$$

Для врахування освітлювального навантаження визначимо сектор круга, що йому відповідає:

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{\text{м.о.}}}{P_p}, \quad (2.15)$$

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{\text{м.о.}}}{P_p} = \frac{360 \cdot 345,02}{865,02} = 143,59 (^{\circ}).$$

Аналогічно проведемо обрахунок для інших цехів, результати внесемо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані для побудови картограми

№ п.п	Споживачі	Координати		P _p , кВт	P _{мо} , кВт	αк	rk, м
		Xk, м	Yk, м				
1	Головний виробничий корпус	66,8	171,7	865,02	345,02	143,59	100,00
2	Адміністративний корпус	95,8	48,78	12,87	3,87	108,22	1,59
3	Навіс для загрузки готової продукції	51,8	48,78	4,07	4,07	360,00	0,71
4	Корпус складських і технічних приміщень	105,2	176,9	14,83	7,83	190,08	2,14
5	Блок 8-ми сушильних камер №1	136,6	236,7	275,61	5,61	7,33	34,14
6	Блок 8-ми сушильних камер №2	160,2	236,7	275,61	5,61	7,33	34,14
7	Блок 8-ми сушильних камер №3	185,2	236,7	275,61	5,61	7,33	34,14
8	Блок 8-ми сушильних камер №4	139,6	114,6	275,61	5,61	7,33	34,14
9	Блок сушильних камер №5	134,1	337,5	138,21	3,21	8,37	17,12
10	Блок сушильних камер №6	163,5	341,5	166,77	4,77	10,29	20,66

Продовження таблиці 2.3

№ п.п	Споживачі	Координати		Рр, кВт	Рмо, кВт	αк	rk, м
		Хк, м	Ук, м				
11	Блок сушильних камер №7	196,7	356,5	186,9 2	6,92	13,32	23,1 5
12	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №1	166,7	119,1	8,40	8,40	360,0 0	1,46
13	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №2	199,7	120	3,67	3,67	360,0 0	0,64
14	Виробництво верхнього шару	216,6	228,7	425,8 0	45,80	38,72	49,2 2
15	Лісопилний цех	265	151,7	479,7 5	37,75	28,32	55,4 6
16	Технічні і адміністративно-побутові приміщення	265	197,7	19,62	7,62	139,8 7	2,43
17	Столярний цех	227,6	341,5	39,58	7,07	64,27	4,58
18	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №3	280,6	332,5	4,85	4,85	360,0 0	0,84
19	Котельня	262,7	234,2	86,42	2,42	10,08	9,37
20	Склад палива для котельні	286,7	234,7	4,70	1,70	130,3 4	0,82
21	Млин	274,6	280,5	60,98	4,98	29,39	7,55
22	Протипожежна насосна станція	308,6	310,5	5,30	2,30	156,3 0	0,92

Проаналізувавши отримані результати, ми можемо зробити наступний висновок, встановити ЦРП в центрі навантажень (164,25; 214,92) не можна, тому встановимо ЦП в наступних місцях [13]:

Координати ЦРП: (155,1; 11,6)

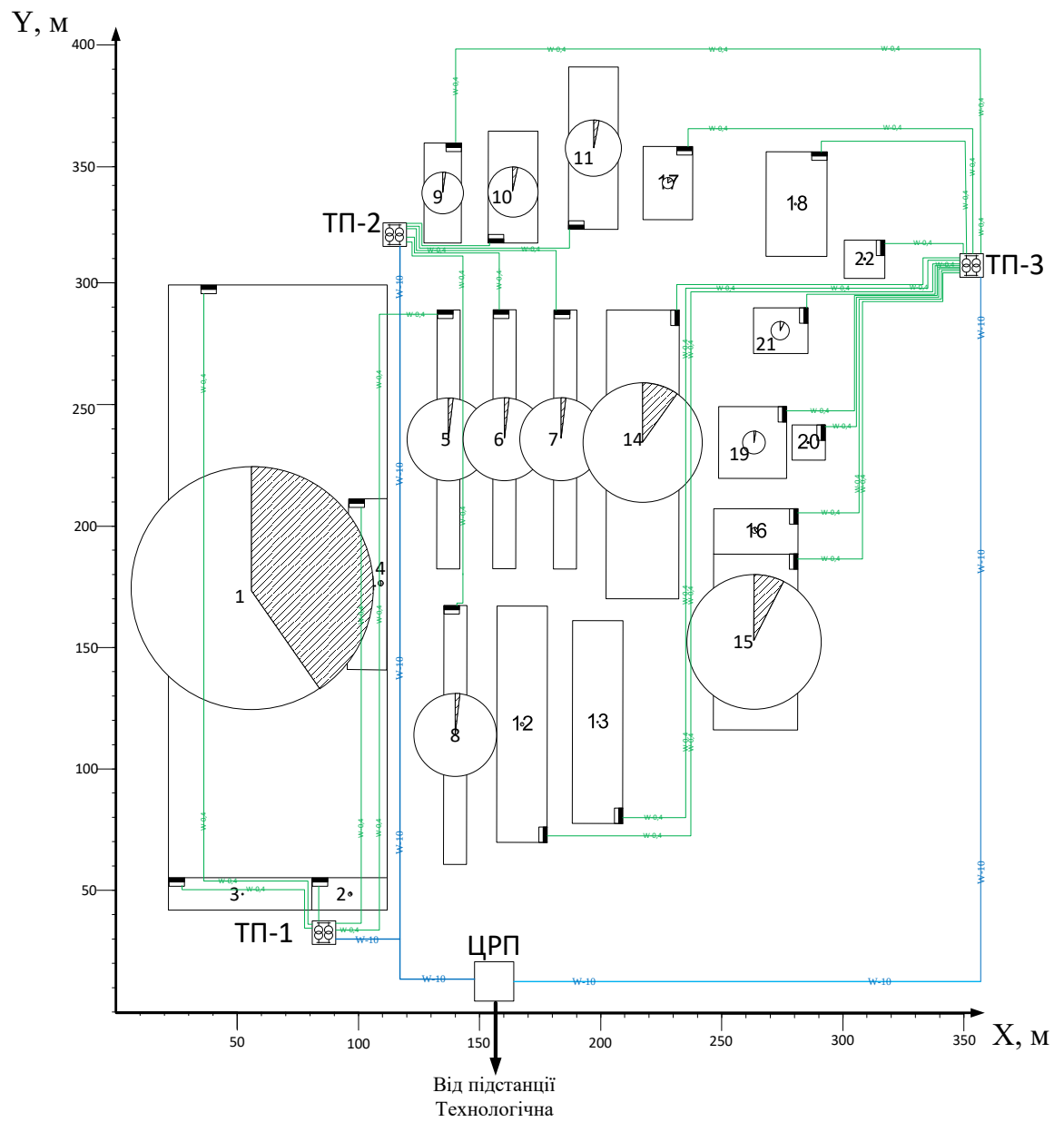


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень ТОВ «Барлінек Інвест»

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

Обираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ, оскільки цехові ТП розміщені в різних напрямках від ЦРП. Живлення підприємства відбувається від підстанції «Технологічна»

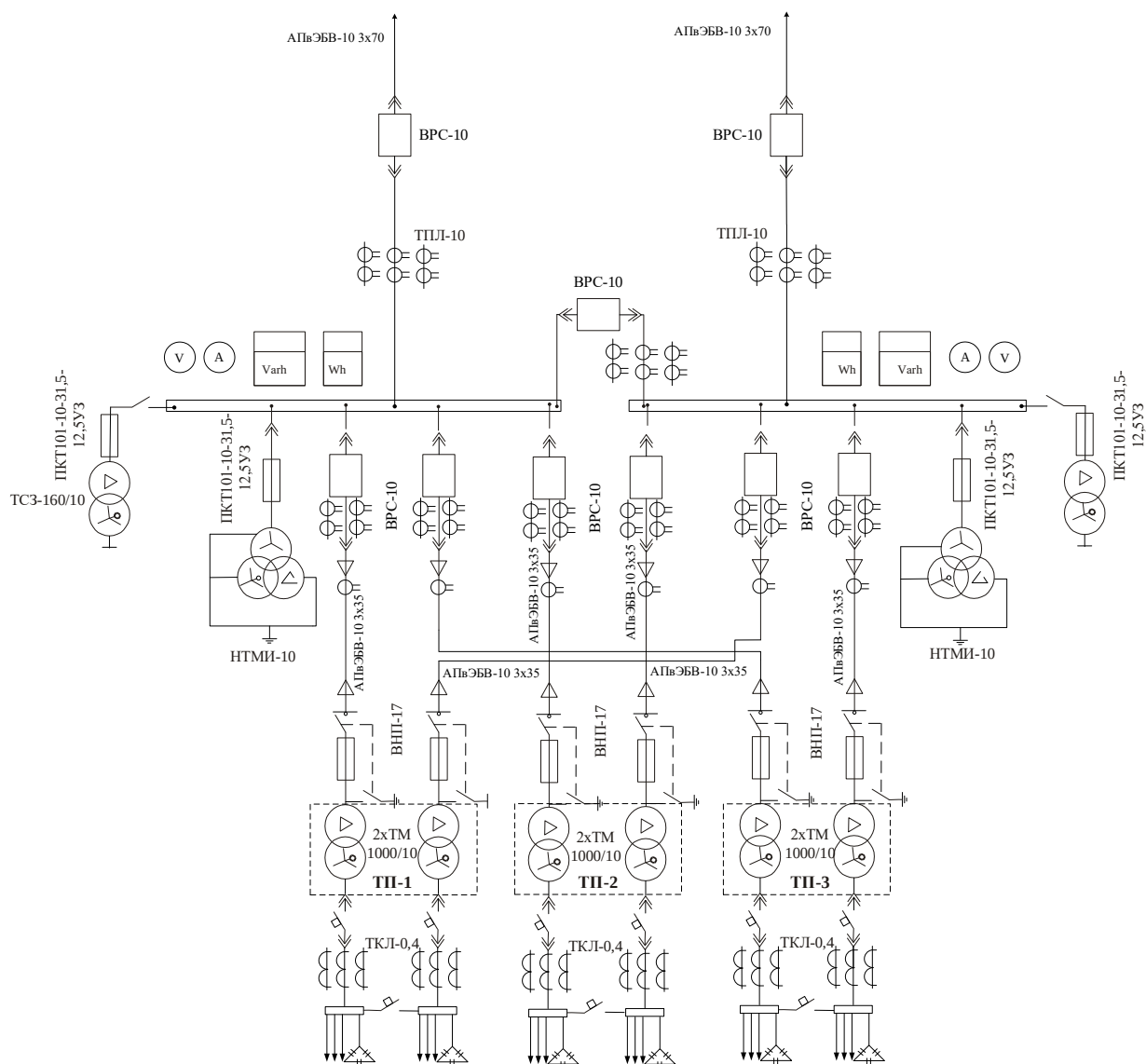


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема внутрішньозаводського електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест»

Високовольтні вимикачі вибираємо за наступних умов:

$$U_{\text{ном.в.}} \geq U_{\text{ном.мережі}}, \quad (2.16)$$

$$I_{\text{ном.в.}} \geq I_{\text{м.}} \quad (2.17)$$

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.18)$$

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{4798,02}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 138,51 \text{ (A)}.$$

Для захисту кабельних ліній використаємо вакуумні вимикачі типу ВРС-10 [6]. Визначимо розрахунковий допустимий струм кабеля для живлення підприємства:

$$I_{\text{р}} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot I_{\text{доп}} \quad (2.19)$$

$$138,51 \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 171 = 169,14 \text{ (A)}.$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища [3];

k_2 - поправочний коефіцієнт в залежності від глибини прокладання[3];

k_3 - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту [3];

k_4 - поправочний коефіцієнт в залежності від відстані між фазами [3];

k_5 - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів [3].

Вибираємо кабель АПвЭБВ-10 перерізом $3 \times 70 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}}=171 \text{ А}$ [2,3, 5].

Розрахуємо на прикладі ЦРП-ТП1 струми нормального та післяаварійного режимів:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.20)$$

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1596,74}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 46,09 \text{ (A)}.$$

$$I_{М.па} = \frac{1,3 \cdot S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (2.21)$$

$$I_{М.па} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 75,06 \text{ (A)}.$$

Вибираємо вимикач ВРС-10 Номінальний струм вимикача 630 А. Вибір інших вимикачів відбувається ідентично, результати наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Вибір вимикачів та кабелів напругою 10 кВ

Лінія	Ім, А	Іпа, А	Вимикач	Іном, А	Провідник	S, мм ²	Ідоп, А
ЦРП-ТП-1	46,09	75,06	ВРС-10	630	АПвЭБВ-10	3х35	119
ЦРП-ТП-2	48,68	75,06	ВРС-10	630	АПвЭБВ-10	3х35	119
ЦРП-ТП-3	49,97	75,06	ВРС-10	630	АПвЭБВ-10	3х35	119

2.4 Розрахунок струмів КЗ мережі 10 кВ

Розрахунок струмів КЗ виконаємо для перевірки вибраної комутаційно-захисної апаратури та провідників. Для цього використаємо метод, що заснований на використанні відносних одиниць. Прийmemo базисну потужність ($S_6=1000$ МВА) та напругу ($U=10,5$ кВ). Складемо схему заміщення системи електропостачання підприємства.

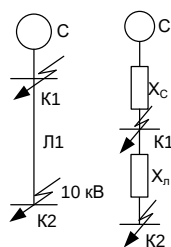


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Визначимо опори схеми за прийнятих базисних величин.

Опір системи:

$$X_c = \frac{S_6}{S_k}, \quad (2.22)$$

$$X_c = \frac{S_6}{S_k} = \frac{1000}{400} = 2,5.$$

Опір лінії:

$$X_{\text{л}} = X_{\text{пит}} \cdot 1 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2}, \quad (2.23)$$

$$X_{\text{л}} = X_{\text{пит}} \cdot 1 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2} = 0,329 \cdot 5 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 14,92.$$

Тоді, сумарний опір буде становити:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{\text{л}}, \quad (2.24)$$

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{\text{л}} = 2,5 + 14,92 = 17,42.$$

Діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_{\text{п.о.К}} = \frac{E_c''}{X_c} \cdot I_6, \quad (2.25)$$

$$I_{\text{п.о.К}} = \frac{E_c''}{X_{\Sigma}} \cdot I_6 = \frac{1}{17,42} \cdot 54,99 = 3,16 \text{ (кА)}.$$

Періодична складова струму становить:

$$I_{\text{п.т.К}} = I_{\text{п.о.К}} = 3,16 \text{ (кА)}. \quad (2.26)$$

Розрахунковий час складає:

$$\tau = t_{\text{рз.міп}} + t_{\text{в.в.}}, \quad (2.27)$$

$$\tau = t_{\text{рз.міп}} + t_{\text{в.в.}} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ (с)}.$$

Аперіодична складова струму становить:

$$i_{\text{а.т.С}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о.С}} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\text{ас}}}}, \quad (2.28)$$

$$i_{\text{а.т.С}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о.С}} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\text{ас}}}} = \sqrt{2} \cdot 3,16 \cdot e^{-\frac{0,05}{0,03}} = 0,84 \text{ (кА)}.$$

Ударний струм к.з.:

$$i_{\text{уд.С}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о.С}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_{\text{ас}}}} \right), \quad (2.29)$$

$$i_{\text{уд.С}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о.С}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_{\text{ас}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 3,16 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 7,66 \text{ (кА)}.$$

Тепловий імпульс вимикача:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{п.о.С}}^2 \cdot (t_{\text{відк}} + T_{\text{ас}}), \quad (2.30)$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{п.о.С}}^2 \cdot (t_{\text{відк}} + T_{\text{ас}}) = 3,16^2 \cdot (0,6 + 0,03) = 0,9 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

де $t_{\text{відкл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{п.в.}} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ (с)}$ - час відключення КЗ.

Виконаємо перевірку обраних вимикачів, скориставшись наступними умовами [1]:

$$I_{\text{н.відкл}}^3 I_{\text{пт}},$$

$$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.відкл}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100} \right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}} + i_{\text{ат}},$$

$$\begin{aligned}
I_{\text{н.відкл}}^3 &= 20 \text{ (кА)} \geq I_{\text{пт}} = 3,16 \text{ (кА)}, \\
\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.відкл}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100} \right) &= \sqrt{2} \cdot 20 \left(1 + \frac{21}{100} \right) = \\
&= 34,22 \text{ (кА)} \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}} + i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot 3,16 + 0,84 = 5,31 \text{ (кА)}
\end{aligned}$$

Отже, комутаційна здатність вимикача виконується.

Стійкість вимикача до динамічної дії струмів КЗ, перевіримо за такими умовами:

$$\begin{aligned}
i_{\text{дин}} &\geq i_{\text{уд}}, \\
I_{\text{дин}} &\geq I_{\text{п.о.}}, \\
i_{\text{дин}} &= 52 \text{ (кА)} \geq i_{\text{уд}} = 7,66 \text{ (кА)}, \\
I_{\text{дин}} &= 20 \text{ (кА)} \geq I_{\text{п.о.}} = 3,16 \text{ (кА)},
\end{aligned}$$

Вимикач також пройшов умови до динамічної дії струмів КЗ. Тобто даний вимикач, можна спокійно встановлювати на ЦРП.

Зробимо перевірку на термічну дію струмів КЗ кабельних ліній, за умовою:

$$\begin{aligned}
S_{\text{ТП}} &= 35 \text{ мм}^2 \geq S_{\text{мін}}, \\
S_{\text{ТП}} = 35 \text{ мм}^2 \geq S_{\text{мін}} &= \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C_{\text{т}}} = \frac{\sqrt{0,9 \cdot 10^3}}{90} = 10,52 \text{ (мм}^2\text{)}.
\end{aligned}$$

Вибраний переріз кабелів задовільняє умови.

2.5 Розрахунок електропостачання цеху

2.6 Схема електропостачання цеху

Оскільки радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, то для більшої надійності обираємо радіальну схему живлення, що було показано на рисунку 3.1.

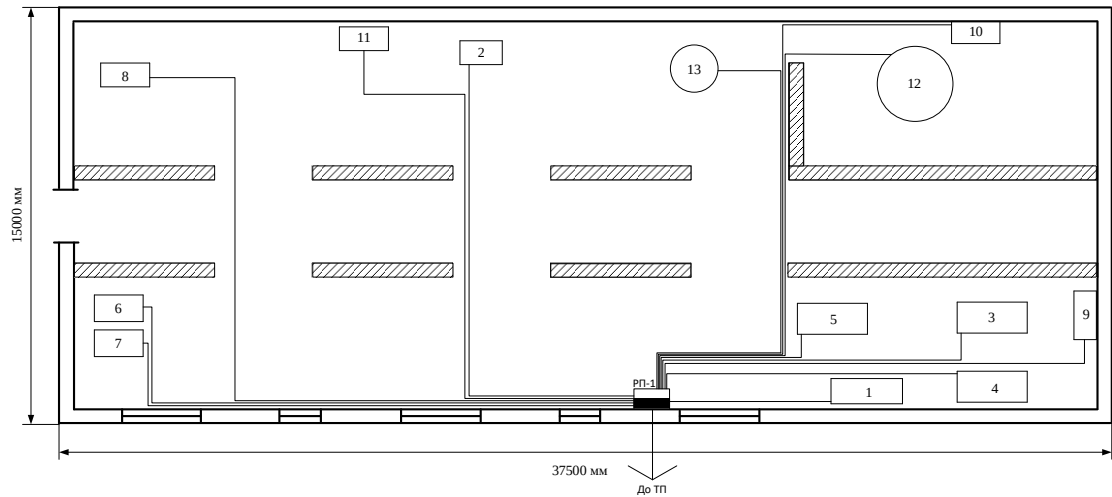


Рисунок 2.4 - План столярного цеху з схемою електропостачання

2.7 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Для визначення навантаження окремих ЕП або ліній, що живлять два-три ЕП, їх вважають рівними номінальному значенню [3]:

$$P_p = P_n, Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_n \quad (2.31)$$

де P_n - номінальна активна потужність ЕП, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_n$ - номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні значення визначаються згідно з паспортними даними ЕП.

Розрахункові навантаження для живлячих мереж напругою до 1 кВ визначають за формулами:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \quad (2.32)$$

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.33)$$

Груповий коефіцієнт використання та ефективне число ЕП розраховуються за формулами [3]:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} \quad (2.34)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} \quad (2.35)$$

n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

Для прикладуведемо обрахунок:

Визначимо потужність електроприймача №1(ЕП-1):

$$P_H = n \cdot p_H \quad (2.36)$$

$$P_H = n \cdot p_H = 1 \cdot 4 = 4 \text{ (кВт)}.$$

Знайдемо середні значення активної і реактивної потужності фугувального станка, що отримує живлення від РП1:

$$P_{cm} = k_B \cdot P_H = 0,45 \cdot 4 = 1,8 \text{ (кВт)}; \quad (2.37)$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,8 \cdot 1,52 = 2,73 \text{ (кВт)}. \quad (2.38)$$

Визначимо коефіцієнт використання для групи електроприймачів, що приєднанні до РП1:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{43,7}{88} = 0,5 \quad (2.39)$$

Тоді ефективне число електроприймачів буде:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} = \frac{88^2}{1225,5} = 6,3 \text{ приймаємо } 6. \quad (2.40)$$

Відповідно до розрахованих значень з таблиці визначимо коефіцієнт розрахункового максимуму, який становить 1,98.

Розрахункові значення потужностей можна визначити:

$$P_M = K_M \cdot \sum P_{CM} = 1,98 \cdot 43,7 = 36,92 \text{ (кВт)}; \quad (2.41)$$

$$Q_M = 1,1 \cdot \sum Q_{CMi} = 1,1 \times 40,38 = 44,42 \text{ (квар)}. \quad (2.42)$$

Повна потужність:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{36,92^2 + 44,42^2} = 57,96 \text{ (кВА)}. \quad (2.43)$$

Розрахуємо розрахункове значення струму для РП1:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{57,96}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 83,78 \text{ (А)}. \quad (2.44)$$

Проводячи аналогічні розрахунки по всіх споживачах, що приєднанні до цехових РП та підстанції отриманні результати зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок силового навантаження цеху

Вихідні дані						Розрахункові велечини			п _е	Кр	Розрахункові навантаження			
Завдання технологів				Довідникові дані		п·Рн·Кв, кВт	п·Рн·Кв·tg φ, квар	п·Рн ²			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
Найменування ЕП	п	Рн, кВт	п·Рн, кВт	Кв	tg φ									
Станок фугувальний (1)	1	4	4	0,45	1,52	1,8	2,73	16						
Станок ударний (2)	1	2	2	0,4	1,17	0,8	0,94	4						
Станок круглопилний (3-5)	3	4	12	0,45	1,33	5,4	7,20	48						
Станок свердлильний (6-7)	2	1,5	3	0,4	1,52	1,2	1,82	4,5						
Станок шліфувальний (8)	1	4	4	0,5	0,75	2	1,50	16						
Витяжка (9-10)	2	22	44	0,6	0,75	26,4	19,80	968						
Станок вертикальний (11)	1	4	4	0,4	1,40	1,6	2,25	16						
Сушильна камера (12)	1	12	12	0,3	0,96	3,6	3,47	144						
Компресор фарбувальний (13)	1	3	3	0,3	0,75	0,9	0,68	9						
Всього РП-1	13	56,5	88	0,50		43,7	40,38	1225,5	6,3	1,98	86,53	44,42	97,26	147,78
Всього по цеху	13	56,5	88	0,50		43,7	40,38	1225,5	6,3	0,93	40,64	44,42	60,21	91,48

2.8 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури в цеховій мережі

При виборі автоматичних вимикачів необхідно врахувати наступні умови [1]:

$$I_{H.RO3Ч} \geq K_{ВДС} I_P; \quad (2.45)$$

$$I_{H.ВДК} \geq I_{K.max}^{(3)}; \quad (2.46)$$

$$I_{C.B} \geq K_H \cdot I_{П}. \quad (2.47)$$

де $I_{H.RO3Ч}$ - номінальний струм розчіплювача, А;

$I_{C.B}$ - струм спрацювання відсічки, А;

$K_{ВДС}$ - коефіцієнт відстроювання, який визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або само запуску;

I_M - розрахунковий струм ЕП або РП в цілому при напрузі $U_H = 0,38$ кВ;

K_H - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

$I_{П}$ - піковий струм, А;

$I_{H.ВДК}$ - номінальний струм спрацювання відключення, А;

$I_{K.max}^{(3)}$ - струм трифазного КЗ, А.

Покажемо приклад вибору кабеля та захисного апарату для лінії РП1-ЕП1.

Струм, за яким буде виконуватися вибір, для цього ЕП складе:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,55} = 11,05 \text{ (А)}.$$

Піковий струм буде складати:

$$I_{П} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 11,05 = 55,25 \text{ (А)}. \quad (2.48)$$

Відповідно до отриманих результатів встановлюємо автомат серії ЕВ 2, номінальний струм 20 А, струмом розчеплювача 16 А та струму відсічки 120 А.

Вибір автоматичних вимикачів для інших ЕП виконуємо аналогічно, розрахунок приведений в таблиці 2.6

Наприклад, автомат для захисту РП1 вибирається по розрахунковому струму живлячої його лінії:

$$I_m = 147,78 \text{ (A)}.$$

Піковий струм для групи споживачів визначається за формулою:

$$I_n = 147,78 - 0,5 \cdot 41,78 + 208,91 = 335,94 \text{ (A)}. \quad (2.49)$$

де $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ – визначаються за найбільшим струмом окремого ЕП з групи, а K_v - коефіцієнт його використання.

Аналогічно проводимо вибір для інших ЕП цеху.

До встановлення на вході у РП1 приймаємо селективний автоматичний вимикач ЕВ2 250/3Е 250А 3р [4]. Також в якості цієї лінії живлення обираємо кабель марки АВВГ (4×50) [5], з допустимим струмом 175 А.

При використанні кабелів потрібно проводити перевірку захисту лінії від перенавантаження:

$$I_{доп} \geq I_{н.розч} \quad (2.50)$$

$$I_{доп} = 175 \geq I_{н.розч} = 157,5$$

Для інших споживачів розрахунки проводимо аналогічним чином і вносимо у таблицю 2.7.

Зазвичай у випадку, коли необхідно провести перевірку втрат напруги в лініях живлення рекомендується поступати наступним чином. Обирають

найбільш віддалений від джерела живлення споживач та знаходять для нього втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{пит}} \cdot R_{\text{пит}} + Q_{\text{пит}} \cdot X_{\text{пит}}}{U_{\text{ном}}} \cdot l \quad (2.51)$$

Втрати напруги для 9 споживача становлять:

$$\Delta U = \frac{21,78 \cdot 1,54 + 34,2 \cdot 0,072}{380} \cdot 40,2 = 3,82 \%$$

Розрахунки показують допустимість втрат напруги, яка складає $\leq 5\%$.

Таблиця 2.6- Вибір комутаційно-захисної апаратури

Лінія		I_p	I_n	Тип захисного апарата	I_n	$I_{розч}$	$I_{с.в.}$
		A	A		A	A	A
РП-1	Станок фугувальний (1)	11,05	55,25	EB2 125/3L 20A 3р	20	16	120
	Станок ударний (2)	4,67	23,37	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
	Станок круглопильний (3-5)	10,13	50,64	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
	Станок свердильний (6-7)	4,14	20,72	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
	Станок шліфувальний (8)	7,60	37,98	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
	Витяжка (9-10)	41,78	208,91	EB2 125/3L 50A 3р	50	32	350
	Станок вертикальний (11)	10,48	52,39	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
	Сушильна камера (12)	25,32	126,61	EB2 125/3L 32A 3р	32	20,16	192
	Компресор фарбувальний (13)	5,70	28,49	EB2 125/3L 20A 3р	20	12,6	120
ТП	Всього РП-1	147,78	335,94	EB2 250/3E 250A 3р	250	157,5	1500

Таблиця 2.7- Вибір кабелів

Лінія		I _р ,	I _{н.р.}	Тип провідника	s,	Спосіб прокладання	I _{доп} ,	l,	DU,
		A	A		мм ²		A	м	%
РП-1	Станок фугувальний (1)	11,05	16	АПВ	2,5	в трубі	19	5,75	0,71
	Станок ударний (2)	4,67	12,6	АПВ	2,5	в трубі	19	17,79	0,75
	Станок круглопилний (3-5)	10,13	25,6	АПВ	6	в трубі	30	30,499	4,15
	Станок свердлильний (6-7)	4,14	12,6	АПВ	2,5	в трубі	19	40,71	3,33
	Станок шліфувальний (8)	7,60	12,6	АПВ	2,5	в трубі	19	28,89	1,95
	Витяжка (9-10)	41,78	63	АПВ	25	в трубі	70	40,27	3,82
	Станок вертикальний (11)	10,48	12,6	АПВ	2,5	в трубі	19	22,14	2,24
	Сушильна камера (12)	25,32	20,16	АПВ	6	в трубі	30	20,3	1,33
	Компресор фарбувальний (13)	5,70	12,6	АПВ	2,5	в трубі	19	18,1	0,55
ТП	Всього РП-1	147,78	157,5	АВВГ	50	в землі	175	2,53	0,40

2.9 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів КЗ проводиться для перевірки вибраних вимикачів та провідників. Отже, розрахуємо струм КЗ для перевірки лінії, яка живить підприємство.

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.8).

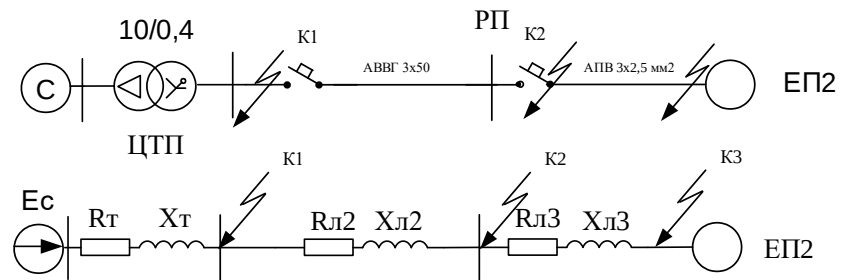


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Знайдемо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}}, \quad (2.52)$$

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

Визначимо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2}, \quad (2.53)$$

$$Z_c = \frac{c \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,02 \text{ (МОм)}.$$

де c - коефіцієнт напруги;

U_H – номінальна напруга системи;

I_K'' – початкова сила струму КЗ.

Активний і реактивний опір системи:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c, \quad (2.54)$$

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,02 = 0,97 \text{ (мОм)};$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c, \quad (2.55)$$

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

Знайдемо опори першої лінії:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2}, \quad (2.56)$$

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 1,1 \cdot 5000 \cdot \frac{1}{25^2} = 8,8 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2}, \quad (2.57)$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,068 \cdot 5000 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,544 \text{ (мОм)}.$$

Знайдемо опори інших ліній:

$$R_{L2} = r_{\text{пит}} \cdot L_2 = 0,769 \cdot 30 = 23,07 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L2} = x_{\text{пит}} \cdot L_2 = 0,066 \cdot 30 = 1,98 \text{ (мОм)};$$

$$R_{L3} = r_{\text{пит}} \cdot L_3 = 15,4 \cdot 17,79 = 273,97 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L3} = x_{\text{пит}} \cdot L_3 = 0,1 \cdot 17,79 = 1,779 \text{ (мОм)}.$$

Визначимо опір вибраного трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T}, \quad (2.58)$$

$$Z_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 8,8 \text{ (мОм)};$$

$$U_{ka} = \frac{P_k}{S_T} \cdot 100, \quad (2.59)$$

$$U_{ka} = \frac{P_k}{S_T} \cdot 100 = \frac{8,6}{1000} \cdot 100 = 0,86$$

$$R_T = \frac{U_{ka}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T}, \quad (2.60)$$

$$R_T = \frac{U_{ka}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{0,86}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 1,376 \text{ (мОм)};$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \quad (2.61)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{8,8^2 - 1,376^2} = 8,69 \text{ (мОм)}.$$

Знайдемо струми однофазного та трифазного КЗ у заданих точках:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.HOM}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot l}; \quad (2.62)$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{HOM}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.63)$$

Для точки 1:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{8,8}{3} + 1,59 \cdot 5} = 9,434 \text{ (кА)};$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{1,376^2 + 8,69^2}} = 26,178 \text{ (кА)}.$$

Для точки 2:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{8,8}{3} + 1,59 \cdot 5 + 2,22 \cdot 30} = 2,839 \text{ (кА)};$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,376 + 23,07)^2 + (8,69 + 1,98)^2}} = 8,636 \text{ (кА)}.$$

Для точки 3:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{8,8}{3} + 1,59 \cdot 5 + 2,22 \cdot 30 + 29,64 \cdot 17,79} = 0,364 \text{ (кА)};$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,376 + 23,07 + 273,97)^2 + (8,69 + 1,98 + 1,779)^2}} = 0,771 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо виконання умови чутливості [1]:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к3}^{(1)}}{3} \quad (2.64)$$

Для точки 2:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к3}^{(1)}}{3} = 250 \leq \frac{2839,32}{3} = 946,44 \text{ (A)}.$$

Для точки 3:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к3}^{(1)}}{3} = 20 \leq \frac{363,76}{3} = 121,26 \text{ (A)}.$$

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що вимикачі забезпечують умови чутливості.

Перевіримо обрані вимикачі за умовою селективності, згідно [1]:

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5) I_{с.В2}, \\ t_{с.В1} > t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.65)$$

Виконаємо перевірку селективності для вимикачів лінії ТПЗ – РП1 та РП1 – ЕП2.

$$\begin{cases} I_{с.В1} = 250 \text{ (A)} > (1,3..1,5) \cdot 20 = 26 \div 30 \text{ (A)}, \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \text{ (с)}. \end{cases}$$

Умови селективності забезпечені.

3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Компенсація реактивної потужності є важливим аспектом для забезпечення ефективної роботи енергосистем. Реактивна потужність, на відміну від активної, не виконує корисну роботу, але призводить до додаткових втрат в системі і знижує її ефективність. Високий рівень реактивної потужності може бути причиною перевантаження ліній електропередачі, трансформаторів та іншого обладнання, що призведе до збільшення витрат на технічне обслуговування та ремонт.

Реактивна потужність-це складова загальної потужності, що складається з активної та реактивної потужності. Їх взаємозв'язок легко позначити трикутником потужності, де загальна потужність (S) представлена гіпотенузою, активна потужність (P) є основою, а реактивна потужність (Q) перпендикулярна.

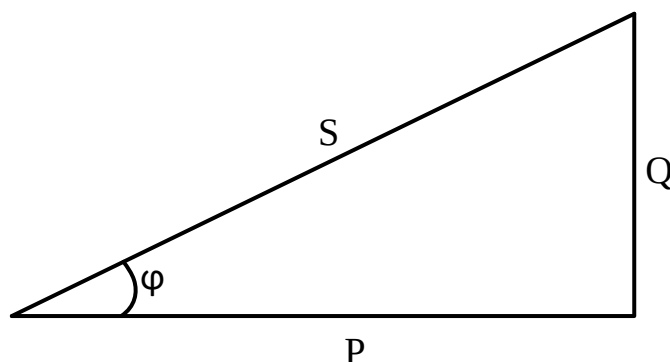


Рисунок 3.1 – Трикутник потужностей

Котушки індуктивності та обмотки електродвигунів, трансформаторів та подібних електричних пристроїв створюють електромагнітні поля та споживають реактивну потужність. Будучи компонентами електричного кола, ці котушки індуктивності діють як навантаження в системі електропостачання, споживаючи як активну, так і реактивну потужність.

На ефективність і стабільність електричних систем сильно впливає реактивна потужність, що робить її вирішальним фактором. Наявність реактивної потужності негативно впливає на якість електроенергії, що призводить до різноманітних проблем, таких як підвищення вартості

електроенергії, збільшення втрат, перегрів дроту, перевантаження підстанції, необхідність збільшення потужності трансформатора та поперечного перерізу кабелю, а також коливання напруги в межах електромережі.

Реактивна потужність споживається переважно різними джерелами, причому на асинхронні електродвигуни припадає 40% загального споживання електроенергії, поряд з побутовими та особистими потребами. Електропечі складають 8%, перетворювачі — 10%, трансформатори на всіх стадіях трансформації — 35%, лінії електропередачі споживають 7% реактивної потужності [9].

Згідно з дослідженнями, оптимальним методом мінімізації споживання електроенергії від реактивної потужності мережі є використання конденсаторів для реактивної компенсації. Це передбачає регулювання потужності конденсаторних установок для ефективної компенсації реактивної потужності.

З точки зору потужності, це дозволяє розвантажити лінії електропередачі, трансформатори та інші розподільні пристрої, що в кінцевому підсумку призводить до зниження витрат на електроенергію. Крім того, використання спеціальних установок може ефективно знизити рівні вищих гармонік, допомагає мінімізувати мережеві перешкоди, врівноважити асиметрію фаз і підвищити надійність і економічну ефективність розподільних мереж.

3.1 Схеми компенсації реактивної потужності

Існують декілька схем компенсації в залежності від місця преднання:

- загальна компенсація на лініях живлення підприємства, або структурного підрозділу;
- групова компенсація на лінії групи однотипних електроприймачів;
- індивідуальна компенсація в безпосередній біля самого електроприймача.

Установки конденсаторів бувають різних типів: групові, індивідуальні та централізовані.

Індивідуальна компенсація - конденсаторна установка (КУ) приєднується до ЕП. Все електричне коло від джерела живлення до ЕП розвантажується від реактивного струму. Недоліком такого типу установки може бути не ефективне використання конденсаторів, при відключенні ЕП відключається і сама КУ [10].

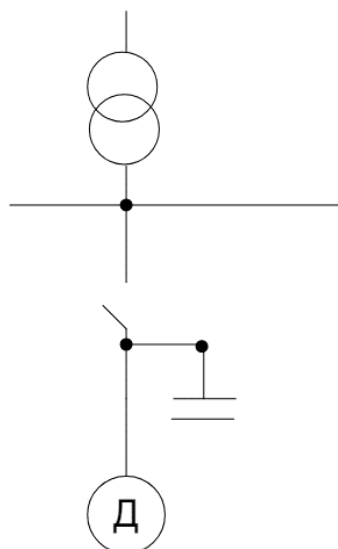


Рисунок 3.2 – Індивідуальна компенсація

Групова компенсація - КУ розміщуються у силових шафах і шинопроводах. Таке розміщення КУ застосовується в цехах, де середовище не є небезпечним для пожежі та вибуху. Також може бути випадок, коли КУ розміщуються в окремому приміщенні, тоді таке розміщення КУ називають централізованим. Тоді, використання потужності конденсаторів збільшується.

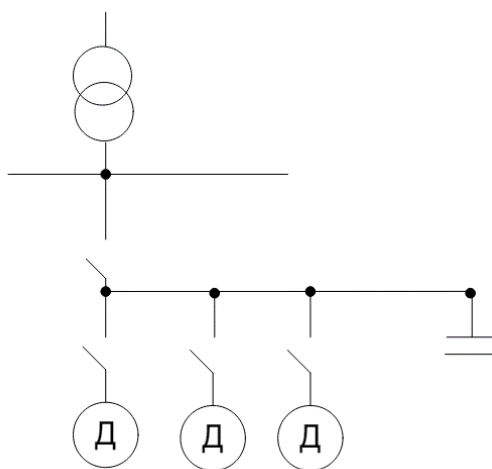


Рисунок 3.3 - Групова компенсація

Централізована компенсація КУ підключаються до шин 0,4 кВ та шини напругою 6-10 кВ підстанції. Використання встановленої потужності конденсаторів є найвищим. Однак виключенням є електрична мережа від РП (РУ-6-10 кВ) до ЕП, яка при цьому не розвантажується від реактивного струму.

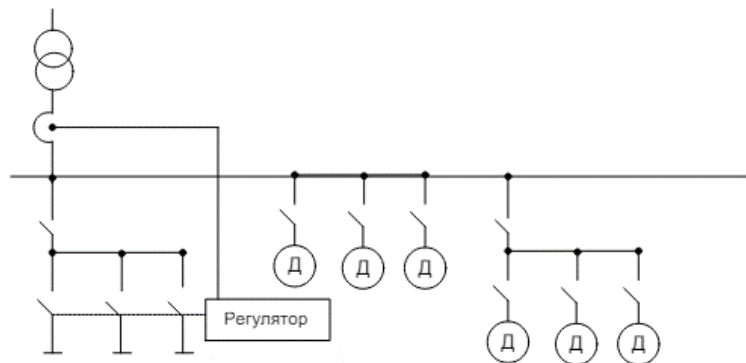


Рисунок 3.4 - Централізована компенсація

3.2 Особливості компенсації реактивної потужності

Зараз багато виробничих підприємств стикаються з необхідністю вирішення проблеми компенсації реактивної потужності. Якщо підприємства, які споживають реактивну потужність, підключені до напруги 0,4 кВ, то вирішення цього питання не становить великої складності. Доступний широкий вибір стандартних рішень, а за потреби можна налаштувати ексклюзивні рішення відповідно до вимог замовника. Коли ці електричні приймачі підключаються до напруги 6 або 10 кВ, виникає набір специфічних додаткових проблем.

Робота конденсаторних установок повинна бути організована таким чином, щоб виключити можливість їх використання на підприємствах з високим показником коефіцієнта потужності. У цьому відношенні найбільш практичним варіантом є використання автоматичної системи балансування потужності для конденсаторних пристроїв, яка базується на напрузі, часу доби та інших змінних. Для розрахунку параметрів компенсаційної установки в мережі береться середньодобовий графік навантаження та поточне значення $\cos\phi$. Вони використовуються для розрахунку середнього коефіцієнта потужності за

період. Знання фактичного і необхідного коефіцієнта потужності, а також кількості споживаної активної електроенергії дозволяє розрахувати необхідну потужність конденсаторної установки [11].

Також потрібно подбати про оптимальне підключення конденсаторних батарей. Найефективніший варіант можна визначити за результатами техніко-економічної оцінки. Мета визначення доцільності використання УР у КРП досягається враховуючи наступні аспекти:

- можливе зменшення довжини кабельних ліній
- передача потужності, потужність трансформаторів і втрата потужності.
- витрати ЛЕП і трансформаторів
- вартість конденсаторних батарей
- втрати активної потужності для генерації реактивної потужності.

Для остаточного вибору установки необхідно обрахувати втрати потужності.

3.3 Вибір конденсаторних установок (КУ) на ТОВ «Барлінек Інвест»

Обираємо КУ – EU-AKY-KPM-0,4-300-7-25-54-U3 з потужністю 300 квар.

Ця КУ використовується для автоматичного регулювання коефіцієнта потужності. Застосування КУ може дозволити зменшення навантаження на елементи розподільної мережі, подовження їх терміну служби, покращення якості постачаної електроенергії та зниження витрат на неї. Контролер який використовується в цій КУ керується мікропроцесором і забезпечує необхідний коефіцієнт потужності.

EU-AKY-KPM-0,4 кВ знижує теплові втрати струму, витрати на утримання та обслуговування обладнання, а також вплив вищих гармонік. Пристрій придушує мережеві перешкоди, знижує несиметрію фаз і має до 12 керованих ступенів з гнучким програмуванням потужності батарей. На КУ відображаються параметри мережі (I, U, f, S, P, Q), доступний автоматичний режим роботи і ручний, вимірюється температура всередині шафи та

надходять сповіщення про аварію. Можливість простого монтажу та експлуатації дозволяє встановлювати його в будь-якому місці розподілу електроенергії[11,12].

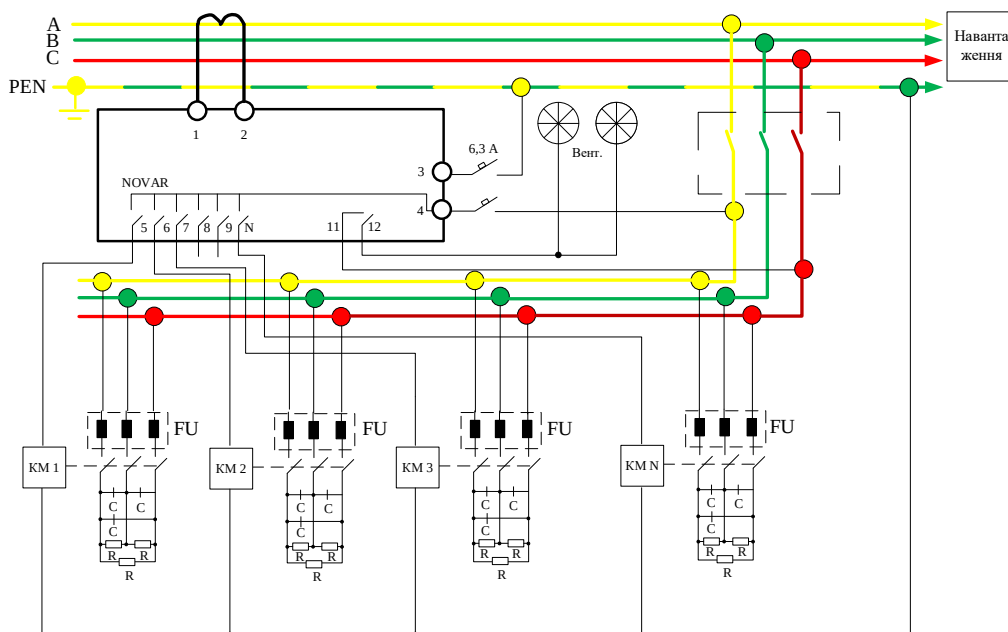


Рисунок 3.5 – Схема електрична EU-AKU-KPM-0,4 кВ



Рисунок 3.6 - EU-AKU-KPM-0,4 кВ



Рисунок 3.7 - Умовне позначення АКУ

3.4 Обрахунок витрат на ТОВ «Барлінек Інвест»

Для обрахунку втрат потужності у вибраних трансформаторних підстанціях, наведемо таблицю характеристики трансформатора з довідникових даних для обрахунку втрат [1].

Таблиця 3.1 – Характеристика трансформатора

$S_{н.тр},$ кВА	$U_{н.тр},$ кВ	$P_{xx},$ кВт	$P_k,$ кВт	$I_{xx},$ %	$U_k,$ %
1000	10	2,45	11	1,4	5,5

Таблиця 3.2 – Розподіл ТП між цехами

№ на генплані	$S_p,$ кВА	1000	
		N, шт	k_s
1-5	1596,74	2	0,80
6-8, 10-11	1686,45	2	0,84
9, 12-22	1730,93	2	0,87

Обрахуємо втрати потужності в ТП за формулами:

$$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2; \quad (3.1)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \cdot \frac{\Delta I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2; \quad (3.2)$$

Втрати для першої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр1}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1596,74}{1000} \right)^2 = 18,92 \text{ (кВт)},$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр1}} &= n \cdot \frac{\Delta I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = \\ &= 2 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{1596,74}{1000} \right)^2 = 28,07 \text{ (квар)}. \end{aligned}$$

Втрати для другої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр2}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1686,45}{1000} \right)^2 = 20,54 \text{ (кВт)},$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр2}} &= n \cdot \frac{\Delta I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = \\ &= 2 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{1686,45}{1000} \right)^2 = 28,08 \text{ (квар)}. \end{aligned}$$

Втрати для третьої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр3}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1730,93}{1000} \right)^2 = 21,38 \text{ (кВт)},$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр3}} &= n \cdot \frac{\Delta I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_{\text{к}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = \\ &= 2 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{1730,93}{1000} \right)^2 = 28,08 \text{ (квар)}. \end{aligned}$$

Після обрахунку втрат можна побачити як зміниться коефіцієнт завантаження в трансформаторних підстанціях .

Таблиця 3.3 – Розподіл ТП між цехами після обрахунку втрат потужності

№ на генплані	Sp, кВА	1000	
		N, шт	k _з
1-5	1630,59	2	0,82
6-8, 10-11	1721,24	2	0,86
9, 12-22	1766,22	2	0,88

Після встановлення КУ отримаємо:

Таблиця 3.4 - Розподіл ТП між цехами після встановлення КУ

№ на генплані	Sp, кВА	1000	
		N, шт	k _з
1-5	1203,36	2	0,60
6-8, 10-11	1213,18	2	0,61
9, 12-22	1311,78	2	0,66

Втрати для першої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр1}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1203,36}{1000} \right)^2 = 12,86 \text{ (кВт)}.$$

Втрати для другої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр2}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1213,18}{2 \cdot 1000} \right)^2 = 12,99 \text{ (кВт)}.$$

Втрати для третьої трансформаторної підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр3}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{p}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 = 2 \cdot 2,45 + \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1311,78}{1000} \right)^2 = 12,86 \text{ (кВт)}.$$

Обрахуємо втрати в лініях:

$$\Delta P_{\text{L}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (3.3)$$

Втрати в лінії система-ЦРП1:

$$\Delta P_{\text{L0}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 138,51^2 \cdot 0,349 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 100,4 \text{ (кВт)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП1:

$$\Delta P_{\text{L1}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 46,09^2 \cdot 0,374 \cdot 0,043 \cdot 10^{-3} = 0,102 \text{ (кВт)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП2:

$$\Delta P_{\text{L2}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 48,68^2 \cdot 0,374 \cdot 0,332 \cdot 10^{-3} = 0,883 \text{ (кВт)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП3:

$$\Delta P_{\text{L3}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 49,97^2 \cdot 0,374 \cdot 0,482 \cdot 10^{-3} = 1,35 \text{ (кВт)}.$$

Обрахуємо втрати в лініях після встановлення КУ:

Втрати в лінії система-ЦРП1:

$$\Delta P_{\text{L0}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 107,62^2 \cdot 0,349 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 60,6 \text{ (кВт)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП1:

$$\Delta P_{\text{L1}} = 3 \cdot I_{\text{p}}^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 34,74^2 \cdot 0,374 \cdot 0,043 \cdot 10^{-3} = 0,058 \text{ (кВт)},$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1203,36}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 34,74 \text{ (А)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП2:

$$\Delta P_{L2} = 3 \cdot I_p^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 35,02^2 \cdot 0,374 \cdot 0,332 \cdot 10^{-3} = 0,457 \text{ (кВт)},$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1213,18}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 35,02 \text{ (А)}.$$

Втрати в лінії ЦРП-ТП3:

$$\Delta P_{L3} = 3 \cdot I_p^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 37,87^2 \cdot 0,374 \cdot 0,482 \cdot 10^{-3} = 0,775 \text{ (кВт)},$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1311,78}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 37,87 \text{ (А)}.$$

Порівняємо як змінилися загальні втрати до і після встановлення КУ:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) \quad (3.4)$$

де $T_{\text{м}}$ – кількість годин у році;

τ - час максимальних втрат.

Загальні витрати до встановлення КУ:

$$\begin{aligned} \Delta W_1 &= \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) = \\ &= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1596,7}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = \\ &= 42924 + 28045,4 = 70969,4 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta W_2 &= \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) = \\
&= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1686,5}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = \\
&= 42924 + 31285,2 = 74209,2 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta W_3 &= \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) = \\
&= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1730,9}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = \\
&= 42924 + 32957,3 = 75881,3 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.
\end{aligned}$$

Загальні витрати після встановлення КУ:

$$\begin{aligned}
\Delta W_1 &= \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) = \\
&= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1203,36}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = 42924 + 15928,7 = \\
&= 58852,7 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta W_2 &= \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) = \\
&= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1213,18}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = 42924 + 16190 = \\
&= 59114 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.
\end{aligned}$$

$$\Delta W_1 = \Delta W_{\text{пост}} + \Delta W_{\text{зм}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{м}} + \left(\left(\frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{р}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \right) \cdot \tau \right) =$$

$$= 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \left(\frac{1203,36}{2 \cdot 1000} \right)^2 \right) \cdot 2000 \right) = 42924 + 18928,3 =$$

$$= 61852,3 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Приведемо всі обрахунки в таблицю, щоб побачити як вплинула установка КУ. Також розглянемо розподіл втрат на наших ТП.

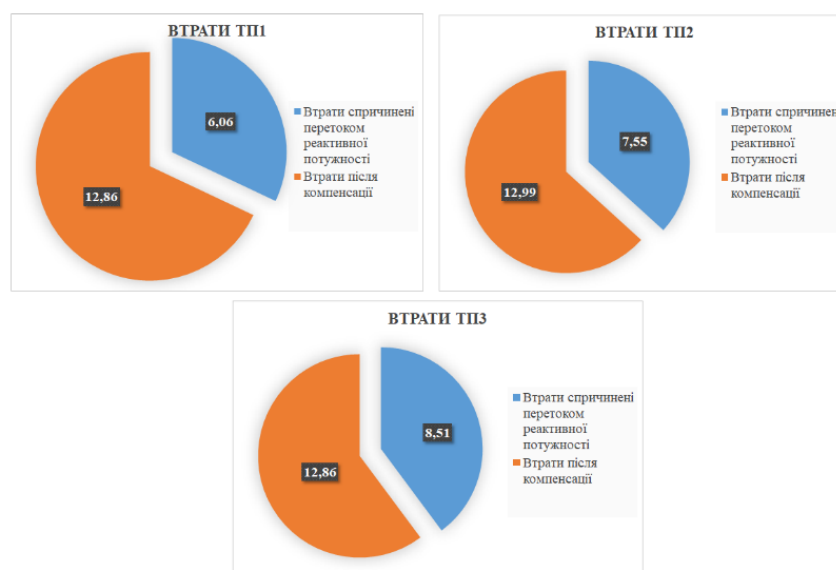


Рисунок – 3.8 Розподіл витрат в трансформаторних підстанціях

Таблиця 3.5 – Порівняння витрат

Тип витрат	Місце витрат	Втрати до встановлення КУ	Втрати після встановлення КУ	Ефективність	Ефективність, %
Втрати в лініях	Система-ЦРП	100,4	60,6	39,8	39,63
	ЦРП-ТП-1	0,1	0,06	0,04	43,19
	ЦРП-ТП-2	0,88	0,46	0,43	48,24
	ЦРП-ТП-3	1,35	0,78	0,57	42,57
	Разом:	102,77	61,92	40,85	39,75
Втрати ТП	ТП1	18,92	12,86	6,06	32,02
	ТП2	20,54	12,99	7,55	36,74
	ТП3	21,38	12,86	8,51	39,83
	Разом:	60,84	38,72	22,12	36,36
Витрати електроенергії	W1	70969,36	58852,73	12116,64	17,07
	W2	74209,25	59113,98	15095,27	20,34
	W3	75881,31	61852,33	14028,97	18,49
	Разом:	221059,9	179819	41240,88	18,66

Отже, після встановлення КУ, втрати в лініях зменшилися на 39,75 %, втрати в ТП зменшилися на 36,36 %, а витрати електроенергії зменшилися на 18,66, що відповідно дозволяє зменшити витрати на електроенергію.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці під час оптимізації системи електропостачання ТОВ «Барлінек-Інвест» та організації обслуговування його електрообладнання. Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж та обслуговування системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [14, 15]:

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 об'єкту

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – з підвищеною

небезпекою, у зв'язку з наявністю в цехах струмопровідної підлоги.

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо- та вибухонебезпечності матеріалів (рідин, пилу, волокон) [17, 18].

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектною організацією і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу. При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати відповідну ступінь захисту оболонок.

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення іззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів. В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

4. 1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізовльованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [19]. Параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях заводу наведено в таблиці 4.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [20]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°C	Не більше 0,1

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК [19] наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [20]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [21] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

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 4,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [22] (таблиця 4.4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху.

Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація». Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

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

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [23, 24]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [25], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [26].

Основні виробничі приміщення ТОВ «Барлінек-Інвест» за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до

категорій А, Б або В з зонами П-Іа в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали (насіння, тара).

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 [27] наведено в таблиці 4.5.

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

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

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь.

Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

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

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [28] наведено в таблиці 4.6.

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7. В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.7. [28].

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
III	6/9	8/9	10/12

На території підприємства встановлено 45 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та 12 ВВП-9 [29].

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками ВП-5 або піском; зупинити обладнання.

ВИСНОВОК

У цій бакалаврській роботі була розроблена СЕП підприємства ТОВ «Барлінек Інвест». У роботі було обраховано навантаження всього підприємства, було розглянуто два варіанти ТП, після остаточного вибору було прийняте рішення про встановлення трьох двотрансформаторних ТП з потужністю 1000 кВА. Місце розташування ЦРП обране інше за розрахункове значення. На основі розрахунків було обрано вимикачі та кабелі для живлення системи та ТП, для їх перевірки здійснено обрахунок струмів КЗ. Також у роботі було обраховано навантаження столярного цеху, на основі цього був здійснений вибір автоматичних вимикачів та кабелів для цеху, для перевірки виконання необхідних умов було проведено обрахунок струмів КЗ в низьковольтній мережі.

В науково-дослідній частині було проведено аналіз втрат підприємства та здійснення вибору пристроїв компенсувальних установок. В результаті вибору яких, втрати на підприємстві суттєво знизились.

У розділі "Охорона праці" був проведений аналіз небезпечних і шкідливих факторів, характерних для технологічних процесів підприємства, розроблені і запропоновані ефективні заходи щодо зниження цих шкідливих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник– Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с
2. Правила улаштування електроустановок – Міненерговугілля України, -2017. – 617 с.
3. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
4. Загальний каталог продукції ETI, URL: <https://www.eti.ua/katalohy-ua/zahalnyy-kataloh> (дата звернення 23.05.2024)
5. Офіційна сторінка ПАТ «Південкабель», URL: <https://yuzhcable.com.ua/about-company-ukr/> (дата звернення 23.05.2024)
6. Рівненський завод високовольтної апаратури, URL: <http://www.rzva.ua> (дата звернення 23.05.2024)
7. Офіційна сторінка ТОВ «Барлінек Інвест», URL: <https://www.barlinek.ua/> (дата звернення 20.05.2024)
8. Загальний каталог продукції ETK, URL: <https://www.etk.ua/catalog/> (дата звернення 23.05.2024)
9. Для чого потрібна компенсація реактивної потужності, URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/stati-sxemy-i-spravochnaya-informaciya/dlya-chego-nuzhna-kompensaciya-reaktivnoj-moshhnosti.html> (дата звернення 23.06.2024)
10. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с

11. Установки для компенсації реактивної потужності, URL: <https://www.svaltera.ua/catalog/kompensaciya-reaktivnoy-moshnosti/> (дата звернення 03.06.2024)

12. Каталог продукції ЕЛЕКТРОКОНТРОЛЬ, URL: <https://electrocontrol.com.ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04> (дата звернення 05.06.2024)

13. НПАОП 40.1-1.01:1997 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

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

15. 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->. (дата звернення 10.06.2024)

16. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644. (дата звернення 10.06.2024)

17. 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.

18. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/%20rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 10.06.2024)

19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. <http://mozdocs.kiev.ua/view.%20php?id=1972>. (дата звернення 10.06.2024)
20. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_%20doc=79885 (дата звернення 10.06.2024)
22. 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>. (дата звернення 10.06.2024)
23. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення 10.06.2024)
24. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
25. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>. (дата звернення 10.06.2024)
26. 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/%20dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 10.06.2024)
27. 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. (дата звернення 10.06.2024)
28. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://poliplast.ua/doc/dbn%20_v.1.1-7-2002.pdf. (дата звернення 10.06.2024)

29. 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>. (дата звернення 10.06.2024)

ДОДАТКИ

Додаток А – Вихідні дані

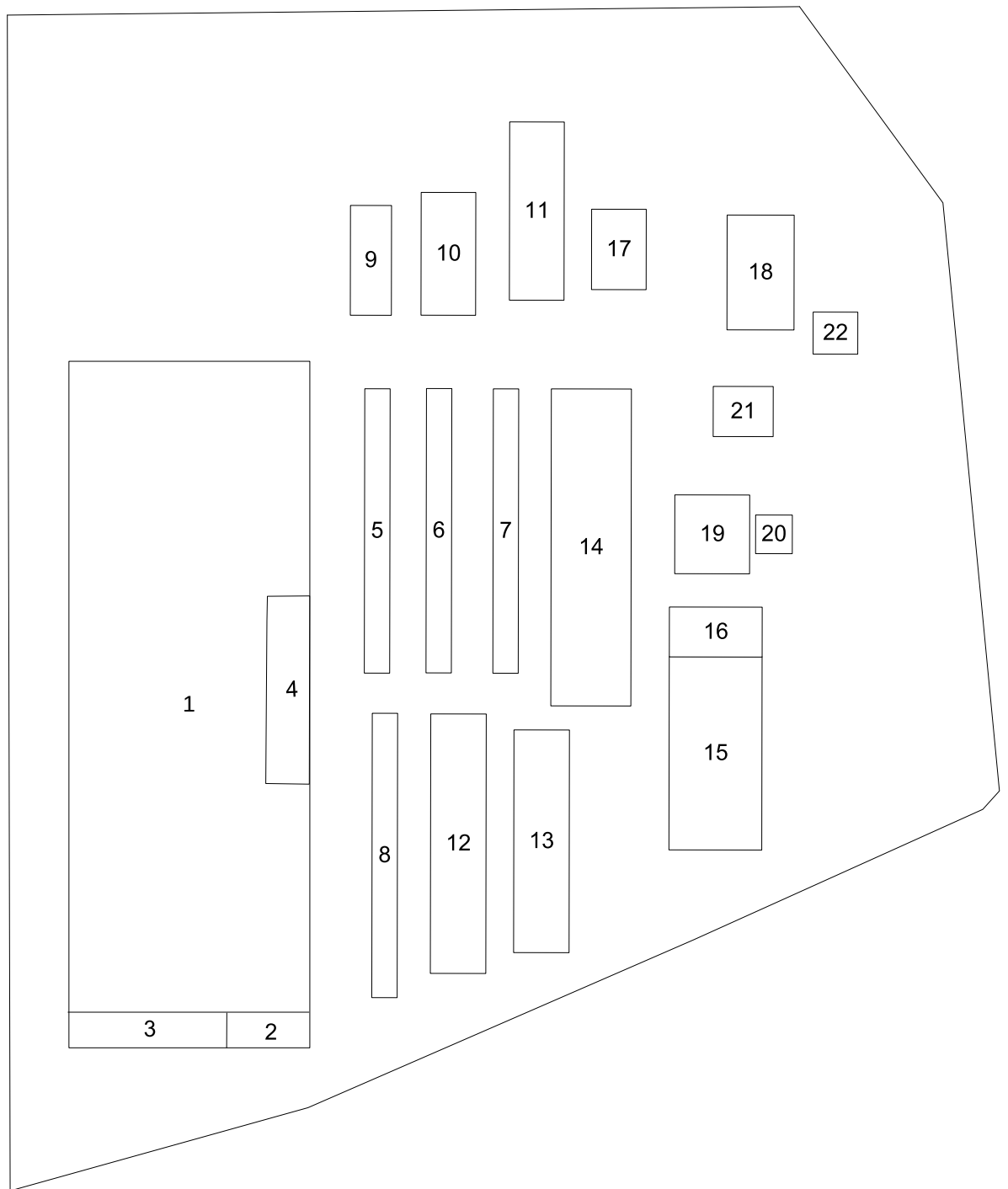


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

Таблиця А.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на плані	Споживачі	Рн, кВт
1	Головний виробничий корпус	650
2	Адміністративний корпус	15
3	Навіс для загрузки готової продукції	-
4	Корпус складських і технічних приміщень	10
5	Блок 8-ми сушильних камер №1	300
6	Блок 8-ми сушильних камер №2	300
7	Блок 8-ми сушильних камер №3	300
8	Блок 8-ми сушильних камер №4	300
9	Блок 8-ми сушильних камер №5	150
10	Блок 8-ми сушильних камер №6	180
11	Блок сушильних камер №7	200
12	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №1	-
13	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №2	-
14	Виробництво верхнього шару	475
15	Лісопилльний цех	520
16	Технічні і адміністративно-побутові приміщення	20
17	Столярний цех	-
18	Навіс для тимчасового зберігання заготовок №3	-
19	Котельня	120
20	Склад палива для котельні	5
21	Млин	80
22	Протипожежна насосна станція	5

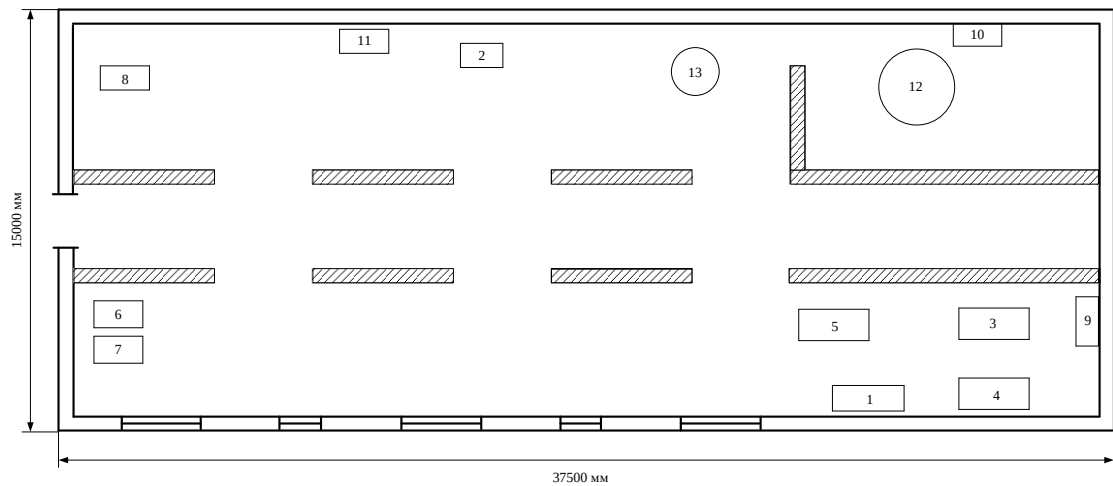


Рисунок А.2 – План столярного цеху

Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	Р _н , кВт
1	Станок фугувальний	4
2	Станок ударний	2
3,4,5	Станок круглопильний	4
6,7	Станок свердлильний	1,5
8	Станок шліфувальний	4
9,10	Витяжка	22
11	Станок вертикальний	4
12	Сушильна камера	12
13	Компресор фарбувальний	3

Назва роботи: Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю "Барлінек Інвест"

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

Оригінальність	96.12%	Схожість	3.88%
----------------	--------	----------	-------

☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

□ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

□ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

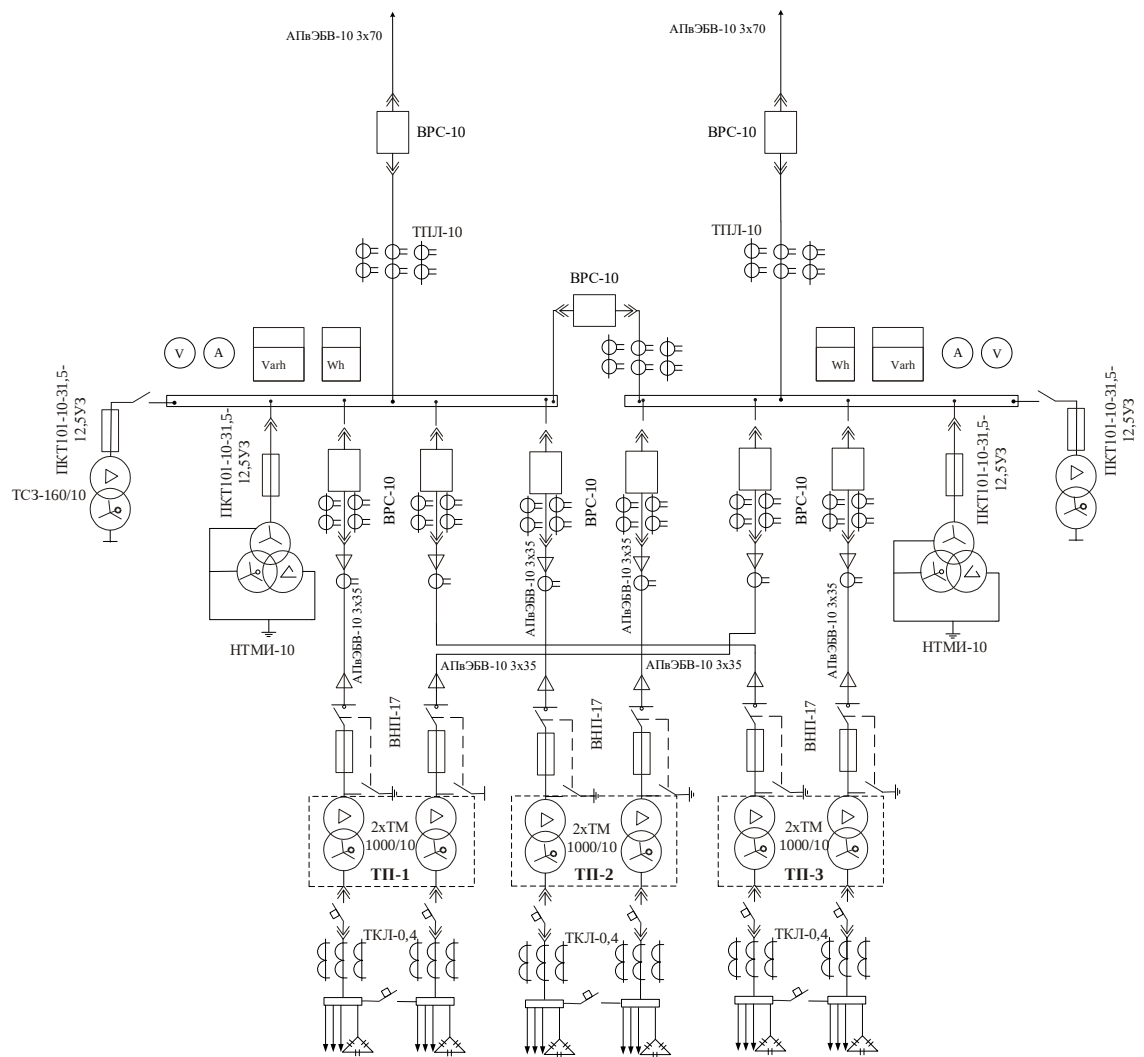
Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

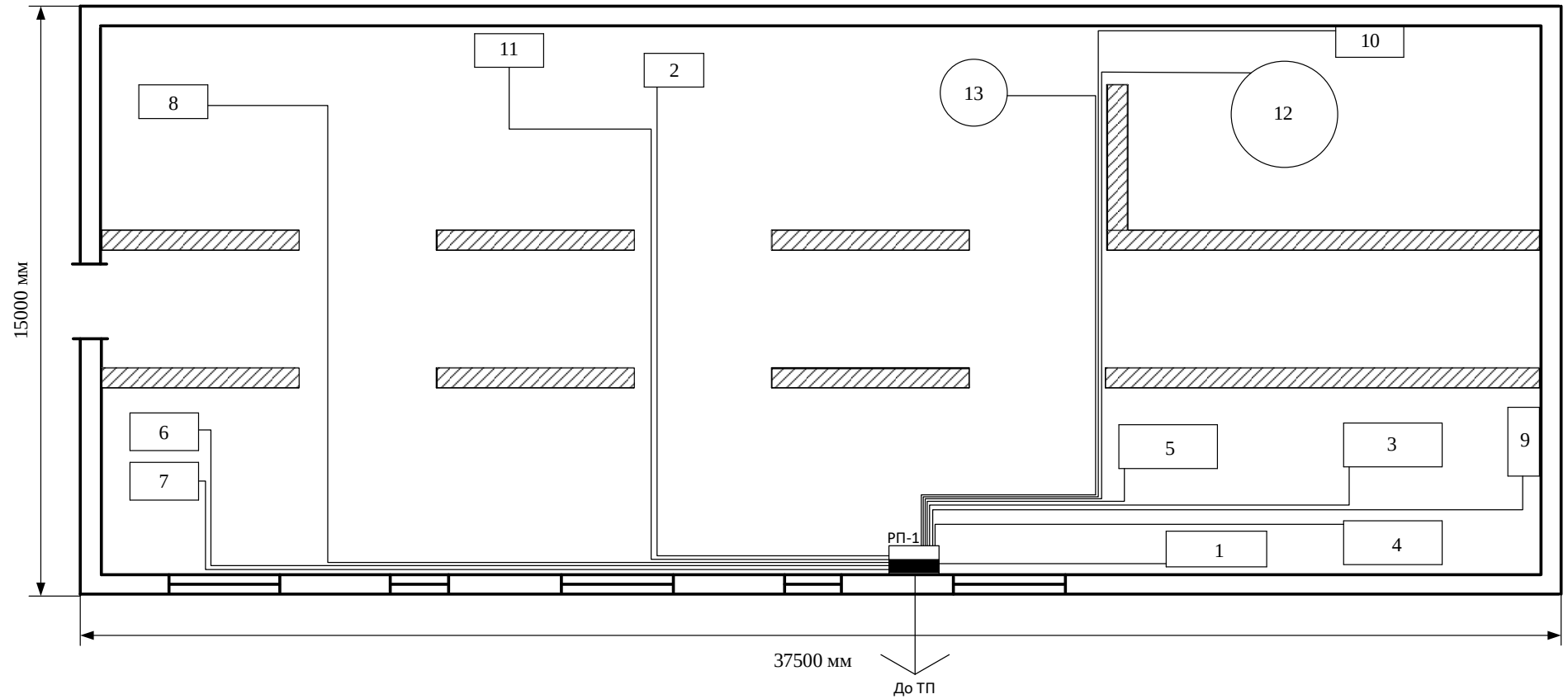
Автор роботи _____ Заєць В. С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Лобода Ю. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Однолінійна схема живлення підприємства



План цеху



Розрахунково-монтажна таблиця

ТП	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				№ РП	п ш т	ЗАХИСТ					ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				СПОЖИВАЧ				НАЗВА ЕП
	ТИП ВИНІСКАЧА	I ном. А	I згорн. А	I св. , А	ПРОВІД		I МА	In, А			ТИП ВИНІСКАЧА	I ном. , А	I згорн. А	I шкідл. кА	I ск. , А	МАРКА ПРОВОДУ (Способ прокладання підлоги у трубах)	I зон. А	I р. , А	In. А	№ на плані				
					МАРКА кабелю (Способ прокладання відкритий по поверхні)	I дн, А																		
		EB 250/3E 250A	250	157,5	1500	ABBT 4x50 мм2	175	147,7	335,9	Р П I	1	EB2 125/3L 20А 3р	20	16	8	120	АПВ 4х(1х2,5)	19	11,05	48,4	1	Станок фуговальний		
		1	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	4,67	15,23	2	Станок ударний									
		3	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	10,13	50,64	3-5	Станок круглопилний									
		2	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	4,14	20,72	6-7	Станок свердлильний									
		1	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	7,6	37,98	8	Станок шлифувальний									
		2	EB2 125/3L 50А 3р	50	32		8	350	АПВ 4х(1х25)		70	41,78	208,91	9-10	Витяжка									
		1	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	10,48	52,39	11	Станок вертикальний									
		1	EB2 125/3L 32А 3р	32	20,16		8	192	АПВ 4х(1х6)		30	25,42	126,61	12	Сушильна камера									
		1	EB2 125/3L 20А 3р	20	12,6		8	120	АПВ 4х(1х2,5)		19	5,7	28,49	13	Компресор фарбувальний									

Величина втрат електричної енергії в спроектованій СЕП

Порівняння витрат

Тип втрат	Місце втрат	Втрати до встановлення КУ	Втрати після встановлення КУ	Ефективність	Ефективність, %
Втрати в лініях	Система-ЦРП	100,4	60,6	39,8	39,63
	ЦРП-ТП-1	0,1	0,06	0,04	43,19
	ЦРП-ТП-2	0,88	0,46	0,43	48,24
	ЦРП-ТП-3	1,35	0,78	0,57	42,57
	Разом:	102,77	61,92	40,85	39,75
Втрати ТП	ТП1	18,92	12,86	6,06	32,02
	ТП2	20,54	12,99	7,55	36,74
	ТП3	21,38	12,86	8,51	39,83
	Разом:	60,84	38,72	22,12	36,36
Витрати електроенергії	W1	70969,36	58852,73	12116,64	17,07
	W2	74209,25	59113,98	15095,27	20,34
	W3	75881,31	61852,33	14028,97	18,49
	Разом:	221059,9	179819	41240,88	18,66

Розподіл втрат в трансформаторних підстанціях

