

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 кваліфікаційна робота на тему:

Дослідження засобів компенсації реактивної потужності Приватного
акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЕЕ-216

спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

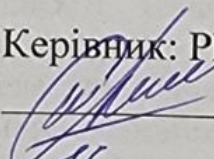
(шифр і назва спеціальності)



Станіслав В. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

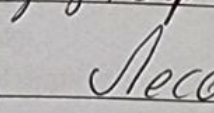
«16» 06 2025 р.

Допущено до захисту

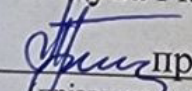
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

Рецензент

доц. каф. ЕСС К.І.Н. доц.

Леско В. О.

(прізвище та ініціали)

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2025 р.

«17» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 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
Освітня програма – «Електроенергетика та електротехніка»

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

« 20 » 03 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Станіславову Владиславу Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження засобів компенсації реактивної потужності Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доц. каф. ЕСЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від 20.03.2025 року, №97

2. Термін подання студентом роботи «09» червня 2025 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.

Зміст бакалаврської кваліфікаційної роботи повинен містити загальні відомості про підприємство, розрахунок навантажень підприємства загалом і одного з цехів. В спеціальній частині проаналізувати засоби компенсації реактивної потужності та розрахувати ефективність їх впровадження. Дослідити питання охорони праці на підприємстві.

5. Перелік графічного матеріалу.

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

6. Консультації розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «25» квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	28.04	16.05	
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	16.05	23.05	
3	Охорона праці	23.05	28.05	
4	Графічна частина роботи	28.05	09.06	

Студент



(підпис)

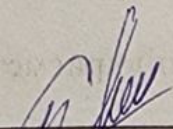
Станіслав В. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

бакалаврської

кваліфікаційної роботи

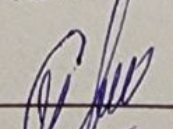


(підпис)

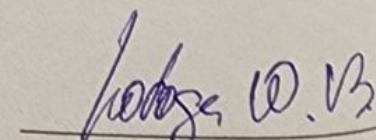
Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль



(підпис)



(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Станіслав В. П. Дослідження засобів компенсації реактивної потужності Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»
Бакалаврська кваліфікаційна робота. Вінниця. ВНТУ, 2025, 74 с. Іл.14. Табл: 18.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та аналізу засобів компенсації реактивної потужності на прикладі Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат».

У спеціальній частині роботи було детально розглянуто питання компенсації реактивної потужності із застосуванням конденсаторних установок.

Ключові слова: система електропостачання, втрати холостого ходу, втрати короткого замикання, компенсація реактивної потужності.

ANNOTATION

Research of Reactive Power Compensation Methods at Private Joint Stock Company «Vinnytsia Oil and Fat Plant». Bachelor's Qualification Thesis. Vinnytsia. VNTU, 2025, 74 p. Figs: 14. Table: 18.

The Bachelor's qualification thesis is dedicated to the research and analysis of reactive power compensation methods, exemplified by the Private Joint Stock Company «Vinnytsia Oil and Fat Plant ».

In the special part of the thesis, the issue of reactive power compensation using capacitor banks was thoroughly examined.

Keywords: power supply system, no-load losses, short-circuit losses, reactive power compensation.

ЗМІСТ	
ВСТУП.....	7
1.1 Сфера діяльності підприємства	9
1.2 Відомості про потужності підприємства.....	10
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЖК».....	14
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	14
2.2 Розрахунок навантажень підприємства.....	19
2.3 Вибір оптимальної напруги живлення	23
2.4 Вибір трансформатора ГПП.....	23
2.5 Вибір цехових ТП та їх розміщення	24
2.6 Розрахунок зовнішнього електропостачання підприємства	30
2.7 Вибір елементів заводської мережі	33
2.8 Вибір схеми електропостачання цеху	37
3 Дослідження компенсації реактивної потужності.....	44
3.1 Компенсація реактивної потужності: ключові аспекти.....	45
3.2 Розрахунок плати за реактивну енергію	47
3.3 Сучасні регулятори реактивної потужності.....	48
3.4 Визначення річних втрат електроенергії в мережах підприємства. ...	53
3.3 Визначення терміну окупності та вибір КУ	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	58
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	58
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	58
4.1.2 Електробезпека	61
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	63
4.2.1 Мікроклімат	63
4.2.2 Виробниче освітлення	63
4.2.3 Виробничий шум	65
4.2.4 Виробнича вібрація	66

4.3 Пожежна безпека	67
Висновок	70
Література	71
Додатки	74
Додаток А – Вихідні дані.....	75
Додаток Б – Однолінійна схема підприємства	78
Додаток В – Картограма навантажень і розміщення ТП.	79
Додаток Г – Однолінійна схема КЗРП	80
Додаток Д – Вигляд КЗРП	81
Додаток Е – План цеху	82
Додаток Є – Схема приєднання регулятора реактивної потужності.....	83
Додаток Ж.....	85
Додаток З – Презентаційні матеріали	86

ВСТУП

Актуальність теми даної кваліфікаційної роботи обумовлена постійною потребою промислових підприємств, зокрема таких великих як Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат», у підвищенні енергоефективності та оптимізації витрат на електроенергію. Дослідження та впровадження ефективних засобів компенсації реактивної потужності є ключовим напрямком для досягнення цих цілей.

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується постійним зростанням споживання електричної енергії та ускладненням електроенергетичних систем. При цьому ефективність використання електроенергії стає одним із ключових факторів, що впливають на конкурентоспроможність та екологічність виробництва. Значна частина промислових електроприймачів (асинхронні двигуни, трансформатори, індукційні печі, зварювальні апарати) є споживачами не лише активної, а й реактивної потужності. Хоча реактивна потужність безпосередньо не виконує корисної роботи, вона є необхідною для створення електромагнітних полів, що забезпечують функціонування індуктивних споживачів.

Надлишкове споживання реактивної потужності призводить до низки негативних наслідків для підприємства та електроенергетичної системи в цілому:

Збільшення втрат активної потужності та енергії у лініях електропередачі та трансформаторах, що веде до зростання витрат на електроенергію. Зниження коефіцієнта потужності електроустановок, що викликає необхідність використання провідників більшого перерізу та збільшення потужності трансформаторів і комутаційно-захисної апаратури.

Додаткове навантаження на елементи електричної мережі, зменшення їхнього терміну служби.

Погіршення якості електричної енергії (зниження рівня напруги) у кінцевих споживачів. Впровадження штрафних санкцій з боку постачальників електроенергії за низький коефіцієнт потужності.

З огляду на вищезазначене, компенсація реактивної потужності є не просто технічною необхідністю, а важливим економічним та екологічним заходом. Вона дозволяє оптимізувати роботу електричних мереж, знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність електропостачання та покращити якість електричної енергії.

Метою роботи є дослідження методів і засобів компенсації реактивної потужності та розробка рекомендацій щодо їх впровадження для підвищення енергоефективності та оптимізації системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат».

Об'єктом роботи є система електропостачання ПрАТ «Вінницький ОЖК».

Предметом дослідження є ефективність застосування конденсаторних установок як засобу компенсації реактивної потужності в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Практичною цінністю є можливість використання розроблених рекомендацій що до потужності та місць розташування пристроїв компенсації реактивної потужності на ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат»

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Сфера діяльності підприємства

"У 1951 році стартувало будівництво, що поклало початок значній вісі історії української харчової промисловості. Вже через чотири роки, у липні 1955-го, Вінницький олійножировий комбінат випустив свою першу продукцію – соняшникову олію. З 1961 року підприємство розширило горизонти, освоївши виробництво саломасу та маргаринової продукції. Нині Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат» є беззаперечним лідером, входячи до числа найпотужніших підприємств України у сфері переробки олійних культур та виробництва рослинних олій і жирів.



Рисунок 1.1 – Розташування підприємства

Зосереджуючись на потребах та очікуваннях своїх споживачів, комбінат постійно вдосконалює та розширює асортимент продукції. Виробництво здійснюється як відповідно до ДСТУ, так і за унікальними власними Технічними умовами (ТУ). Ці ТУ, розроблені компанією, повністю відповідають українському законодавству щодо якості та безпеки харчових і кормових продуктів, але при цьому дозволяють значно розширити вибір для клієнтів та збільшити терміни зберігання продукції. Наразі комбінат пишається

29 власними ТУ, що лежать в основі виробництва та реалізації під ТМ «Віолія» таких харчових продуктів, як фасована нерафінована та рафінована дезодорована олія, кондитерські та кулінарні жири, шортенінги, саломаси та замінники какао-масла. Окрім цього, за ДСТУ та власними ТУ виготовляються кормові продукти (шроти) та інші побічні продукти виробництва.

Запорукою високої якості є те, що вся продукція комбінату виготовляється за суворо затвердженими Технологічними регламентами та інструкціями, з безумовним дотриманням санітарних норм та правил. Це гарантує, що висока якість та безпечність олій, жирів, маргаринів, шроту та навіть відходів виробництва відповідає вимогам не лише державних стандартів України, а й міжнародних стандартів, що дозволяє успішно експортувати продукцію до інших держав.

1.2 Відомості про потужності підприємства

Виробничі потужності підприємства являють собою інтегрований комплекс, що забезпечує повний цикл переробки та зберігання:

1. Олійноекстракційний завод: Це серце виробництва, що працює за сучасною та високоефективною схемою форпресування-екстракції. Його можливості вражають: завод здатен переробляти до 700 тонн соняшнику, 400 тонн сої та 400 тонн ріпаку на добу, демонструючи значні обсяги сировинної обробки.

2. Гідрогенізаційний завод: Цей підрозділ включає цех гідратації та рафінації олії, оснащений передовим обладнанням від «Alfa -Laval», потужність якого сягає 160 тонн на добу. Окрім цього, лінія вентеризації олії може обробляти до 60 тонн на добу. Особливістю є цех гідрогенізації з електроустаткуванням для електролізу води, що виробляє 240 м³ водню на добу. Це не тільки повністю задовольняє внутрішні потреби підприємства, але й дозволяє додатково реалізовувати кисень у балонах. Нещодавня реконструкція

заводу значно розширила його виробничі можливості до 120 тонн на добу та суттєво збільшила асортимент жирів.

3. Розлив у ПЕТ-тару: Підприємство має потужну автоматизовану лінію для фасування у ПЕТ-тару, що здатна розливати до 30 000 пляшок на добу, забезпечуючи високу швидкість пакування готової продукції.

4. Транспортний відділ: Для ефективної логістики на територію комбінату заведено дві залізничні гілки. Підприємство володіє власним парком рухомого складу: двома тепловозами, 38 цистернами та 35 транспортними засобами. Це дає змогу забезпечити левову частку внутрішніх та зовнішніх транспортних потреб комбінату.

5. Складське господарство: Сучасний складський комплекс забезпечує зберігання 10 000 тонн соняшнику та 4 000 тонн шроту. Загальна ємність резервуарів для зберігання олії становить 30 000 тонн. У 2008 році було введено в експлуатацію новий елеватор для насіння, що значно збільшило можливості зберігання соняшнику на 24 000 тонн.

Щоб гарантувати безперебійність виробничих процесів, всі цехи підприємства мають II категорію надійності електропостачання.

Детальні відомості про електричні навантаження цехів, а також їхню площу, представлені у Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження ПрАТ „Вінницький ОЖК”

№ на плані	Назва цеху	Рн, кВт
1	Екстракційний цех	500
2	Пресовий цех	5600
3	Склад шпрота	75
4	Відсіювальний цех	464
5	Адміністративний корпус	26
6	Бензосховище	35
7	Котельня	500
8	Оліє зливна	270
9	Склад насіння	250

На рис. 1.2 зображено план цеху, а у табл. 1.2 відповідні відомості про електричні навантаження цеху.

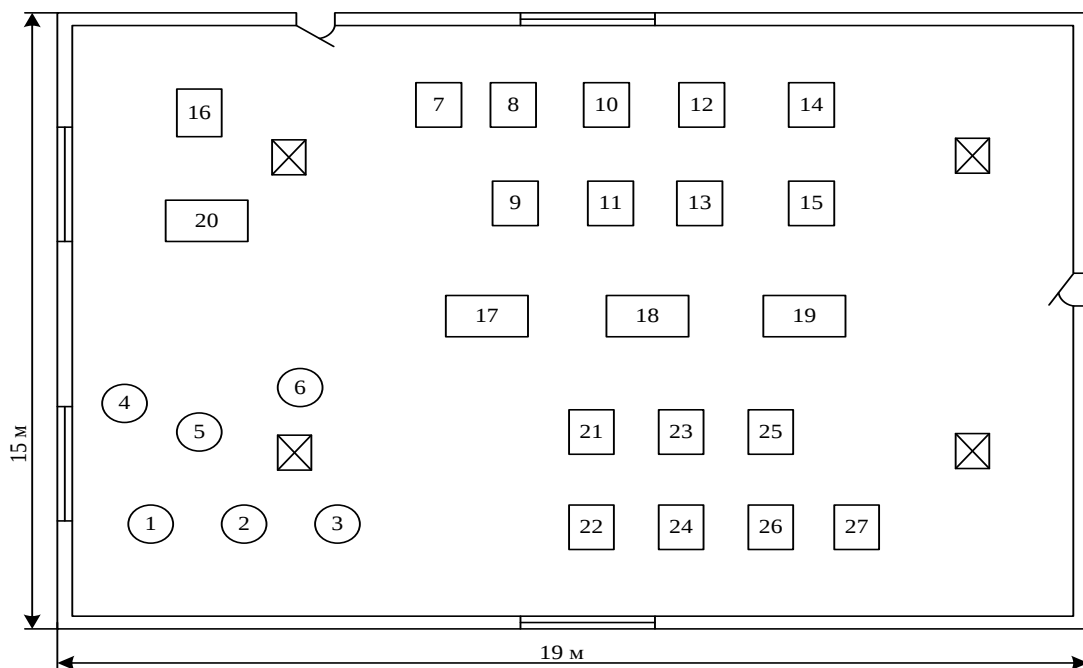


Рисунок 1.4 – План цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричне навантаження цеху

№ на	Назва електроприймача	Р _н ,
1	Шнек ядра	3,8
2,3	Шнек	4,8
4-6	Шнек недоруш	1,8
7-15	Рушка	5,5
16	Шлюзовий запір	3,8
17-19	Норія	7,5
20	Водяний насос	13
21-27	Віялка	3,5

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЖК»

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Електроприймачі (ЕП) отримують живлення через розподільчий пристрій, підключений до трансформаторної підстанції РУ-0,4 кВ ТП.

План електропостачання відсіювального цеху зображений на рисунку 2.1.

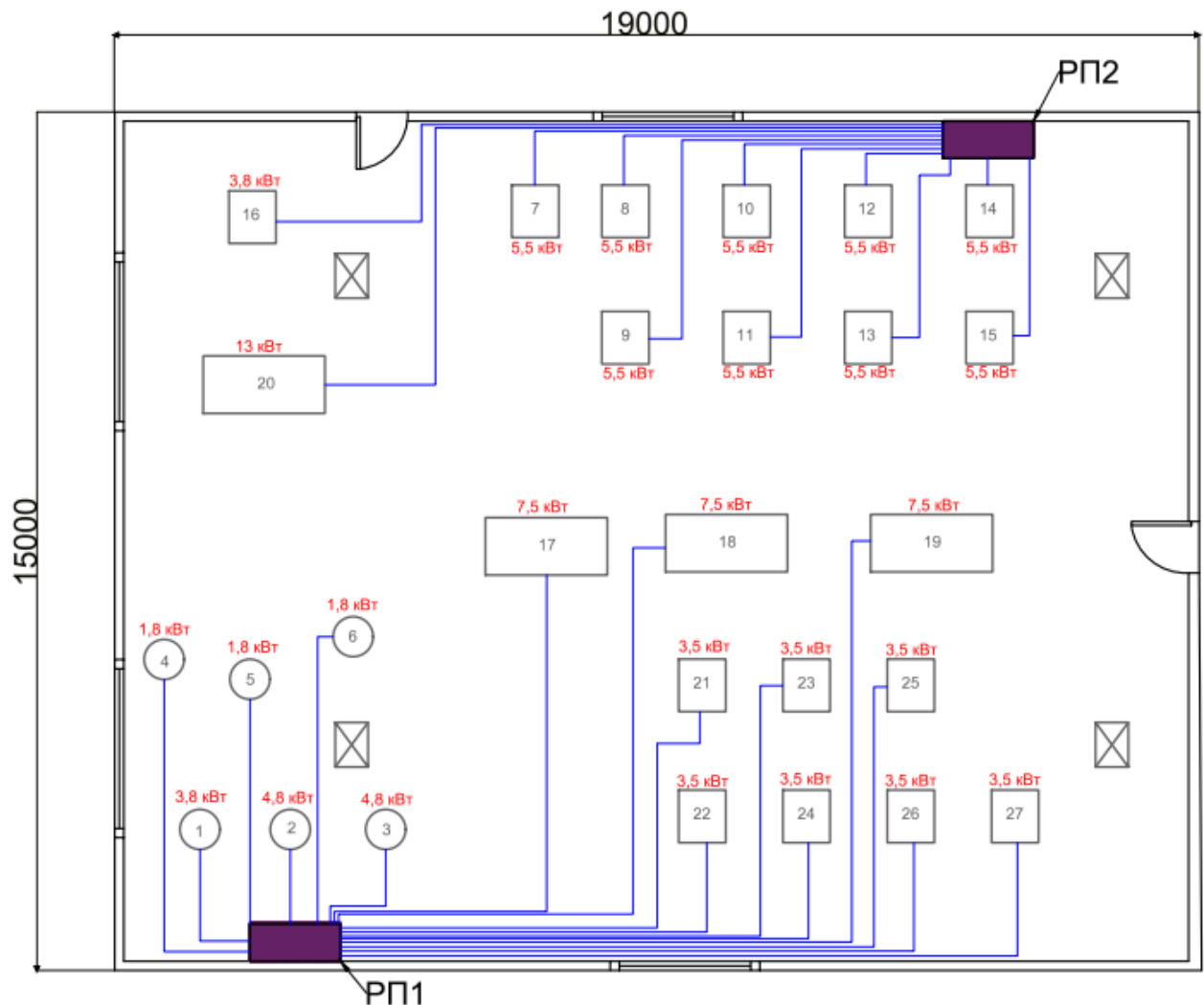


Рисунок 2.1 – План електропостачання відсіювального цеху

Для визначення навантаження цехової мережі електроприймачів розподільчих пунктів виконаємо розрахунок середньої активної та реактивної потужності.

Для розрахунків яких будемо використовувати формули:

- для середньої активної потужності:

$$P_c = n \cdot P_n \cdot K_B \quad (2.1)$$

- для середньої реактивної потужності:

$$Q_c = n \cdot P_n \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \phi \quad (2.2)$$

Для початку розрахуємо середню активну та реактивну потужність для електроприймачів РП1, до якого відносяться електроприймачі (1, 2, 3, 4, 5, 6, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27), шнек ядра, шнек, шнек недоруш, норія, віялка:

- для шнеку ядра:

$$P_{c1} = 1 \cdot 3,8 \cdot 0,55 = 2,09 (\text{кВт}),$$

$$Q_{c1} = 1 \cdot 3,8 \cdot 0,55 \cdot 0,88 = 1,84 (\text{квар}),$$

- для шнеку:

$$P_{c2} = 2 \cdot 4,8 \cdot 0,55 = 5,28 (\text{кВт}),$$

$$Q_{c2} = 2 \cdot 4,8 \cdot 0,55 \cdot 0,88 = 4,66 (\text{квар}),$$

- для шнеку недоруш:

$$P_{c3} = 3 \cdot 1,8 \cdot 0,4 = 2,16 (\text{кВт}),$$

$$Q_{c3} = 3 \cdot 1,8 \cdot 0,4 \cdot 0,59 = 1,28 (\text{квар}),$$

- для норії:

$$P_{c4} = 3 \cdot 7,5 \cdot 0,4 = 9 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{c4} = 3 \cdot 7,5 \cdot 0,4 \cdot 0,88 = 7,94 \text{ (квар)},$$

- для віялки:

$$P_{c5} = 7 \cdot 3,5 \cdot 0,6 = 14,7 \text{ (кВт)},$$

$$Q_{c5} = 7 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,88 = 12,96 \text{ (квар)},$$

Всього для РП середня активна та реактивна потужність:

$$\sum P_{c1-6,17-19,21-27} = 33,22 \text{ (кВт)},$$

$$\sum Q_{c1-6,17-19,21-27} = 28,68 \text{ (квар)},$$

Також визначимо середньозважений коефіцієнт використання для РП1

$$k_{в.сз(РП1)} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot P_{н.і}}{\sum_{i=1}^n P_{н.і}} = \frac{33,23}{65,8} = 0,51; \quad (2.3)$$

де $k_{в.і}$ - з таблиці 2.1 [1].

$\sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot P_{н.і}$ - сума середніх потужностей за максимально завантажену зміну;

$\sum_{i=1}^n P_{н.і}$ - сума номінальних потужностей електроприймачів РП1.

Визначення ефективного числа електроприймачів для РП1:

$$n_{е.РП1} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{н.і})^2}{\sum_{i=1}^n P_{н.і} \cdot p_{н.і}^2} = \frac{65,8^2}{324,7} = 13,33; \quad (2.4)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{н.і} \cdot p_{н.і}^2$ - сума добутків потужностей електроприймачів.

З таблиці 1.4 [1]

$$K_{р.РП1} = 0,85; \quad (2.5)$$

Обчислимо розрахункову активну потужність для РП1:

$$P_{р.РП1} = k_{р.РП1} \cdot \sum_{i=1}^n P_{с.РП1} = 0,85 \cdot 33,23 = 28,2(\text{кВт}); \quad (2.6)$$

Обчислимо розрахункову реактивну потужність для РП1:

Примітка: так як ефективне число електроприймачів більше 10, то замість коефіцієнта 1,1 в формулі визначення розрахункового значення реактивної потужності, використовуємо коефіцієнт 1,0.

$$Q_{р.РП1} = 1 \cdot \sum_{i=1}^n Q_{с.РП1} = 1 \cdot 28,68 = 28,68(\text{квар}); \quad (2.7)$$

Розрахуємо розрахункову повну потужність для РП1:

$$S_{р.РП1} = \sqrt{P_{р.РП1}^2 + Q_{р.РП1}^2} = \sqrt{28,2^2 + 28,68^2} = 40,26(\text{кВА}); \quad (2.8)$$

Отже розрахунковий струм РП1 буде рівний:

$$I_{р.РП1} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{40,26}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 61,16(\text{А}); \quad (2.9)$$

Усі розрахунки електричних навантажень мережі заносимо у таблицю 1.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цеху

Найменування ЕП	п, шт	P_H , кВт	P_H^2 , кВт	$n \cdot P_H$, кВт	K_B	$\cos(\varphi)$	$\tan \varphi$	$n \cdot P_H \cdot K_B$, кВт	$n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \tan \varphi$, квар	$n \cdot P_H^2$	η_e	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
РП-1																
Шнек ядра	1	3,8	14,44	3,8	0,55	0,75	0,88	2,09	1,84	14,44						
Шнек	2	4,8	23,04	9,6	0,55	0,75	0,88	5,28	4,66	46,08						
Шнек недоруш	3	1,8	3,24	5,4	0,4	0,86	0,59	2,16	1,28	9,72						
Норія	3	7,5	56,25	22,5	0,4	0,75	0,88	9	7,94	168,8						
Віялка	7	3,5	12,25	24,5	0,6	0,75	0,88	14,7	12,96	85,75						
Всього РП-1	16	21,4	109,2	65,8	0,51			33,23	28,68	324,7	13,33	0,85	28,2	28,68	40,26	61,16
РП-2																
Рушка	9	5,5	30,25	49,5	0,8	0,85	0,62	39,6	24,54	272,3						
Шлюзовий запір	1	3,8	14,44	3,8	0,4	0,7	1,02	1,52	1,55	14,44						
Водяний насос	1	13	169	13	0,7	0,8	0,75	9,1	6,83	169						
Всього РП-2	11	22,3	213,7	66,3	0,76			50,22	32,92	455,7	9,65	0,90	45,2	36,21	57,91	87,99

2.2 Розрахунок навантажень підприємства

Розрахунок навантаження підприємства в цілому виконаємо методом коефіцієнта попиту [1].

Метод коефіцієнту попиту (K_p) використовується для визначення розрахункових навантажень в системах електропостачання, щоб врахувати варіативність споживання електроенергії різними споживачами.

Основні кроки:

1. Визначення максимальної встановленої потужності (P_n). Сумарна потужність всіх електричних пристроїв та обладнання, встановлених на об'єкті.

2. Визначення коефіцієнту попиту (K_p). Коефіцієнт попиту характеризує відношення максимального фактичного навантаження до встановленої потужності і враховує ймовірність одночасної роботи обладнання. Значення коефіцієнту попиту залежать від типу та особливостей об'єкта і беруться з відповідних нормативних документів або визначаються на основі статистичних даних.

3. Розрахунок розрахункового навантаження (P_p). Розрахункове навантаження визначається як добуток максимальної встановленої потужності та коефіцієнту попиту.

$$P_p = K_p \cdot P_{уст}; \quad (2.10)$$

$$P_p = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ (кВт)}$$

Для освітлення цехів приймаємо люмінісцентні світильники, тоді навантаження освітлювальної мережі можна розрахувати за формулою:

$$P_p^o = P_{пит} \cdot K_{пра} \cdot K_{по} \cdot F; \quad (2.11)$$

$$P_p^o = 0,01 \cdot 6014 \cdot 1,2 \cdot 0,95 = 66,12 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p^o = P_p \cdot \operatorname{tg}\phi; \quad (2.12)$$

$$Q_p^o = 66,12 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,95)) = 28,17 \text{ (квар)};$$

Визначимо повну потужність силового навантаження за формулою (2.8):

Для розрахунку визначимо $P_{p\Sigma}$ та $Q_{p\Sigma}$:

де $P_{p\Sigma}$ - сумарна розрахункова активна потужність цеху, кВт;

$$P_{p\Sigma} = P_{pc\Sigma} + P_{po\Sigma} = 300 + 66,12 = 366,12 \text{ (кВт)};$$

$Q_{p\Sigma}$ - сумарна розрахункова реактивна потужність цеху, кВАр.

$$Q_{p\Sigma} = Q_{pc\Sigma} + Q_{po\Sigma} = 225 + 28,17 = 253,17 \text{ (кВАр)};$$

$$S_p = \sqrt{366,12^2 + 253,17^2} = 445,17 \text{ (кВА)};$$

Ці розрахунки є типовими, тому для всіх інших цехів запишемо тільки результати розрахунків та зведемо їх в таблицю 2.2.

Розрахункова активна потужність всього підприємства визначиться як [1]:

$$P_{p\Sigma} = K_0 \cdot P_p + P_p^o, \quad (2.13)$$

$$P_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 7563,18 + 1416,36 = 8601,38 \text{ (кВт)}$$

Реактивна потужність всього підприємства визначається аналогічно:

$$Q_{p\Sigma} = K_0 \cdot Q_p + Q_p^o \quad (2.14)$$

$$Q_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 5587,34 + 603,37 = 5911,34 \text{ (квар)}$$

Розрахункове повне навантаження всього підприємства буде:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{8601,38^2 + 5911,34^2} = 10436,84 \text{ (кВА)};$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень підприємства

№	Найменування будівлі/споруди	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження								Сумарне навантаження				Ко = 0,95
		Рн, кВт	Кп	cos φ	tan φ	РС, кВт	QC, квар	F, м^2	Кп 0	Рпит, кВт/м^2	Кпра	cos φ	tan φ	Рр0, кВт	Qр0, квар	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А	СПИТ, кВА/м^2
1	Екстраційний цех	500	0,6	0,8	0,75	300,00	225,00	6014	0,95	0,01	1,2	0,92	0,43	66,12	28,17	366,12	253,17	445,13	676,30	0,07
2	Пресовий цех	5600	0,5	0,9	0,48	2800,00	1356,10	1056	0,8	0,055	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	2855,68	1379,82	3171,56	4818,69	3,00
3	Склад шпота	75	0,2	0,85	0,62	15,00	9,30	1943	0,6	0,03	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	56,76	27,09	62,89	95,55	0,03
4	Відсіювальний цех	464	0,5	0,8	0,75	232,00	174,00	2664	0,8	0,022	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	287,68	197,72	349,07	530,36	0,13
5	Адміністративний корпус	26	0,3	0,9	0,48	7,80	3,78	7497	0,95	0,008	1,2	0,92	0,43	66,12	28,17	73,92	31,94	80,53	122,35	0,01
6	Бензосховище	35	0,3	0,85	0,62	10,50	6,51	2000	0,6	0,029	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	52,26	24,30	57,63	87,56	0,03
7	Котельня	500	0,6	0,85	0,62	300,00	185,92	1817	0,8	0,032	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	355,68	209,64	412,87	627,29	0,23
8	Оліє зливна	270	0,4	0,9	0,48	108,00	52,31	1817	0,8	0,032	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	163,68	76,03	180,47	274,20	0,10
9	Склад насіння	250	0,3	0,85	0,62	75,00	46,48	462	0,6	0,126	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	116,76	64,27	133,28	202,50	0,29
10	Електролізний цех	1300	0,9	0,75	0,88	1170,00	1031,84	2166	0,8	0,027	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	1225,68	1055,56	1617,56	2457,63	0,75
11	Електроцех	110	0,9	0,9	0,48	99,00	47,95	2592	0,8	0,022	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	154,68	71,67	170,48	259,01	0,07
12	Напорна флотажія	120	0,8	0,8	0,75	96,00	72,00	1176	0,8	0,049	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	151,68	95,72	179,36	272,51	0,15
13	Цех розфасовки олії "Вінізпак"	50	0,6	0,85	0,62	30,00	18,59	2287	0,8	0,025	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	85,68	42,31	95,56	145,19	0,04
14	Механічна майстерня	275	0,8	0,9	0,48	220,00	106,55	1170	0,8	0,05	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	275,68	130,27	304,91	463,26	0,26
15	Гараж	30	0,2	0,7	1,02	6,00	6,12	2808	0,6	0,021	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	47,76	23,91	53,41	81,15	0,02
16	Ремонтно-будівельний цех	12	0,5	0,8	0,75	6,00	4,50	4394	0,95	0,013	1,2	0,92	0,43	66,12	28,17	72,12	32,67	79,17	120,29	0,02
17	Градірні	60	0,5	0,8	0,75	30,00	22,50	2714	0,8	0,021	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	85,68	46,22	97,35	147,91	0,04
18	Насосна станція	120	0,7	0,85	0,62	84,00	52,06	1716	0,8	0,034	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	139,68	75,78	158,91	241,44	0,09
19	Другий підйом	150	0,4	0,7	1,02	60,00	61,21	918	0,8	0,063	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	115,68	84,93	143,51	218,04	0,16
20	Матеріальний склад	30	0,3	0,9	0,48	9,00	4,36	2738	0,6	0,021	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	50,76	22,15	55,38	84,14	0,02
21	ТЕЦ	500	0,9	0,7	1,02	450,00	459,09	2184	0,6	0,027	1,2	0,92	0,43	41,76	17,79	491,76	476,88	685,01	1040,77	0,31

Продовження таблиці 2.2

22	Їдальня	30	0,3	0,9	0,48	9,00	4,36	1200	0,8	0,048	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	64,68	28,08	70,51	107,13	0,06
23	Гідрогенізаційний цех	800	0,9	0,6	1,33	720,00	960,00	13527	0,95	0,004	1,2	0,92	0,43	66,12	28,17	786,12	988,17	1262,72	1918,50	0,09
24	Миловарний цех	700	0,7	0,7	1,02	490,00	499,90	7229	0,95	0,008	1,2	0,92	0,43	66,12	28,17	556,12	528,07	766,89	1165,17	0,11
25	Вальцовочний цех	174	0,9	0,8	0,75	156,60	117,45	1056	0,8	0,055	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	212,28	141,17	254,93	387,33	0,24
26	Лецитиновий цех	99,1	0,8	0,8	0,75	79,28	59,46	1344	0,8	0,043	1,2	0,92	0,43	55,68	23,72	134,96	83,18	158,53	240,87	0,12
	Всього по підприємству	12280				7563,18	5587,34	76489						1416,36	603,37	8601,38	5911,34	10436,84	15857,14	0,14

2.3 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір номінальної напруги елементів електричної мережі являється техніко - економічною задачею і повинен виконуватись сумісно з вибором схеми електропостачання на основі розгляду можливих варіантів. При проектуванні для визначення напруги ліній електропередачі може бути використана формула Стілла згідно якої:

$$U_{ек} = 4,34 \cdot \sqrt{1 + 16P_p} \text{ (кВ);} \quad (2.15)$$

де P_p -розрахункова активна потужність;

L - довжина лінії, км;

N -кількість ліній електропередачі, шт

Дана формула застосовується при невеликих довжинах ліній (до 250 км) та при передачі потужності (до 60 МВт).

При розрахунку напруги по даній формулі ми отримаємо нестандартну напругу. Для подальших розрахунків приймаємо більшу та меншу стандартні напруги відносно напруги розрахованої за формулою Стілла. Подальші розрахунки проводимо для всіх вибраних варіантів стандартних напруг.

$$U_{ек} = 4,34 \cdot \sqrt{10 + 16 \cdot 8,6} = 52,73 \text{ (кВ);}$$

Оскільки ПС Технологічна має класи напруги 10 та 110 кВ, приймаємо рішення що до живлення підприємства на напрузі 10 кВ.

2.4 Вибір трансформатора ГПП

Аналіз енергетичних потреб підприємства показав відсутність об'єктивної необхідності в будівництві головної понижувальної підстанції (ГПП). Поточне електричне навантаження не потребує такого масштабування енергозабезпечення.

Натомість, для досягнення оптимальної ефективності розподілу електроенергії у центрі навантажень буде розміщено комплектний закритий розподільчий пункт (КЗРП). Дана КЗРП забезпечить централізоване управління та раціональний розподіл електричної енергії між усіма споживачами.

Живлення КЗРП буде здійснюватися від шин 10 кВ підстанції ПС "Технологічна" (Уном = 110/10 кВ). Ця схема підключення сприяє мінімізації втрат на протяжних лініях та забезпечує високу якість електроенергії. Від КЗРП буде прокладена розгалужена система кабельних ліній, що забезпечить безпосереднє живлення трансформаторних підстанцій, розташованих на території підприємства. Це рішення гарантує збільшену стабільність, підвищену надійність та операційну гнучкість у системі розподілу електроенергії, що є критично важливим для безперебійної роботи технологічних процесів підприємства.

2.5 Вибір цехових ТП та їх розміщення

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0.4 кВ [1]:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}; \quad (2.17)$$

де S_{Σ} - повна розрахункова потужність підприємства, кВА

$$S_{\Sigma} = \sqrt{8601,38^2 + 5911,34^2} = 10436,84 \text{ (кВА)};$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i; \quad (2.18)$$

де F_i - площа цеха, м².

$$F_{\Sigma} = 76489 \text{ (м}^2\text{)};$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.19)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{10436,84}{76489} = 0,14 \text{ (кВА / м}^2\text{)};$$

В [1] пропонується при такій питомій потужності використовувати трансформатори потужністю 1000 кВА, так як пресовий цех має велику потужність, то він буде житись окремо від трансформатора потужністю 2500 кВА.

Визначаємо економічне число підстанцій [1].

$$N_{\text{ек}} = \frac{S}{S_{\text{норм.ТР}} \cdot K_3}; \quad (2.20)$$

де $K_3 = 0,75 \dots 0,8$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції при переважанні споживачів II та III категорії надійності електропостачання, так як пресовий цех живиться від окремого трансформатора, то в данному розрахунку його потужність не враховуємо.

$$S_{\text{ек}} = S_{\text{НОМ.ТР}} = 1000 \text{ (кВА)};$$

$$N_{\text{ек}} = \frac{7265,28}{2 \cdot 1000 \cdot (0,75 \dots 0,8)} = 4,84 \dots 4,54 \text{ (шт)};$$

Виходячи з розташування та потужності цехів, розподілимо їх між шістьма двотрансформаторними підстанціями.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження.

Результати розрахунку приведеі в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

№ ТП	№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном} TP=1000кВА$		$S_{ном} TP=2500кВА$	
			N, шт	K_z в.о.	N, шт	K_z в.о.
1	2	3171,56	-	-	2	63,43%
2	4,7-8,21	1627,43	2	81,37%	-	-
3	10	1617,56	2	80,88%	-	-
4	9,16-17,23	1572,52	2	78,63%	-	-
5	11,15, 19-20,24-26	1603,14	2	80,16	-	-
6	1,3,5-6, 12-14,18,22	1455,43	2	72,77	-	-

Для визначення місця розташування трансформаторних підстанцій побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності [2]:

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2; \quad (2.21)$$

де m_p -масштаб побудови, вибирають кратним 1,2,5.

Вибираєм масштаб побудови картограми навантажень: приймемо радіус круга навантаження 30 мм для першого цеху, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_p \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}; \quad (2.22)$$

де P_p -розрахункова активна потужність цеха, кВт;

r -радіус круга навантаження, мм.

Визначаємо масштаб побудови для центральної прохідної заводу:

$$m_p = \frac{366,12}{3,14 \cdot 30^2} = 0,130 \text{ (кВт / мм}^2\text{)}; \quad (2.23)$$

Приймаємо $m_p = 0,13 \text{ (кВт / мм}^2\text{)}$. Визначимо радіус круга при даному масштабі:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.24)$$

$$r_i = \sqrt{\frac{366,12}{3,14 \cdot 0,130}} = 30,00 \text{ (мм)};$$

Сектор освітлювального навантаження для цеху №1 складає [1]:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{MO}}{P_{p1}}; \quad (2.25)$$

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot 66,12}{366,12} = 65,01^\circ;$$

Аналогічні розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Данні для побудови картограми навантажень

№ п.п	Споживачі	Координати		Рм, кВт	Рмо, кВт	rk, мм	а,°
		Хк, мм	Yk, мм				
1	Екстраційний цех	809	409	366,12	66,12	30	65,01
2	Пресовий цех	626	306	2855,68	55,68	83,78	7,02
3	Склад шпрота	808	343	56,76	41,76	11,81	264,86
4	Відсіювальний цех	781	152	287,68	55,68	26,59	69,68
5	Адміністративний корпус	903	539	73,92	66,12	13,48	322,01
6	Бензосховище	927	345	52,26	41,76	11,33	287,67
7	Котельня	668	58	355,62	55,68	29,57	56,36
8	Оліє зливна	673	112	163,68	55,68	20,06	122,46
9	Склад насіння	286	578	116,76	41,76	16,94	128,76
10	Електролізний цех	145	459	1225,68	55,68	54,89	16,35
11	Електроцех	246	463	154,68	55,68	19,50	129,59
12	Напорна флотация	626	518	151,68	55,68	19,31	132,15
13	Цех розфасовки олії "Вінізпак"	679	306	85,68	55,68	14,51	233,95
14	Механічна майстерня	706	402	275,68	55,68	26,03	72,71
15	Гараж	322	547	47,46	41,76	10,84	314,77
16	Ремонтно-будівельний цех	461	578	72,12	66,12	13,31	330,05
17	Градірні	453	518	85,68	55,68	14,51	233,95
18	Насосна станція	569	500	139,68	55,68	18,53	143,51
19	Другий підйом	243	528	115,68	55,68	16,86	173,28
20	Матеріальний склад	80	345	50,76	41,76	11,17	296,17
21	ТЕЦ	878	220	491,76	41,76	34,77	30,57
22	Їдальня	739	547	64,68	55,68	12,61	309,91
23	Гідрогенізаційний цех	495	398	786,12	66,12	43,96	30,28
24	Миловарний цех	509	306	556,12	66,12	36,97	42,80
25	Вальцовочний цех	375	306	212,28	55,68	22,84	94,43
26	Лецитіновий цех	338	306	134,96	55,68	18,21	148,52

Визначаємо координати центру навантажень [1]:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (2.26)$$

$$X = \frac{366,12 \cdot 809 + \dots + 134,96 \cdot 388}{366,12 + \dots + 134,96} = 568,54 \text{ (мм)};$$

де $P_{p,i}$ -розрахункова активна потужність i -го цеха, кВт;

X_i -координати абсциси i -го цеха, мм.

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (2.27)$$

$$Y = \frac{366,12 \cdot 409 + \dots + 134,96 \cdot 306}{366,12 + \dots + 134,96} = 344,60 \text{ (мм)};$$

де $P_{p,i}$ розрахункова активна потужність i -го цеха, кВт;

Y_i координати ординати i -го цеха, мм.

Розташуємо комплектний закритий розподільчий пункт (КЗРП) у центрі навантажень підприємства, також обиремо найоптимальніше місце для розташування трансформаторних підстанцій на генеральному плані. При цьому враховуватимемо географічне розташування цехів, які будуть живитись від цих підстанцій, а також зручність архітектурного розташування. Заплановані місця розташування забезпечать ефективне прокладання повітряних ліній та передбачатимуть можливість їх розширення в майбутньому.

На рис. 2.1 показані місця для розміщення трансформаторних підстанцій і необхідний коридор для кабельних ліній від ПС «Технологічна» до РУ 10 кВ ТП-1, ТП-2, ТП-3, ТП-4, ТП-5, та ТП-6.

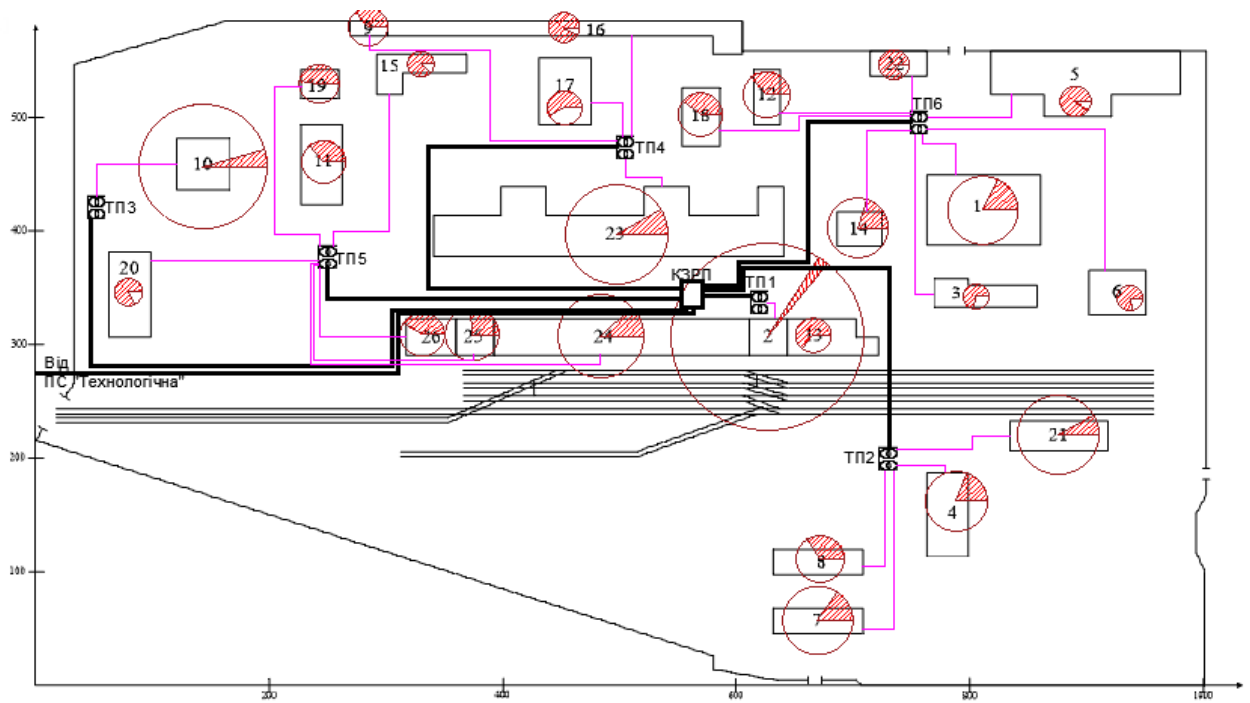


Рисунок 2.2 – Картограма навантажень заводу та електричні мережі ПрАТ
«Вінницький ОЖК»

2.6 Розрахунок зовнішнього електропостачання підприємства

Живлення здійснюється від ПС 110/10 кВ «Технологічна» що знаходиться на відстані 2 км двоковою кабельною ЛЕП 10 кВ. Також на підприємстві передбачено спорудження комплектного закритого розподільного пункту (КЗРП).

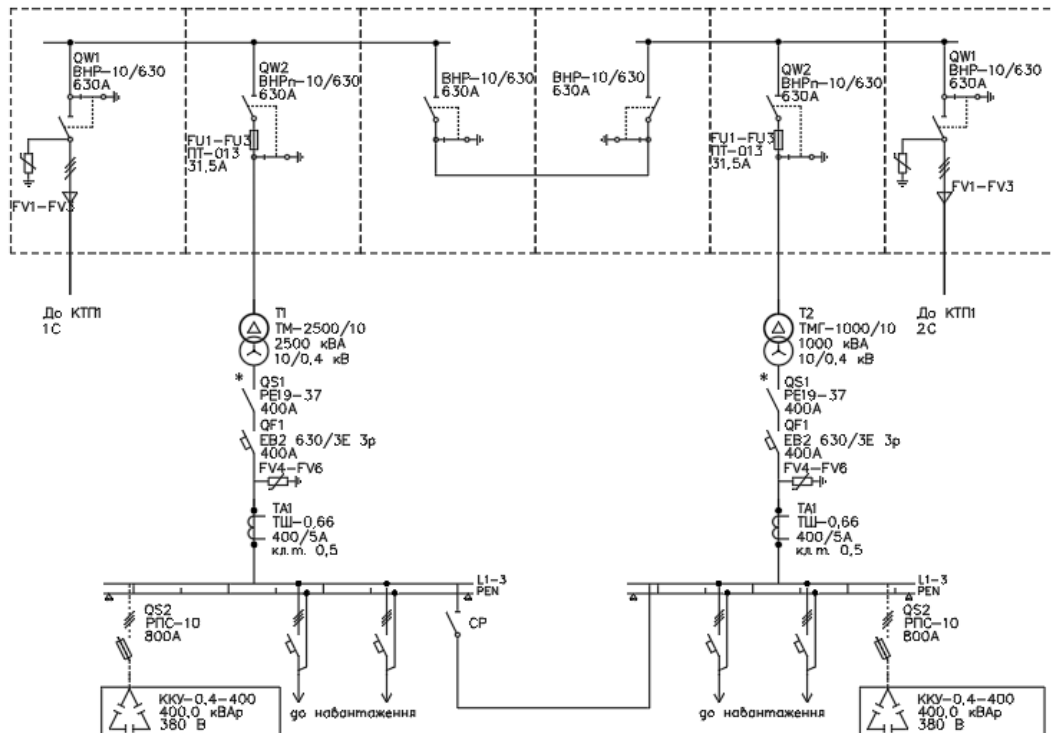


Рисунок 2.3 Типова однолінійна схема підключення ТП

Для живлення комбінату було обрано кабельні ЛЕП виконані кабелем марки ААБл.

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (2.28)$$

$$I_M = \frac{10436,84}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 301,29 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{ПА}}^M = \frac{10436,84}{\sqrt{3} \cdot 10} = 602,57 \text{ (A)};$$

Визначаємо розрахунковий допустимий струм кабеля

$$I_{\text{розр.}} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп.}}, \quad (2.29)$$

$$602,57 \leq 1,08 \cdot 0,97 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 628$$

$$602,57 \leq 621,05.$$

З розрахунків впливає вибір кабеля 2хААБл перерізом 3х240 мм² з $I_{\text{доп}}=628$ (А.);

Крім того, виконаємо перевірку провідника за допустимими втратами напруги. Які згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), не повинні перевищувати 5% :

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_0 + Q_p \cdot X_0}{U_{\text{ном}}^2} \cdot l \cdot 100\%; \quad (2.30)$$

$$\Delta U\% = \frac{8601,38 \cdot 0,0625 + 5911,34 \cdot 0,329}{10000} \cdot 2 \cdot 100\% = 4,96\%$$

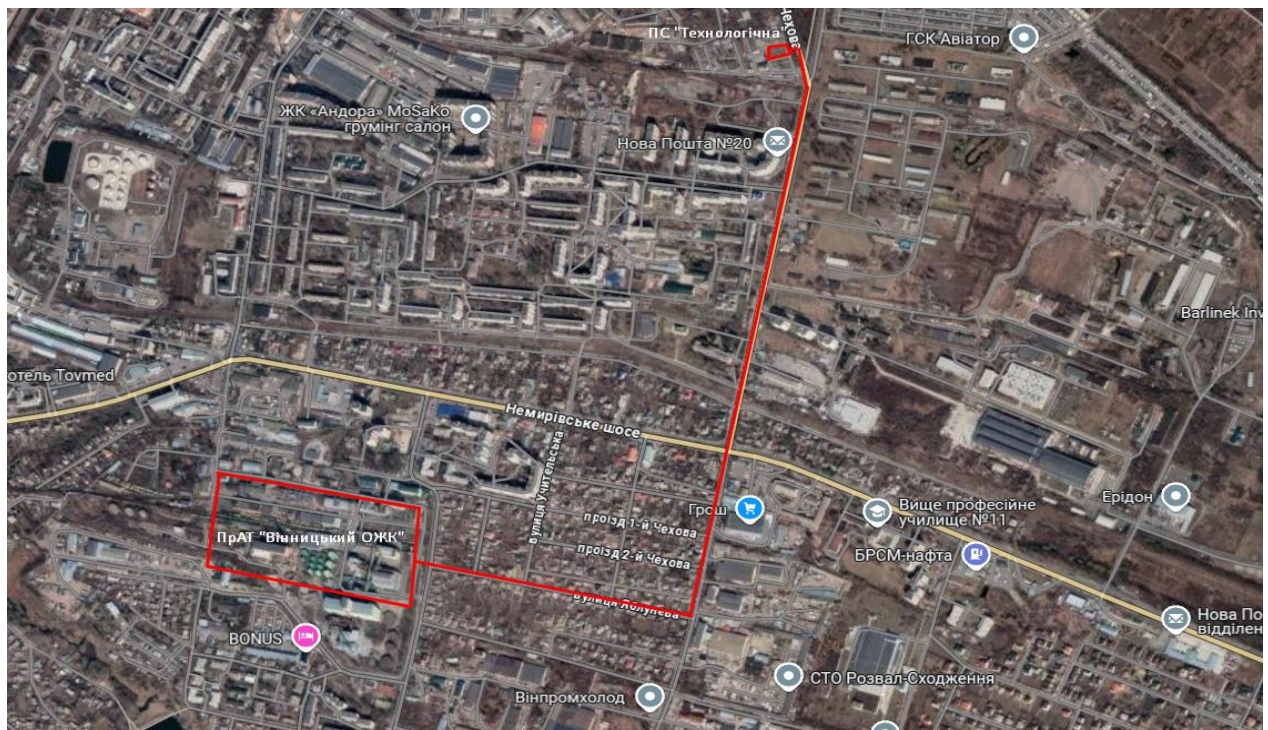


Рисунок 2.4-Розташування живлячої підстанції і план прокладення кабельної лінії 10 кВ

2.7 Вибір елементів заводської мережі

Внутрішні мережі підприємства виконані кабельними лініями, які прокладені в траншеях. Також передбачено встановлення комплектного закритого розподільчого пункту з відповідним обладнанням.

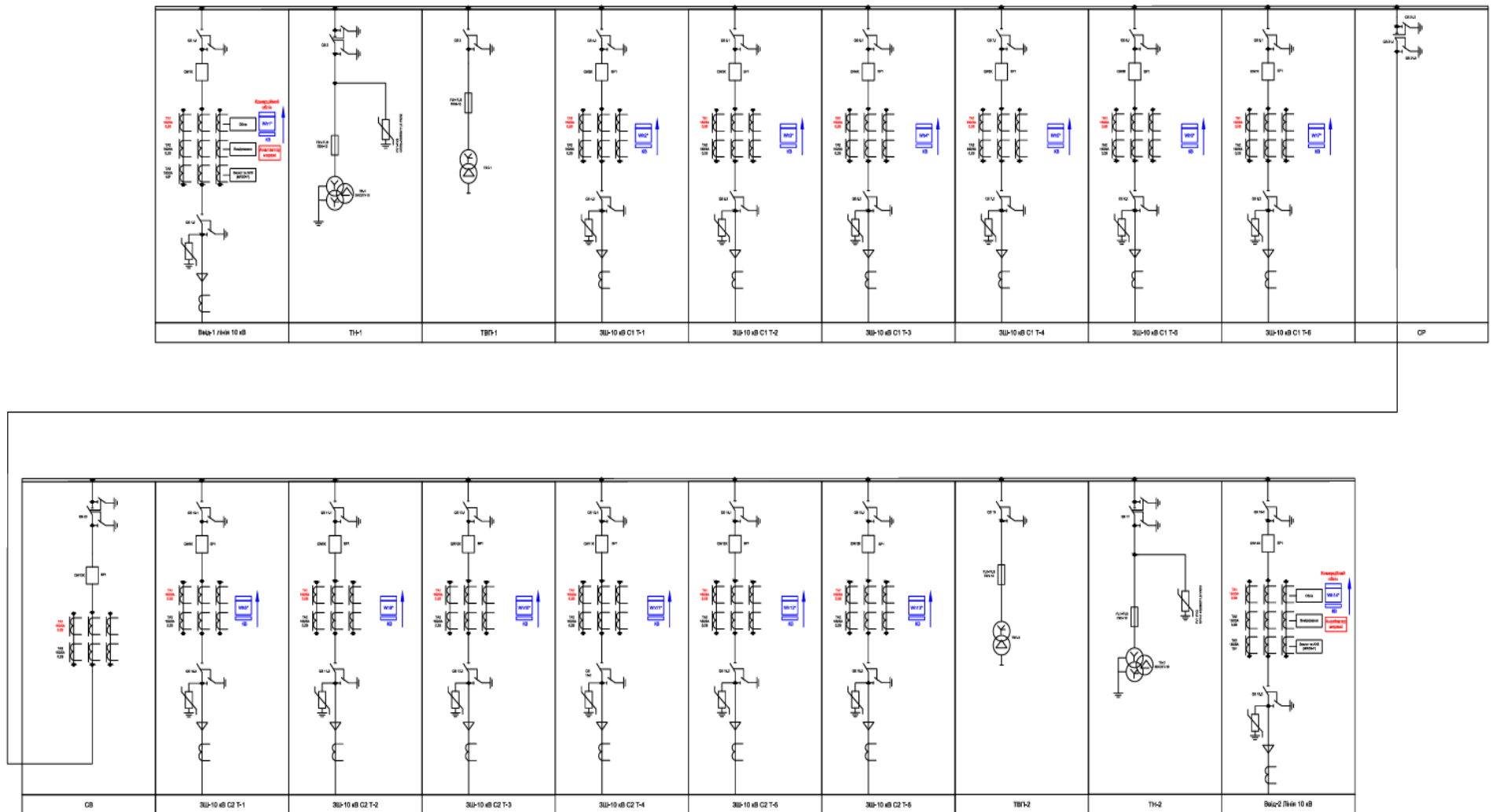


Рисунок 2.5-Однолінійна схема підприємства

Для захисту системи електропостачання, і забезпечення безперебійності виробництва, на підприємстві передбачено встановлення вакуумних вимикачів які потрібно вибирати за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ.МЕРЕЖІ}}; \quad (2.31)$$

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{М.АВ}}; \quad (2.32)$$

Проведемо розрахунок вимикача для лінії ЦТП1

$$I_{\text{М}} = \frac{S_{\text{М}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}; \quad (2.33)$$

$$I_{\text{М}} = \frac{3171,56}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 91,56 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{па}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot 10}; \quad (2.34)$$

$$I_{\text{па}} = \frac{3171,56}{\sqrt{3} \cdot 10} = 183,11 \text{ (А)};$$

Вибираємо вакуумний вимикач ВР1. Номінальний струм вимикача $I_{\text{НОМ.В}} = 630 \text{ А} > I_{\text{М.АВ}}$. Власний час відключення вимикача 0.04 с. Для всіх інших приєднань вимикачі вибираємо аналогічно і заносимо в таблицю 2.5.

Вибір кабелів 10 кВ проводимо за допустимим струмом і втратами напруги

$$I_{\text{па}} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.33)$$

$$183,11 (A) \leq 0,87 \cdot 1 \cdot 248 = 187,71(A);$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища;

k_2 - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту;

k_3 - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів;

Визначаємо переріз провідників:

$$\Delta U\% = \frac{2855,68 \cdot 0,253 + 1379,82 \cdot 0,0602}{10000} \cdot 0,043 \cdot 100\% = 3,46\%;$$

Вибираємо кабель ААБл 3х120 з $I_{\text{доп}}=187,71$ А. Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.5.

Таблиця 2.4 – Вибір кабелів та вимикачів

Лінія	I_m , А	I_{pa} , А	Вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А	$\Delta U\%$
ЦТП1	91,56	183,11	BP1	630	ААБл	3×120	187,71	3,46
ЦТП2	46,98	93,96	BP1	630	ААБл	3×35	95,37	1,55
ЦТП3	46,69	93,39	BP1	630	ААБл	3×35	95,37	3,55
ЦТП4	45,39	90,79	BP1	630	ААБл	3×35	95,37	2,19
ЦТП5	46,28	92,56	BP1	630	ААБл	3×35	95,37	2,05
ЦТП6	42,01	84,03	BP1	630	ААБл	3×35	95,37	1,23

2.8 Вибір схеми електропостачання цеху

З огляду на необхідність забезпечення високої надійності електропостачання, для цехової електромережі обрано радіальну схему підключення. Цей тип схеми відомий своєю стійкістю до відмов в окремих гілках.

Захист ліній буде здійснюватися за допомогою автоматичних вимикачів Schneider Electric моделі COMPACT NSXm100E, оснащених інтегрованими комбінованими розчіплювачами для ефективного виявлення перевантажень та коротких замикань.

Щодо методів прокладання кабельних ліній, вони відповідають нормам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ):

Кабелі від трансформаторної підстанції до розподільчого пункту (ТП-РП) будуть прокладатися у землі, використовуючи алюмінієві кабелі марки АВВГ.

Кабельні лінії від розподільчого пункту до електроприймачів (РП-ЕП) прокладатимуться відкрито у спеціальних лотках та захисних коробах, також з використанням алюмінієвих кабелів АВВГ.

2.9 Вибір захисних апаратів і кабелів цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись наступні умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.34)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n; \quad (2.35)$$

$$I_{н.відк} \geq I_{кз.мах}^{(3)}; \quad (2.36)$$

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

$I_{с.в}$ -струм спрацювання відсічки;

$K_{відс}$ -коефіцієнт відстроювання, що забезпечує надійне відстроювання захисту від перевантажень та його неспрацювання (повернення) під час (після) пуску або самозапуску;

I_p -розрахунковий струм окремого електроприймача;

K_n -коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_n -піковий (пусковий) струм;

Виберемо автоматичний вимикач РП1 для захисту ЕП-1.

Для початку знайдемо розрахунковий струм ЕП-1

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U_H}; \quad (2.37)$$

$$I_p = \frac{3,8}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 0,38} = 6,42 \text{ (A)};$$

Для визначення кратності пускового струму буде використано наближений метод, що враховує тип приводу

$$I_{\Pi} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_p = 5 \cdot 6,42 = 32,1 \text{ (A)};$$

де $K_{\text{ПУСК}}$ -кратність пускового струму, значення якої залежить від типу електроприймача (ЕП) [1].

Для захисту ЕП-1 обрано автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем. Далі буде розраховано номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для ЕП-1.

$$I_{\text{н.розчїп}} \geq k_{\text{від}} \cdot I_p; \quad (2.38)$$

$$I_{\text{н.розчїп}} \geq 1 \cdot 6,42 \geq 6,42;$$

$$I_{\text{с.від}} \geq 32,1 \cdot 2,1 = 67,41 \text{ (A)};$$

На основі розрахункових значень струмів обрано автоматичний вимикач COMPACT NSXm100E 16kA 3P TMD 16A. Його номінальний струм складає 16 А, номінальний струм розчіплювача - 16 А, а струм спрацювання відсічки - 500 А.

Аналогічний підхід застосовується для вибору автоматичних вимикачів для всіх інших споживачів у цеху

Захисні апарати, що забезпечують захист розподільчого пункту (РП), монтуються у розподільчому пристрої низької напруги трансформаторної підстанції.

Далі буде виконано вибір кабелів від ТП-2 до РП-1, базуючись на їх допустимому нагріві та допустимих втратах напруги. Почнемо з вибору за допустимим нагрівом.

$$I_{\text{ДОП}} \geq \begin{cases} I_p - \text{для нормальних приміщень} \\ 1,25 \cdot I_p - \text{для вибухозахищених приміщень} \end{cases}; \quad (2.39)$$

Інформація про тривало допустимий струм для даного провідника, його перерізу та обраного методу прокладання доступна в ПУЕ [2] або вказана в технічній документації заводу-виробника.

Для обчислення втрат напруги використовується наступна формула:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p (R_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi) \cdot l = \frac{P_p \cdot R_0 + X_0}{U_{\text{НОМ}}} \cdot l; \quad (2.40)$$

де R_0 , X_0 - питомі опори ліній (активний та реактивний);

l - довжина лінії

Для прокладки в землі обрано кабель АВВГ перерізом 4x16 мм². Його допустимий тривалий струм становить $I_{\text{ДОП}} = 66,24$ (А)

Втрати напруги в кабелі між ТП-2 та РП-1 складають:

$$\Delta U = 28,2 \cdot 1,91 + 28,68 \cdot 0,0675 \cdot 0,02 = 7,25 \text{ (В)};$$

У нормальному режимі експлуатації переріз та довжина провідників повинні забезпечувати, щоб втрати напруги не перевищували 5%. Отже, ця умова виконується.

Для підключення від РП до ЕП-1 обрано кабель АВВГ 4x16 мм². Його допустимий тривалий струм становить 66,24 (А).

Далі кабель буде перевірено за такими умовами:

$$I_{\text{доп}} = 66,24 \geq I_{\text{м}} = 61,16 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{доп}} = 66,24 \geq I_{\text{н.розчп}} = 16 \text{ (A)};$$

На ділянці кабелю від РП-1 до ЕП-1 втрати напруги становлять:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 61,16 \cdot 1,91 \cdot 0,00576 \cdot 0,9 = 5,68 \text{ (В)};$$

Решту кабелів АВВГ обираємо так само, як і попередні, а всі результати заносимо до таблиць 2.5 та 2.6.

Тепер оберемо автоматичний вимикач для лінії, що йде від ТП-2 до РП-1:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.мах}} + I_{\text{п.мах}}; \quad (2.41)$$

де $I_{\text{н.мах}}, I_{\text{п.мах}}$ - номінальний і піковий струми найпотужніших електроприймачів;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання найпотужнішого електроприймача;

$$I_{\text{п}} = 61,16 - 0,4 \cdot 51,4 + 430 = 470,6 \text{ (A)};$$

Для захисту лінії між ТП-2 та РП-1 обрано автоматичний вимикач COMPACT NSXm 50 kA 3P 160A з комбінованим розчіплювачем. Його номінальний струм становить $I_{\text{ном}}=160 \text{ (A)}$, номінальний струм розчіплювача – $I_{\text{розч}}=160 \text{ (A)}$, а струм спрацювання відсічки – 1250 (A)

$$I_{\text{н.розч}} = 160 \geq K_{\text{відс}} \cdot I_{\text{м}} = 1 \cdot 61,16 = 61,16 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{с.в}} = 1250 \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}} = 2,1 \cdot 470,6 = 988,26 \text{ (A)};$$

Решту автоматичних вимикачів обираємо так само, як і попередні, а всі результати заносимо до таблиць 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури та провідників цеху.

Найменування ЕП	n	I _p	I _n	I _{p.розч}	I _{c.від}	Тип АВ	I _n	I _{n.розч}	I _{c.від.д}	Тип жили	S, мм ²	Спос. прок.	I _{доп. А}
Шнек ядра	1	6,42	32,1	6,42	67,41	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Шнек	2	9,72	48,6	9,72	102,06	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Шнек недоруж	3	3,18	15,9	3,18	33,39	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Норія	5	15,19	75,95	15,19	159,5	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Віялка	7	7,09	35,45	7,09	74,45	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Всього РП1	16	36,12	105,9	36,12	222,59	COMPACT NSX100E TMD 160 A	16	160	160	ABBГ	4x10	в землі	42
Рушка	9	9,33	49,15	9,33	103,22	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Шлюзовий запір	1	8,25	41,25	8,25	86,63	COMPACT NSX100E TMD 16 A	16	16	160	ABBГ	4x2,5	в повітрі	19
Водяний насос	1	28,22	141,1	28,22	296,31	COMPACT NSX100E TMD 32 A	32	32	320	ABBГ	4x6	в повітрі	32
Всього РП2	11	37,64	107,51	37,64	225,78	COMPACT NSX100E TMD 160 A	160	160	1600	ABBГ	4x10	в землі	42

Таблиця 2.6 – Розрахунок втрат в мережах цеху.

Найменування ЕП	I_p , А	$\cos\varphi$	R_0 , Ом/км	L , км	ΔU , В	ΔU , %
Шнек ядра	6,42	0,90	1,91	0,0025	0,68	0,18%
Шнек 1	9,72	0,75	1,91	0,0013	0,34	0,09%
Шнек 2	9,72	0,75	1,91	0,0023	0,08	0,02%
Шнек недоруш 1	3,18	0,86	1,91	0,0063	0,1	0,04%
Шнек недоруш 2	3,18	0,86	1,91	0,0039	0,33	0,09%
Шнек недоруш 3	3,18	0,86	1,91	0,0053	0,56	0,15%
Норія 1	15,9	0,75	1,91	0,0098	0,92	0,24%
Норія 2	15,9	0,75	1,91	0,0123	0,78	0,20%
Норія 3	15,9	0,75	1,91	0,0163	0,62	0,16%
Віялка 1	7,09	0,75	1,91	0,0101	1,00	0,26%
Віялка 2	7,09	0,75	1,91	0,008	0,54	0,14%
Віялка 3	7,09	0,75	1,91	0,0121	0,38	0,10%
Віялка 4	7,09	0,75	1,91	0,0099	0,62	0,16%
Віялка 5	7,09	0,75	1,91	0,0141	0,74	0,12%
Віялка 6	7,09	0,75	1,91	0,0119	0,87	0,45%
Віялка 7	7,09	0,75	1,91	0,0138	0,92	0,15%
Всього РП1	36,12		0,32	0,1399	5,21	2,20%
Рушка 1	9,83	0,85	1,91	0,0081	0,78	0,17%
Рушка 2	9,83	0,85	1,91	0,0064	0,87	0,45%
Рушка 3	9,83	0,85	1,91	0,0086	0,89	0,34%
Рушка 4	9,83	0,85	1,91	0,0042	0,76	0,65%
Рушка 5	9,83	0,85	1,91	0,0063	0,79	0,34%
Рушка 6	9,83	0,85	1,91	0,0019	0,85	0,37%
Рушка 7	9,83	0,85	1,91	0,0042	0,82	0,32%
Рушка 8	9,83	0,85	1,91	0,0005	0,67	0,33%
Рушка 9	9,83	0,85	1,91	0,0034	0,78	0,22%
Шлюзовий запір	8,25	0,7	1,91	0,0133	0,81	0,43%
Водяний насос	28,22	0,8	1,91	0,0153	0,91	0,32%
Всього РП2	37,64		0,32	0,07220	3,5	1,91%

3 ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.

В електричних системах неминуче виникає реактивна потужність, що є наслідком роботи обладнання з індуктивними чи ємнісними характеристиками. На промислових об'єктах, як-от ПрАТ "Вінницький олійножировий комбінат» більшість устаткування має індуктивний характер, що веде до значного споживання реактивної потужності. Це, у свою чергу, створює низку проблем: знижується коефіцієнт потужності, зростають втрати в мережах, падає ефективність роботи електромережі та збільшуються фінансові витрати на електроенергію.

Для вирішення цих проблем застосовується компенсація реактивної потужності — ефективний інженерний захід, націлений на оптимізацію параметрів електропостачання. Ключова мета полягає в тому, щоб за допомогою спеціалізованого обладнання, такого як конденсаторні установки, активні фільтри чи синхронні компенсатори, зменшити циркуляцію реактивної потужності в мережі. Впровадження таких заходів дозволяє розвантажити елементи системи електропостачання, підвищити коефіцієнт потужності та суттєво скоротити втрати енергії.

Цей розділ присвячено дослідженню теоретичних засад та шляхів практичної реалізації компенсації реактивної потужності на базі ПрАТ "Вінницький олійножировий комбінат". Буде проведено глибокий аналіз поточного стану енергосистеми підприємства, на основі якого буде здійснено вибір та обґрунтування найефективніших методів компенсації для подальшого їх впровадження. Очікується, що результати цієї роботи дозволять підвищити енергоефективність підприємства, оптимізувати витрати на електроенергію та забезпечити вищий рівень надійності електропостачання.

3.1 Компенсація реактивної потужності: ключові аспекти

Компенсація реактивної потужності є ключовим питанням для підвищення якості електроенергії в мережах, яке вирішується як на етапі проєктування, так і під час експлуатації систем промислового електропостачання. Цей процес охоплює вибір доцільних джерел, розрахунок і регулювання їх потужності, а також розміщення цих джерел у системі електропостачання.

Ця компенсація є вкрай необхідною в електроенергетиці, адже надмірна реактивна потужність погіршує показники роботи енергосистеми. Зокрема, вона призводить до збільшення витрат енергоресурсів через завантаження генераторів електростанцій реактивними струмами. Крім того, зростають втрати в мережах та електроприймачах, і збільшується спад напруги в мережах, що негативно впливає на стабільність і ефективність електропостачання.

Основними споживачами реактивної потужності є асинхронні електродвигуни, електричні печі, перетворювачі, трансформатори всіх ступенів трансформації та лінії електропередач.

Наявність реактивного струму призводить до додаткового навантаження на лінії електропередачі, що, своєю чергою, вимагає збільшення перерізів проводів і кабелів. Це спричиняє зростання капітальних витрат на зовнішні та внутрішні електричні мережі. Крім того, реактивна потужність обліковується постачальником електроенергії разом з активною, а отже, підлягає оплаті за чинними тарифами. Це робить її значною складовою рахунку за електроенергію.

Важливо розуміти, що активна енергія перетворюється на корисну роботу — механічну, теплову тощо. Натомість, реактивна енергія не пов'язана з виконанням корисної роботи. Замість цього, вона витрачається на створення електромагнітних полів у таких пристроях, як електродвигуни, трансформатори, індукційні печі, зварювальні трансформатори, дроселі та освітлювальні прилади.

Найефективнішим способом зменшення споживаної з мережі реактивної потужності є використання установок компенсації реактивної потужності, або конденсаторних установок. Їхнє застосування дає низку переваг:

- Розвантаження інфраструктури. Зменшується навантаження на живильні лінії електропередачі, трансформатори та розподільні пристрої;
- Зменшення витрат. Знижуються витрати на оплату електроенергії. Деякі типи установок також допомагають зменшити рівень вищих гармонік.;
- Покращення якості електроенергії. Пригнічуються мережеві перешкоди та знижується несиметрія фаз.;
- Підвищення надійності. Розподільні мережі стають надійнішими та економічнішими..

Конденсаторна установка — це електроустановка, що складається з конденсаторів та допоміжного обладнання, такого як вимикачі, роз'єднувачі, розрядні резистори, пристрої регулювання та захисту. Вона може бути сформована з однієї або кількох конденсаторних батарей, або ж з окремих одиничних конденсаторів, підключених до мережі через комутаційні апарати.

Важливо, щоб режим роботи конденсаторних установок виключав можливість роботи підприємств із випереджальним коефіцієнтом потужності. Тому найбільш доцільним є автоматичне регулювання потужності цих установок, що базується на напрузі, часі доби або інших параметрах.

Для розрахунку параметрів компенсаційної установки необхідно зняти характерні добові графіки навантаження в мережі та поточне значення $\cos \phi$. На основі цих даних визначається середнє значення коефіцієнта потужності за певний період. Знаючи фактичний та бажаний (для компенсації) коефіцієнт потужності, а також споживання активної електроенергії, можна розрахувати необхідну потужність конденсаторної установки.

У цьому розділі ми зосередимося на автоматичних конденсаторних установках. Вони комплектуються мікропроцесорним регулятором (контролером), який відстежує зміни споживання реактивної потужності навантаження та автоматично підключає необхідну потужність компенсації.

Таким чином, процес компенсації реактивної потужності стає повністю автоматичним і не потребує втручання обслуговуючого персоналу.

Отже, компенсація реактивної потужності допомагає вирішити кілька важливих проблем

1. Зменшує втрати активної енергії:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R; \quad (3.1)$$

2. Знижує втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}; \quad (3.2)$$

3. Розвантажує струмоведучі частини систем електропостачання (СЕП)

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{U}; \quad (3.3)$$

3.2 Розрахунок плати за реактивну енергію

Плата за споживання та генерацію реактивної електроенергії розраховується за формулою:

$$\Pi = (QW_{\text{СП}} + K \cdot WQ_{\text{Г}}) \cdot D \cdot m_0; \quad (3.4)$$

де $WQ_{\text{СП}}$ -споживання реактивної енергії в точці обліку за розрахунковий період;

$WQ_{\text{Г}}$ -генеравання реактивної енергії в мережу енергопостачальної організації в точці обліку за розрахунковий період;

K -нормативний коефіцієнт, що враховує збитки енергопостачальної організації від генерації реактивної електроенергії з мережі споживача;

D-економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), який характеризує вплив реактивного перетоку в точці обліку на втрати активної потужності в розрахунковому режимі;

m_0 -середня вартість активної електроенергії за розрахунковий період.

Розрахунок споживання реактивної енергії на періодах здійснюється за формулою (3.7).

$$W_{\text{cn}} = Q_{\text{cn}} \cdot T_{\text{max}}; \quad (3.5)$$

де- T_{max} - час максимального навантаження (для підприємства з двома робочими змінами становить 3700 год)

$$W_{\text{cn}} = 8516 \cdot 3700 = 31509200 (\text{квар} \cdot \text{год} / \text{рік});$$

Розрахуємо плату за споживання реактивної енергії

$$П = 315092200 \cdot 0,05 \cdot 5,635 = 8877 (\text{т.грн});$$

3.3 Сучасні регулятори реактивної потужності

Регулятори коефіцієнта потужності — це пристрої, що забезпечують ефективну компенсацію реактивної потужності. Вони працюють, оцифровуючи лінійну напругу (між двома фазами) та струм (у третій фазі). На основі цих вимірювань, прилад обчислює коефіцієнт потужності, ефективні значення напруги та струму, а також гармонійні спотворення.

Розрахунок необхідної компенсаційної потужності виконується з урахуванням заданого бажаного значення коефіцієнта реактивної потужності. Залежно від отриманих даних, регулятор автоматично підключає або відключає конденсаторні ступені.

Для забезпечення рівномірного ресурсу конденсаторних банок використовується метод кільцевого перемикання. Це означає, що для досягнення потрібного рівня потужності підключається той ступінь, який був відключений найдовше. Такий підхід допомагає забезпечити оптимальний

рівень компенсації за один цикл регулювання, мінімізуючи кількість підключених ступенів.

Оптимізація кількості циклів досягається завдяки тому, що контролер заздалегідь визначає необхідну потужність компенсації і може одночасно підключити або відключити кілька ступенів за один цикл. Це робить регулювання швидким та ефективним.

Основні переваги цих регуляторів включають:

- Комплексний контроль параметрів: моніторинг напруги (U), струму (I), активної (P), реактивної (Q) та повної (S) потужності, коефіцієнта потужності ($\cos\phi$), загального гармонійного спотворення напруги (THDU) та струму (THDI), а також окремих гармонік (до 19-го порядку) та температури (t);
- Три різні методи регулювання (APFR за замовчуванням);
- Автоматичне або ручне налаштування параметрів та визначення підключених конденсаторних ступенів;
- Універсальний вхід для підключення вторинної обмотки трансформаторів струму (./1A та ./5A);
- Внутрішній датчик температури та різні рівні температури для керування вентилятором і відключення ступенів установки;
- Контроль операцій перемикання та часу роботи;
- Можливість налаштування розряду конденсаторів та мінімального часу реакції для кожного ступеня;
- Пам'ять для мінімальних та максимальних значень;
- Можливість використання останнього ступеня регулятора як аварійного виходу;
- Програмовані вихідні контакти аварійної сигналізації (тільки для PFC 12 RS);

Зовнішній вигляд та технічні характеристики регуляторів реактивної потужності PFC, а також схеми їх приєднання, представлені на відповідних рисунках (Рисунок 3.1 та Рисунок 3.2).



Технічні характеристики:

Напруга живлення	400 VAC (+10%, -15%), 50 Hz / 60 Hz
Споживана потужність	<3,2 VA
Діапазон струму	5mA - 6A
Точність вимірів струму	± 0,2%
Точність вимірів напруги	± 0,5%
Точність вимірів THDU і THDI	(U>10%UN) ±5% / (I>10%IN) ±5%
Точність вимірів зсуву фаз при I>3%In	± 3° (інакше ±1°)
Потужність комутації аварійного сигнального виходу	250 V AC / 5 A
Діапазон налаштування коефіцієнта потужності	0,8 інд. ÷ 0,8 ємн.
Затримка часу при відключенні конденсаторних ступенів	5 ÷ 900 сек.
Час розряду конденсатора	5 ÷ 900 сек.
Діапазон потужності ступіня	999 kVAr інд. ÷ 999 kVAr ємн.
Розпізнавання конденсаторних ступенів	ручне / автоматичне
Порт зв'язку	RS485 (Modbus RTU)
Робочий діапазон температур	від -40°C до +70°C
Ступінь захисту	IP20 клемне підключення / IP54 фронт. панель
Глибина	55 мм
Відповідність стандартам	EN 61010-1, EN50081-1, EN50082-1

Тип	Кількість ступенів	Un	Розмір передньої панелі	Отвір у щитку	Код	Вага (кг)	Пакування (шт)
PFC-6 RS	до 6	400 V AC (+10%, -15%)	97x97мм	91x91мм	4656905	0,65	1
PFC-8 RS	до 8		97x97мм	91x91мм	4656906	0,65	1
PFC-12 RS	до 12		144x144мм	138x138мм	4656907	1,2	1

Рисунок 3.1- Регулятори реактивної потужності PFC: Зовнішній вигляд та технічні характеристики

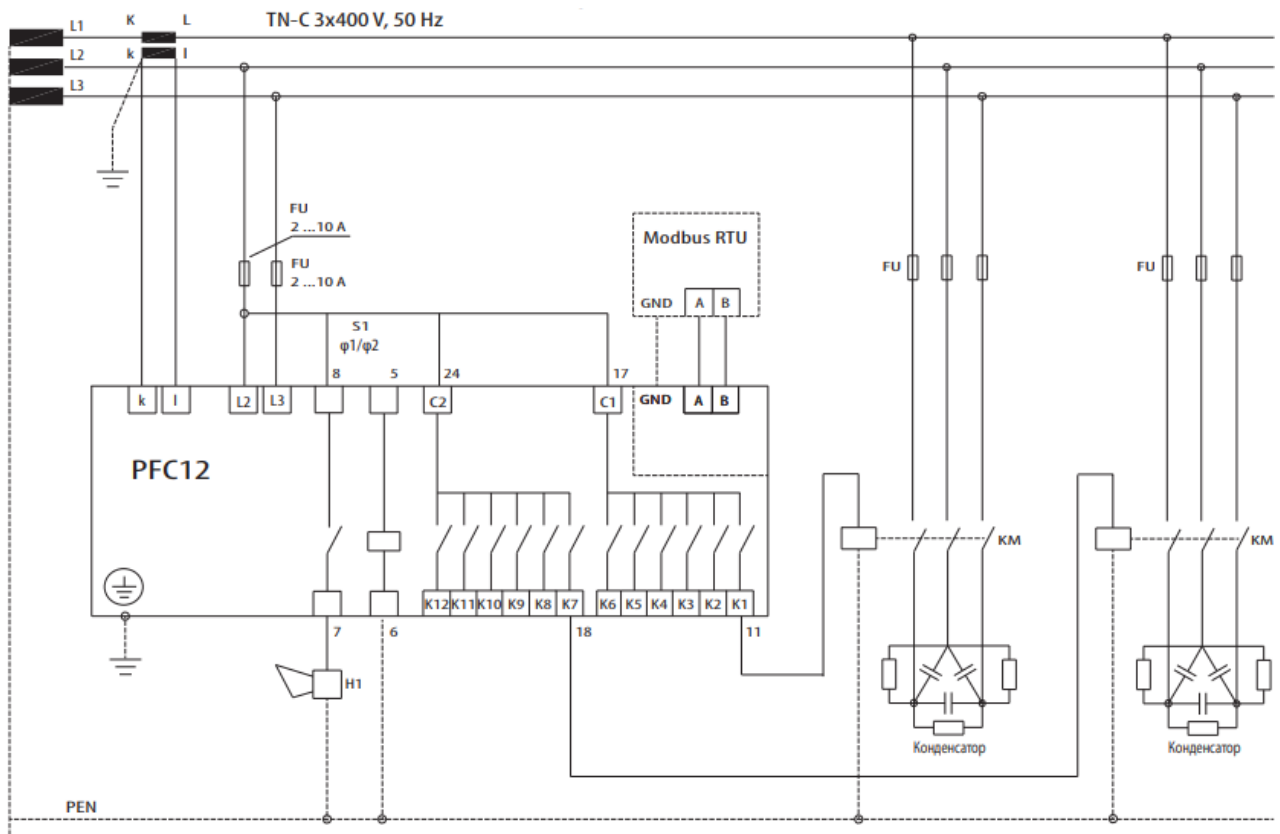


Рисунок 3.2 Схема приєднання регулятора реактивної потужності PFC

Також розглянемо регулятори реактивної потужності серій PFC-6DA, 8DB та 12DB, основна перевага яких полягає в їхній здатності вимірювати реактивну потужність у чотирьох квадрантах. Це дає змогу досягти максимального рівня компенсації споживаної енергії.

Технічні характеристики:	PFC - 6DA / 8DB / 12DB	PFC - 6DB3 / 12DB3
Одночасні виміри	по одній фазі	по трьом фазам
Напруга живлення	230 - 415 VAC; +10%-15%; 50 - 60 Hz	230 VAC; +10%-15%; 50 - 60 Hz
Максимальна споживана потужність	6/8 ступенів - 5,8 VA 12 ступенів - 6,1 VA	6 ступенів - 6,0 VA 12 ступенів - 6,5 VA
Номинальний струм In	5 (A)	
Робочий діапазон по струму	0,125 ... 5,5A	
Діапазон виміру напруги	195 ... 460 VAC	
Діапазон виміру струму	0.125 ... 5.5A	
Регулювання коефіцієнта потужності	0.85 індукт. ... 0.95 ємнісне	0.85 індукт. ... 0.90 ємнісне
Релейний вихід	8A – 250VAC (AC1)	
Максимальне навантаження основних контактів	10 A	12 A
Максимальна комутувана напруга	250 VAC	230 VAC
Електричний ресурс	20 x 10 ⁶ циклів	
Механічний ресурс	100 x 10 ³ циклів	
Відповідність стандартам	IEC 60255-5, IEC 60255-6, IEC 60068-2-61, IEC 60068-2-6, EN50081-1, EN50082-2	
Робочий діапазон температур	від -10 °C до +50 °C	
Ступінь захисту	IP20	

Тип	Номинальна напруга Un	Код	In (A)	Кількість ступенів	Розмір (мм)	Потужність
PFC - 6 DA	230-415 V (+10%; -15%)	4656570	5 A	до 6	96x96x74	5.8 VA
PFC - 8 DB		4656572		до 8	144x144x60	6.1 VA
PFC - 12 DB		4656571		до 12		6.1 VA
PFC - 6 DB3	230V (фаза-нейтраль) (+10%; -15%)	4656575	5 A	до 6	144x144x60	6.0 VA
PFC - 12 DB3		4656576		до 12		6.5 VA



PFC - 6DA



PFC - 8DB



PFC - 12DB

Рисунок 3.3 Регулятори реактивної потужності PFC- 6DA / 8DB / 12DB:

Зовнішній вигляд та технічні характеристики

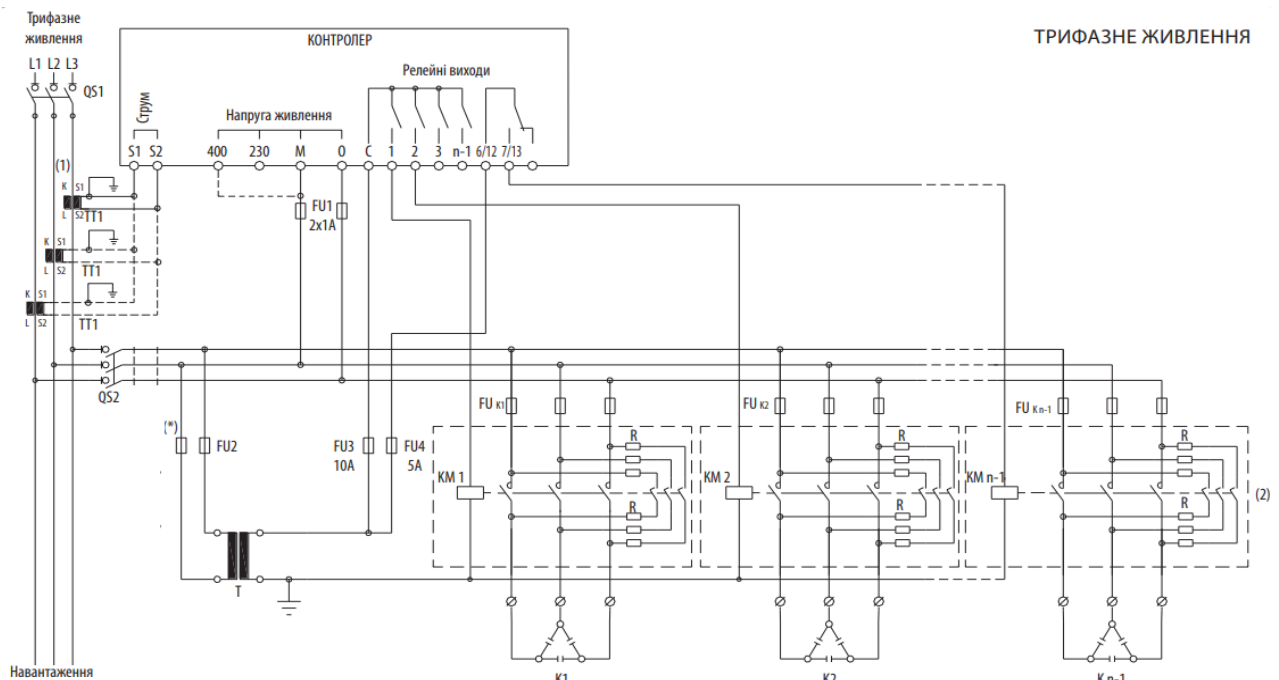


Рисунок 3.4 Схема приєднання регулятора реактивної потужності

PFC- 6DA / 8DB / 12DB

3.4 Визначення річних втрат електроенергії в мережах підприємства.

Обсяг втраченої електроенергії визначається за формулою

$$\Delta W = \Delta P_M \cdot \tau; \quad (3.6)$$

де ΔP_M -максимальні втрати потужності;

τ -час максимальних втрат

Час максимальних втрат можна розрахувати за наближеними формулами.

$$\tau \approx \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760 \quad (3.7)$$

де $T_{\max}$ -час максимального навантаження (для підприємства з двома робочими змінами становить 3700 год)

Втрати активної потужності в лініях електропередачі (ЛЕП) при максимальному навантаженні

$$\Delta P_{M.L} = 3I_p^2 \cdot R_0 \cdot 1 \cdot 10^{-3} (\text{кВт}); \quad (3.8)$$

де I_p -розрахункове значення струму навантаження;

R_0 -питоме значення активного опору проводу лінії електропередач;

l -довжина ЛЕП;

Втрати активної потужності в трансформаторі розраховують за формулою

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot \left(\frac{S_e}{S_{HT}} \right)^2 (\text{кВт}); \quad (3.9)$$

де ΔP_{XX} -потужність холостого ходу трансформатора;

ΔP_{K3} -потужність короткого замикання трансформатора;

S_e -ефективне значення повної потужності навантаження;

S_{HT} -номінальна потужність трансформатора;

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики трансформаторів

Марка	S_H , кВА	U_{BH} , кВ	U_{HH} , кВ	ΔP_{XX} , кВт	ΔP_K , кВт	U_K , %
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	1,4	10,6	5,5
ТМ-2500/10	2500	10	0,4	2,8	28	6

$$\Delta P_T = 1,4 + 10,6 \cdot \left(\frac{1627}{2000} \right)^2 = 8,41 \text{ (кВт)};$$

Втрати активної потужності в максимальному режимі навантаження зовнішньої ЛЕП

$$\Delta P_{M.L.} = 3 \cdot 301,29^2 \cdot 0,45 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 245,09 \text{ (кВт)};$$

Також знайдемо час максимальних втрат

$$\tau \approx \left(0,124 + \frac{3700}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2137;$$

Отже обсяг втраченої електроенергії

$$\Delta W = 245,09 \cdot 2137 = 523757 \text{ (кВт} \cdot \text{год)};$$

Для порівняння ефективності, втрати активної потужності визначаються аналогічним чином, як до, так і після встановлення конденсаторних установок (КУ). Результати цього аналізу подані у таблиці 3.2 і таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Визначення зменшення втрат активної потужності
в трансформаторних підстанціях

	Марка ТП	Ст. кВА	п. шт.	Сн. кВА	Кз. %	ΔР. кВт	ΔW. кВт*год/рік
До встановлення КУ							
ТП 1	ТМ-2500/10	2500	2	3171,56	0,633765	14,07	30067,59
ТП 2	ТМ-1000/10	1000	2	1627,43	0,813711	8,41	17972,17
ТП 3	ТМ-1000/10	1000	2	1617,56	0,808847	8,33	17801,21
ТП 4	ТМ-1000/10	1000	2	1572,52	0,786315	7,95	16989,15
ТП 5	ТМ-1000/10	1000	2	1603,14	0,801609	8,21	17544,77
ТП 6	ТМ-1000/10	1000	2	1455,43	0,727799	7,01	14980,37
Загалом							115355,26
Після встановлення КУ							
ТП 1	ТМ-2500/10	2500	2	2855,68	0,589076	11,93	25501,88
ТП 2	ТМ-1000/10	1000	2	1298,8	0,756788	5,876	12544,69
ТП 3	ТМ-1000/10	1000	2	1225,68	0,743260	5,38	11499,35
ТП 4	ТМ-1000/10	1000	2	1060,68	0,721569	4,38	9362,97
ТП 5	ТМ-1000/10	1000	2	1271,94	0,742134	5,69	12153,66
ТП 6	ТМ-1000/10	1000	2	1266,46	0,667351	5,65	12074,88
Загалом, кВт*год/рік							83137,44
Різниця, кВт*год/рік							32250,37
Різниця, тис.грн/рік							241,88

Розрахунки показали, що завдяки встановленню конденсаторних установок (КУ) річні втрати активної потужності в трансформаторних підстанціях зменшуються на 32 тис. кВт*год, що еквівалентно економії 242 тис. грн на рік.

Таблиця 3.3 – Визначення зменшення втрат активної потужності
в кабельних лініях 10 кВ

КЛ	Sn, кВА	Тип, переріз КЛ	п. шт.	Ip, А	R, ом/км	L, км	ΔP, кВт	ΔW, кВт*год/рік
До встановлення КУ								
Система-КЗРП	10991,08	2х(ААБл 3х240)	2	317,66	0,625	2	75,68	161731,40
КЗРП-ТП1	3012,32	ААБл 3х120	2	91,66	0,253	0,02	0,25	545,13
КЗРП-ТП2	1576,74	ААБл 3х35	2	47,04	0,868	0,06	0,69	1477,34
КЗРП-ТП3	1569,48	ААБл 3х35	2	46,75	0,868	0,24	2,73	5837,88
КЗРП-ТП4	1501,34	ААБл 3х35	2	45,45	0,868	0,11	1,18	2528,76
КЗРП-ТП5	1556,77	ААБл 3х35	2	46,33	0,868	0,05	0,56	1194,64
КЗРП-ТП6	1389,28	ААБл 3х35	2	42,06	0,868	0,08	0,74	1575,42
Загалом, кВт*год/рік								174890,60
До встановлення КУ								
Система-КЗРП	8601,38	ААБл 2х(3х240)	2	248,59	0,625	2	46,35	99048,95
КЗРП-ТП1	2855,68	ААБл 3х120	2	82,53	0,253	0,02	0,21	441,95
КЗРП-ТП2	1298,8	ААБл 3х35	2	37,54	0,868	0,06	0,44	940,93
КЗРП-ТП3	1225,68	ААБл 3х35	2	35,42	0,868	0,24	1,57	3351,88
КЗРП-ТП4	1060,68	ААБл 3х35	2	30,66	0,868	0,11	0,54	1150,49
КЗРП-ТП5	1271,94	ААБл 3х35	2	36,76	0,868	0,05	0,35	752,02
КЗРП-ТП6	1266,46	ААБл 3х35	2	36,60	0,868	0,08	0,56	1192,88
Загалом, кВт*год/рік								106879,10
Різниця, кВт*год/рік								68011,46
Різниця, тис.грн/рік								510,09

Розрахунки показали, що завдяки встановленню конденсаторних установок (КУ) річні втрати активної потужності в кабельних лініях 10 кВ зменшуються на 68 тис. кВт·год, що еквівалентно економії 510 тис. грн на рік

3.3 Визначення терміну окупності та вибір КУ

Термін окупності визначається як час, необхідний для повного відшкодування інвестицій за рахунок отриманих доходів від основної діяльності.

Прийнявши коефіцієнт потужності 1,0 після встановлення КУ, ми розрахуємо річне споживання реактивної потужності

$$WQ = \tan(\alpha - \cos(1, 0)) \cdot P \cdot T_M = 1,9454800 \text{ (квар} \cdot \text{год} / \text{рік});$$

Знайдемо плату за реактивну потужність

$$\Pi = 19454800 \cdot 0,05 \cdot 5,635 = 5481389,9 \text{ (тис.} \cdot \text{грн} / \text{рік});$$

Для забезпечення оптимальної компенсації реактивної потужності пропонується встановити наступні ККУ

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП1: УКРМ 0,4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП2: УКРМ 0,4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП3: УКРМ 0.4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП4: УКРМ 0.4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП5: УКРМ 0.4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Для 1-ї та 2-ї секцій РУ-0.4 кВ КТП6: УКРМ 0.4-400/10-40 з розбивкою ступенів 40х10 (ЕПІ+Novar).

Згідно з інтернет-джерелами [11], загальна вартість цих установок разом з необхідними елементами підключення оцінюється в 1,27 млн. грн. Сукупний річний економічний ефект від цього заходу, який включає економію на платі за реактивну потужність та зменшення втрат активної потужності в мережі підприємства, становить 1,25 млн. грн. на рік. Таким чином, термін окупності даного проекту є надзвичайно коротким і складає лише 1,016 року, або 12,19 місяців.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час дослідження засобів комперсації реактивної потужності Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Визначимо шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що обслуговує технологічне обладнання підприємства [1, 2].

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

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'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення

використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [4, 5], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями

(у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини

повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В процесі обслуговування та ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою III; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

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 споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

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. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

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.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [6] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт IIa.

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного

випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечери постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.2.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

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

4.2.3 Виробничий шум

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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» [9]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 4.3.

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».

Таблиця 4.3 – 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

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.

4.2.4 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [10]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, зерносушарки, транспортери, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_o, Y_o, X_o	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

4.3 Пожежна безпека

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

Отже, приміщення ПрАТ ВОЖК, де знаходиться насіння соняшника та відбувається екстракція олії, відносяться до категорії В з вибухонебезпечними зонами класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний зерновий пил у завислому стані може з'являтися нечасто та існувати недовго (у разі аварії).

Виробничі приміщення відносяться до категорії Б (пожежонебезпечна), якщо в них наявні горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

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

До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 5.5.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 5.6.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 5.7 (знаменник) [15].

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

Ступінь вогнестійкості і 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 суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх

вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

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
II	6/9	8/9	10/12

На території ПрАТ ВОЖК встановлено 45 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та 38 ВВП-9 [16].

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 рамках даної бакалаврської кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження та аналіз засобів компенсації реактивної потужності на прикладі Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Головною метою роботи було підвищення енергоефективності підприємства та оптимізація його системи електропостачання, що є критично важливим для стабільної та економічної роботи.

У спеціальній частині роботи було детально розглянуто питання компенсації реактивної потужності із застосуванням конденсаторних установок. На основі проведеного аналізу існуючої системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат» було виконано розрахунок річних втрат активної електроенергії в мережах підприємства до та після впровадження компенсаційних заходів. Результати цих розрахунків показали значне зменшення втрат активної потужності як у трансформаторних підстанціях, так і в кабельних лініях.

Для забезпечення оптимальної компенсації було обґрунтовано вибір конкретних моделей конденсаторних установок (УКРМ 0,4-400/10-40). Економічна ефективність від їх впровадження була комплексно оцінена, показавши річний економічний ефект у розмірі 1,27 млн. грн. при загальній вартості впровадження 1,25 млн. грн. Це дозволило визначити надзвичайно короткий термін окупності проекту, який становить всього 1,016 року або приблизно 12,19 місяці, що підтверджує високу інвестиційну привабливість заходу.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків : Навчальний посібник з дисципліни “Електропостачання”. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 140 с.
- [2] Бурбело М.Й. Розрахунок систем електропостачання. Вінниця: ВНТУ, 2017. 193 с.
- [3] Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 204 с.
- [4] ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
- [5] ДБН А.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення.
- [6] ПУЕ 2017. Правила улаштування електроустановок.
- [7] НПАОП 40.1-1.01:1997 Правила безпечної експлуатації електроустановок.
- [8] Інтернет джерело: Офіційна сторінка ПАТ «Південкабель», Точка доступу: <https://yuzhcable.com.ua/about-company-ukr/> (07.06.2023).
- [9] Інтернет джерело: Рівненський завод високовольтної апаратури, Точка доступу: <http://www.rzva.ua> (07.06.2023).
- [10] Інтернет джерело: Сайт виробника комутаційної апаратури, Точка доступу: <https://www.eti.ua> (07.06.2023).
- [11] Інтернет джерело: Сайт виробника КТП «Украелектроапарат», Точка доступу: <http://uea.com.ua> (07.06.2023).
- [12] Інтернет джерело: Характеристики лічильників SL7000, Точка доступу: <http://www.gvte.com.ua/rus/index.php> (дата звернення: 07.06.2023).

[13] ДСТУ ISO 9001: 2001. Системи управління якістю. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2001. 24 с. (Інформація та документація).

[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->.

[16] ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

[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 (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

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

[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: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

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

[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>.

[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>.

[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/dstu-8829-2019-1.pdf>.

[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.

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

[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>.

ДОДАТКИ

Додаток А – Вихідні дані

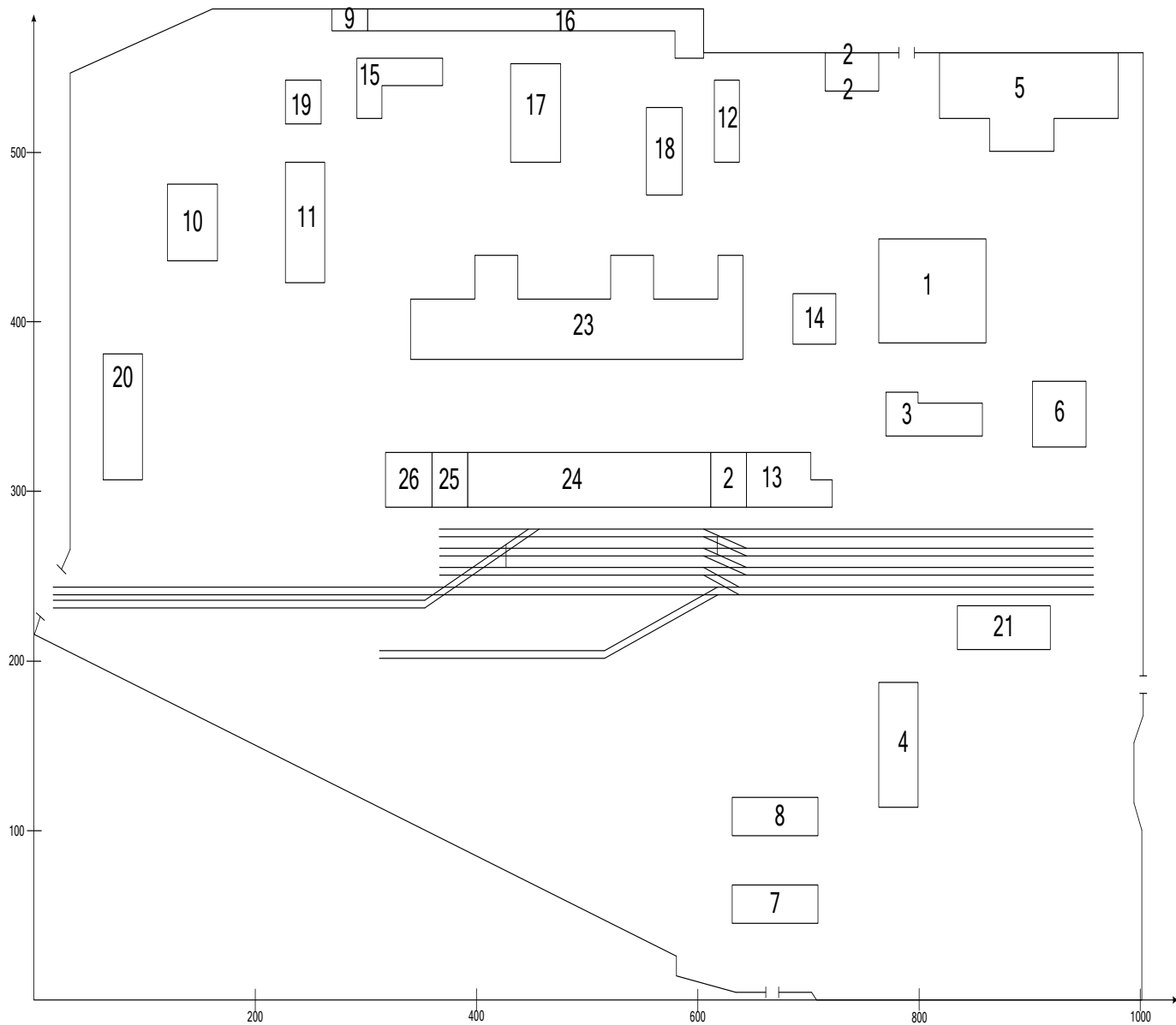


Рисунок А.1 - Генплан ПрАТ «Вінницький ОЖК»

Таблиця А.1- Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на плані	Назва цеху	Рн, кВт
1	Екстракційний цех	500
2	Пресовий цех	5600
3	Склад шпрота	75
4	Відсіювальний цех	464
5	Адміністративний корпус	26
6	Бензосховище	35
7	Котельня	500
8	Оліє зливна	270
9	Склад насіння	250
10	Електролізний цех	1300
11	Електроцех	110
12	Напорна флотація	120
13	Цех розфасовки олії «Вінізпак»	50
14	Механічна майстерня	275
15	Гараж	30
16	Ремонтно-будівельний цех	12
17	Градирні	60
18	Насосна станція	120
19	Другий підйом	150
20	Матеріальний склад	30
21	ТЕЦ	500
22	Їдальня	30
23	Гідрогенізаційний цех	800
24	Миловарний цех	700
25	Вальцовочний цех	174
26	Лецитіновий цех	99,1

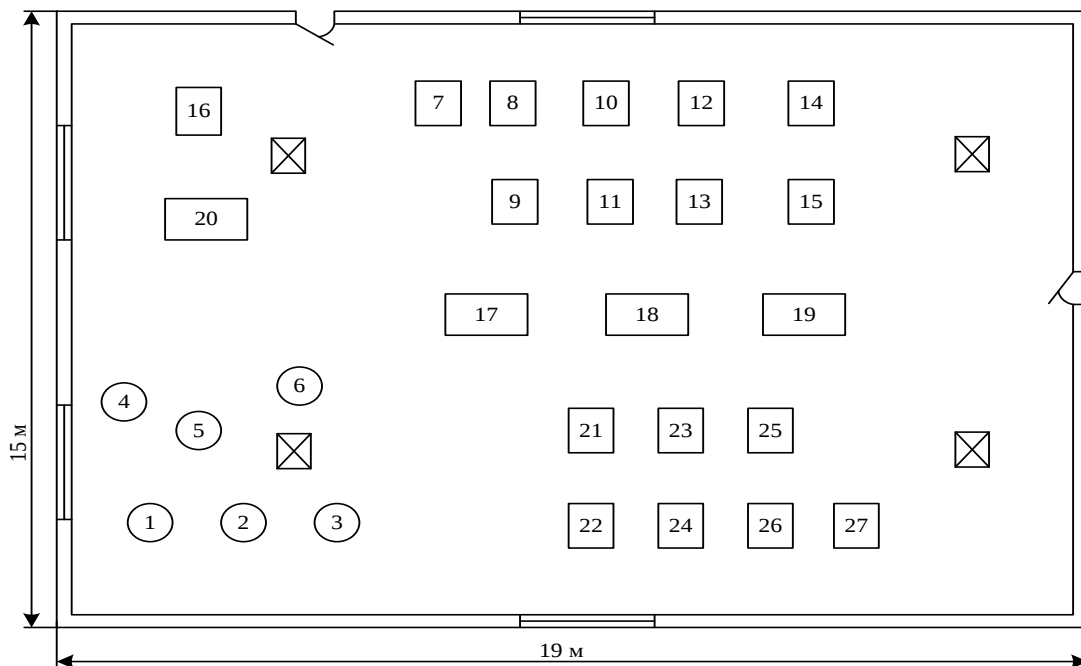
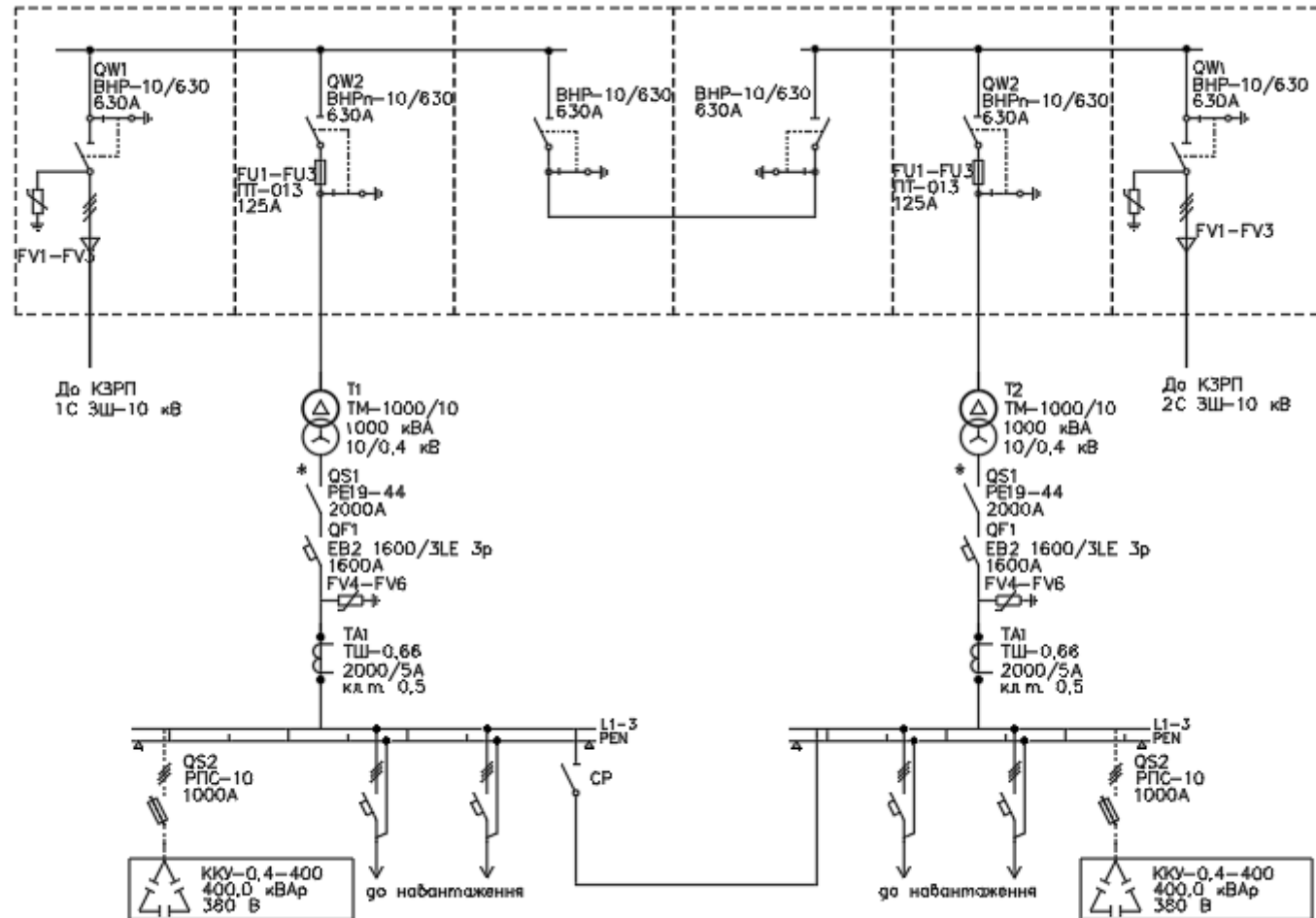


Рисунок А.2 – План відсіювального цеху

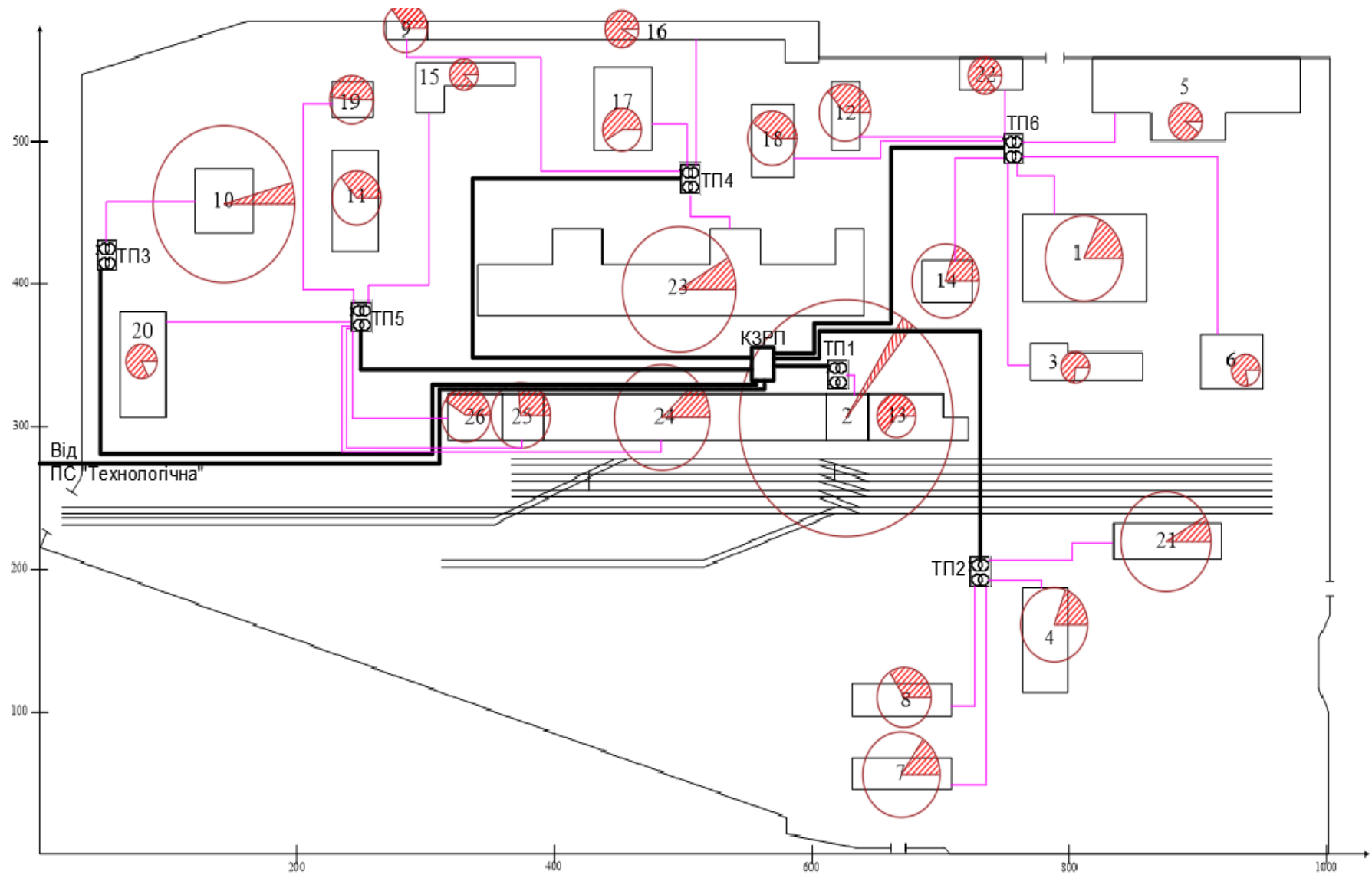
Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на	Назва електроприймача	Р _н ,
1	Шнек ядра	3,8
2,3	Шнек	4,8
4-6	Шнек недоруш	1,8
7-15	Рушка	5,5
16	Шлюзовий запір	3,8
17-19	Норія	7,5
20	Водяний насос	13
21-27	Віялка	3,5

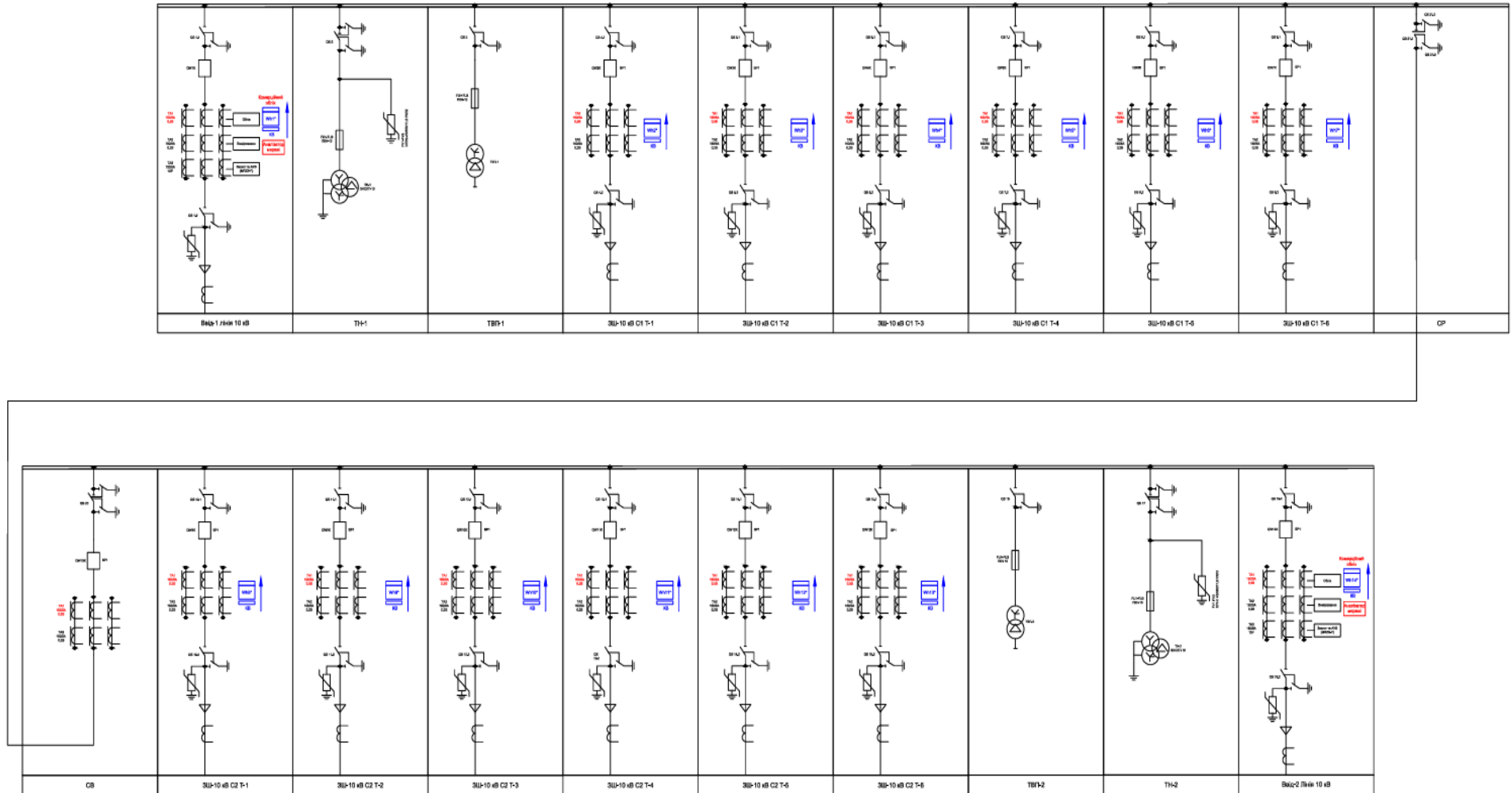
Додаток Б – Типова однолінійна схема підключення Трансформаторних підстанцій



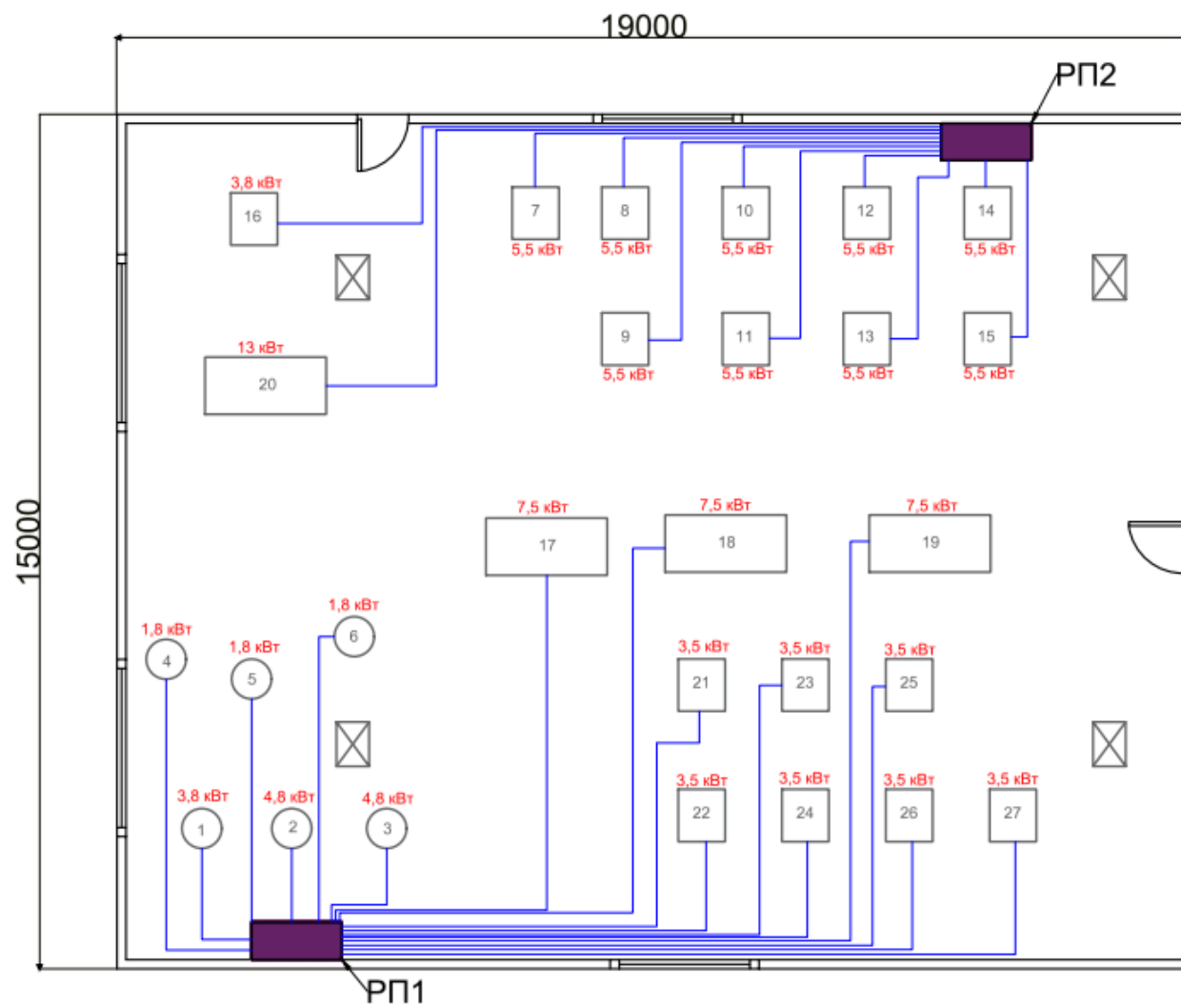
Додаток В – Картограма навантажень і розміщення ТП.



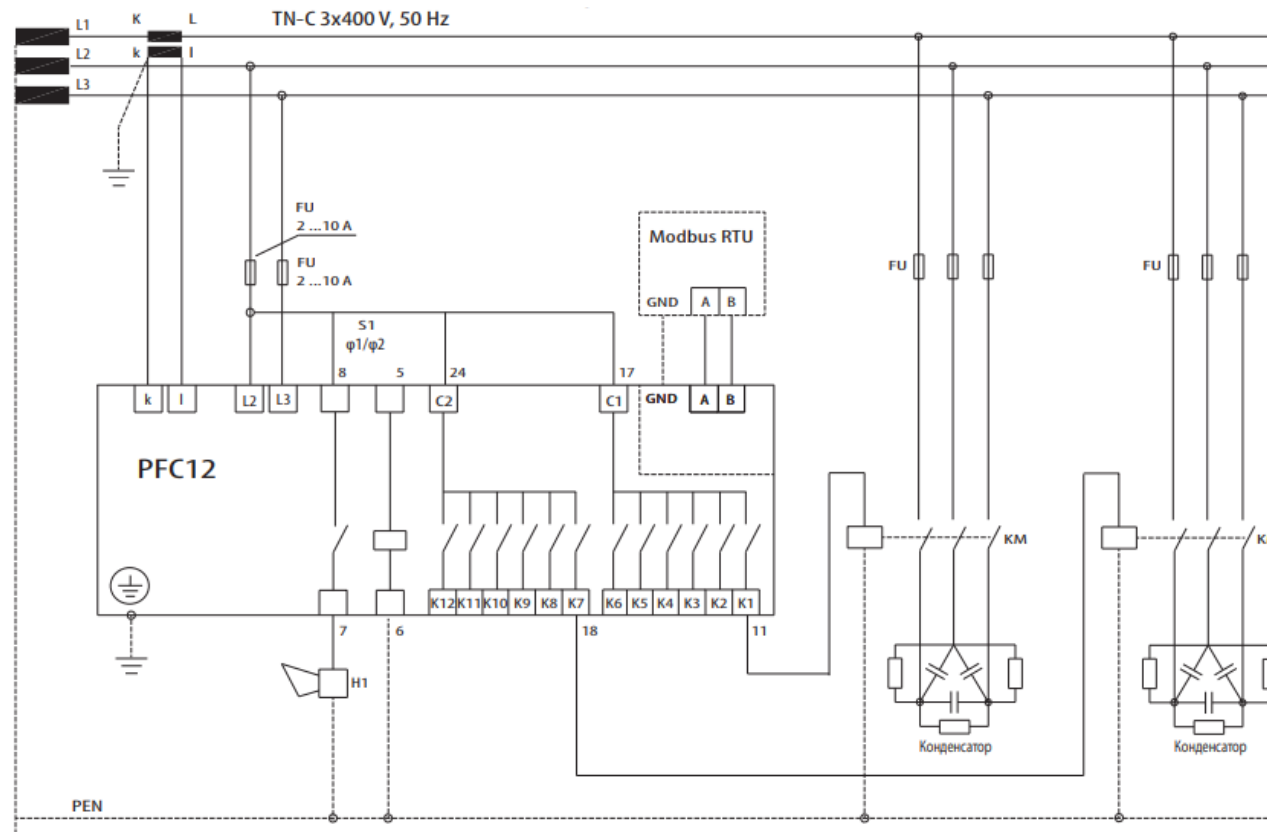
Додаток Г – Однолінійна схема КЗРП



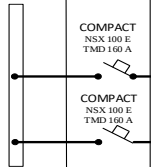
Додаток Е – План цеху



Додаток Є – Схема приєднання регулятора реактивної потужності



Додаток Ж – Розрахунково монтажна таблиця

ТП	Захист				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ			№ РП	п шт	ЗАХИСТ					ЖИВЛЕННЯ ЛІНІЇ		СПОЖИВАЧІ		НАЗВА ЕП
	Тип вимикача	Іном А	Іном роз А	Іс.в. А	Провід					Тип вимикача	Іном А	Іс.роз А	Іс.ном кА	Іс. А	Марка кабелю	Іном А	Ім А	№ на плані	
					Марка кабелю	Ізоп А	Ім А												
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	36,12	РП1	1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	6,42	1	Шнек ядра
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64		1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	9,72	2	Шнек
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64		1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	3,18	3	Шнек недоруж
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64		1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	15,19	4	Норія
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64	1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	7,09	5	Віялка	
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64	1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	9,33	6	Рушка	
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64	РП2	1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	16	16	160	160	АВВГ 4х2,5	19	8,25	7	Шлюзовий запір
	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 160 A	160	160	1600	АВВГ 4х10	42	37,64		1	КОМПАКТ NSX 100 E TMD 16 А	32	32	320	320	АВВГ 4х6	32	28,2	8	Водяний насос

Додаток 3

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Дослідження засобів компенсації реактивної потужності
Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, ЕЕ-216

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
 системою StrikePlagiarism 16,26 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бурбело М. Й., завідувач кафедри ЕСЕМ _____
 (прізвище, ініціали, посада) (підпис)

Бабенко О. В., доцент кафедри ЕСЕМ _____
 (прізвище, ініціали, посада) (підпис)

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

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

Здобувач _____ Станіславов В. П.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток К – Презентаційні матеріали

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Дослідження засобів компенсації реактивної потужності Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Станіслав В. П.
Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕМ
Лобода Ю. В.

Вінниця – 2025 року

1

Актуальність теми даної кваліфікаційної роботи обумовлена постійною потребою промислових підприємств, зокрема таких великих як Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат», у підвищенні енергоефективності та оптимізації витрат на електроенергію. Дослідження та впровадження ефективних засобів компенсації реактивної потужності є ключовим напрямком для досягнення цих цілей.

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується постійним зростанням споживання електричної енергії та ускладненням електроенергетичних систем. При цьому ефективність використання електроенергії стає одним із ключових факторів, що впливають на конкурентоспроможність та екологічність виробництва. Значна частина промислових електроприймачів (асинхронні двигуни, трансформатори, індукційні печі, зварювальні апарати) є споживачами не лише активної, а й реактивної потужності. Хоча реактивна потужність безпосередньо не виконує корисної роботи, вона є необхідною для створення електромагнітних полів, що забезпечують функціонування індуктивних споживачів.

Надлишкове споживання реактивної потужності призводить до низки негативних наслідків для підприємства та електроенергетичної системи в цілому:

Збільшення втрат активної потужності та енергії у лініях електропередачі та трансформаторах, що веде до зростання витрат на електроенергію. Зниження коефіцієнта потужності електроустановок, що викликає необхідність використання провідників більшого перерізу та збільшення потужності трансформаторів і комутаційно-захисної апаратури. Додаткове навантаження на елементи електричної мережі, зменшення їхнього терміну служби. Погіршення якості електричної енергії (зниження рівня напруги) у кінцевих споживачів. Впровадження штрафних санкцій з боку постачальників електроенергії за низький коефіцієнт потужності.

З огляду на вищезазначене, компенсація реактивної потужності є не просто технічною необхідністю, а важливим економічним та екологічним заходом. Вона дозволяє оптимізувати роботу електричних мереж, знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність електропостачання та покращити якість електричної енергії.

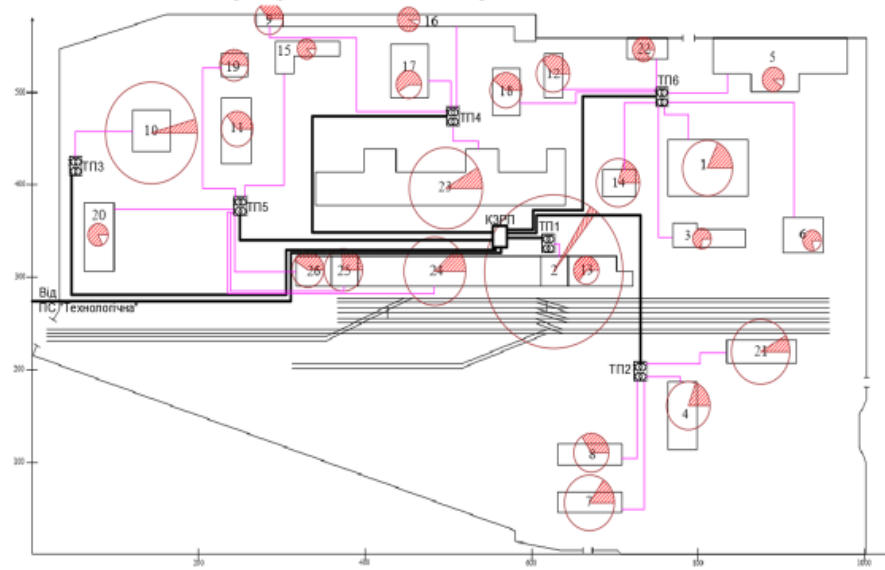
Метою роботи є дослідження методів і засобів компенсації реактивної потужності та розробка рекомендацій щодо їх впровадження для підвищення енергоефективності та оптимізації системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат».

Об'єктом роботи є система електропостачання ПрАТ «Вінницький ОЖК».

Предметом дослідження є ефективність застосування конденсаторних установок як засобу компенсації реактивної потужності в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

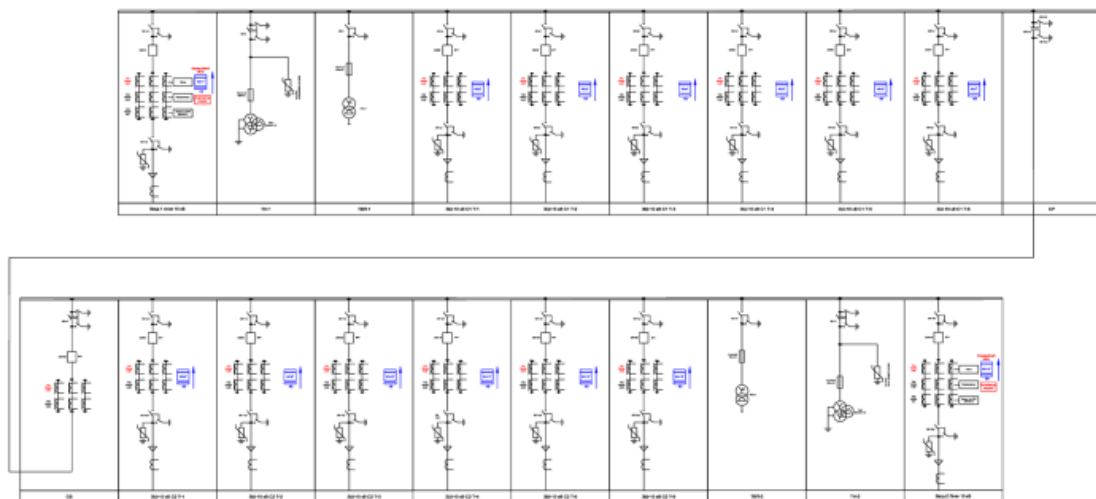
Практичною цінністю є можливість використання розроблених рекомендацій щодо потужності та місць розташування пристроїв компенсації реактивної потужності на ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Картограма навантажень і розміщення ТП.

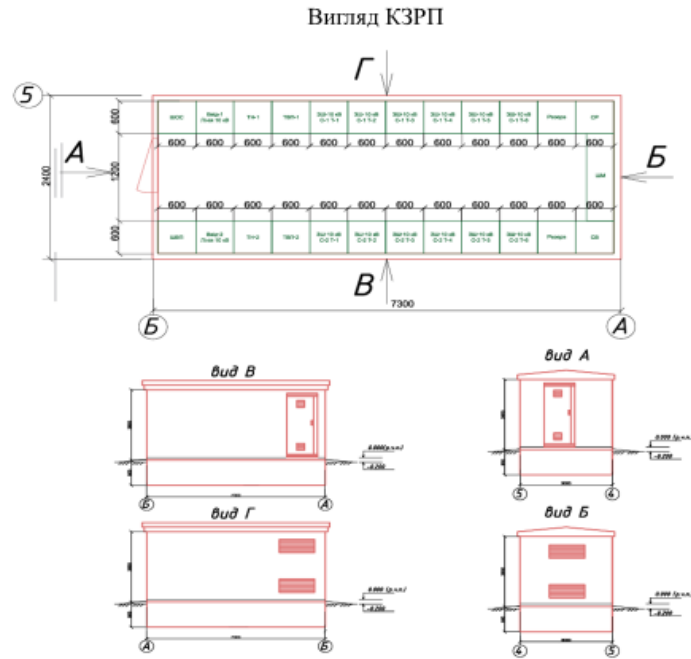


3

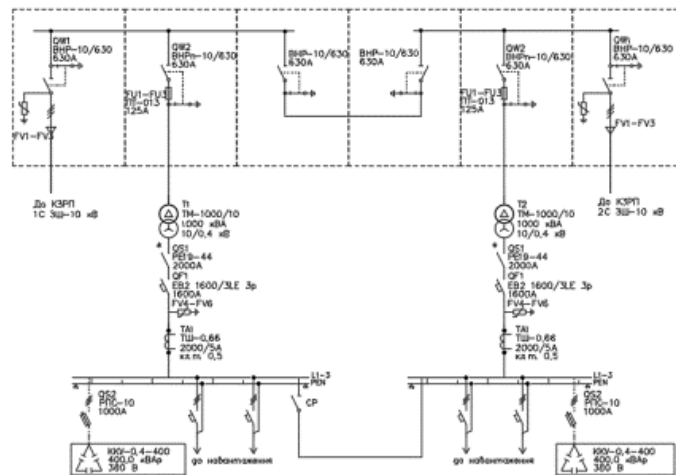
Однолінійна схема КЗРП



4



Типова однолінійна схема підключення трансформаторних підстанцій





7

Розрахунково монтажна таблиця

ПІ	Заказ			КОМПЛЕКТУЮЧІ			№ ДІ	№	Заказ			КОМПЛЕКТУЮЧІ			СПЕЦИФИКАЦІЯ			НАЗВА ДІ																																																
	Тип	Виміри		Матеріал	Товщина	Т-А			Тип	Виміри		Матеріал	Товщина	Т-А	№ кат.	Т-А	№ кат.																																																	
		Д-р	В-р							Д-р	В-р																																																							
	Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	35.12	101	1	Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	35.12	101	1	Шланг																																																	
									2									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	35.12	101																																										
									3									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А							150	150	АВМ	40	35.12	101																																				
									4									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А													150	150	АВМ	40	35.12	101																														
									5									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																			150	150	АВМ	40	35.12	101																								
									6									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																									150	150	АВМ	40	35.12	101																		
									7									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																															150	150	АВМ	40	35.12	101												
									8									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																					150	150	АВМ	40	35.12	101						
									9									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																											150	150	АВМ	40	35.12	101
									10									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																																
	Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	27.54	102	1	Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	27.54	102	1	Шланг																																																	
									2									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А	150	150	АВМ	40	27.54	102																																										
									3									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А							150	150	АВМ	40	27.54	102																																				
									4									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А													150	150	АВМ	40	27.54	102																														
									5									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																			150	150	АВМ	40	27.54	102																								
									6									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																									150	150	АВМ	40	27.54	102																		
									7									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																															150	150	АВМ	40	27.54	102												
									8									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																					150	150	АВМ	40	27.54	102						
									9									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																											150	150	АВМ	40	27.54	102
									10									Комплект 150 мм Д-р, 4 мм Т-А																																																

8

Регулятори реактивної потужності PFC

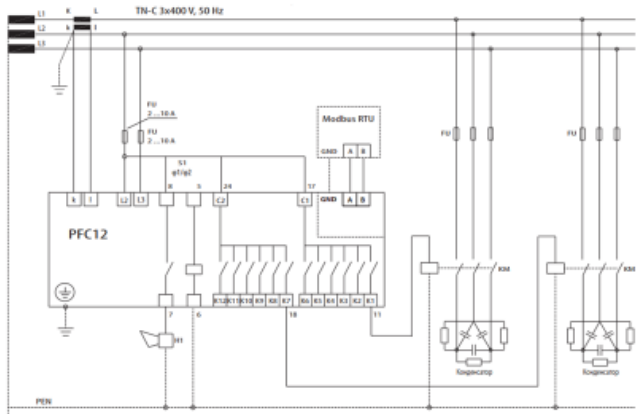


Технічні характеристики:	
Напруга живлення	400 VAC (+10%, -15%), 50 Hz / 60 Hz
Споживана потужність	<3,2 VA
Діапазон струму	5mA - 6A
Точність вимірів струму	± 0,2%
Точність вимірів напруги	± 0,5%
Точність вимірів THDI / THD	(D>10%) ±5% / (D>10%) ±5%
Точність вимірів зсуву фаз при I>3%In	± 3° (максим. ±1°)
Потужність комутації аварійного сигнального виходу	250 V AC / 5 A
Діапазон налаштування коефіцієнта потужності	0,8 ind. - 0,8 ем.
Запобіг часу при відключенні конденсаторних ступенів	5 ± 900 сек.
Час розряду конденсатора	5 ± 900 сек.
Діапазон потужності ступенів	999 kVar ind. - 999 kVar ем.
Розташування конденсаторних ступенів	ручне / автоматичне
Порт зв'язку	RS485 (Modbus RTU)
Робочий діапазон температур	від -40°C до +70°C
Ступінь захисту	IP20 клемне підключення / IP54 фронт. панель
Глибина	55 мм
Відповідність стандартам	EN 61010-1, EN50081-1, EN50082-1

Тип	Кількість ступенів	Щп.	Розмір передньої панелі	Отвір для кабелю	Код	Вага (кг)	Позначення (шт)
PFC-6 RS	до 6	400 V AC	97x97mm	91x91mm	4658905	0,65	1
PFC-8 RS	до 8	(+10%, -15%)	97x97mm	91x91mm	4658906	0,65	1
PFC-12 RS	до 12		144x144mm	138x138mm	4658907	1,2	1

9

Схема приєднання регулятора реактивної потужності



10

Визначення зменшення втрат активної потужності в трансформаторних підстанціях

	Марка ТП	<u>Sn, кВА</u>	п. шт.	<u>Sn, кВА</u>	<u>Kз, %</u>	<u>ΔP, кВт</u>	<u>ΔW, кВт*год/рік</u>
До встановлення КУ							
ТП 1	ТМ-2500/10	2500	2	3171,56	0,633765	14,07	30067,59
ТП 2	ТМ-1000/10	1000	2	1627,43	0,813711	8,41	17972,17
ТП 3	ТМ-1000/10	1000	2	1617,56	0,808847	8,33	17801,21
ТП 4	ТМ-1000/10	1000	2	1572,52	0,786315	7,95	16989,15
ТП 5	ТМ-1000/10	1000	2	1603,14	0,801609	8,21	17544,77
ТП 6	ТМ-1000/10	1000	2	1455,43	0,727799	7,01	14980,37
Загалом							115355,26
Після встановлення КУ							
ТП 1	ТМ-2500/10	2500	2	2855,68	0,589076	11,93	25501,88
ТП 2	ТМ-1000/10	1000	2	1298,8	0,756788	5,876	12544,69
ТП 3	ТМ-1000/10	1000	2	1225,68	0,743260	5,38	11499,35
ТП 4	ТМ-1000/10	1000	2	1060,68	0,721569	4,38	9362,97
ТП 5	ТМ-1000/10	1000	2	1271,94	0,742134	5,69	12153,66
ТП 6	ТМ-1000/10	1000	2	1266,46	0,667351	5,65	12074,88
Загалом, кВт*год/рік							83137,44
Різниця, кВт*год/рік							32250,37
Різниця, <u>тис.грн/рік</u>							241,88

11

Визначення зменшення втрат активної потужності в кабельних лініях 10 кВ

КЛ	<u>Sn, кВА</u>	Тип, переріз КЛ	п. шт.	Iр, А	R, <u>ом/км</u>	L, км	<u>ΔP, кВт</u>	<u>ΔW, кВт*год/рік</u>
До встановлення КУ								
Система-КЗРП	10991,08	<u>2х(ААБл 3х240)</u>	2	317,66	0,625	2	75,68	161731,40
КЗРП-ТП1	3012,32	<u>ААБл 3х120</u>	2	91,66	0,253	0,02	0,25	545,13
КЗРП-ТП2	1576,74	<u>ААБл 3х35</u>	2	47,04	0,868	0,06	0,69	1477,34
КЗРП-ТП3	1569,48	<u>ААБл 3х35</u>	2	46,75	0,868	0,24	2,73	5837,88
КЗРП-ТП4	1501,34	<u>ААБл 3х35</u>	2	45,45	0,868	0,11	1,18	2528,76
КЗРП-ТП5	1556,77	<u>ААБл 3х35</u>	2	46,33	0,868	0,05	0,56	1194,64
КЗРП-ТП6	1389,28	<u>ААБл 3х35</u>	2	42,06	0,868	0,08	0,74	1575,42
Загалом, кВт*год/рік								174890,60
До встановлення КУ								
Система-КЗРП	8601,38	<u>ААБл 2х(3х240)</u>	2	248,59	0,625	2	46,35	99048,95
КЗРП-ТП1	2855,68	<u>ААБл 3х120</u>	2	82,53	0,253	0,02	0,21	441,95
КЗРП-ТП2	1298,8	<u>ААБл 3х35</u>	2	37,54	0,868	0,06	0,44	940,93
КЗРП-ТП3	1225,68	<u>ААБл 3х35</u>	2	35,42	0,868	0,24	1,57	3351,88
КЗРП-ТП4	1060,68	<u>ААБл 3х35</u>	2	30,66	0,868	0,11	0,54	1150,49
КЗРП-ТП5	1271,94	<u>ААБл 3х35</u>	2	36,76	0,868	0,05	0,35	752,02
КЗРП-ТП6	1266,46	<u>ААБл 3х35</u>	2	36,60	0,868	0,08	0,56	1192,88
Загалом, кВт*год/рік								106879,10
Різниця, кВт*год/рік								68011,46
Різниця, <u>тис.грн/рік</u>								510,09

12

ВИСНОВОК

У рамках даної бакалаврської кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження та аналіз засобів компенсації реактивної потужності на прикладі Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Головною метою роботи було підвищення енергоефективності підприємства та оптимізація його системи електропостачання, що є критично важливим для стабільної та економічної роботи.

У спеціальній частині роботи було детально розглянуто питання компенсації реактивної потужності із застосуванням конденсаторних установок. На основі проведеного аналізу існуючої системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат» було виконано розрахунок річних втрат активної електроенергії в мережах підприємства до та після впровадження компенсаційних заходів. Результати цих розрахунків показали значне зменшення втрат активної потужності як у трансформаторних підстанціях, так і в кабельних лініях.

Для забезпечення оптимальної компенсації було обґрунтовано вибір конкретних моделей конденсаторних установок (УКРМ 0,4-400/10-40). Економічна ефективність від їх впровадження була комплексно оцінена, показавши річний економічний ефект у розмірі 1,27 млн. грн. при загальній вартості впровадження 1,25 млн. грн. Це дозволило визначити надзвичайно короткий термін окупності проекту, який становить всього 1,016 року або приблизно 12,19 місяці, що підтверджує високу інвестиційну привабливість заходу.