

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства
«Шаргородський маслозавод»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
з ОП «Електропостачання та енергозбереження»,
Гаврилюк Б. В. [підпис]

Керівник: к.т.н., доц., доцент ЕСЕЕМ
[підпис] Войтюк Ю. П.

« » 2025 р.

Рецензент: доцент кафедри ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

[підпис] Немрецький В.В.
«18» 06 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., професор Бурбело М. Й.

[підпис]
«18» 06 2025 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма «Електропостачання та енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« 20 » 03 2025р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гаврилук Богдана Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Шаргородський маслозавод».

керівник роботи Войтюк Юрій Петрович, к.т.н., доц.

затверджені наказом по ВНТУ від « 20 » березня 2025 року, № 97

2. Строк подання студенткою роботи « 6 » червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Зміст

Вступ

1 Загальні відомості про підприємство

1.1 Загальна інформація про підприємство

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

1.3 Короткий опис технологічних процесів

2 Проектування системи електропостачання підприємства

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства

2.2 Вибір та розміщення підстанції

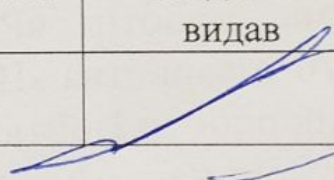
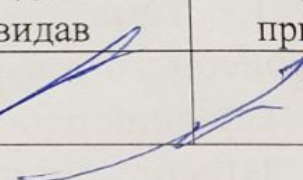
2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення

2.2.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

2.2.3 Вибір трансформатора ГПП

2.3 Розрахунок електропостачання підприємства

- 2.3.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання
- 2.3.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі
- 2.3.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів
- 2.4 Розрахунок електропостачання цеху
- 2.4.1 Вибір схеми цехової мережі
- 2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі
- 2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ
- 3 Вітроенергетика в системі електропостачання ТОВ «Шаргородський маслозавод»
- 3.1 Загальна характеристика вітроелектростанцій
- 3.2 Встановлення вітроустановки
- 4 Охорона праці
- Висновок
- Список використаних джерел
- Додатки
- 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище та ініціали виконавця
1	Загальні відомості про підприємство	28.04.2025	
2	Проектування системи електропостачання підприємства	16.05.2025	
3	Вітроенергетика в системі електропостачання ТОВ «Шаргородський маслозавод»	23.05.2025	
4	Охорона праці	28.05.2025	
5	Графічна частина роботи	01.06.2025	

Студентка

Гаврилюк Б. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гаврилюк Богдана Володимирівна. Розробка системи електропостачання ТОВ "Шаргородський маслозавод". Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2025 – 71 с.

У роботі виконано проєктування системи електропостачання ТОВ "Шаргородський маслозавод" з урахуванням сучасних вимог до надійності, безпеки та енергоефективності. Проведено розрахунок електричних навантажень підприємства та його цехів, обґрунтовано вибір напруги живлення (35 кВ), схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання, а також оптимальне розміщення головної понижувальної та цехових трансформаторних підстанцій. Виконано вибір комутаційно-захисної апаратури, кабелів, трансформаторів та розрахунок струмів короткого замикання.

Особливу увагу приділено аналізу доцільності використання відновлюваних джерел енергії. На основі техніко-економічного обґрунтування запропоновано впровадження вітроелектричної станції з трьома вітрогенераторами потужністю 10 кВт кожен, що дозволить частково компенсувати споживання електроенергії, знизити експлуатаційні витрати та підвищити енергетичну незалежність підприємства.

Розроблено заходи з охорони праці, електробезпеки, гігієни праці та пожежної безпеки, які відповідають нормативним вимогам і забезпечують безпечну експлуатацію електроустановок. Розроблена система електропостачання є надійною, економічно доцільною та перспективною для подальшого розвитку підприємства з урахуванням використання відновлюваних джерел енергії.

ABSTRACT

Havryliuk Bohdana Volodymyrivna. Development of the power supply system of LLC "Shargorodskyi Maslozavod". Specialty 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. – Department of ESEEM – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2025 – 71 p.

The work includes the design of the power supply system of LLC "Shargorodskyi Maslozavod" taking into account modern requirements for reliability, safety and energy efficiency. The calculation of the electrical loads of the enterprise and its shops is carried out, the choice of supply voltage (35 kV), external and internal power supply schemes, as well as the optimal placement of the main step-down and shop transformer substations are justified. The selection of switching and protective equipment, cables, transformers and the calculation of short-circuit currents are performed.

Particular attention is paid to the analysis of the feasibility of using renewable energy sources. Based on the feasibility study, it is proposed to implement a wind power station with three wind generators with a capacity of 10 kW each, which will partially compensate for electricity consumption, reduce operating costs and increase the energy independence of the enterprise.

Measures for labor protection, electrical safety, occupational hygiene and fire safety have been developed, which meet regulatory requirements and ensure safe operation of electrical installations. The developed power supply system is reliable, economically feasible and promising for the further development of the enterprise, taking into account the use of renewable energy sources.

Figures – 13

Table – 22

Bibliography – 31

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	7
1.1 Загальна інформація про підприємство	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства	7
1.3 Короткий опис технологічних процесів.....	10
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ...	12
2.1 Розрахунок електричних навантажень	12
2.1.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	12
2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства.....	15
2.2 Вибір та розміщення підстанції	19
2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення	19
2.2.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення	19
2.2.3 Вибір трансформатора ГПП	23
2.3 Розрахунок електропостачання підприємства.....	29
2.3.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання	29
2.3.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі	29
2.3.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів	32
2.4. Розрахунок електропостачання цеху	36
2.4.1 Вибір схеми цехової мережі	36
2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	36
2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ.....	40
3 ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «ШАРГОРОДСЬКИЙ МАСЛОЗАВОД»	44
3.1 Загальна характеристика вітроелектростанцій	45
3.2 Встановлення вітроустановки.....	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	54
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	54
4.1.2 Електробезпека	57
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	58
4.2.1 Мікроклімат	58

4.2	Склад повітря робочої зони.....	59
4.2.3	Виробниче освітлення.....	60
4.2.4	Виробничий шум.....	60
4.2.5	Виробнича вібрація	61
4.3	Пожежна безпека	62
	ВИСНОВКИ.....	66
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
	ДОДАТКИ	71
	Додаток А – Вихідні дані.....	72
	Додаток Б – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	74
	Додаток В – Ілюстративний матеріал.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах стабільного функціонування та енергетичної незалежності промислових підприємств важливе місце займає ефективно спроектована система електропостачання. Вона має забезпечувати безперебійне та якісне живлення всіх споживачів із врахуванням техніко-економічних показників, вимог надійності, безпеки та можливості подальшого розвитку. Для підприємств харчової промисловості, таких як ТОВ "Шаргородський маслозавод", стабільне енергопостачання є критично важливим для дотримання технологічних процесів та якості продукції. Це підкреслює актуальність розробки оптимальної системи електропостачання для даного підприємства.

Мета роботи. Метою курсової роботи є проектування ефективної, надійної та економічно обґрунтованої системи електропостачання для ТОВ «Шаргородський маслозавод», з урахуванням можливості впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема вітроустановок.

Задачі дослідження:

1. Виконати розрахунок електричних навантажень цехів та підприємства в цілому;
2. Обґрунтувати вибір рівня напруги та побудову схеми зовнішнього електропостачання;
3. Провести техніко-економічне порівняння варіантів живлення;
4. Вибрати тип і кількість трансформаторних підстанцій та їх оптимальне розміщення;
5. Виконати вибір комутаційно-захисної апаратури, кабелів та іншого обладнання;
6. Розрахувати струми короткого замикання та перевірити електроустановки на відповідність вимогам безпеки;
7. Побудувати однолінійну схему електропостачання підприємства.

8. Оцінити доцільність використання вітроустановок як додаткового джерела електропостачання, проаналізувати потенційні енергетичні та економічні вигоди їх впровадження.

Об'єкт дослідження. Система електропостачання ТОВ "Шаргородський маслозавод", яка охоплює зовнішні та внутрішні мережі, підстанції, розподільчі пристрої та споживачів електроенергії.

Предмет дослідження. Методи розрахунку, вибору, проектування та оптимізації елементів системи електропостачання з урахуванням технічних вимог, нормативних документів та економічної доцільності.

Методи дослідження. У роботі застосовано методи аналізу електричних навантажень, розрахунки за коефіцієнтами попиту та максимуму, методи графоаналітичного визначення центру навантажень, техніко-економічного обґрунтування варіантів живлення, а також розрахунки ефективності застосування вітрових електроустановок з урахуванням локальних вітрових ресурсів.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Загальна інформація про підприємство

ПрАТ «Шаргородський маслозавод» – товариство акціонерного типу, що спеціалізується на виготовленні тваринного масла, цільномолочних виробів, знежиреної продукції та технічного казеїну.

Підприємство створене 40 років тому як державна організація. У серпні 1995 року відбулася приватизація, після чого було засновано відкрите акціонерне товариство. Засновниками виступили Регіональне відділення Фонду державного майна України у Вінницькій області й орендне підприємство «Шаргородський маслозавод».

Офіційна назва: Приватне акціонерне товариство «Шаргородський маслозавод». Адреса: 288040, Вінницька обл., м. Шаргород, вул. Леніна, 284.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Електричні навантаження відображають споживання електроенергії окремим електроприймачем, групою електроприймачів (цехом, виробничим підрозділом або всім підприємством). Вони можуть бути виражені через активну, реактивну, повну потужність або струм. Оскільки режими роботи електроприймачів варіюються та змінюються з часом, детальну характеристику навантажень отримують, аналізуючи зміну електричних параметрів у часі, що відображають у графіках навантажень.

Для всебічної оцінки електричних навантажень застосовують такі показники:

- номінальні навантаження;
- середні значення навантажень;
- середньоквадратичні значення навантажень;
- установлена потужність;

- максимальні значення навантажень;
- споживання електроенергії;
- розрахункові значення навантажень.

Вихідні дані для розрахунку:

Таблиця 1.1 – Вхідні дані про електричні навантаження заводу

Вузли живлення ЕП	P_H
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

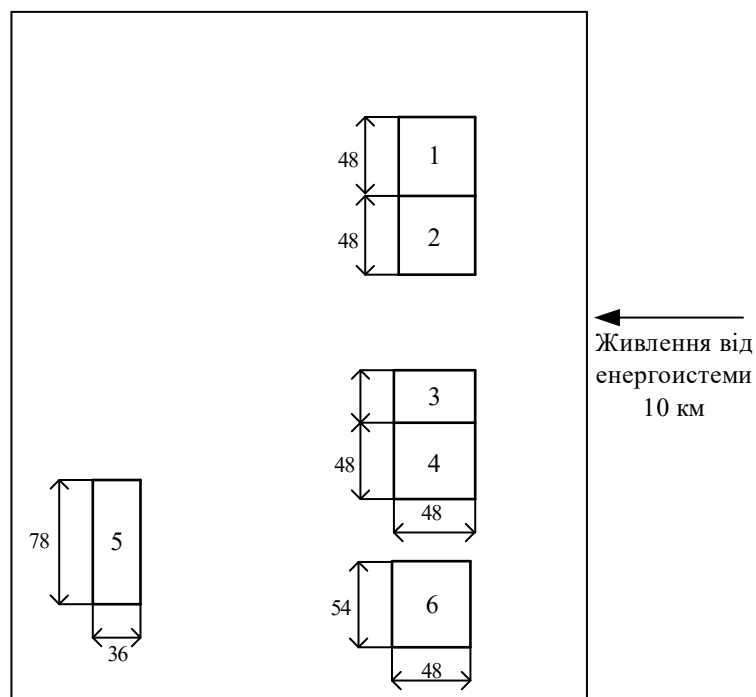


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

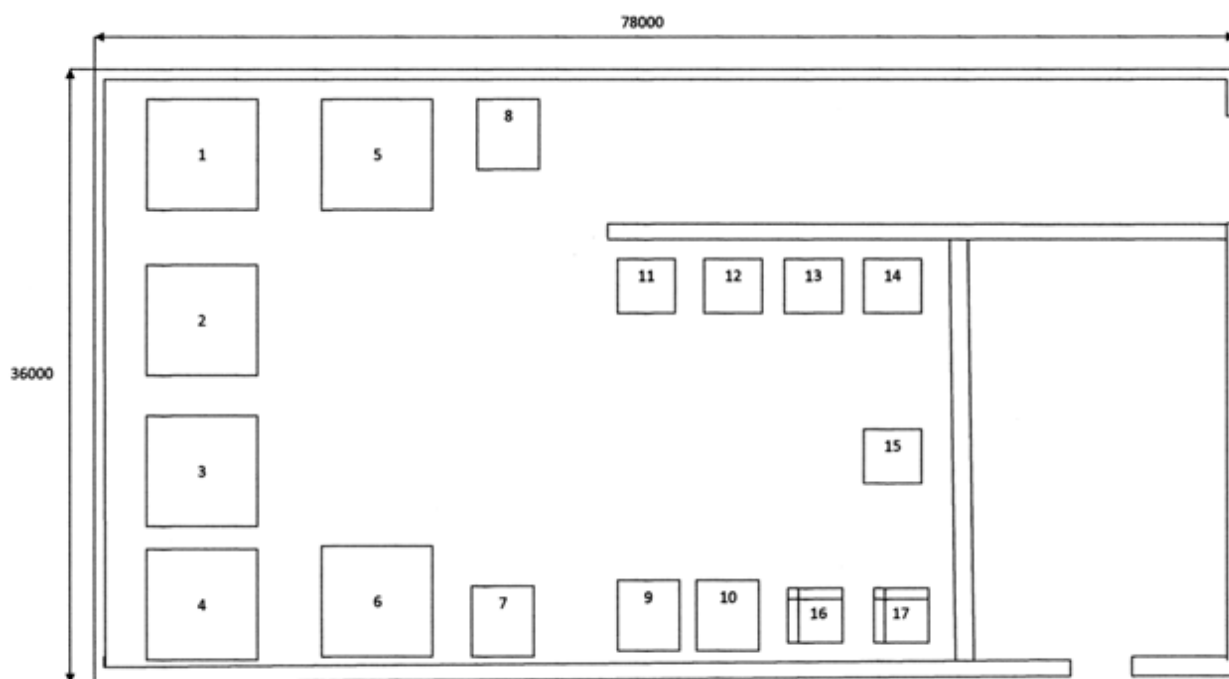


Рисунок 1.2 – План виробничого цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	P_n , кВт
1-2	Відділювач	12
3	Подрібнювач	18.5
4	Мийка	4.5
5-6	Дозувальна машина	11
7-8	Вакуум-фільтр	22.2
9-10	Вентилятор	1.1
11-12	Дозрівач	24
13	Мішалка	13
14	Циклон	1.5
15	Класифікатор	7.5
16	Міксер	7.5
17	Вібратор	18.5

1.3 Короткий опис технологічних процесів

Основним продуктом, який виробляє підприємство, є солодковершкове масло з жирністю 72,5%. За даними 2019 року: кількість працівників становить 238 осіб, обсяг реалізованої продукції сягає 25335,7 тис. грн.

Технологія виробництва масла:

Виготовлення масла здійснюється шляхом безперервної переробки вершків високої жирності. Процес включає такі етапи: оцінка якості молока, його приймання, нормалізація, охолодження вершків, сепарування, пастеризація, за необхідності дезодорація, повторне сепарування, подача вершків у масловиготовлювач, фасування масла та його охолодження.

Організація постачання та обробки молока:

Процеси транспортування й отримання молока на підприємствах молочної галузі мають відповідати вимогам інструкції «Про порядок здійснення державних закупівель (приймання та здачі) молока й молочних продуктів». Молоко оцінюють органолептично та за результатами лабораторних аналізів, сортуючи відповідно до державного стандарту ДСТУ 3662–97. Обсяг молока визначають зважуванням на вагах або за допомогою лічильників. Перед зважуванням молоко, отримане від постачальників, фільтрують.

Прийняте молоко швидко спрямовують на переробку. Під час зберігання його охолоджують до температури не вище 10°C. Пастеризацію молока проводять за температури 83–85°C. Після цього здійснюють сепарування (при 35–45°C) для отримання вершків.

Вершки з жирністю 30–40%, що пройшли контроль якості, охолоджують до 10–12°C і направляють у приймальний бак. Звідти центробіжний насос перекачує їх у трубчастий пастеризатор, де вершки нагрівають до 85–96°C.

Теплова та вакуумна обробка вершків:

Правильний підбір технологічних параметрів під час теплової й вакуумної обробки вершків сприяє усуненню більшості дефектів смаку та

запаху. У поєднанні з ретельним сортуванням вершків це забезпечує виготовлення масла високої якості. В Україні найпоширенішими є процеси пастеризації та дезодорації вершків.

Пастеризація вершків:

Цей процес спрямований на знищення патогенних мікроорганізмів, значне зменшення іншої мікрофлори та інактивацію ферментів, які прискорюють псування продукту. Ефективність пастеризації залежить від точного вибору температури нагрівання вершків і тривалості їх витримки за цієї температури.

Дезодорація вершків:

Дезодорація передбачає обробку гарячих вершків у вакуумних умовах в апаратах-дезодораторах. Процес базується на паровій дистиляції, під час якої з вершків видаляються пахучі речовини, що утворюють із водяною парою азеотропні суміші, які киплять за температури, нижчої від точки кипіння води. За тиску 0,04–0,06 МПа вершки закипають при 65–70°C.

Після дезодорації гарячі вершки (75–80°C) направляються в сепаратор для отримання високожирних вершків. Із сепаратора вершки надходять у спеціальні резервуари для нормалізації, а маслянка по трубопроводу транспортується для подальшої переробки.

Нормалізація високожирних вершків:

Цей етап спрямований на стандартизацію складу компонентів для забезпечення однорідності виробленого масла.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Живлення електроприймачів (ЕП) здійснюється через один розподільчий пристрій який живляться від трансформаторної підстанції РУ-0,4 кВ ТП1 (рисунок 2.1).

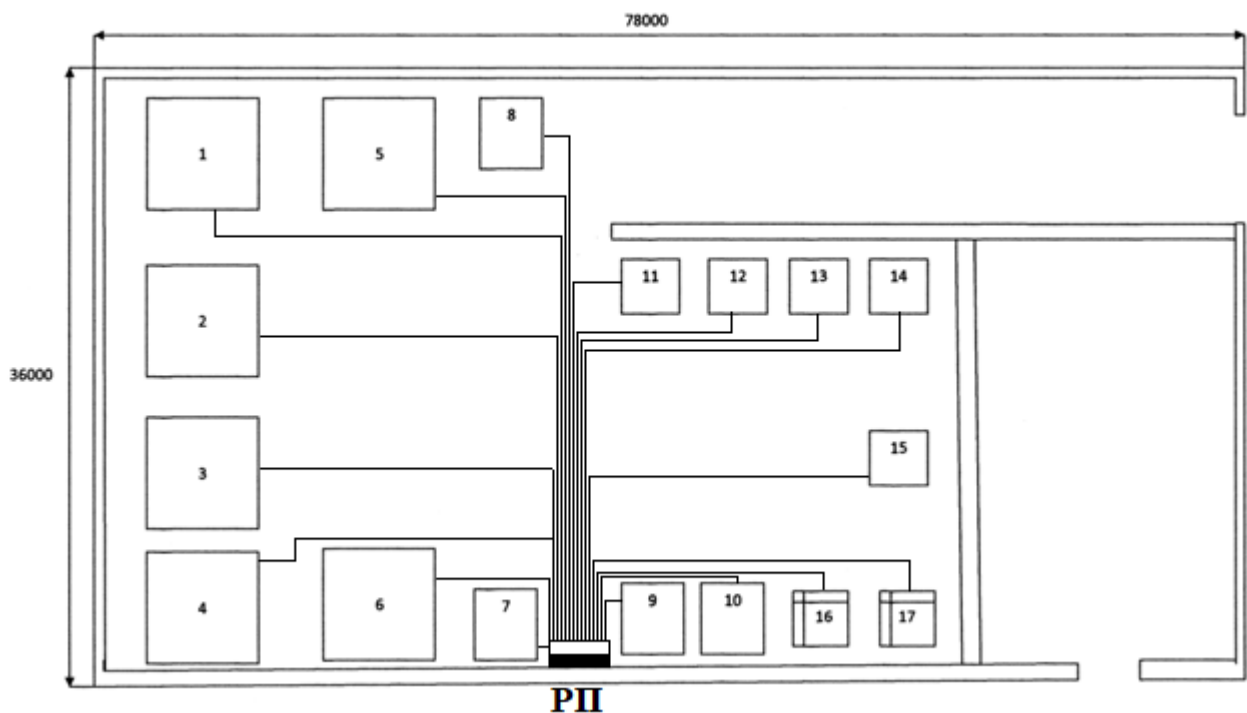


Рисунок 2.1 – План електропостачання цеху

Розрахунок електричних навантажень проводимо у табличному форматі (відповідно до форми Ф636-92) на основі нормативного документа РТМ 36.18.32.4-92. Значення розрахункових навантажень для окремих електроприладів (ЕП) або ліній, що забезпечують живлення двох і більше ЕП (перший рівень), приймаються рівними їхнім номінальним значенням.

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

де P_H – номінальна активна потужність ЕП, кВт;

$\operatorname{tg}\varphi_H$ – номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні параметри встановлюють на основі паспортних даних електроприймачів. Якщо паспортні дані відсутні, застосовують $\operatorname{tg}\varphi_H = 0.75$ - для ЕП тривалого режиму роботи і $\operatorname{tg}\varphi_H = 0.87$ - для ЕП повторно-короткочасного.

Для ЕП повторно-короткочасного режиму номінальна потужність приводиться до тривалого режиму роботи:

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

де $P_{\text{пасп}}$, $T_{\text{ПВ.паса}}$ – паспортні номінальна потужність та відносна тривалість повторного ввімкнення відповідно, кВт, с.

Розрахункові навантаження для живильних мереж із напругою до 1 кВ обчислюють за такими формулами:

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

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

Для магістральних шинопроводів:

$$\begin{aligned} P_p &= K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} ; \\ Q_p &= K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg}\varphi_{Ci} . \end{aligned} \quad (2.5)$$

де K_p – коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності;

n_e – ефективне число ЕП;

$\operatorname{tg}\varphi_C$ – усереднені значення для даного типу ЕП.

Значення K_p можна визначити із [6, таблиці 1, 2].

Середні величини, активна та реактивна потужності:

$$P_C = K_B \cdot P_H ; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg}\phi, \quad (2.6)$$

Груповий коефіцієнт використання й ефективна кількість електроприймачів:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} ; \quad (2.7)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} . \quad (2.8)$$

Розрахункове значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

За [6] таблицею 1 визначаємо коефіцієнт максимуму $K_p = f(K_B; n_e)$.

Знаходимо значення повної розрахункової потужності:

$$S_p = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} . \quad (2.9)$$

Знаходимо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} . \quad (2.10)$$

де U_H – номінальна напруга, кВ.

Розрахунок силового навантаження для РП:

$$P_C = 19.20 + 14.80 + \dots + 6.00 + 14.80 = 163.38 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = 14.40 + 11.10 + \dots + 4.50 + 11.10 = 127.39 \text{ (кВар)};$$

$$K_B = \frac{163.38}{211.6} = 0.77;$$

$$n_e = \frac{211.6^2}{3658.60} \approx 12 \text{ (шт.)}.$$

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

$$P_p = 3658.60 \cdot 1 = 163.380 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 1.1 \cdot 127.39 = 140.125 \text{ (кВар)};$$

$$S_p = \sqrt{163.38^2 + 140.125^2} = 215.239 (\text{кВА});$$

$$I_p = \frac{140.125}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 327.41 (\text{А}).$$

Усі розрахунки електричних навантажень мережі заносимо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цеху

с	Назва	Силове навантаження														
		n	P _н , кВт	P _{нр} , кВт	K _B	cos φ	tgφ	n·K _B ·P _н	n×KB×QH	n·P ² _н	n ε	K _P	P _p , кВт	Q _p , квар	Sp, ква	Iном, А
1-2	Відділювач	2	12	24	0.8	0.8	0.75	19.20	14.40	288.0						
3	Подрібнювач	1	18.5	18.5	0.8	0.8	0.75	14.80	11.10	342.2						
4	Мийка	1	4.5	4.5	0.8	0.8	0.75	3.60	2.70	20.25						
5-6	Дозувальна машина	2	11	22	0.8	0.8	0.75	17.60	13.20	242.0						
7-8	Вакуум-фільтр	2	22.2	44.4	0.8	0.8	0.75	35.52	26.64	985.6						
9-10	Вентилятор	2	1.1	2.2	0.6	0.8	0.75	1.32	0.99	2.42						
11-12	Дозрівач	2	24	48	0.8	0.8	0.75	38.40	28.80	1152.						
13	Мішалка	1	13	13	0.38	0.5	1.73	4.94	8.56	169.						
14	Циклон	1	1.5	1.5	0.8	0.8	0.75	1.20	0.90	2.25						
15	Класифікатор	1	7.5	7.5	0.8	0.8	0.75	6.00	4.50	56.25						
16	Міксер	1	7.5	7.5	0.8	0.8	0.75	6.00	4.50	56.25						
17	Вібратор	1	18.5	18.5	0.8	0.8	0.75	14.80	11.10	342.2						
	РП	17	141.3	211.6	0.77	-	9.98	163.38	127.39	3658.60	12	1.	163.380	140.125	215.239	311.04
	Всього по цеху	17	141.3	211.6	0.77	-	9.98205	163.38	127.39	3658.60	12	1.	163.380	140.125	215.239	327.41
												0.9	147.042	140.125	203.117	308.97

2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства

Навантаження заводу в цілому визначається навантаженнями кожного цеху підприємства.

Проведемо розрахунок силового навантаження приймального цеху.

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{уст}; \quad (2.11)$$

$$P_p = 700 \cdot 0.6 = 420 \text{ (кВт)}.$$

де K_{Π} – коефіцієнт попиту;

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

Розрахункова потужність електричного освітлення обчислюється на основі питомої густини освітлювального навантаження на 1 м² корисної площі виробничих приміщень [1]. Залежно від типу приміщення, характеру виконуваних робіт і висоти стелі застосовують люмінесцентні лампи, ДРЛ або світлодіодні (ЛЕД) лампи.

Для освітлення першого приймального цеху обираємо ДРЛ:

$$P_{мо} = P_{пит.о} \cdot K_{пра} \cdot K_{по} \cdot F; \quad (2.12)$$

$$P_{мо} = 2304.00 \cdot 0.00480 \cdot 0.8 \cdot 1 = 8.85 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{мо} = P_{мо} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.13)$$

$$Q_{мо} = 8.85 \cdot 0.1 = 0.88 \text{ (кВАр)}.$$

де $P_{мо}$ – розрахункова потужність, яка необхідна для освітлення ділянки, кВт;

$P_{мо}$ – розрахункова потужність, яка необхідна для освітлення ділянки, кВт;

$P_{п.о}$ – питома густина освітлювального навантаження, кВт / м² [2];

$Q_{мо}$ – розрахункова реактивна потужність, необхідна для освітлення ділянки, кВАр;

F – площа цеху, яка визначається по генплану, м².

$K_{по}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження [1];

$K_{пра}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі [1];

Повна розрахункова потужність визначається за формулою:

$$S_{\mathcal{M}} = \sqrt{P_{\mathcal{M}}^2 + Q_{\mathcal{M}}^2}. \quad (2.14)$$

де $P_{\mathcal{M}}$ – сумарна розрахункова активна потужність цеху, кВт;

$$P_M = P_{MC} + P_{MO}; \quad (2.15)$$

$$P_M = 420 + 8.85 = 428.85 \text{ (кВт)}.$$

Q_M – сумарна розрахункова реактивна потужність цеху, кВАр.

$$Q_M = Q_{MC} + Q_{MO}; \quad (2.16)$$

$$Q_M = 260.29 + 0.88 = 261.18 \text{ (кВАр)};$$

$$S_M = \sqrt{428.85^2 + 261.18^2} = 502.12 \text{ (кВА)}.$$

Для всіх інших виробничих цехів ТОВ "Шаргородський маслозавод" розрахунок електричних навантажень здійснюється за ідентичною процедурою, що відповідає нормативним вимогам. Отримані дані систематизуються та вносяться до таблиці 2.2 для подальшого аналізу. Сумарна активна потужність усього заводу обчислюється за допомогою спеціалізованої формули.

$$P_{мсум} = K_0 \cdot (P_{M1} + P_{M2} + \dots + P_{Mn}); \quad (1.17)$$

$$P_{мсум} = 0.95 \cdot (428.85 + 283.27 + \dots + 226.20) = 1772.29 \text{ (кВт)}.$$

де $P_{мсум}$ - активна потужність заводу, кВт;

K_0 – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження, обираємо рівним 0.95, при кількості приєднань на стороні 10 кВ $n=2$ та коефіцієнті використання в межах $0.3 \leq K_B < 0.5$ [1];.

Загальну розрахункову реактивну потужність заводу визначаємо за формулою:

$$Q_{мсум} = K_0 \cdot (Q_{M1} + Q_{M2} + \dots + Q_{Mn}); \quad (1.18)$$

$$Q_{мсум} = 0.95 \cdot (261.18 + 168.66 + \dots + 252.48) = 1390.20 \text{ (кВАр)}.$$

де Q_{M3} – реактивна потужність освітлення на заводі, кВАр;

$Q_{МК}$ – реактивна потужність заводу, кВАр.

Сумарне повне навантаження заводу розраховується за формулою:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{1772.29^2 + 1390.20^2} = 2252.48 \text{ (кВА)}.$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень заводу

№	Назва цеху	Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження					
		Р _Н , кВт	К _П	cosφ	tgφ	Р _С , кВт	Q _С , квар	F, м ²	Р _{ПІТ.О} кВт/ м ²	К _{посвітл}	К _{ПРА}	Р _{освіт} , кВт	Q _О , кВт	Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	S _{ПІТ.} , кВА/ м ²
1	Приймальний цех	700	0.6	0.85	0.62	420	260.29	2304.00	0.00480	0.8	1	8.85	0.88	428.85	261.18	502.12	0.2179
2	Продуктовий цех	540	0.5	0.85	0.62	270	167.33	2304.00	0.00720	0.8	1	13.27	1.33	283.27	168.66	329.68	0.1431
3	Технічний цех	650	0.85	0.85	0.62	552.5	342.41	960.00	0.01523	1	1.1	16.08	1.61	568.58	344.02	664.56	0.6922
4	Цех підготовки виробництва	380	0.65	0.65	1.17	247	288.77	2304.00	0.00480	0.8	1	8.85	0.88	255.85	289.66	386.47	0.1677
5	Виробничий цех	210	0.4	0.5	1.73	84	145.49	2808.00	0.00762	0.8	1.1	18.82	1.88	102.82	147.37	179.70	0.0640
6	Цех готової продукції	430	0.5	0.65	1.17	215	251.36	2592.00	0.00720	0.6	1	11.20	1.12	226.20	252.48	338.99	0.1308
					Всього	1788.50	1455.66	13272.00					7.32	1772.29	1390.20	2252.48	0.1697

2.2 Вибір та розміщення підстанції

2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір номінальної напруги компонентів електричної мережі є техніко-економічним завданням і має здійснюватися разом із розробкою схеми електропостачання шляхом аналізу можливих варіантів. Під час проектування для визначення напруги ліній електропередачі можна застосовувати формулу Стілла, відповідно до якої:

$$U_{\text{ек}} = 4.34 \cdot \sqrt{l + 16P_M} \text{ (кВ)}. \quad (2.19)$$

де L – довжина лінії, км;

P_p – розрахункова активна потужність;

N – кількість ліній електропередачі, шт.

Ця формула використовується для ліній невеликої довжини (до 250 км) і передачі потужності до 60 МВт.

Розрахунок напруги за цією формулою дає нестандартне значення. Для подальших обчислень обираємо найближчі більшу та меншу стандартні напруги відносно розрахованої за формулою Стілла. Усі наступні розрахунки виконуємо для кожного з обраних варіантів стандартних напруг.

$$U_{\text{л}} = 4.34 \cdot \sqrt{10 + 16 \cdot 1.78} = 26.88 \text{ (кВ)}.$$

На основі відомих рівнів напруги на районній підстанції та визначеної оптимальної нестандартної напруги для техніко-економічного аналізу обираємо два варіанти схеми зовнішнього електропостачання зі стандартними напругами 35 кВ і 10 кВ.

2.2.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Крім того, можна використовувати зведені річні витрати

$$ЗВ = d(K - Л) + С. \quad (2.20)$$

Капітальні вкладення K являють собою разові витрати на придбання основних і оборотних фондів. При порівнянні варіантів капітальні вкладення, окрім вартості обладнання, мають включати додаткові витрати, зокрема на транспортування обладнання, будівельні, монтажні та пусконаладжувальні роботи.

У разі реконструкції капітальні вкладення розраховуються за вартістю комірок розподільчих пунктів і трансформаторних вузлів із застосуванням коефіцієнта 1,1 [8].

Щорічні поточні витрати (собівартість продукції) в електроенергетиці зазвичай складаються з таких компонентів:

$$C = C_{TOP} + C_{\Delta W}. \quad (2.21)$$

де C_{TOP} – витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання;

$C_{\Delta W}$ – вартість річних втрат електричної енергії.

Витрати на технічне обслуговування й ремонт обладнання можна розрахувати різними способами. Найточніше ці витрати визначаються за системою TOP ЕО. Відповідно до цієї системи, C_{TOP} охоплює витрати на заробітну плату ремонтного та обслуговуючого персоналу, а також на комплектуючі, запасні частини й матеріали, що використовуються під час обслуговування та ремонту.

Витрати на заробітну плату розраховуються на основі трудомісткості ремонтних робіт і тарифних ставок персоналу, який здійснює ремонт і обслуговування.

Витрати на матеріали розраховуються пропорційно до витрат на оплату праці персоналу. Система TOP ЕО визначає періодичність і трудомісткості ремонтних робіт для основних типів електрообладнання. На стадії техніко-економічного обґрунтування варіантів витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування можна оцінювати пропорційно до обсягу капітальних інвестицій.

$$C_{TOP} = E_{TOP} \cdot K; \quad (2.22)$$

де E_{TOP} – норма витрат на поточний ремонт і обслуговування (табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Щорічні витрати на технічне обслуговування та ремонт електричних мереж [8]

Напруга, кВ	Норма витрат в процентах від вартості основних фондів	
	ПЛ	ПС
10	3.8	10
35	1.2	35

Вартість витрат електричної енергії розраховують за формулою

$$C_{\Delta W} = m_0 \cdot \Delta W; \quad (2.23)$$

де m_0 – вартість 1кВт · год. електроенергії;

ΔW – кількість втраченої електроенергії.

Об'єм втраченої електроенергії визначається за формулою:

$$\Delta W = \Delta P_M \cdot \tau = \Delta P_C \cdot T_P \cdot K_{\phi.P}^2; \quad (2.24)$$

де $\Delta P_M, \Delta P_C$ – відповідно максимальні і середні втрати потужності ;

τ – час максимальних витрат.

Час максимальних витрат і річний коефіцієнт форми можуть бути розраховані за формулами:

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760; \quad (2.25)$$

де T_M – час використання максимального навантаження ($T_M = W/P_M$, тут W –кількість спожитої енергії).

Наближено τ і $K_{\phi.P}^2$ визначаються в залежності від числа годин використання максимальної потужності T_M і $\text{tg}\phi$ з табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення розрахункових коефіцієнтів τ і $K_{\Phi.p}^2$

Режим роботи	T_M	τ при $\text{tg } \varphi = 0,75$	τ при $\text{tg } \varphi = 0$	$K_{\Phi.p}^2$
1 зміна	1500 – 2000	650 – 920	500 – 700	1.6
2 зміни	2500 – 4000	1250 – 2400	950 – 2050	1.4
3 зміни	4500 – 6000	2900 – 4550	2500 – 4000	1.1
Неперервний	6500 – 8000	5200 – 7500	4500 – 7000	1.05

Проведемо техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання:

1. Живлення напругою 10 кВ (вимагає будівництва підстанції 110/10 кВ на території підприємства).
2. Живлення напругою 35 кВ (передбачає спорудження підстанції 35/10 кВ на території заводу).

Результати розрахунків узагальнюємо в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Техніко-економічне порівняння напруги живлення заводу

Характеристика	10 кВ	35 кВ
1	2	3
Тм, год	4500	
Т, год	2886.21	
Втрати в лініях живлення		
ΔР, кВт	41.96	6.64
ΔW, кВт*год	121096.61	19171.76
Втрати в трансформаторах ГПП		
ΔРзм, кВт	0.00	11.50
ΔР, кВт	0.00	2.10
ΔW, кВт*год	0.00	59531.04
Техніко-економічні показники		
Загальні втрати кВт/год	121096.61	70744.75
Тариф ц, грн/кВт*год	6.5	5.05
Витрати на енергію тис. грн	51839	40275
Річна вартість втрат тис. грн	787.13	357.26

Характеристика	10 кВ		35 кВ	
1	2		3	
Норми витрат на обслуговування ОФ, %	КЛ	3.8	КЛ	1.2
	ПЛ	3.8	ПЛ	1.2
	ПС	4.3	ПС	2.4
Капіталовкладення в лінії живлення тис. грн	15580		11400	
Капіталовкладення в ГПП тис. грн	0		8056	
Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт, тис. грн	592.04		330.144	
Витрати на амортизацію, тис. грн	311.6		759.696	
Щорічні поточні витрати тис. грн	55088.15		43667.91	

Таким чином, при електропостачанні заводу напругою 10 кВ щорічні поточні витрати складають 55088,15 тис. грн, а при напрузі 35 кВ – 43667,91 тис. грн. Отже, обираємо варіант живлення заводу напругою 35 кВ із встановленням головної понижувальної підстанції.

2.2.3 Вибір трансформатора ГПП

На головній понижувальній підстанції (ГПП) зазвичай установлюють два трансформатори однакової потужності, щоб у разі виходу з ладу одного з них другий міг забезпечити живлення ключових споживачів протягом часу, необхідного для ремонту. При цьому враховується здатність трансформаторів до перевантаження та можливість тимчасового обмеження некритичних споживачів без впливу на основну діяльність підприємства. Допускається використання одного трансформатора, якщо це відповідає вимогам надійності електропостачання.

Споживачі I категорії забезпечуються електроенергією від двох незалежних джерел із системою автоматичного ввімкнення резервного

живлення (АВР), що робить установку двох трансформаторів обов'язковою.

Для споживачів II та III категорій допускається використання одного трансформатора за умови можливості підключення до резервного джерела живлення, наприклад, на напрузі 6 або 10 кВ, для підтримки роботи основних споживачів.

Потужність трансформаторів ГПП розраховується з урахуванням прогнозованого навантаження на період 5 років. Вибір трансформаторів здійснюється з огляду на їх номінальну потужність у нормальному режимі та здатність витримувати аварійні перевантаження.

Для двотрансформаторних підстанцій номінальну потужність трансформаторів визначають відповідно до встановлених умов.

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq (0.5 \div 0.7) S_{\text{М}}. \quad (2.26)$$

$$S_{\text{НОМ,Т}} \geq (0.5 \div 0.7) \cdot 2252.48 = 1126.24 \div 1576.73.$$

Тому обираємо трансформатор ТМ-1600/35

2.2.4 Вибір цехових ТП та їх розміщення

Розрахуємо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 380 В[1]:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}, \quad (2.27)$$

де S_i – повна розрахункова потужність цеха, кВА.

$$S_{\Sigma} = 2252.48 \text{ (кВА)}.$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (2.28)$$

де F_i – площа цеха, м².

$$F_{\Sigma} = 13272 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{num} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.29)$$

$$S_{num} = \frac{2252.48}{13272.00} = 0.1697 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

У [3] рекомендовано за такої питомої потужності застосовувати трансформатори з потужністю до 1000 кВА. Оскільки «Шаргородський маслозавод» належить до II категорії надійності електропостачання, проаналізуємо два варіанти будівництва підстанцій із двома трансформаторами $S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$ та $S_{ном.ТР} = 1000 \text{ кВА}$:

Визначаємо економічне число підстанцій [1]:

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ном.ТР} \cdot K_3}, \quad (2.30)$$

де $K_3 = 0.75 \div 0.8$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів двома трансформаторами підстанції при переважанні споживачів II та III категорії надійності електропостачання.

Варіант 1: $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$.

$$N_{ек} = \frac{2252.48}{2 \cdot 630 \cdot (0.75 \div 0.8)} = 2.38 \div 2.23 \text{ (шт)}.$$

Отже, необхідно встановити 3 трансформаторні підстанції.

Варіант 2: $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 1000 \text{ кВА}$.

$$N_{ек} = \frac{2252.48}{2 \cdot 1000 \cdot (0.75 \div 0.8)} = 1.50 \div 1.41 \text{ (шт)}.$$

Отже, необхідно встановити 2 трансформаторні підстанції.

Розподілимо підстанції з трансформаторами між цехами та встановимо їхній фактичний коефіцієнт навантаження.

Дані розрахунків наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

№ТП	Варіант 1				Варіант 2			
	№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном TP} = 630 \text{ кВА}$		№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном TP} = 1000 \text{ кВА}$	
			N, шт	к _з			N, шт	к _з
1	1,2	831.8	2	0.66	1-3	1496.3	2	0.75
2	3	664.6	2	0.53	4-5	904.2	2	0.45
3	4,5,6	904.2	2	0.72	-	-	-	-

У цьому випадку, зіставивши обидва варіанти, обираємо варіант №2, оскільки він економічно доцільніший. Для визначення оптимального місця розташування трансформаторної підстанції (ТП) розробляємо картограму навантажень і визначаємо центр електричних навантажень ТОВ "Шаргородський маслозавод". Картограму навантажень формуємо на основі креслення генерального плану підприємства. Кожен цех позначається колом, розмір якого пропорційний розрахунковій активній потужності цеху. [2].

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2. \quad (2.31)$$

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

Для побудови картограми навантажень обираємо масштаб, при якому радіус круга, що відповідає навантаженню першого цеху, становить 23,37 м. На основі цього визначаємо масштаб побудови картограми.

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}. \quad (2.32)$$

де r – радіус круга навантаження, м;

P_p – розрахункова активна потужність цеха, кВт.

Визначаємо масштаб побудови для головного корпусу №1:

$$m_p = \frac{428.85}{3.14 \cdot 23.37^2} = 0.25 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо $m_p = 0,25 \text{ кВт/м}^2$. Визначимо радіус круга при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.33)$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{428.85}{3.14 \cdot 1}} = 11.69 \text{ (м)}.$$

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

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{mo}}{P_{p1}}; \quad (2.34)$$

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot 8.85}{428.85} = 7.43^\circ.$$

Аналогічні розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

№ п.п	Споживачі	Координати		Рм, кВт	Рмо, кВт	rk, м	αk
		Хk, м	Уk, м				
1	Приймальний цех	57.002	73.72	428.85	8.85	23.37	7.43
2	Продуктовий цех	58.29	62	283.27	13.27	18.99	16.87
3	Технічний цех	57.002	41.5	568.58	16.08	26.91	10.18
4	Цех підготовки виробництва	57.002	32.54	255.85	8.85	18.05	12.45
5	Виробничий цех	15.03	21.97	102.82	18.82	11.44	65.89
6	Цех готової продукції	56.725	13.725	226.20	11.20	16.97	17.82

Визначаємо координати центру навантажень [1]:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}; \quad (2.35)$$

$$X = \frac{428.85 \cdot 23.37 + \dots + 226.20 \cdot 16.97}{428.85 + \dots + 226.20} = 54.851 \text{ (мм)}.$$

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

X_i – координати абсциси i -го цеха, м.

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}; \quad (2.36)$$

$$Y = \frac{428.85 \cdot 73.72 + \dots + 226.20 \cdot 13.725}{428.85 + \dots + 226.20} = 46.346 \text{ (мм)}.$$

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

X_i – координати абсциси i -го цеха, м.

Через неможливість розміщення головної понижувальної підстанції (ГПП) безпосередньо в центрі електричних навантажень, її встановлення передбачено на території заводу, ближче до сторони, де проходить лінія електроживлення. Місце розташування ГПП зображено на рисунку 2.2. Таке рішення враховує особливості планування підприємства та забезпечує оптимальне підключення до зовнішньої електромережі, мінімізуючи втрати та спрощуючи технічне обслуговування.

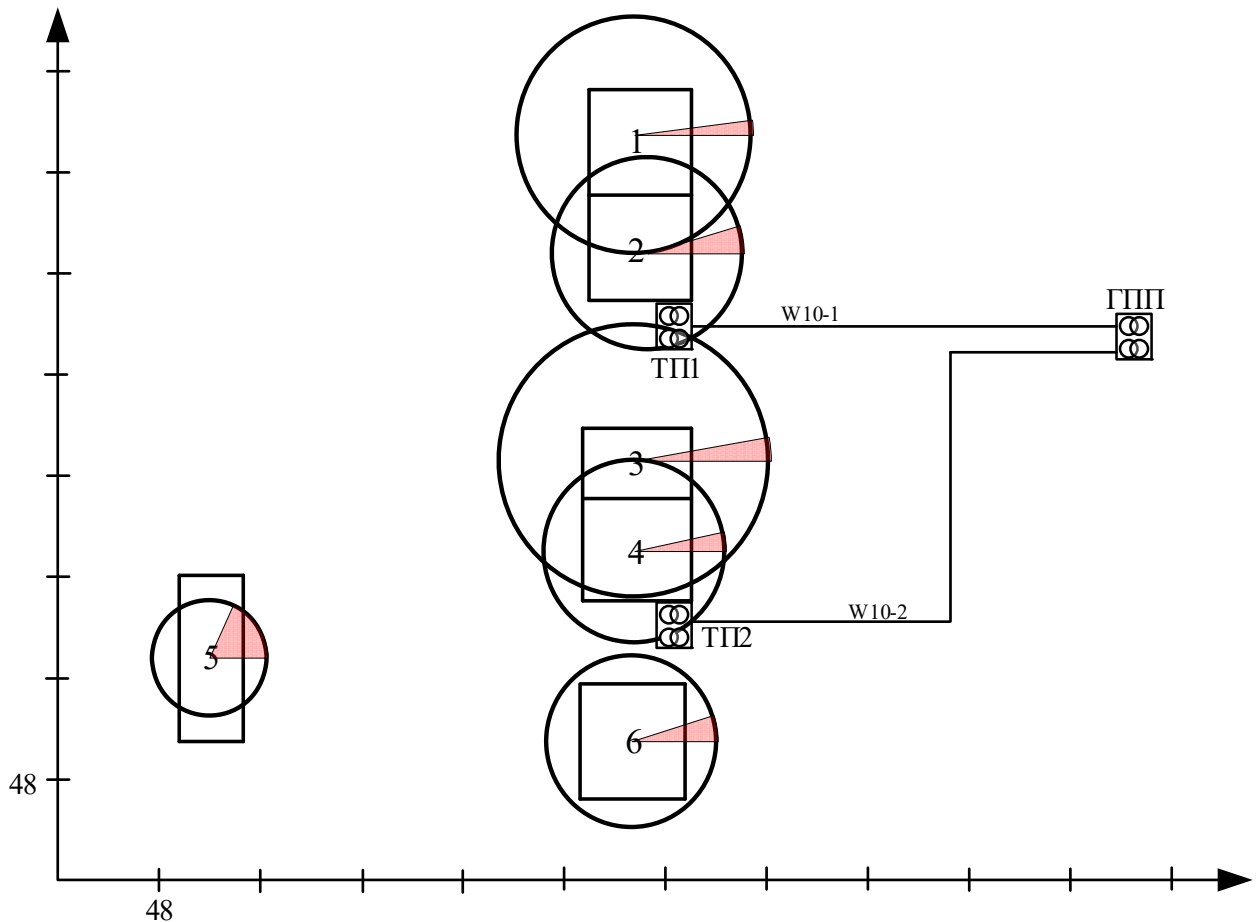


Рисунок 2.2 – Картограма навантажень заводу та електричні мережі підприємства

2.3 Розрахунок електропостачання підприємства

2.3.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Електроживлення забезпечується від ПС 110/35/10 кВ, розташованої за 10 км, через двоколову повітряну ЛЕП напругою 35 кВ. Заплановано будівництво головної понижувальної підстанції 35/10 кВ. Внутрішню мережу заводу організуємо за радіальною схемою, підключивши її до двох секцій шин РУ-10 кВ ГПП.

2.3.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями, прокладеними в траншеях.

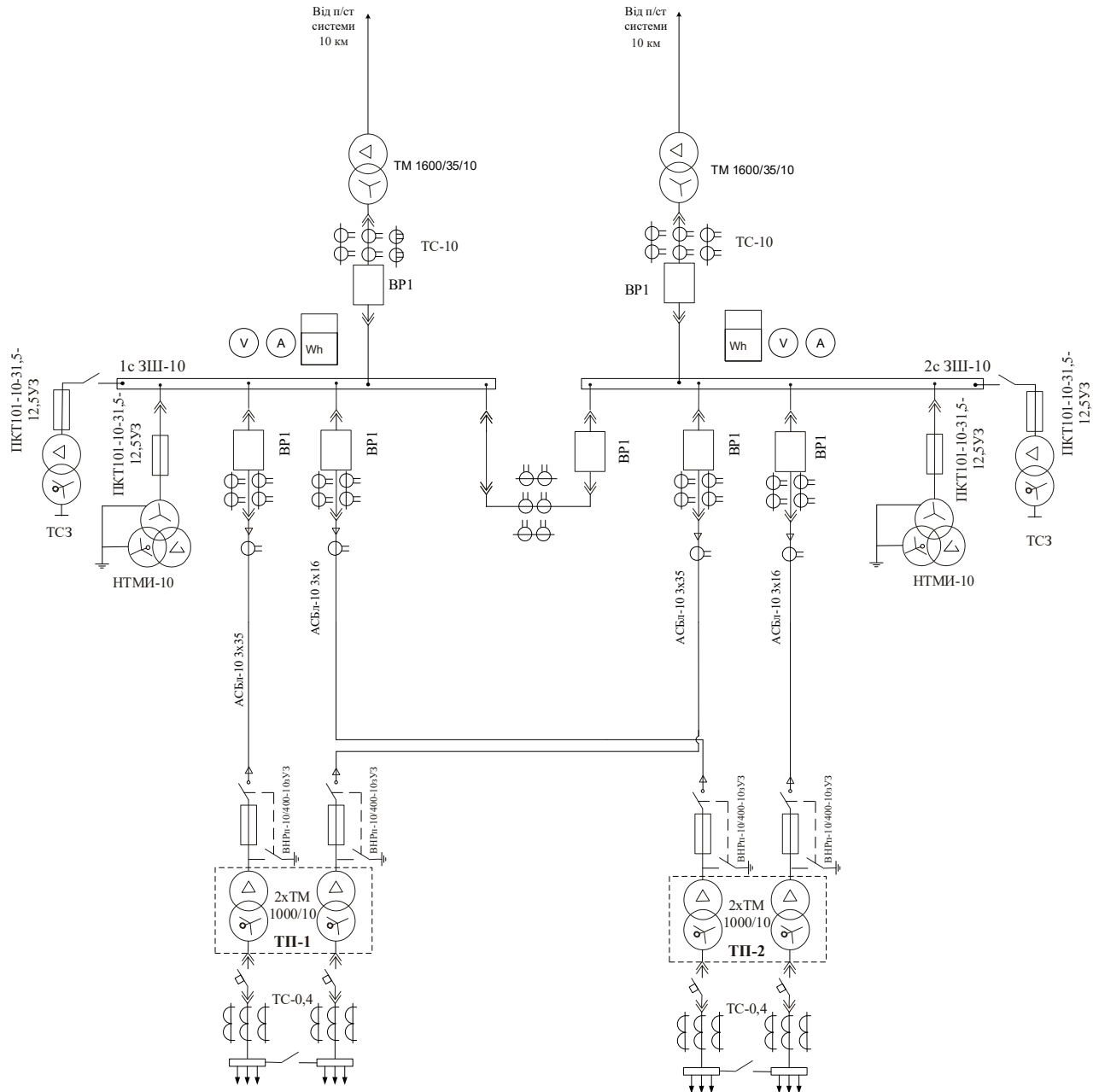


Рисунок 2.3 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

Для електроживлення заводу обираємо повітряні ЛЕП із проводом АС. Визначення перерізу проводу виконаємо за трьома критеріями: допустимий тривалий струм, вимоги до механічної міцності та величина спаду напруги.

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (2.37)$$

$$I_M = \frac{2252.48}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 18.60 \text{ (A)};$$

$$I_{ма} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (2.38)$$

$$I_{ма} = \frac{2252.48}{\sqrt{3} \cdot 35} = 37.20 \text{ (A)}.$$

Згідно з заданими умовами можемо обрати провід із перерізом 10 мм².

Проте, за вимогами механічної міцності, відповідно до ПУЕ, мінімальний допустимий переріз для ЛЕП напругою 35 кВ становить 50 мм².

Порівнявши ці вимоги, зупиняємося на проводі АС-50 та проводимо його перевірку на втрати напруги, які, згідно з ПУЕ, не повинні перевищувати 5%.

$$\Delta U\% = \frac{P_P \cdot R_0 + Q_P \cdot X_0}{U_{ном}^2} \cdot l \cdot 100\%; \quad (2.39)$$

$$\Delta U\% = \frac{1772.29 \cdot 0.64 + 1390.20 \cdot 0.446}{35000^2} \cdot 10 \cdot 100\% = 1.43\% .$$

Таким чином, повітряну ЛЕП виконуємо проводом АС-50, який відповідає усім вимогам.

Високовольтні вимикачі обираємо за номінальною напругою та розрахунковим струмом, враховуючи післяаварійні режими, а також можливі нерівномірності розподілу струмів між лініями та секціями шин [2].

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}; \quad (2.40)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}. \quad (2.41)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ обираємо вакуумні вимикачі ВР1. Номінальний струм вимикачів $I_{ном.в} = 630 \text{ A} > I_{м.ав}$. Власний час відключення вимикача 0.04 с.

ГПП-ЦТП-1:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (2.42)$$

$$I_M = \frac{1496.34}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 43.25 \text{ (A)};$$

$$I_{na} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (2.42)$$

$$I_{na} = \frac{1496.34}{\sqrt{3} \cdot 10} = 86.49 \text{ (A)}.$$

Вибираємо вакуумний вимикач ВР1. Номінальний струм вимикача $I_{ном.в} = 630 \text{ A} > I_{м.ав}$. Власний час спрацювання вимикача становить 0,04 с. Для решти приєднань вимикачі підбираємо аналогічно та заносимо до таблиці 2.8. Вибір кабелів 10 кВ здійснюємо за допустимим струмом [6].

Переріз провідників визначаємо відповідно до [1].

$$I_{na} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{доп} \quad (2.43)$$

$$86.49 \text{ (A)} \leq 0.87 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 115 = 87.04 \text{ (A)}.$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища ;
 k_3 - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів ;
 k_2 - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту.

Вибираємо кабель АСБл-10 3х35 з $I_{доп} = 87.04 \text{ A}$. Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір вимикачів та кабелів 10 кВ

Лінія	$I_m, \text{ A}$	$I_{па}, \text{ A}$	Вимикач	$I_{ном}, \text{ A}$	Провідник	$S, \text{ мм}^2$	$I_{доп}, \text{ A}$
ЦТП1	43.25	86.49	ВР1	630	АСБл	3×35	87.04
ЦТП2	26.13	52.26	ВР1	630	АСБл	3×16	56.77

2.3.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

У системах електропостачання можуть виникати різні види коротких замикань (КЗ), що характеризуються різким збільшенням струму. Усе

електрообладнання, яке використовується в таких системах, має бути стійким до струмів КЗ і вибиратися з урахуванням їхніх максимальних значень. Основними причинами виникнення струмів короткого замикання є пошкодження ізоляції елементів електроустановок, помилки в діях персоналу та перекриття струмопровідних частин.

Розрахунок струмів КЗ виконується для перевірки відповідності вибраних автоматичних вимикачів і кабелів умовам роботи в аварійних режимах. Зокрема, необхідно визначити періодичну складову струму трифазного КЗ на початковий момент часу $I_{\text{ПО}}$, періодичну та аперіодичну складові у момент розходження контактів, ударний струм КЗ та тепловий імпульс V_K .

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.4).

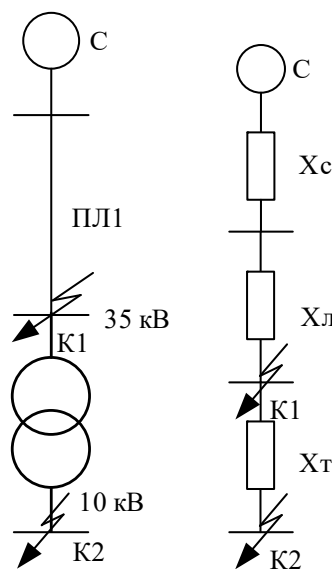


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

$$S_{\text{б}} = 1000; \quad S_{\text{кз}} = 200.$$

$$X_{\text{с}} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{к}}} = \frac{1000}{200} = 5; \quad (2.44)$$

$$X_{ПЛ35} = X_{num} \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{сер}^2}; \quad (2.45)$$

$$X_{ПЛ35} = 0.446 \cdot 10 \cdot \frac{1000}{37^2} = 3.258;$$

$$X_T = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{U_{\delta}}{S_{ном}}; \quad (2.46)$$

$$X_T = \frac{6.5}{100} \cdot \frac{37}{1.6} = 40.625.$$

Знаходимо результуючі опори:

$$X_{сум2} = X_C + X_{ПЛ35}; \quad (2.47)$$

$$X_{сум2} = 5 + 3.258 = 8.258;$$

$$X_{сум3} = X_{сум2} + X_T; \quad (2.48)$$

$$X_{сум3} = 8.258 + 40.625 = 48.883.$$

Початкове діюче значення струму КЗ в точці К:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}; \quad (2.49)$$

$$I_{\delta35} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.604 \text{ (кА)};$$

$$I_{\delta10} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 54.986 \text{ (кА)};$$

$$I_{П0} = \frac{1}{X_{сум}} \cdot I_{\delta}; \quad (2.50)$$

$$I_{П0_2} = \frac{1}{8.258} \cdot 15.604 = 1.89 \text{ (кА)};$$

$$I_{П0_3} = \frac{1}{48.883} \cdot 54.986 = 1.125 \text{ (кА)}.$$

Ударний струм:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{П0} \cdot \left(1 + e^{\frac{-0.01}{T_a}} \right); \quad (2.51)$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1.89 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0.01}{0.03}} \right) = 4.587 \text{ (кА)};$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot 1.125 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0.01}{0.03}} \right) = 2.731 \text{ (кА)}.$$

Аперіодичний струм при $t=0.065$ с:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{П0} \cdot e^{-\left(\frac{t}{T_a}\right)}; \quad (2.52)$$

$$i_{a2} = \sqrt{2} \cdot 1.89 \cdot e^{\frac{-0.065}{0.03}} = 0.306 \text{ (кА)};$$

$$i_{a3} = \sqrt{2} \cdot 1.125 \cdot e^{\frac{-0.065}{0.03}} = 0.182 \text{ (кА)}.$$

Розрахуємо тепловий імпульс:

$$B_K = I_{П0}^2 \cdot (t_{від} + T_{асх}); \quad (2.53)$$

$$B_{K2} = 1.89^2 \cdot (0.065 + 0.3) = 1.303 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)};$$

$$B_{K3} = 1.125^2 \cdot (0.065 + 0.3) = 0.462 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Перевіримо живлячу лінію за умовою термічної стійкості:

$$S_{ек} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T}; \quad (2.54)$$

де $C_T = 90 \cdot A \cdot C^{0.5} / \text{мм}^2$ – для алюмінієвих кабелів

$$S_{min} = \frac{\sqrt{0.462}}{90} \cdot 10^3 = 7.551 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$50 \text{ мм}^2 > 7.551 \text{ мм}^2.$$

Умова дотримується, тому живлячий кабель АСБл-10 3х16 підібрано правильно.

Згідно з ДСТУ 687-78, високовольтні вимикачі мають бути перевірені на комутаційну здатність, динамічну та термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Перевірку обраних вимикачів і провідників продемонструємо на прикладі

вимикача ВР1-10. Результати внесено до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Перевірка вимикача ВР1-10/100

Умови вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунків
$I_{н.відк} \geq I_{пт}$	$I_{н.відк} = 20 \text{ кА}$	$I_{пт} = I_{пт.с} = 0.182 \text{ кА}$
$\sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{пт.с} + i_{ат.с}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н.відкл} = \sqrt{2} \cdot 20 = 28.3 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 0.182 = 0.258 \text{ (кА)}$
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$	$i_{уд} = i_{уд.с} = 0.182 \text{ (кА)}$
$I_{дин} \geq I_{по}$	$I_{дин} = 52 \text{ кА}$	$I_{по} = I_{по.с} = 1.125 \text{ (кА)}$
$B_k = I_{по}^2 t_{по}$	$I_m^2 t_m = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$B_k = 0.462 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

2.4. Розрахунок електропостачання цеху

2.4.1 Вибір схеми цехової мережі

Оскільки радіальні схеми гарантують високу надійність електропостачання, обираємо радіальну схему для цехової мережі, як зображено на рисунку 2.1.

Для комутації на лініях встановлюватимуться автоматичні вимикачі від виробника ЕТІ, типів ЕВ та ЕВ2, оснащені напівпровідниковими або тепловими й електромагнітними розчіплювачами.

Відповідно до вимог ПУЕ, застосовуємо такі способи прокладки кабельних ліній: від ТП до РП — кабелем із алюмінієвими жилами марки АВВГ, прокладеним у землі; від РП до ЕП — кабелем із алюмінієвими жилами марки АВВГ, прокладеним відкрито в лотках і коробах.

2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись наступні умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.55)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_{п}. \quad (2.56)$$

$$I_{н.в.д.к} \geq I_{к.мах}^{(3)}. \quad (2.57)$$

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

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

$K_{відс}$ - коефіцієнт відстроювання, визначається на основі умов забезпечення надійності налаштування захисту від перевантажень, а також його стійкості до неспрацювання (повернення) під час або після пуску чи самозапуску.

K_n - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_m - розрахунковий струм окремого електроприймача;

$I_{п}$ - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ЕП-1.

Розрахунковий струм ЕП-1:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U_{ном}}; \quad (2.58)$$

$$I_p = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0.8 \cdot 0.38} = 22.82 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм обчислюємо наближено, в залежності від типу приводу:

$$I_p = \begin{cases} 5 \cdot I_p & \text{— для АД з КЗ ротором чи СД;} \\ 2.5 \cdot I_p & \text{— для АД з ФР;} \\ 3 \cdot I_p & \text{— для ДПС та зварювальних Т – рів;} \end{cases} \quad (2.59)$$

$$I_{п} = K_{пуск} \cdot I_p = 2 \cdot 22.82 = 45.63 \text{ (A)}.$$

Для захисту ЕП-1 підбираємо автоматичний вимикач із комбінованим розчіплювачем. Виконаємо розрахунок номінального струму розчіплювача та

струму спрацювання відсічки для ЕП-1:

$$I_{\text{н.розч}} \geq I_P; \quad (2.60)$$

$$I_{\text{с.відс}} \geq 45.63 \cdot 2.1 = 95.83 \text{ (A)}.$$

На основі розрахованих значень струмів обираємо автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 25А 3р із номінальним струмом 25 А, номінальним струмом розчіплювача 25 А та струмом спрацювання відсічки 250 А.

Аналогічним чином здійснюємо підбір автоматичних вимикачів для всіх інших споживачів цеху.

Захисні апарати, призначені для захисту розподільчих пунктів (РП), встановлюються в розподільчому пристрої (РУ) напругою 400 В на трансформаторній підстанції (ТП).

Від ТП до РП1 переріз проводу визначаємо за відповідною умовою.

$$I_{\text{доп}} \geq I_M; \quad (2.61)$$

$$336.66 \geq 311.04 \text{ (A)}.$$

Виберемо кабель АВВГ перерізом 3х240+1х120, при прокладені в землі, допустимий тривалий струм якого складає $I_{\text{доп}} = 336.66 \text{ (A)}$.

Від ТП до ЕП-1 вибираємо кабель АВВГ (3х4+1х2,5). Допустимий тривалий струм складає 26.97 А.

Перевіряємо даний кабель за наступними умовами:

$$I_{\text{доп}} = 26.97 \geq I_M = 22.82 \text{ (A)};$$

Перевірка

$$I_{\text{доп}} = 26.97 \geq I_{\text{н.розч}} = 25 \text{ (A)}.$$

За аналогічною методикою визначаємо перерізи решти кабелів типу АВВГ, а результати розрахунків заносимо до таблиці 2.10.

Для лінії від трансформаторної підстанції (ТП) до розподільчого пункту (РП) обираємо автоматичний вимикач.

Розрахунок проводимо за відповідною формулою.

$$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.мах}} + I_{\text{п.мах}}; \quad (2.62)$$

де $I_{н.макс}$ - номінальний струм найбільш потужного електроприймача ,

$I_{п.макс}$ - пусковий струм найбільш потужного електроприймача ,

K_B - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача .

$$I_{п} = I_M - K_B \cdot I_{н.макс} + I_{п.макс} = 311.04 - 0.2 \cdot 45.63 + 197.75 = 499.66 \text{ (A)}.$$

Для захисту лінії від трансформаторної підстанції (ТП) до розподільчого пункту (РП) обираємо автоматичний вимикач із комбінованим розчіплювачем EB2 400/3L 400A 3p із номінальним струмом $I_{ном} = 400 \text{ A}$, номінальним струмом розчіплювача $I_{н.розч} = 320 \text{ A}$ та струмом спрацювання відсічки 4000 A.

$$I_{н.розч} = 320 \geq K_{відс} \cdot I_M = 311.04 \text{ (A)},$$

$$I_{с.в} = 4000 \geq K_n \cdot I_{п} = 2.1 \cdot 499.66 = 1049.29 \text{ (A)}.$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури та провідників цеху

№	Найменування ЕП	I_p , А	$I_{п}$, А	Тип АВ	$I_{ном}$, А	$I_{розч}$, А	$I_{св}$, А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	$I_{доп}$, А
1-2	Відділювач	22.82	45.63	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГ	4	відкрито	26.97
3	Подрібноувач	35.18	70.35	ЕВ 100/3L 40А 3р	40	40	400	АВВГ	10	відкрито	46.5
4	Мийка	8.56	17.11	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГ	2.5	відкрито	19.53
5-6	Дозувальна машина	20.92	41.83	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГ	4	відкрито	26.97
7-8	Вакуум-фільтр	42.21	84.42	ЕВ 100/3L 50А 3р	50	50	500	АВВГ	16	відкрито	62.31
9-10	Вентилятор	2.09	10.46	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГ	2.5	відкрито	19.53
11-12	Дозрівач	45.63	91.27	ЕВ 100/3L 50А 3р	50	50	500	АВВГ	16	відкрито	62.31
13	Мішалка	39.55	197.75	ЕВ 100/3L 50А 3р	50	50	500	АВВГ	16	відкрито	62.31
14	Циклон	2.85	5.70	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГ	2.5	відкрито	19.53
15	Класифікатор	14.26	28.52	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГ	2.5	відкрито	19.53
16	Міксер	14.26	71.30	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГ	2.5	відкрито	19.53
17	Вібратор	35.18	70.35	ЕВ 100/3L 40А 3р	40	40	400	АВВГ	10	відкрито	46.5
	РП	311.04	499.66	ЕВ2 400/3L 400А 3р	400	320	4000	АВВГ	240	в землі	336.66

Таблиця 2.11 – Перевірка внутрішньої мережі на допустимі втрати напруги

№	Найменування ЕП	L	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔU , В	ΔU , %
1-2	Відділювач	42	9.61	0.098	18.88	4.97
3	Подрібнювач	31	3.84	0.088	7.08	1.86
4	Мийка	23	15.4	0.01	6.14	1.62
5-6	Дозувальна машина	40	9.61	0.098	16.78	4.41
7-8	Вакуум-фільтр	37	2.4	0.084	9.88	2.60
9-10	Вентилятор	14	15.4	0.01	4.15	1.09
11-12	Дозрівач	34	2.4	0.084	9.83	2.59
13	Мішалка	42	2.4	0.084	5.83	1.53
14	Циклон	45	15.4	0.01	5.21	1.37
15	Класифікатор	33	15.4	0.01	9.56	2.52
16	Міксер	20	15.4	0.01	7.19	1.89
17	Вібратор	21	3.84	0.088	5.97	1.57
	РП	40	0.16	0.062	3.58	0.94

2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання здійснюється для оцінки відповідності захисних апаратів вимогам щодо комутаційної здатності.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, яка забезпечує електроживлення електроприводу ЕП-1. Для цього складемо розрахункову схему, представлену на рисунку 2.5.

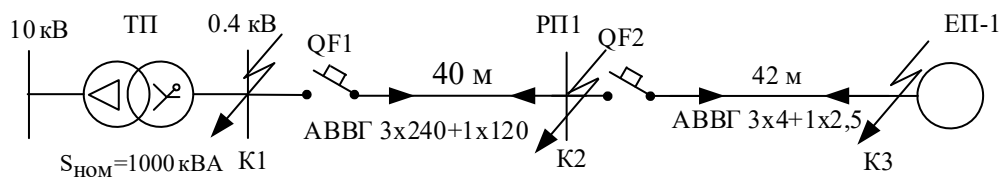


Рисунок 2.5 – Схема електропостачання ЕП-1

Розрахунок опору приведенний до 0.4 кВ

Опір трансформатора:

$$R_T = 1.9 \text{ (мОм)}, \quad X_T = 8.6 \text{ (мОм)}, \quad Z_T = 26.4 \text{ (мОм)}; \quad (2.63)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$X = X_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.64)$$

$$X_1 = 0.06 \cdot 40 = 2.4 \text{ (мОм)};$$

$$X_2 = 0.098 \cdot 42 = 4.116 \text{ (мОм)};$$

$$R = R_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.65)$$

$$R_1 = 0.16 \cdot 40 = 6.4 \text{ (мОм)};$$

$$R_2 = 9.61 \cdot 42 = 403.62 \text{ (мОм)};$$

Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R, мОм	X, мОм	Zф-0, мОм
ТМ 1000/10/0.4	-	1.9	8.6	-
Л1	40	6.4	2.4	21
Л2	42	403.62	4.116	1011.36

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою:

- для точки К1

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\text{T}}^2 + X_{\text{T}}^2)}}; \quad (2.66)$$

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1.9^2 + 8.6^2)}} = 26.156 \text{ (кА)}.$$

- для точки К2

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\text{T}}^2 + R_{\text{T}}^2) + (X_{\text{T}}^2 + X_1^2)}}; \quad (2.67)$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1.9^2 + 6.4^2) + (8.6^2 + 2.4^2)}} = 15.901 \text{ (кА)};$$

$$I_{\kappa 2}^{(1)} = \frac{U_{\text{фн}}}{\frac{Z_{\text{Т1}}}{3} + Z_{\text{ф01}}}; \quad (2.68)$$

$$I_{\kappa 2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26.4}{3} + 21} = 7.383 \text{ (кА)}.$$

- для точки К3

$$I_{\kappa 3}^{(1)} = \frac{U_{\text{фн}}}{\frac{Z_{\text{Т1}}}{3} + Z_{\text{ф01}} + Z_{\text{ф02}}}; \quad (2.69)$$

$$I_{\kappa 3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26.4}{3} + 21 + 1011.36} = 0.211 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо вибрані вимикачі на комутаційну здатність:

$$I_{\text{н.відк}} > I_{\kappa.\text{мах}}^{(3)}; \quad (2.70)$$

QF1: EB2 400/3L 400A 3р з $I_{\text{н.відк}} = 36 \text{ (кА)}$

$$I_{\text{н.відк}} = 36 \text{ (кА)} > I_{\kappa.\text{мах}}^{(3)} = 26.156 \text{ (кА)}.$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

QF2: EB 100/3L 25A 3р з $I_{\text{н.відк}} = 16 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{н.відк}} = 16 \text{ (кА)} > I_{\kappa.\text{мах}}^{(3)} = 15.901 \text{ (кА)}.$$

Для точки К2 умова перевірки комутаційної здатності виконана.

Проводимо перевірку селективності дії захисних пристроїв.

Перевіряємо виконання наступної умови:

$$I_{\text{н.розч}} \leq \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{3}; \quad (2.71)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП:

$$I_{\text{н.розч}} = 320 \text{ (А)} \leq \frac{I_{\kappa 2}^{(1)}}{3} = \frac{7383}{3} = 2461 \text{ (А)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП- ЕП-1:

$$I_{Н.РОЗЧ} = 16 \text{ (A)} \leq \frac{I_{КЗ}^{(1)}}{3} = \frac{211}{3} = 70 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

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

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1.3..1.5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t \end{cases}; \quad (2.72)$$

Проводимо перевірку селективності дії автоматичних вимикачів, що захищають лінії від трансформаторної підстанції (ТП) до розподільчого пункту (РП) (вимикач 1) та від РП до електроприводу ЕП-1. Дані про характеристики вимикачів наведено в таблиці 4.1.

$$I_{c.B1} = 320 \text{ (A)} > (1.3..1.5) \cdot 16 = 20.8..24 \text{ (A)}.$$

Оскільки вимикачі вищого ступеня вибрано селективним $t_{c.B1} = 0.1 \text{ с}$, то умови селективності по часу теж забезпечується.

Карта селективності захисту.

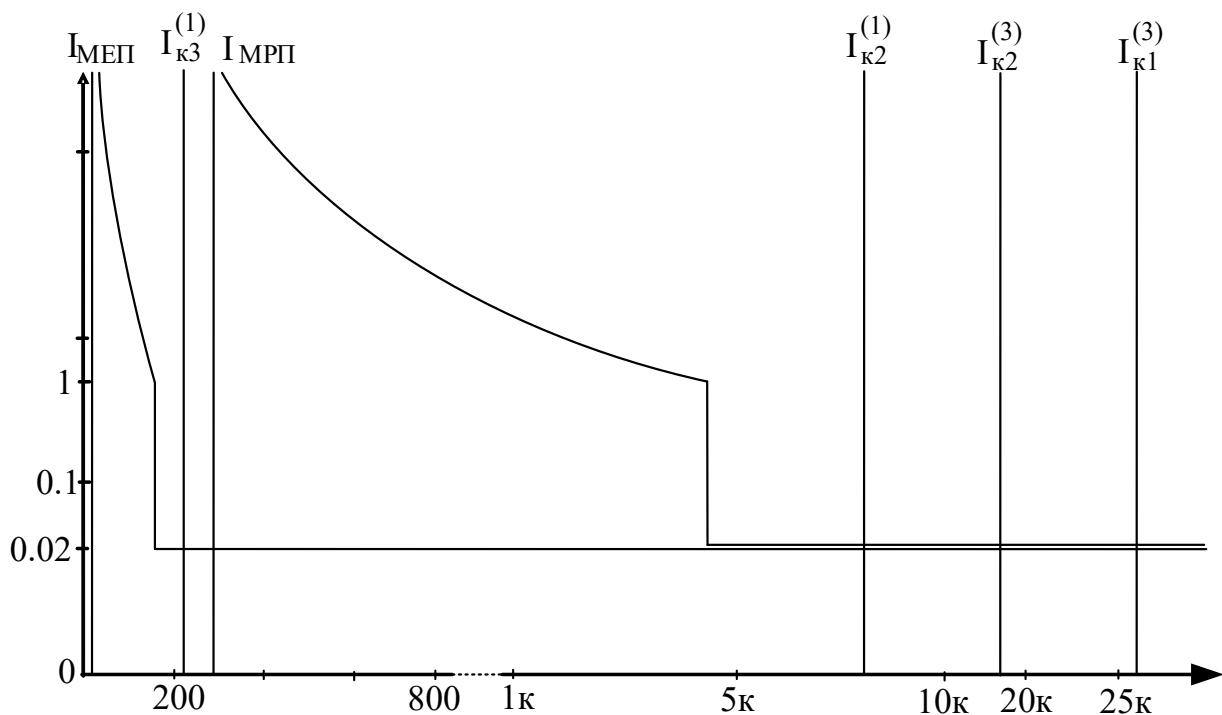


Рисунок 2,6 – Карта селективності захисту

3 ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «ШАРГОРОДСЬКИЙ МАСЛОЗАВОД»

Розвиток української вітроенергетики стартував у 1996 році з проєктування Новоазовської ВЕС потужністю 50 МВт. У 1997 році почала роботу Трускавецька ВЕС. До 2000 року в Україні функціонувало 134 вітротурбіни, а також було підготовлено близько 100 фундаментів для турбін потужністю 100 кВт. У 1998–1999 роках запустилися ще три нові ВЕС.

Значне прискорення будівництва вітроелектростанцій відбулося з 2009 року після введення Урядом України «Зеленого тарифу».

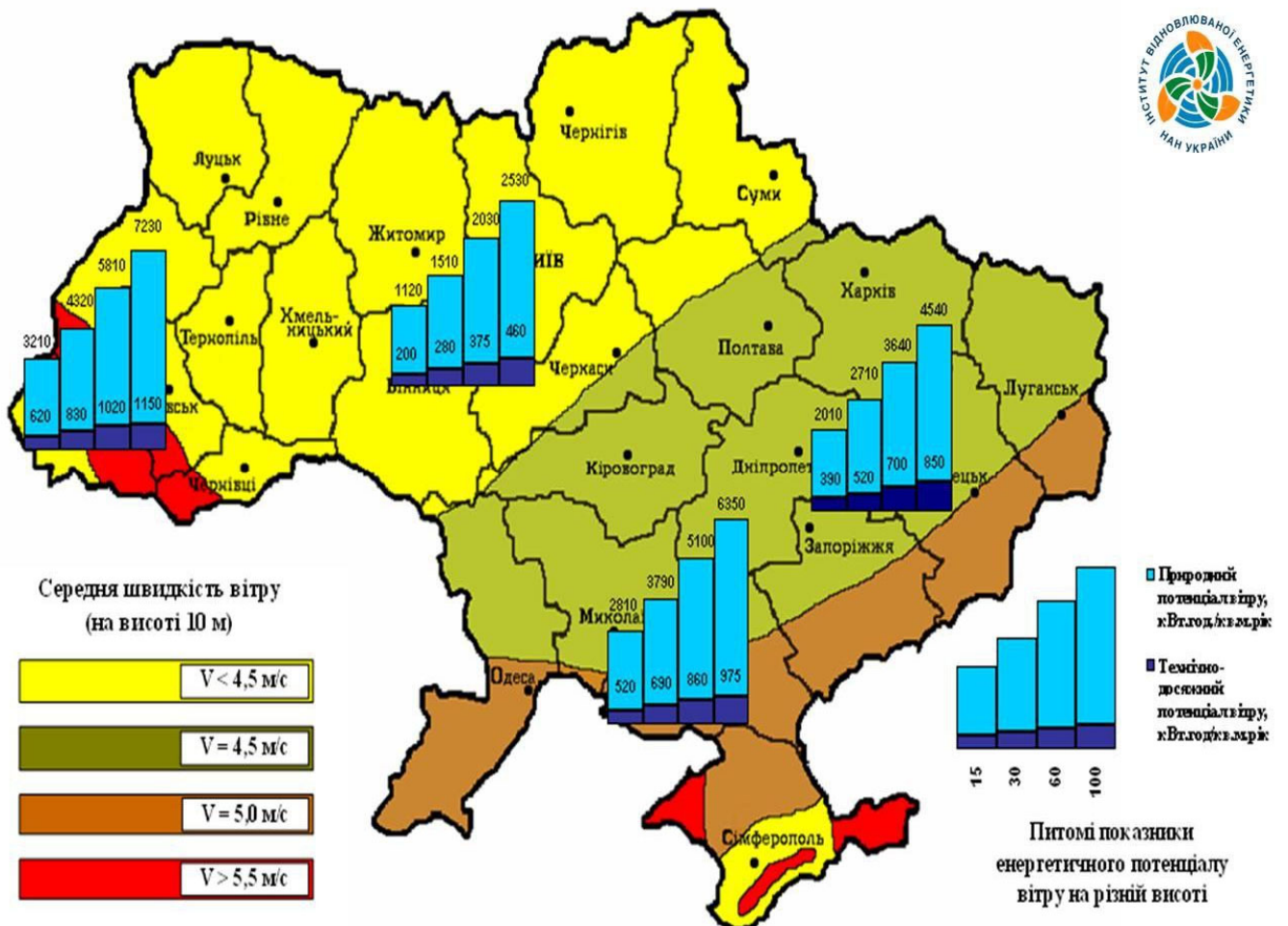


Рисунок 3.1 - Енергетичний потенціал вітру на території України

Інститут відновлювальної енергетики НАН України розробив карту вітроенергетичного потенціалу України. Найперспективнішими регіонами для використання вітрової енергії визначено узбережжя Чорного й Азовського морів, гірські райони тимчасово окупованої АР Крим, зону Карпатських гір, а також Одеську, Херсонську та Миколаївську області [15].

3.1 Загальна характеристика вітроелектростанцій

Вітроенергетична установка (ВЕУ, або вітряк) – це технічна споруда, що перетворює енергію руху повітряних мас на електричну. Під терміном «вітрова електростанція» мається на увазі комплекс таких установок.



Рисунок 3.2 – Конструкція вітроустановок

Існують дві основні конструкції вітроустановок: із вертикальною й горизонтальною віссю обертання.

Найпоширенішою у світі є конструкція вітрогенератора з трьома лопатями та горизонтальною віссю, хоча інколи ще застосовуються дволопатеві моделі. У сфері електроенергетики також були створені та впроваджені вертикально-осьові (ортогональні) вітряки. Особливістю таких вітростанцій є їхня здатність уловлювати повітряні потоки з будь-якого напрямку, незалежно

від складності вітрових потоків, без потреби у спеціальних пристроях для орієнтації за напрямком чи типом вітру. Це дозволяє не брати до уваги під час експлуатації «троянду вітрів» чи інші параметри, а лише енергетичний потенціал повітряних мас. Вважається, що такі вітряки вирізняються низькою швидкістю вітру, достатньою для запуску генератора. Основною перешкодою для цих установок є механізм зупинки. Через цю та деякі інші технічні труднощі ортогональні вітрові станції не отримали широкого застосування у вітроенергетиці.

У конструкціях сучасних вітрових електростанцій застосовуються передові наукові та експериментальні рішення для використання кінетичної енергії повітряних потоків, що забезпечують високу ефективність, надійність роботи та низьку собівартість виробленої електроенергії.

Ключовими елементами вітроенергетичних установок є лопаті, що сприймають енергію вітру, редуктор для передачі крутного моменту до електрогенератора, електрогенератор і опорна вежа. Лопаті разом із редуктором складають вітродвигун. Особлива конструкція лопатей забезпечує виникнення асиметричних сил у повітряному потоці, які створюють обертовий момент.

Оскільки вітер може змінювати напрямок і силу, вітроустановки оснащуються системами контролю та безпеки. Ці системи включають механізми для орієнтації осі обертання за напрямком вітру, регулювання кута нахилу лопатей при надмірній швидкості повітряних потоків, а також автоматичні пристрої для керування потужністю й аварійного відключення в установках високої потужності.

Вітродвигун генерує енергію, коли повітряні потоки тиснуть на його лопаті. Чим довша лопать, тим більше енергії вітру вона здатна вловити. Аналогічно, зі зростанням швидкості вітру збільшується його тиск на лопаті, що сприяє захопленню більшої кількості енергії.

Вихід енергії не залежить лінійно від довжини лопатей чи швидкості вітру: він зростає пропорційно до квадрата довжини лопаті та куба швидкості повітряних потоків.

Зазначимо, що при швидкості вітру 33 км/год подовження лопаті в 4 рази (з 15 до 60 м) підвищує вироблення енергії в 16 разів. Також при довжині лопаті 30 м вітер зі швидкістю 50 км/год забезпечує генерацію електроенергії, яка в 26 разів перевищує ту, що виробляється при швидкості 17 км/год. Через це фахівці віддають перевагу великим вітродвигунам і прагнуть захоплювати повітряні потоки на значній висоті.

Більшість сучасних великих вітродвигунів, які будуються або вже функціонують, розраховані на швидкості вітру від 17 до 58 км/год. Вітер, слабший за 17 км/год, дає недостатньо корисної енергії, а при швидкості понад 58 км/год існує ризик пошкодження механізмів.

Вітродвигуни не варто проектувати для роботи з ураганними вітрами. Хоча такі потоки здатні генерувати значно більше енергії, ніж слабкі, вони створюють надмірний тиск на лопаті, що може призвести до руйнування всієї конструкції. До того ж тривалість штормових вітрів настільки мала, що їхній внесок у загальне вироблення енергії мінімальний, роблячи подібний ризик невиправданим. Для захисту від штормових вітрів лопаті вітродвигунів злегка вигинають і повертають в один бік, щоб зменшити тиск повітряних потоків; ця техніка відома як «оперення». Також використовують сучасні матеріали, які витримують значні навантаження, щоб запобігти поломці лопатей.

Інші труднощі в конструкції вітродвигунів пов'язані з особливостями системи, необхідної для вловлювання енергії вітру. Двигуни зазвичай розміщують на високих вежах, щоб лопаті зазнавали впливу сильніших повітряних потоків, які дмуть на висоті. Біля поверхні землі споруди, дерева чи пагорби уповільнюють і послаблюють вітер. Тому потрібні високі щогли. Однак важке обладнання – пропелер, редуктор і генератор – розташовується на вершині щогли, що вимагає міцної та надійної конструкції.

Ще одне ускладнення у використанні енергії вітродвигунів пов'язане з природою самого вітру. Швидкість повітряних потоків коливається в широкому діапазоні – від слабких подувів до сильних поривів, що впливає на частоту обертання генератора. Для вирішення цієї проблеми змінний струм, який

виникає при обертанні осі, перетворюють у постійний, що має стабільний напрямок. У великих вітродвигунах цей постійний струм надходить до електронного перетворювача, який генерує стабільний змінний струм, придатний для передачі в енергосистему.

Компактні вітродвигуни, які використовуються, наприклад, на ізольованих фермах або морських островах, спрямовують випрямлений струм до акумуляторних батарей для накопичення енергії замість застосування перетворювача. Такі батареї відіграють ключову роль у забезпеченні зберігання електроенергії для періодів, коли швидкість вітру недостатня для генерації електрики.

Складнішим завданням є регулювання роботи всієї системи електростанцій. Подібно до приливних станцій, у вітрових електростанціях бувають періоди, коли генератори виробляють мало енергії або зовсім не функціонують. У такі моменти необхідно компенсувати дефіцит електроенергії, збільшуючи вироблення на традиційних електростанціях, щоб забезпечити потреби споживачів.

До основних показників ефективності роботи вітроелектричних установок належать такі параметри: загальна кількість годин роботи протягом року; сумарний обсяг електроенергії, виробленої за рік; обсяг електроенергії, згенерований за рік при швидкостях вітру, нижчих за номінальне значення; обсяг електроенергії, виробленої за рік при швидкостях вітру, вищих за номінальне значення; кількість годин роботи за рік при швидкостях вітру, нижчих за номінальне значення; кількість годин роботи за рік при швидкостях вітру, вищих за номінальне значення; кількість годин використання номінальної потужності протягом року; коефіцієнт використання номінальної потужності за рік; а також кількість годин простою установки протягом року. Ці показники дозволяють комплексно оцінити продуктивність і ефективність роботи вітроелектричної установки в різних умовах експлуатації.

3.2 Встановлення вітроустановки

Останнім часом «Шаргорський маслозавод» стикається з істотним дефіцитом електроенергії. Оскільки технологічний процес вимагає створення особливого мікроклімату, це питання стало особливо актуальним для поточної діяльності підприємства.

Аналіз географічного розташування заводу та прилеглої території показав, що для умов роботи «Шаргорського маслозаводу» доцільно застосувати альтернативний спосіб отримання енергії – вітроенергетичні установки, які генерують електрику завдяки швидкості повітряних потоків. Це стало можливим завдяки сучасним вітровим електростанціям із потужністю від 1,5 до 15 кВт. Крім того, з'явилося обладнання, здатне виробляти енергію за відносно низької швидкості вітру, починаючи від 3 м/с. Враховуючи, що середня швидкість вітру у Вінницькому регіоні становить близько 4 м/с, рішення про встановлення вітрогенеруючої станції є виправданим.

Принцип дії «вітряка» доволі простий, що спрощує його встановлення та експлуатацію. Використання такого обладнання дозволить не лише економити на оплаті електроенергії, а й продавати надлишки за умовами «зеленого тарифу» державі. До того ж, поєднання цього методу отримання енергії з наявною системою електропостачання забезпечить значний економічний ефект, підвищить надійність і безперервність технологічного процесу.

Потужність цього обладнання залежить від розмірів його лопатей. Очевидно, що більші лопаті дозволяють отримувати більшу потужність від вітроустановки. Розрахунок потужності вітрового обладнання базується на кубічній залежності від швидкості повітряного потоку. Наприклад, якщо потік зі швидкістю 6 м/с забезпечує потужність 100 Вт, то при збільшенні швидкості до 12 м/с потужність зросте у 8 разів – до 800 Вт. Велика турбіна може генерувати необхідну потужність навіть за низької швидкості вітру завдяки своїй конструкції.

Планується встановити три вітротурбіни ENERSUN-10000, кожна з номінальною потужністю 10 кВт (за швидкості вітру 6 м/с).

Вітряк на 10 кВт ENERSUN-10000 2024



☆☆☆☆☆ Відгуків: 0 / Написати відгук

В наявності

Модель: 1341

\$4 000 (169 200 грн.)

[Знайшли дешевше](#)

1



ДО КОШИКА

ШВИДКЕ ЗАМОВЛЕННЯ



ДІЗНАТИСЬ ДИЛЕРСЬКУ ЦІНУ

Рисунок 3.3 – Вітряка ENERSUN-10000

Вітроустановка КТ 10kW вирізняється високою ефективністю та сучасними технічними рішеннями, що забезпечують надійне використання енергії вітру. Вона здатна розпочинати роботу за низької швидкості вітру, лише 3 м/с, що дозволяє ефективно генерувати електроенергію навіть у регіонах із слабкими вітровими потоками. Завдяки цьому забезпечується стабільне вироблення електроенергії з високим річним обсягом генерації.

Конструкція вітряка компактна, має сучасний естетичний дизайн і характеризується низьким рівнем вібрацій під час експлуатації. Невелика вага, лише 65 кг, і продумана будова спрощують процес встановлення, технічного обслуговування та ремонту, що робить обладнання зручним у використанні навіть у віддалених локаціях.

Лопаті вітроустановки виготовлені з армованого скловолокном пластику (FRP) за технологією прецизійного лиття під тиском. Це підвищує їхню міцність і ефективність захоплення енергії вітру. Корпус виконаний із литого алюмінію, що забезпечує довговічність і стійкість до корозії. Генератор —

трифазний синхронний із постійними магнітами — має унікальну конструкцію статора, яка знижує опір обертання та покращує сумісність із вітровим колесом, гарантуючи стабільну та надійну роботу.

Технічні параметри включають номінальну потужність 10 кВт, діапазон напруги 48–220 В, діаметр ротора 3,2 м і три лопаті. Система автоматично регулює кут нахилу вітрового колеса для оптимального контролю швидкості обертання. Управління здійснюється за допомогою електромагнітної системи, а для змащення застосовуються спеціальні мастильні матеріали. Вітроустановка розрахована на роботу в широкому діапазоні температур від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$, що робить її універсальною для різних кліматичних умов.

Таблиця 3.1 – Залежність потужності від швидкості вітру

V, м/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, Вт	167	395	772	1334	2119	3163	4503	6177	8222	10674

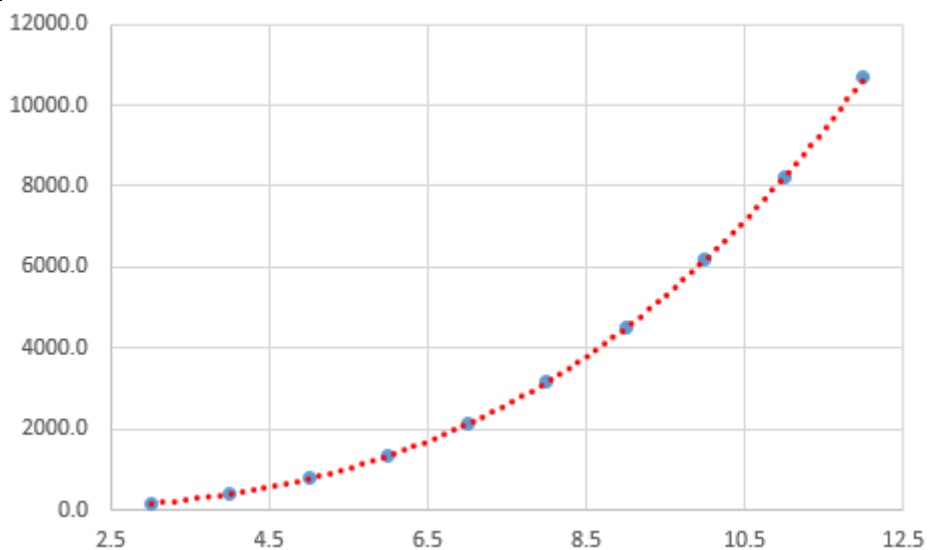


Рисунок 3.4 – Генерована потужність від швидкості вітру

Потужність потоку обчислюється за формулою:

$$P_n = \frac{\rho V^3}{2} S. \quad (3.1)$$

де V – стартова швидкість вітру (6 м/с);

ξ – коефіцієнт використання вітру (0.45);

ρ – щільність повітря (1.225);

S – площа;

R – радіус лопаті (3,2 м).

$$P_n = \frac{1.225 \cdot 6^3}{2} \cdot \frac{3.14 \cdot 6.4}{4} = 4253.92 \text{ (Вт)}.$$

Потужність турбіни складає:

$$P_m = \xi P_n. \quad (3.2)$$

де ξ – коефіцієнт використання вітру (0.45);

$$P_m = 0.45 \cdot 4253.92 = 1914.26 \text{ (Вт)}.$$

Потужність вітроустановки дорівнює:

$$P = \eta_{ред} \cdot \eta_{ген} \cdot P_m. \quad (3.3)$$

де $\eta_{ред}$ – ККД редуктора (0.84);

$\eta_{ген}$ – ККД генератора (0.88);

$$P = 0.84 \cdot 0.88 \cdot 1914.26 = 1334.24 \text{ (Вт)}.$$

Вартість одного вітрогенератора становить 169 тис. грн. Оскільки вітроустановка виробляє електроенергію постійного струму, а підприємство споживає змінний струм, виникає необхідність у додатковому обладнанні — інверторі потужністю 10 кВт вартістю 25 тис. грн. Основне та найдорожче обладнання обрано, а витрати на монтажні роботи та інше допоміжне електрообладнання орієнтовно становитимуть 56 тис. грн. тому сумарно ціна для однієї вітрової станції вийде 250 тис. грн. Таким чином, загальна вартість однієї вітрової електростанції складе: 169 тис. грн (вітрогенератор) + 25 тис. грн (інвертор) + 56 тис. грн (монтаж та супутнє обладнання) = 250 тис. грн.

Оскільки підприємство планує встановити три вітрогенератори, загальна

вартість проекту становитиме:

$$250 \text{ тис. грн} \times 3 = 750 \text{ тис. грн. } C_1 = 750 \text{ тис. грн}$$



Рисунок 3.5 – Інвертор Deye SUN-10K-G06P3-EU-AM2-P1

Тепер знайдемо приблизну суму, яку підприємство зекономить за рік:

$$C_2 = P \cdot n \cdot T_m \cdot u_{\text{кВт}\cdot\text{час}} / 1000; \quad (3.4)$$

$$C_2 = 1.33 \cdot 3 \cdot 4500 \cdot 13.7 / 1000 = 246.77 \text{ (тис.грн)}.$$

Обчислимо термін окупності:

$$T = \frac{C_1}{C_2}; \quad (3.5)$$

$$T = \frac{750}{246.77} = 3.04 \text{ (років)}.$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час монтажу та обслуговування системи електропостачання ТОВ «Шаргородський маслозавод». Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативно-ремонтний персонал підприємства [16, 17]:

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

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

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

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'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 [19, 20], 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 ІІІ; 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 неізолювані 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 [21] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і

допустиму інтенсивність опромінення. Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [22]: 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.

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

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

4.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [21]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [22]. Нагромадження пилу глибиною в

1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт під час обслуговування системи керування – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [23] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.2.

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.

4.2.4 Виробничий шум

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

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

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація». Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Виробнича вібрація

На нашому підприємстві присутня вібрація типу – За [25]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал, 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.

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.

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_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

4.3 Пожежна безпека

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

Отже, приміщення ТОВ «Шаргородський маслозавод» 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 пи́л 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 [30] наведено в таблиці 4.5.

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [30] наведено в таблиці 4.6.

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 4.7 (знаменник) [30].

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

На території підприємства встановлено 58 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та ВВП-9 [31].

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.

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

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено систему електропостачання для ТОВ "Шаргородський маслозавод" з урахуванням технічних вимог, специфіки підприємства та економічної доцільності. Проведено розрахунок електричних навантажень окремого цеху і заводу загалом, обґрунтовано вибір рівнів напруги, типів трансформаторів, конфігурації внутрішньозаводської електромережі, а також виконано перевірку апаратури на струми короткого замикання.

Для забезпечення надійного електропостачання обрано зовнішнє джерело живлення — підстанцію 330/110/10 кВ, від якої підприємство отримуватиме електроенергію через повітряну лінію напругою 35 кВ. Для зниження втрат рекомендовано будівництво головної понижувальної підстанції (ГПП) 35/10 кВ, а також кількох цехових трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ, що забезпечать живлення електроприймачів підприємства.

Окрему увагу в роботі приділено аналізу перспектив використання відновлюваних джерел енергії. На основі проведених розрахунків та економічного аналізу встановлено, що впровадження вітроелектричної станції на території підприємства є технічно можливим і економічно доцільним. Це дозволить:

- частково компенсувати споживання електроенергії з мережі;
- знизити експлуатаційні витрати на енергопостачання;
- підвищити енергетичну автономність та стабільність роботи підприємства;
- сприяти екологізації виробництва за рахунок використання ВДЕ.

Таким чином, розроблена система електропостачання ТОВ "Шаргородський маслозавод" є надійною, енергоефективною та перспективною для подальшого розвитку із застосуванням відновлюваних джерел енергії.

У розділі «Охорона праці» розроблено комплекс заходів з електробезпеки, гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Ці

заходи відповідають нормативним вимогам і забезпечують безпечну експлуатацію електроустановок, мінімізуючи ризики для персоналу та обладнання.

Таким чином, впровадження вітроелектричної станції на базі підприємства є економічно доцільним і перспективним рішенням. Розроблена система електропостачання відповідає сучасним вимогам надійності, безпеки та ефективності, а використання відновлюваних джерел енергії сприяє сталому розвитку підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2005. 110с.
2. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617с.
3. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х.: Міненерговугілля України, 2014.
4. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).
5. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
6. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
8. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
9. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
10. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>

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

12. <https://promsystem.com.ua/product/analizator-yakosti-elektroenergiyi-sonel-pqm-700/>

13. <https://enersun.com.ua/ua/vitryak-na-10-kvt-enersun-10000-2024/>

14. <https://www.solargarden.com.ua/obladnannya/merezhevyi-invertor-deye-sun-10k-g06p3-eu-am2-p1/>

15. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy>

16. Курс лекцій/ С.О. Кудря, В.І. Будько. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 387 с.

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

17. 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->

18. 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.

19. 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.

20. 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>.

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
22. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
25. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
26. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
27. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
28. 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>.
29. 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.
30. 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.
31. 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

На розробку системи електропостачання підприємства ТОВ
"Шаргородський маслозавод"

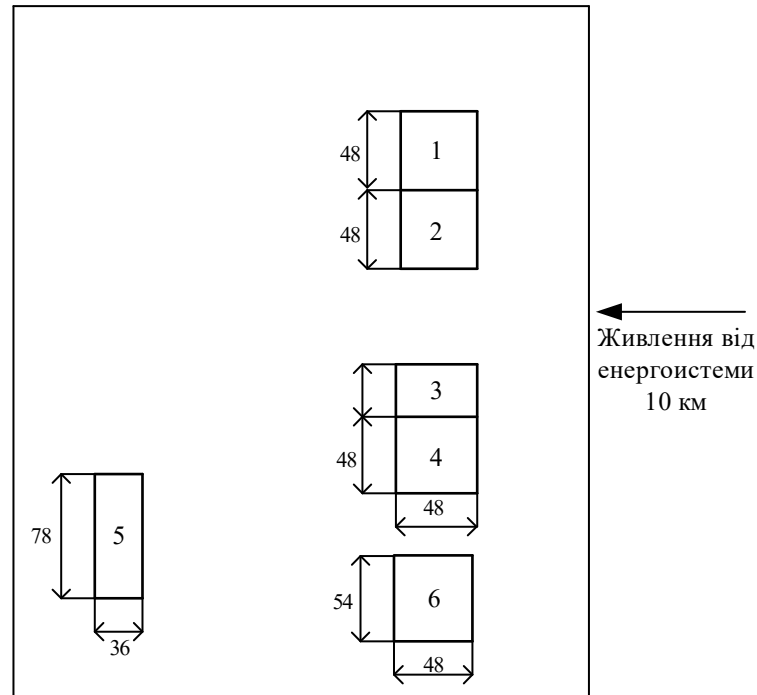


Рисунок А1– Генплан підприємства

Таблиця А1–Відомості про електричні навантаження підприємства

Вузли живлення ЕП	P_n
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

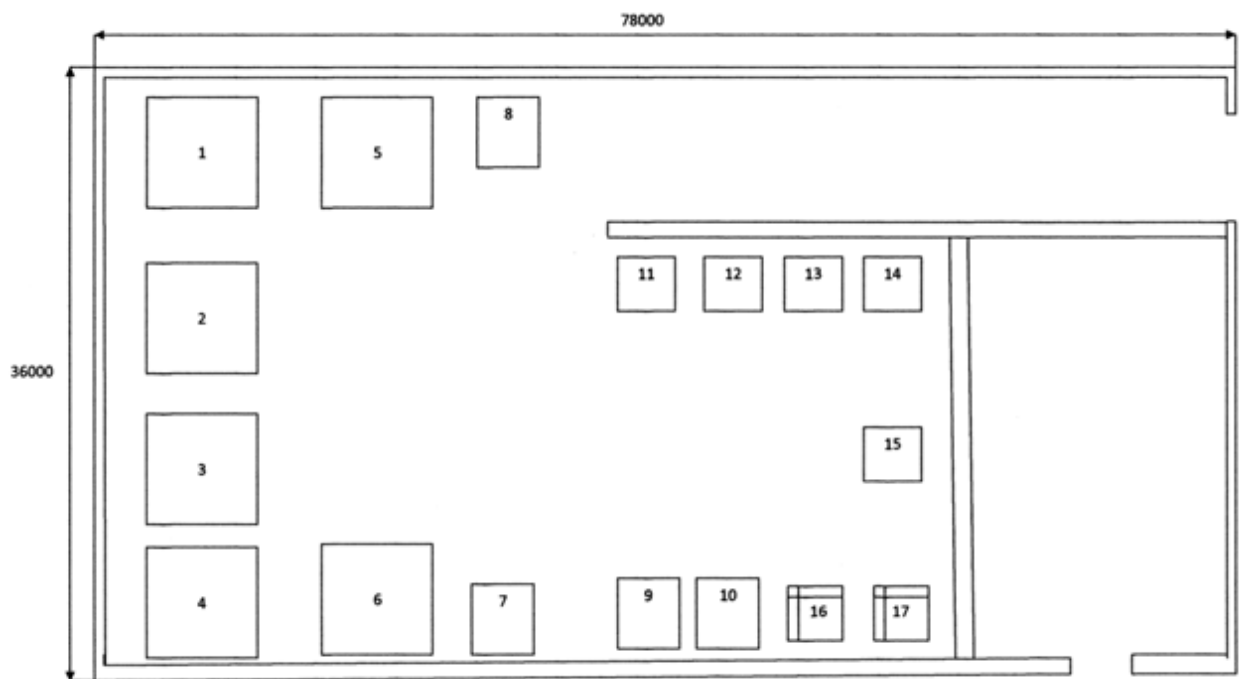


Рисунок А2 – План цеху

Таблиця А2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	P_n , кВт
1-2	Відділювач	12
3	Подрібнювач	18.5
4	Мийка	4.5
5-6	Дозувальна машина	11
7-8	Вакуум-фільтр	22.2
9-10	Вентилятор	1.1
11-12	Дозрівач	24
13	Мішалка	13
14	Циклон	1.5
15	Класифікатор	7.5
16	Міксер	7.5
17	Вібратор	18.5

Назва роботи: Розробка системи електропостачання ТОВ "Шаргородський
маслозавод"

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, ЕЕ-21Б
(кафедра, факультет, навчальна група)

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Експертна комісія:

(підпис)

(підпис)

Лобода Ю. В.
(прізвище, ініціали)

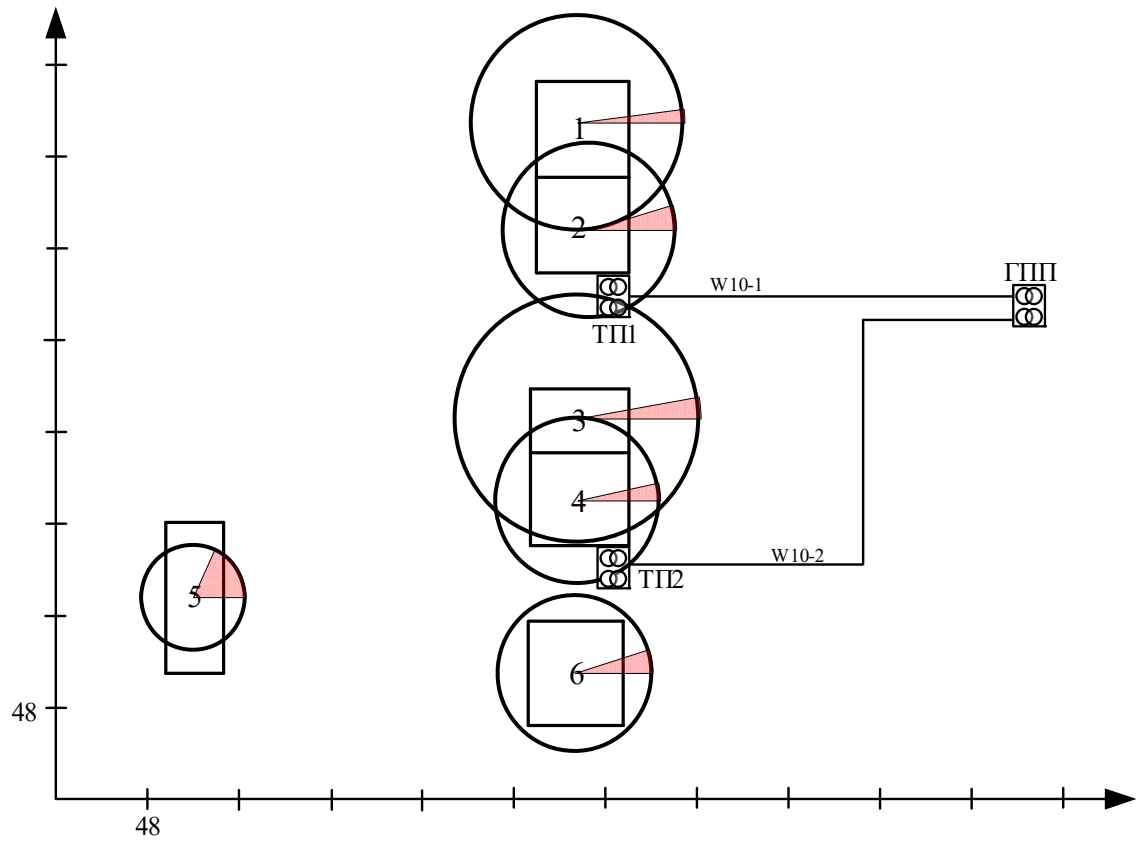
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Войтюк Ю. П.
(прізвище, ініціали, посада)

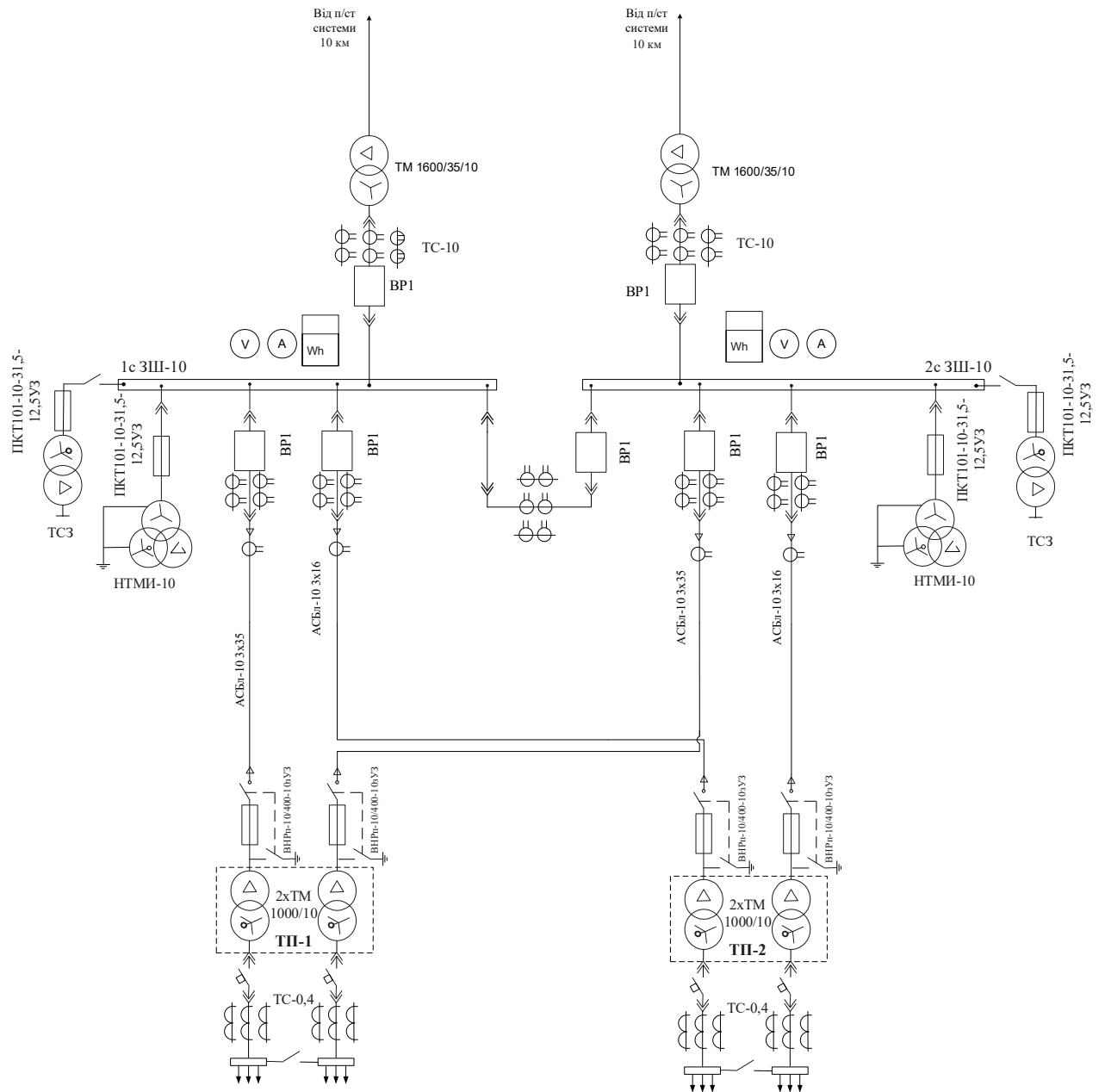
Гаврилук Б. В.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК В – ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

Картограма підприємства



Однолінійна схема живлення підприємства



План цеху



Розрахунково-монтажна таблиця

ТП	Захист				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				№ РП	п шт	ЗАХИСТ				ЖИВЛЕННЯ ЛІНІЇ				СПОЖИВАЧІ			НАЗВА ЕП
	Тип вимикача	Іном А	Іном роз А	Іс.л. А	Провід		Іл А	Іл А			Іл А	Тип вимикача	Іном А	Іл.роз А	Іс.л.роз кА	Іс.л. А	Марка кабелю	Іном А	Іл А	Іл А	№ на плані	
					Марка кабелю	Іном А																