

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

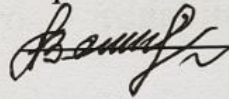
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

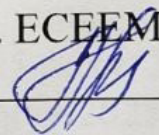
Розробка системи електропостачання філії "Жмеринський маслозавод"
Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод"

Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент 4 курсу, групи Е-23мсз
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП Електроенергетика та електротехніка,
Волошин О. В.



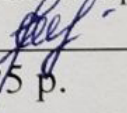
Керівник: к.т.н., доцент доц. ЕСЕМ
Бабенко О. В.



« 09 » 06 2025 р.

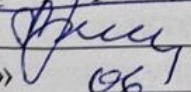
Рецензент: к.т.н., доцент каф. ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

Сікорська О. В.



« 16 » 06 2025 р.

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



« 16 » 06 2025 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 20 » _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Волошин Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання філії "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод"».

керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц.,
затверджені наказом по ВНТУ від «20» березня 2025 року, № 97 _____

2. Строк подання студентом роботи « 09 » 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 Короткий опис технологічних процесів

1.2 Характеристика споживачів електроенергії

2 Розрахунок системи електропостачання

2.1 Вибір схеми конструктивного виконання цехової мережі

2.2 Розрахунок електричних навантажень

2.2.1 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

2.2.2 Розрахунок навантажень підприємства

2.3 Вибір та розміщення підстанції

2.4 Розрахунок електропостачання підприємства

2.4.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

2.4.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

- 2.4.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів
- 2.5 Розрахунок електропостачання цеху
- 2.5.1 Вибір схеми цехової мережі
- 2.5.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі
- 2.5.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В
- 3 Впровадження ВДЕ і систем накопичення електроенергії
- 3.1 Засоби акумулювання та збереження енергії
- 3.2 Використання літій-іонних батарей для накопичення енергії
- 3.3 Основні напрямки розвитку СЕЗБ
- 3.4 Модель вартості відокремлених СЕЗБ
- 3.5 Встановлення на ВДЕ із накопичувачем на філію "Жмеринський молокозавод"

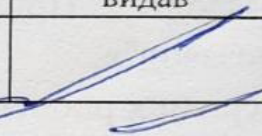
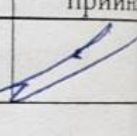
4 Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

6. Консультанти розділів роботи

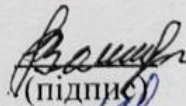
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 28 » 04 2025 року

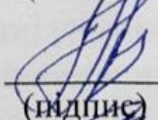
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальні відомості про підприємство	28.04-05.05	вик
2	Розрахунок системи електропостачання	06.05-14.05	вик
3	Впровадження ВДЕ і систем накопичення електроенергії	15.05-25.05	вик
4	Охорона праці	26.05-31.05	вик
5	Графічна частина роботи	1.06-8.06	вик

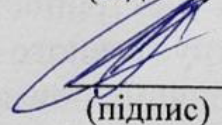
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Волошин О. В.
(прізвище та ініціали)

Бабенко О. В.
(прізвище та ініціали)

Юрій ВОЙТЮК
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Волошин Олександр Володимирович. Розробка системи електропостачання філії "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод". Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2025 – 71 с.

У роботі розроблено систему електропостачання філії "Жмеринський маслозавод" з урахуванням сучасних вимог до надійності, енергоефективності та економічної доцільності. Проведено аналіз технологічних процесів і електричних навантажень підприємства, виконано розрахунки електричних навантажень цехів та підприємства в цілому. Запропоновано радіальну схему цехової мережі, обґрунтовано вибір обладнання (трансформаторів, вимикачів, кабелів) та проведено техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання з напругами 10 кВ і 35 кВ, на основі якого обрано оптимальний варіант із напругою 35 кВ. Розроблено пропозиції щодо впровадження сонячної електростанції потужністю 500 кВт із накопичувачем для зниження енерговитрат, із розрахунком терміну окупності 3 роки. Виконано розрахунки струмів короткого замикання та перевірку селективності захисту. Розглянуто заходи з охорони праці та пожежної безпеки. Запропоновані рішення сприяють підвищенню енергоефективності, надійності та екологічності виробництва.

Ключові слова: система електропостачання, Жмеринський маслозавод, радіальна схема, відновлювані джерела енергії, сонячна електростанція, енергоефективність, електробезпека.

Рисунків – 18

Таблиць – 23

Бібліографій – 31

ABSTRACT

Voloshyn Oleksandr Volodymyrovych. Development of the power supply system of the branch "Zhmerynskyi butter factory" of the Private Joint-Stock Company "Ternopilskyi molokozavod". Specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics. - Department of ESEEM - Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2025 - 71 p.

The work developed the power supply system of the branch "Zhmerynskyi butter factory" taking into account modern requirements for reliability, energy efficiency and economic feasibility. An analysis of technological processes and electrical loads of the enterprise was carried out, calculations of electrical loads of shops and the enterprise as a whole were performed. A radial scheme of the shop network was proposed, the choice of equipment (transformers, switches, cables) was justified and a technical and economic comparison of power supply options with voltages of 10 kV and 35 kV was carried out, on the basis of which the optimal option with a voltage of 35 kV was selected. Proposals have been developed for the implementation of a 500 kW solar power plant with a storage tank to reduce energy costs, with a payback period of 3 years. Short-circuit current calculations and protection selectivity verification have been performed. Occupational health and fire safety measures have been considered. The proposed solutions contribute to increasing energy efficiency, reliability and environmental friendliness of production.

Keywords: power supply system, Zhmerynskyi oil refinery, radial scheme, renewable energy sources, solar power plant, energy efficiency, electrical safety.

Figures – 18

Table – 23

Bibliography – 31

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	8
1.1 Короткий опис технологічних процесів	9
1.2 Характеристика споживачів електроенергії.....	10
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	13
2.1 Вибір схеми конструктивного виконання цехової мережі	14
2.2. Розрахунок електричних навантажень	15
2.2.1 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі	15
2.2.2 Розрахунок навантажень підприємства	19
2.3 Вибір та розміщення підстанції.....	22
2.4 Розрахунок електропостачання підприємства	26
2.4.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання.....	26
2.4.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	27
2.4.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів	30
2.5. Розрахунок електропостачання цеху	33
2.5.1 Вибір схеми цехової мережі	33
2.5.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі	34
2.5.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	37
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ВДЕ І СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	41
3.1 Засоби акумулювання та збереження енергії.....	41
3.2 Використанні літій-іонних батарей для накопичення енергії	43
3.3 Основні напрямки розвитку СЕЗБ	45
3.4 Модель вартості відокремлених СЕЗБ.....	47
3.5 Встановлення на ВДЕ із накопичувачем на філію "Жмеринський молокозавод".....	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	52
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	52
4.1.2 Електробезпека.....	55
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	56
4.2.1 Мікроклімат	56

	5
4.2.2 Склад повітря робочої зони	56
4.2.3 Виробниче освітлення	57
4.2.4 Виробничий шум.....	58
4.3 Пожежна безпека	59
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК А	68
ДОДАТОК Б	71
ДОДАТОК В	72

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку промислових підприємств молочної галузі, зокрема ТОВ «Жмеринський молокозавод», забезпечення надійного, ефективного та економічного електропостачання є критично важливим завданням. Стабільна робота електрообладнання, зниження енерговитрат та інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) дозволяють підвищити конкурентоспроможність підприємства, оптимізувати виробничі процеси та зменшити екологічний вплив. Розробка системи електропостачання, яка враховує особливості технологічних процесів молочного виробництва, сучасні вимоги до енергоефективності та можливість використання систем накопичення енергії, є актуальною з точки зору забезпечення безперебійної роботи підприємства та зниження його операційних витрат. Впровадження таких рішень також відповідає глобальним тенденціям переходу до «зеленої» енергетики та сталого розвитку.

Мета дослідження. Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання філії "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод", яка забезпечить надійне та економічно ефективне електрозабезпечення підприємства з урахуванням сучасних технологій, включаючи впровадження відновлюваних джерел енергії та систем накопичення електроенергії.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

1. Провести аналіз технологічних процесів та електричних навантажень ТОВ «Жмеринський молокозавод», включаючи оцінку споживання електроенергії окремими цехами та обладнанням.
2. Розрахувати електричні навантаження підприємства та розробити оптимальну схему електропостачання з урахуванням радіальної конфігурації цехової мережі.

3. Виконати техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання з різними класами напруги для вибору оптимального рішення.

4. Обґрунтувати вибір основного електрообладнання, включаючи трансформатори, вимикачі та кабельні лінії, з урахуванням вимог до надійності та енергоефективності.

5. Розробити пропозиції щодо впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної електростанції з накопичувачем, для зниження енерговитрат підприємства.

6. Провести аналіз безпеки та селективності роботи захисної апаратури в системі електропостачання, включаючи розрахунок струмів короткого замикання.

7. Оцінити економічну ефективність запропонованих рішень та розрахувати термін окупності впровадження сонячної електростанції.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є система електропостачання філії "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод", включаючи її електричні мережі, обладнання та технологічні процеси, пов'язані зі споживанням електроенергії.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є принципи та методи проектування системи електропостачання підприємства, включаючи розрахунок електричних навантажень, вибір схеми електропостачання, підбір обладнання, а також інтеграція відновлюваних джерел енергії та систем накопичення електроенергії для підвищення ефективності та надійності роботи підприємства.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Жмеринський молочний завод, як самостійне підприємство, зареєстрований 30 грудня 2015, розташований в місті Жмеринка, за адресою вулиця Миру, будинок 33.

За моменту свого відкриття завод розвивався та розширявся.

Було збудовано і введено в експлуатацію декілька цехів по виготовленню твердих сирів, масла, цех по виробництву розсільних сирів та цех по виробництву незбираної молочної продукції.

Створений власний автопарк молоковозів і спеціальних автомобілів для розвезення готової продукції, склад паливно-мастильних матеріалів, гараж для ремонту автомобілів. Також було відремонтована котельня і підведений природний газ. Була вирішена проблема з нехваткою води, новою артезіанською свердловиною. Для зберігання готової продукції споруджено центральний склад, та введено в дію холодильні камери.



Рисунок 1.1 – Вхід на підприємство

Виробництво та переробка молочних продуктів отриманих від сільськогосподарських товариств, приватних господарств та населення .

Споживачам, підприємство пропонує такі види молочної продукції , як: молоко пастеризоване, , кефір, ряжанка, сметана, солодке вершкове масло, сир м'який , сири тверді, сири розсільні , сир кисломолочний. Асортимент весієї продукції, користується у покупців попитом. Продукція реалізується на місцевому, регіональному та національному ринках Щоб забезпечити попит на свою продукцію, працівники заводу докладають всіх зусиль, для покращення якості.

1.1 Короткий опис технологічних процесів

ТОВ «Жмеринський молокозавод» зосереджується на виготовленні цільномолочних виробів, вершкового масла й твердого сиру. Основна мета діяльності компанії – забезпечення потреб у якісній продукції широкого асортименту на ринках міста Жмеринки, Вінницької області та інших регіонів.

Перелік товарів і послуг, які пропонує підприємство.

ТОВ «Жмеринський молокозавод» пропонує різноманітний асортимент продукції: молоко різної жирності, топлене молоко, кефір, йогурти, ряжанку, солодкі сиркові маси, тверді сири, глазуrowані сирки з різними наповнювачами, з жирністю 15% та 23%.

Підприємство проводить дегустації та презентації, використовує засоби масової інформації для рекламних кампаній, поширює унікальні рекламні матеріали в торгових точках, що сприяє популярності продукції серед споживачів.

Компанія регулярно відстежує потреби населення, на основі отриманих даних коригує асортимент. Відділ маркетингу аналізує та досліджує структуру товарного асортименту:

- Стерилізоване молоко с - 14% ;
- Вершки -2,5% ;
- Сметана – 8,5% ;

- Сир - 12% ;
- Масло фасоване - 8% ;
- Йогурт - 12% ;
- Кефір - 14% ;
- Сирки - 4%;
- Пастеризоване молоко -25%.

Продукція підприємства орієнтована на різні цільові групи та представлена у всіх цінових сегментах. ТОВ «Жмеринський молокозавод» забезпечує доставку товарів до магазинів Жмеринки та Вінницької області власним транспортом або через послуги автотранспортних підприємств. Підприємство, що належить до молочної галузі, залежить від сезонних поставок сировини, проте відділ постачання створив стабільну сировинну базу, що дозволяє уникати дефіциту сировини навіть узимку.

Основні види діяльності компанії:

1. Переробка молока та виробництво молочних виробів.
2. Торгівля (комісійна, оптова, роздрібна).
3. Надання послуг у сфері громадського харчування.
4. Інші види діяльності, дозволені законодавством.

Виробництво молочних продуктів здійснюється шляхом переробки вершків високої жирності та збивання їх у масловиготовлювачах безперервної дії. Застосовуються як традиційні, так і новітні технології, а також використовуються компоненти молока для харчових потреб. Конкурентоспроможність досягається завдяки високій якості та екологічній чистоті продукції.

1.2 Характеристика споживачів електроенергії

Нижче наведено у таблицях і на рисунках подані вхідні дані для розрахунку (таб.1.1, таб.1.2, рис.1.2, рис.1.3).

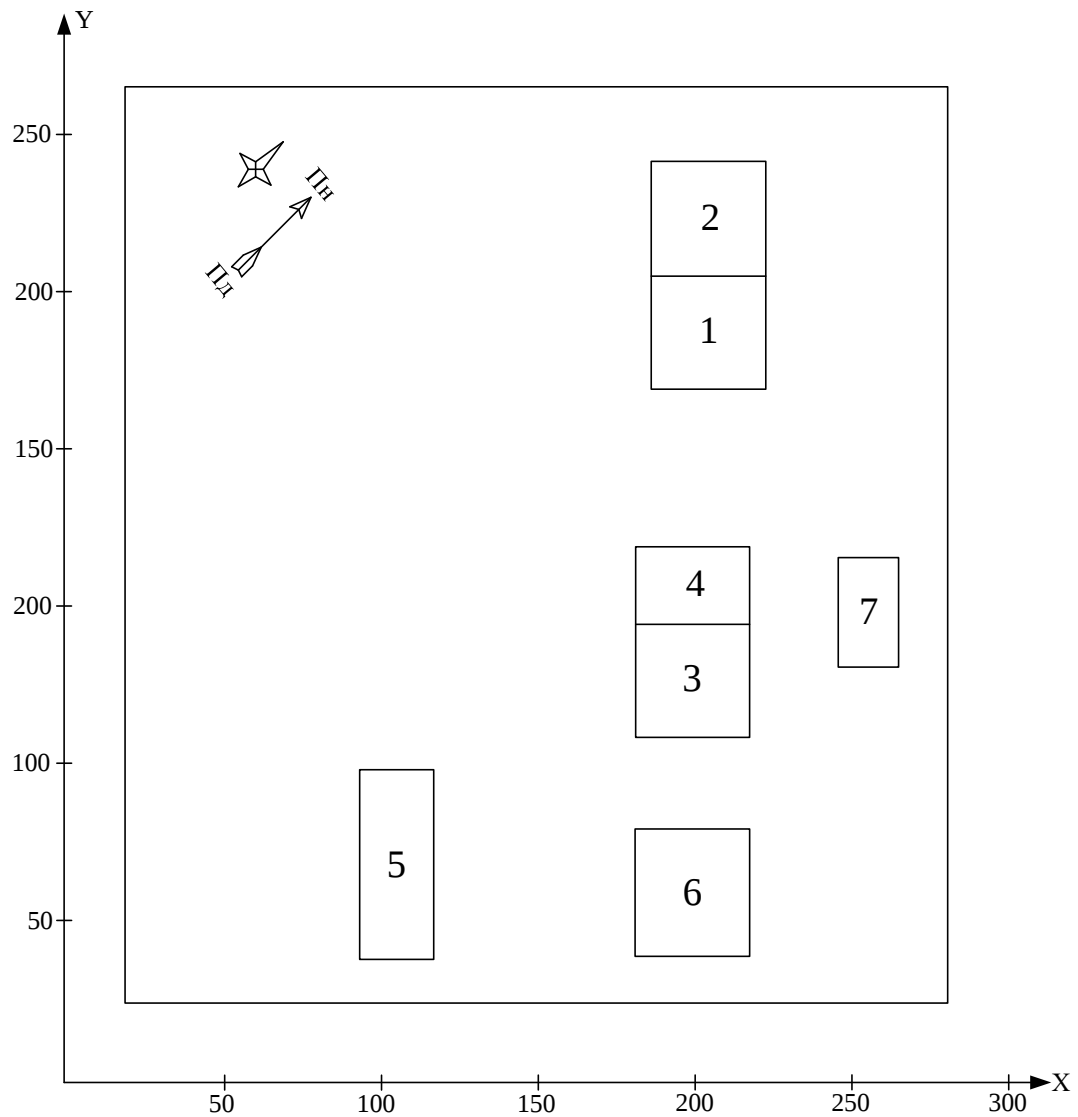


Рисунок 1.2 – Генплан підприємства

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

№ п/п	Найменування об'єктів	$P_{\text{ном}}$, кВт
	Приймальний цех	
	Продуктовий цех	
	Технічний цех	
	Цех підготовки виробництва	
	Виробничий цех	
	Цех готової продукції	
	Котельня	

Таблиця 1.2 – Відомості про навантаження виробничого цеху

№	Назва обладнання	Кількість, шт..	Рн, кВт
	Сепаратори		
	Вентилятори		
	Вентилятори-дуйки		
	Компресор		
	Масловиготовлювач		
	Насос на пахти		
	Насос для ви качки вершків		
	Пастеризатор		
	Вентилятори		
	Насос центробіжний		
	Шнековий насос		
	Фасувальний АРМ		

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

При оцінці електричних навантажень у системі електропостачання виділяють шість характерних рівнів (рисунок 2.1), що різняться залежно від специфіки електроспоживання та відповідних методів їх обчислення.

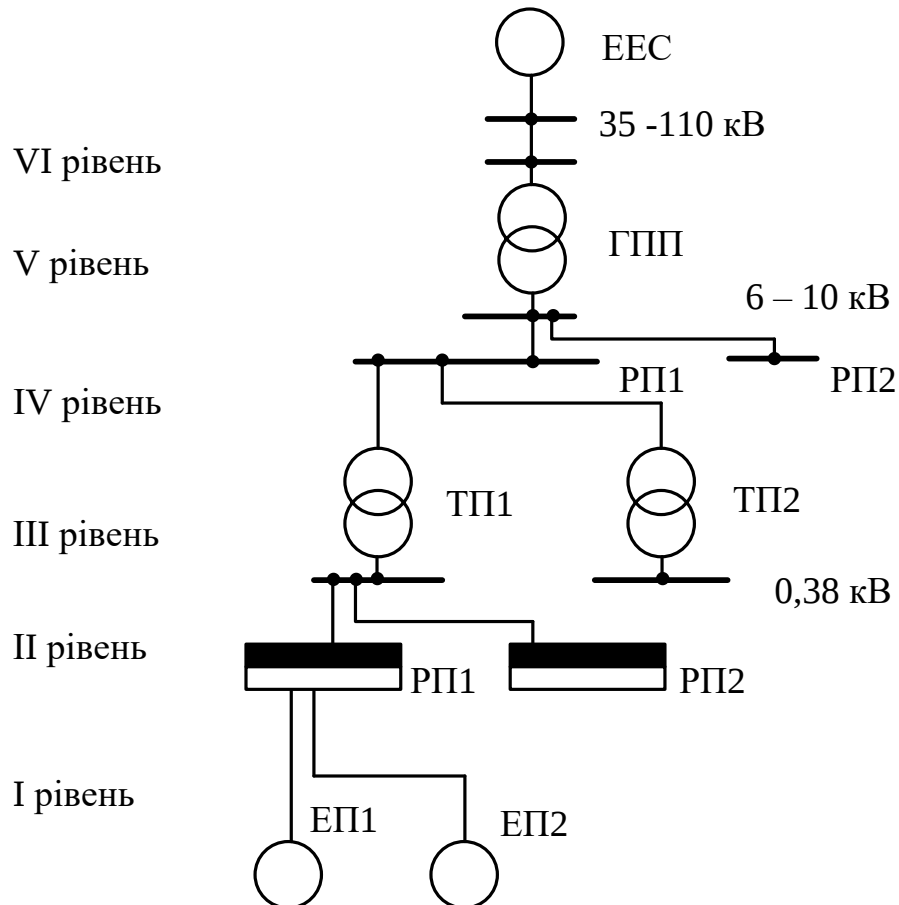


Рисунок 2.1 – Рівні електропостачання

- I – Індивідуальні електроприймачі;
- II – Розподільні щити, пункти, шинопроводи;
- III – Шини ТП напругою 0,38 кВ;
- IV – Шини РП напругою 10 (6) кВ;
- V – Шини ГПП напругою 10 (6) кВ;
- VI – Лінії напругою 110 (35) кВ.

Розрахунок електричних навантажень виконується від нижнього до верхнього рівня у два етапи [2]: спочатку визначають навантаження окремих

цехів та підприємства в цілому, а потім обирають схеми електропостачання й розраховують навантаження для кожної конкретної лінії електропередачі. Допускається спершу розробити схему цехової мережі, а після цього на її основі здійснити розрахунок електричних навантажень цехової мережі.

2.1 Вибір схеми конструктивного виконання цехової мережі

Залежно від структури, цехові мережі поділяють на магістральні, радіальні й змішані.

Радіальні мережі — це системи, у яких електроенергія надходить до споживачів окремими лініями. У таких схемах від розподільчого щита ТП відходять лінії до первинних розподільних пунктів (РП), щитів станцій управління (ЩСУ) та електроприймачів (ЕП) високої потужності (понад 55 кВт). Далі від ЩСУ чи первинних РП здійснюється живлення вторинних РП і ЕП середньої потужності (10–55 кВт).

Вторинні РП забезпечують електроживлення для ЕП малої потужності. У радіальних мережах цехів для ліній передачі електроенергії застосовують кабелі. Відгалуження до окремих ЕП можуть виконуватися проводами або кабелями. Якщо ризик механічних ушкоджень відсутній, рекомендують відкрите прокладання ізольованих проводів чи неброньованих кабелів. У разі наявності такого ризику використовують броньовані кабелі або захищають проводи, наприклад, розміщуючи їх у трубах. У приміщеннях броньовані кабелі не повинні мати горючих покриттів поверх броні, а неброньовані — поверх металевих оболонок [2].

Метод прокладання провідників обирають відповідно до [3].

Хоча радіальні схеми вимагають значних витрат на монтаж і обладнання, вони забезпечують високу надійність електропостачання. Тому для вальцювального цеху застосовуємо радіальну схему. Лінії від РП до ЕП виконаємо кабелями, прокладеними на лотках.

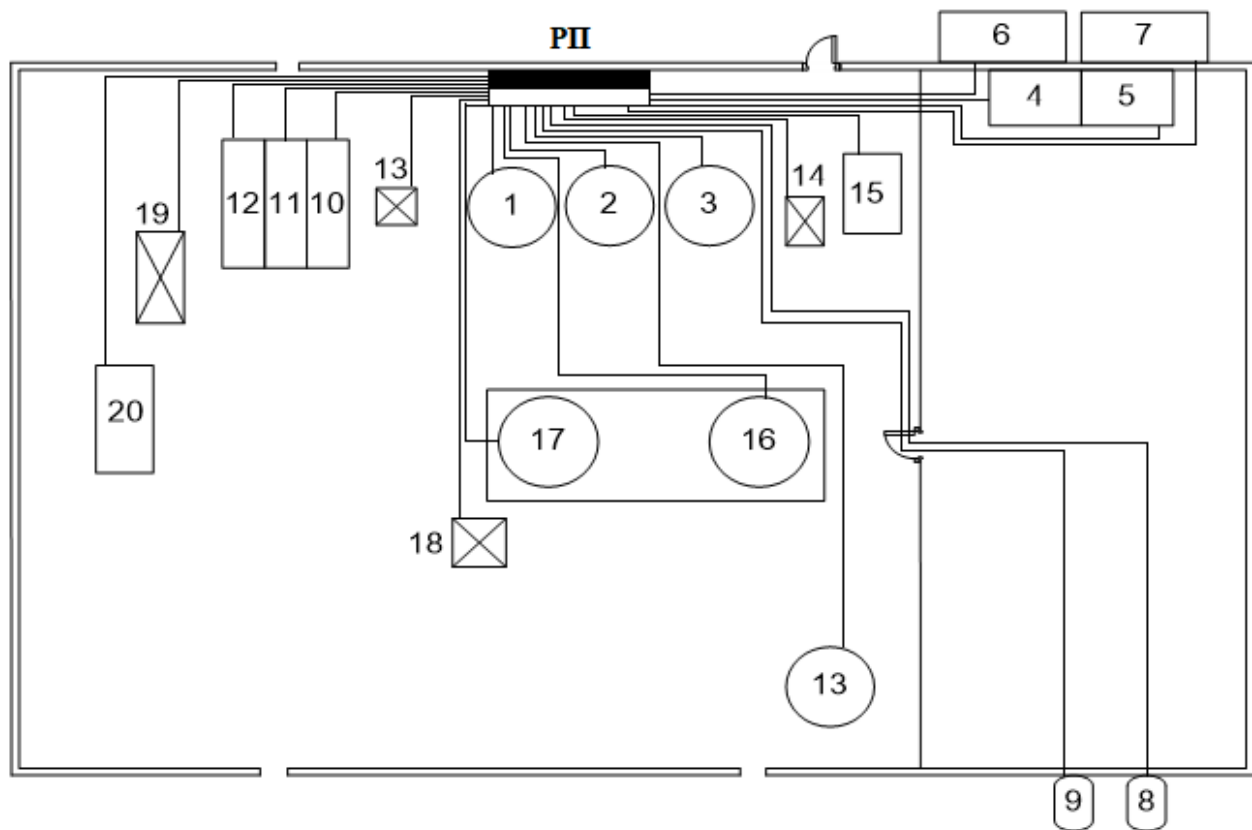


Рисунок 2.2 – План електропостачання виробничого цеху

2.2. Розрахунок електричних навантажень

2.2.1 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Розрахункові навантаження для окремих електроприймачів або ліній, які забезпечують живлення двох чи трьох ЕП (І рівень), визначаються на основі їхніх номінальних значень:

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

де P_H - активна потужність ЕП;

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

Номінальні значення визначають за паспортними даними ЕП. У разі відсутності паспортних даних застосовують $\operatorname{tg} \varphi_H = 0.75$ - для ЕП тривалого режиму роботи та $\operatorname{tg} \varphi_H = 0.87$ - для ЕП повторно-короткочасного.

Для ЕП у повторно-короткочасному режимі номінальну потужність перераховують на тривалий режим роботи:

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

де $P_{\text{пасп}}, T_{\text{ПВ.паса}}$ - номінальну потужність та відносну тривалість повторного ввімкнення визначають за паспортними даними ЕП, відповідно, у кВт і секундах.

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

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

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

Формули для магістральних шинопроводів:

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

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci} .$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності;

n_e - ефективне число ЕП;

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

Значення K_p визначається з [6, таблиці 1, 2].

Середні значення активної та реактивної 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 ЕП:

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

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

Розрахункове значення округляють до найближчого меншого цілого числа.

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

Визначаємо величину повної розрахункової потужності:

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

Розрахунковий струм:

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

де U_H – номінальна напруга, кВ.

Навантаження для РП:

$$P_C = 13.86 + 3.60 + 2.73 + 9.75 + 3.30 + 1.54 + 0.62 + 12 + \\ + 2.64 + 0.77 + 10.56 + 0.92 = 62.29 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = 14.14 + 2.7 + 2.05 + 6.04 + 4.4 + 1.16 + 0.54 + \\ + 9 + 1.98 + 0.58 + 9.31 + 0.94 = 52.84 \text{ (кВар)};$$

$$K_B = \frac{62.29}{109.7} = 0.57;$$

$$n_e = \frac{109.7^2}{1635.99} \approx 7 \text{ (шт.)}.$$

звідси:

$$P_p = 62.29 \cdot 1.06 = 66.027 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 1.1 \cdot 66.027 = 58.126 \text{ (кВар)};$$

$$S_p = \sqrt{66.027^2 + 58.126^2} = 87.967 \text{ (кВА)};$$

$$I_p = \frac{87.967}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 133.81 \text{ (А)}.$$

Усі обчислення електричних навантажень мережі заносимо до таблиці

2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цеху

№	Назва	Силове навантаження													Кр	P _p , кВт	Q _p , квар	Sp, ква	Іном, А
		n	P _н , кВт	P _{нр} , кВт	Кз	cosφ	tgφ	n·Kз·P _н	n×KB×QH	n·P ² _н	пe								
1-3	Сепаратори	3	6	18	0.77	0.70	1.02	13.86	14.14	108.00									
4-5	Вентилятори	2	3	6	0.6	0.80	0.75	3.60	2.70	18.00									
6-7	Вентилятори-дуйки	2	2.1	4.2	0.65	0.80	0.75	2.73	2.05	8.82									
8-9	Компресор	2	6.5	13	0.75	0.85	0.62	9.75	6.04	84.50									
10-12	Маслоготовловнич	3	2.2	6.6	0.5	0.60	1.33	3.30	4.40	14.52									
13	Насос на пахти	1	2.2	2.2	0.7	0.80	0.75	1.54	1.16	4.84									
14	Насос для викачки вершків	1	1.1	1.1	0.56	0.75	0.88	0.62	0.54	1.21									
15	Пастеризатор	1	30	30	0.4	0.80	0.75	12.00	9.00	900.00									
16-17	Вентилятори	2	2.2	4.4	0.6	0.80	0.75	2.64	1.98	9.68									
18	Насос центробіжний	1	1.1	1.1	0.7	0.80	0.75	0.77	0.58	1.21									
19	Шнековий насос	1	22	22	0.48	0.75	0.88	10.56	9.31	484.00									
20	Фасувальний АРМ	1	1.1	1.1	0.84	0.70	1.02	0.92	0.94	1.21									
	РП	20	79.5	109.7	0.57	-	10.25732	62.29	52.84	1635.99	7	1.06	66.027	58.126	87.967	133.81			
	Всього по цеху	20	79.5	109.7	0.57	-	-	62.29	52.84	1635.99	7	1.06	66.027	58.126	87.967	133.81			
											T0=2.5год		1.06	66.027	58.126	87.967	133.81		

2.2.2 Розрахунок навантажень підприємства

Навантаження підприємства в цілому обчислюється як сума навантажень окремих цехів.

Проведемо розрахунок силового навантаження для приймального цеху.

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

$$P_p = 500 \cdot 0.7 = 350 \text{ (кВт)}.$$

де K_n – коефіцієнт попиту;

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

Розрахункова потужність електричного освітлення визначається за питомою густиною освітлювального навантаження на 1 м² корисної площі виробничих приміщень [1]. Залежно від типу приміщення, виду робіт і висоти стелі використовуємо люмінесцентні лампи, ДРЛ або LED.

Для освітлення першого цеху застосовуємо лампи ДРЛ:

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

$$P_{мо} = 1296 \cdot 0.050 \cdot 0.6 \cdot 1.1 = 43.11 \text{ (кВт)};$$

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

$$Q_{мо} = 43.11 \cdot 0.1 = 4.31 \text{ (кВАр)}.$$

де $Q_{мо}$ – розрахункова реактивна потужність, потрібна для освітлення дільниці, кВАр;

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

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

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

F – площа цеху, визначена за генеральним планом, м².

Повна розрахункова потужність:

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

де $P_{p\Sigma}$ - загальна розрахункова активна потужність продуктового магазину, кВт;

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

$$P_M = 350 + 43.11 = 393.11 \text{ (кВт)}.$$

де $Q_{p\Sigma}$ - загальна розрахункова реактивна потужність продуктового магазину, кВАр.

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

$$Q_M = 216.91 + 4.31 = 221.22 \text{ (кВАр)};$$

$$S_M = \sqrt{67.60^2 + 65.56^2} = 451.08 \text{ (кВА)}.$$

Для інших цехів обчислюємо аналогічним чином та заносимо результати у таблицю 2.2.

Загальну розрахункову активну потужність заводу визначаємо за формулою:

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

$$P_{\text{мсум}} = 0.95 \cdot (393.11 + 242.27 + \dots + 155.09) = 1575.85 \text{ (кВт)}.$$

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

K_0 – Одночасність пікових навантажень установлюємо на рівні 0,95, при кількості підключень на стороні 10 кВ $n=2$ та коефіцієнті використання в заданих межах $0,3 \leq K_B < 0.5$ [1];.

Сумарна реактивна потужність заводу[2]:

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

$$Q_{\text{мсум}} = 0.95 \cdot (221.22 + 117.78 + \dots + 90.35) = 1228.47 \text{ (кВАр)}.$$

де Q_{MK} - реактивна потужність підприємства, кВАр;

Q_{M3} – реактивна потужність освітлення на підприємства, кВАр.

Сумарне повне навантаження заводу:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{1575.85^2 + 1228.47^2} = 1998.11 \text{ (кВА)}.$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень заводу

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Сумарне навантаження				
		Р _н , кВт	К _п	cos φ	tg φ	Р _с , кВт	Q _с , квар	F, м ²	Р _{плит.0.5Вт/м2}	К _{повітр}	К _{пра}	Р _{освіт.} , кВт	Q _о , кВт	Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	S _{плит.} , кВА/м ²	
1	Приймальний цех	500	0.7	0.85	0.62	350	216.91	1296	0.050	0.6	1.1	43.11	4.31	393.11	221.22	451.08	0.3481	
2	Продуктовий цех	360	0.5	0.85	0.62	180	111.55	1404	0.050	0.8	1.1	62.27	6.23	242.27	117.78	269.38	0.1919	
3	Технічний цех	400	0.85	0.65	1.17	340	397.50	1296	0.046	0.8	1.2	56.85	5.68	396.85	403.19	565.73	0.4365	
4	Цех підготовки виробництва	210	0.8	0.65	1.17	168	196.41	464	0.020	0.8	1.2	9.05	0.90	177.05	197.32	265.10	0.5713	
5	Виробничий цех	66.03	0.9	0.5	1.73	59.4247	102.93	1440	0.020	0.8	1.2	28.07	2.81	87.50	105.73	137.24	0.0953	
6	Цех готової продукції	250	0.7	0.75	0.88	175	154.34	1512	0.024	0.8	1.1	31.93	3.19	206.93	157.53	260.07	0.1720	
7	Котельня	240	0.6	0.85	0.62	144	89.24	525	0.024	0.8	1.1	11.09	1.11	155.09	90.35	179.49	0.3419	
					Всього	1416.42	1268.89	7937.00					24.24	1575.85	1228.47	1998.11	0.2517	

2.3 Вибір та розміщення підстанції

2.3.1 Вибір цехових ТП та їх розміщення

Обчислимо сумарну повну потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться напругою 0.4 кВ [1]:

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

де S_i – повна розрахункова потужність цеха, кВА.

$$S_{\Sigma} = 1998.11 \text{ (кВА)}.$$

Обчислимо загальну площу всіх цехів:

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

де F_i – площа цеха, м².

Визначимо економічний рівень потужності трансформаторів з урахуванням щільності навантаження:

$$S_{num} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.19)$$

$$S_{num} = \frac{1998.11}{7937.00} = 0.2517 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

У [3] зазначено, що за такої питомої потужності доцільно використовувати трансформатори потужністю до 1000 кВА.

Оскільки філія "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод" відноситься до II категорії за надійністю електропостачання, проаналізуємо два варіанти спорудження двотрансформаторних підстанцій із $S_{ном.ТП} = 630 \text{ (кВА)}$ та $S_{ном.ТП} = 1000 \text{ (кВА)}$.

Економічне число підстанцій [1]:

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ном.ТП} \cdot K_3}, \quad (2.20)$$

де $k_3 = 0.75 \div 0.8$ – коефіцієнтом навантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції за умови переважання споживачів II та III категорій надійності електропостачання [10].

Варіант перший: $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 630$ (кВА).

(шт).

Необхідно встановити три трансформаторні підстанції.

Варіант другий: $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 1000$ (кВА).

$$N_{ек} = \frac{1998.11}{2 \cdot 1000 \cdot (0.75 \div 0.8)} = 1.33 \div 1.25 \text{ (шт)}.$$

Необхідно встановити дві трансформаторні підстанції.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами та визначимо їхній фактичний коефіцієнт навантаження.

Результати розрахунків подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

№ТП	Варіант 1				Варіант 2			
	№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$		№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном.ТР} = 1000 \text{ кВА}$	
			N, шт	з			N, шт	з

У цьому випадку, після аналізу обох варіантів, зупиняємося на варіанті №2, оскільки він економічно доцільніший.

Для визначення місця розташування ТП розробляємо картограму навантажень і встановлюємо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень створюємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного цеху відображаємо у вигляді кола, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності [2]:

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

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

Вибираємо масштаб для розробки картограми навантажень: установлюємо радіус кола навантаження для першого цеху 20,43 м, а потім визначаємо масштаб побудови:

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

де r – радіус круга навантаження, м.

P_p – розрахункова активна потужність цеха, кВт;

Масштаб побудови для продуктового магазину:

$$m_p = \frac{393.11}{3.14 \cdot 20.43^2} = 0.3 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо $m_p = 0,3 \text{ кВт/м}^2$.

Радіус круга при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.23)$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{393.11}{3.14 \cdot 0.3}} = 20.43 \text{ (м)}.$$

Розрахуємо сектор освітлювального навантаження для приймального цеху [1]:

$$\alpha_1 = \frac{360^0 \cdot P_{mo}}{P_{p1}}; \quad (2.24)$$

$$\alpha_1 = \frac{360^0 \cdot 43.11}{393.11} = 39.48^0.$$

Подібні обчислення для всіх інших цехів узагальнено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Інформація для створення картограми навантажень

№ п.п	Споживачі	Координати		Р _м , кВт	Р _{мо} , кВт	r _k , мм	α _k
		Х _k , м	У _k , м				
	Приймальний цех						
	Продуктовий цех						
	Технічний цех						
	Цех підготовки виробництва						
	Виробничий цех						
	Цех готової продукції						
	Котельня						

Обчислимо координати центру навантажень [1]:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}; \quad (2.25)$$

$$X = \frac{95.9 \cdot 393.11 + \dots + 122.23 \cdot 155.09}{393.11 + \dots + 393.11} = 94.408 \text{ (м)}.$$

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

X_i – координати абсциси і-го цеха, мм.

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}; \quad (2.26)$$

$$Y = \frac{108.95 \cdot 393.11 + \dots + 63.95 \cdot 155.09}{393.11 + \dots + 393.11} = 73.605 \text{ (мм)}.$$

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

Y_i – координати ординати і-го цеха, мм.

Розташувати ЦРП безпосередньо в центрі навантажень неможливо. Встановлення ЦРП передбачено на території підприємства, ближче до лінії електропостачання. Схему розміщення ЦРП показано на рисунку 2.3.

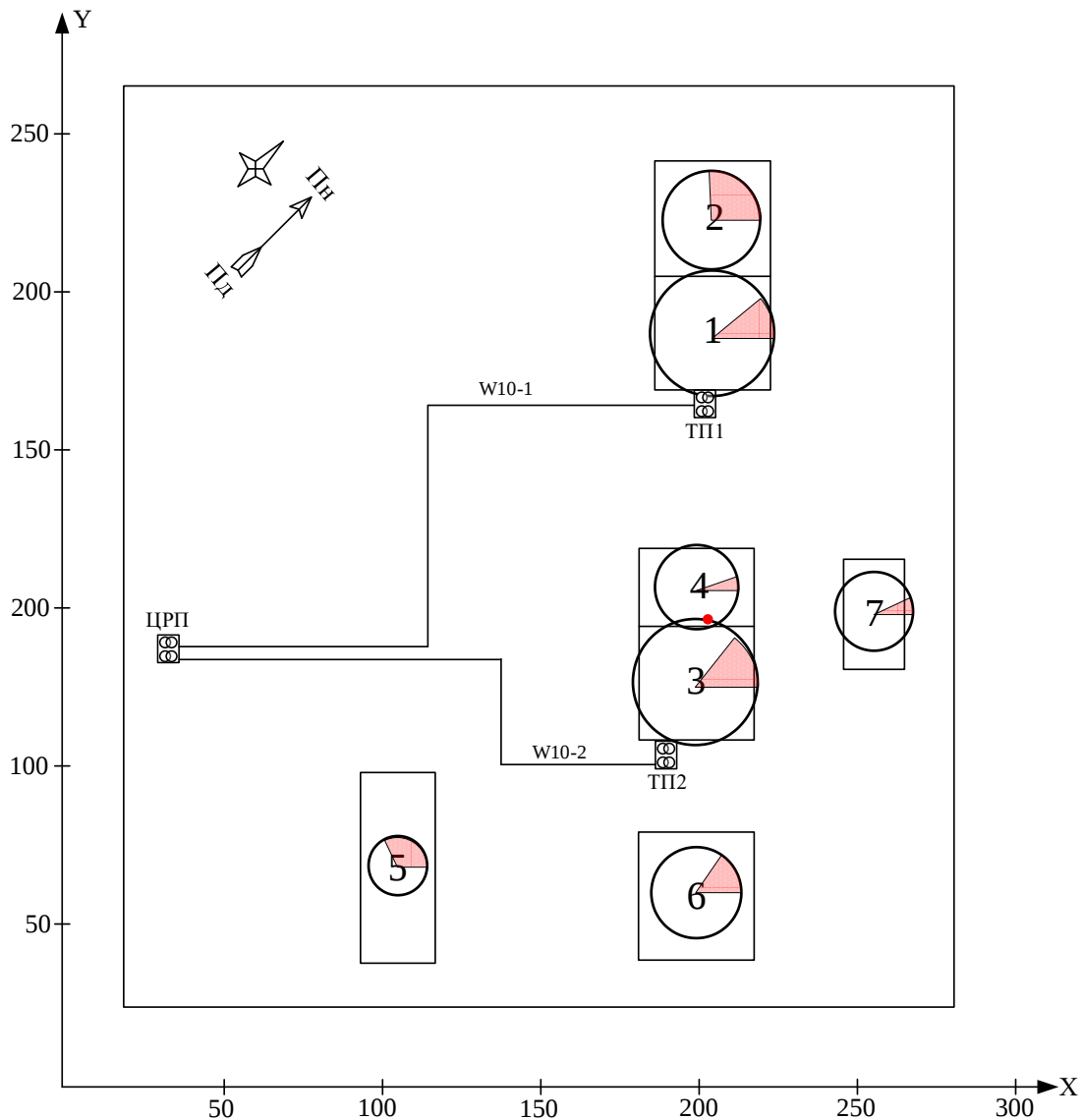


Рисунок 2.3 – Картограма навантажень заводу та електричні мережі заводу

2.4 Розрахунок електропостачання підприємства

2.4.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Електропостачання підприємства здійснюється від підстанції 110/10 кВ, що розташована на відстані 7 км від філії "Жмеринський маслозавод" Приватного акціонерного товариства "Тернопільський молокозавод". З огляду на те, що цехові трансформаторні підстанції розміщені в різних напрямках відносно центрального розподільчого пункту (ЦРП), для забезпечення ефективного та надійного електропостачання обрано радіальну схему

електромережі з напругою 10 кВ. Ця схема дозволяє оптимально розподілити електроенергію між окремими цехами, мінімізуючи втрати та забезпечуючи стабільність живлення.

На території підприємства передбачено встановлення ЦРП 10 кВ, обладнаного двома секціями шин для розподілу електроенергії. Така конструкція забезпечує гнучкість у керуванні електропостачанням, дозволяючи перемикати навантаження між секціями в разі аварійних ситуацій або планових ремонтних робіт. Заводські електричні мережі виконані з використанням кабельних ліній, прокладених у спеціально облаштованих траншеях. Кабелі обрано з урахуванням їхньої надійності, стійкості до зовнішніх впливів і відповідності вимогам електробезпеки [14].

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства та відповідності категорії надійності електропостачання (II категорія для підприємства), у ЦРП передбачено резервне живлення, яке активується в разі відключення основного джерела. Крім того, прокладання кабелів у траншеях дозволяє захистити електромережу від механічних пошкоджень і впливу погодних умов, що особливо важливо для стабільної роботи підприємства в різні по seasons. Вибір радіальної схеми також сприяє спрощенню технічного обслуговування та ремонту мереж, оскільки кожна лінія живлення цеху є незалежною від інших, що полегшує локалізацію несправностей.

Результати розрахунків і схему розташування ЦРП та кабельних ліній наведено в технічній документації підприємства, зокрема на кресленнях генерального плану.

2.4.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Електричні мережі заводу конструктивно виконані з використанням кабелів, прокладених у траншеях.

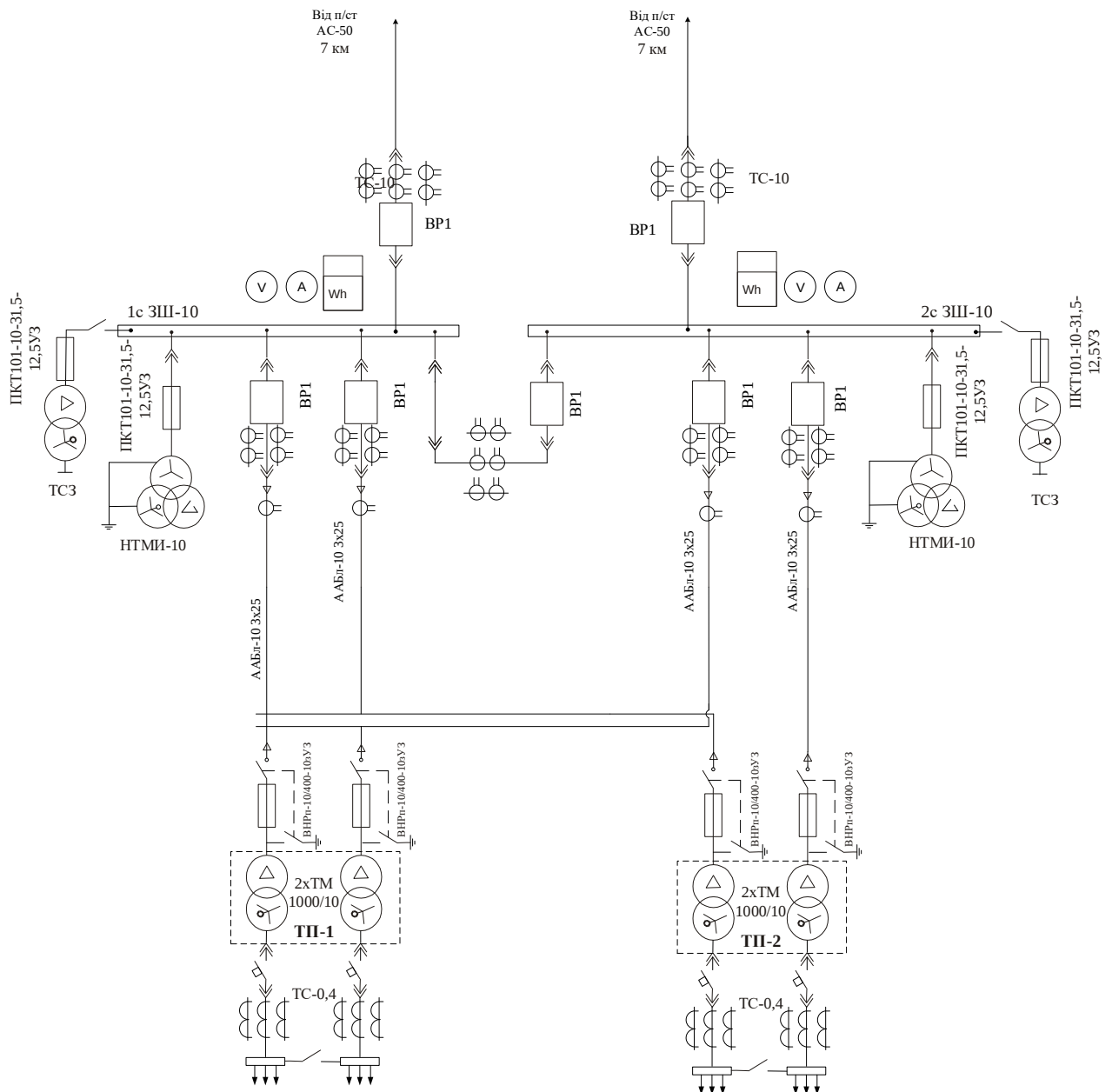


Рисунок 2.4 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

Для забезпечення електропостачання підприємства обираємо повітряні лінії електропередач (ЛЕП), реалізовані проводом типу АС. Вибір перерізу проводу проводимо з урахуванням трьох основних критеріїв: допустимого тривалого струму, вимог до механічної міцності та величини втрати напруги.

Розрахуємо струму для живлячої лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}; \quad (2.27)$$

$$I_M = \frac{1998.11}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 16.50 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{мпа}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} ; \quad (2.28)$$

$$I_{\text{мпа}} = \frac{1998.11}{\sqrt{3} \cdot 35} = 33.00 (\text{А}).$$

Згідно з установленними умовами, можна вибрати провід із перетином 10 мм². Проте, відповідно до вимог ПУЕ щодо механічної міцності, мінімально дозволений перетин для лінії з напругою 10 кВ становить 50 мм². Ураховавши ці норми, обираємо провід АС-50 й проводимо його аналіз на втрати напруги, які, за нормами ПУЕ, не мають перевищувати 5%.

$$\Delta U \% = \frac{P_{\text{р}} \cdot R_0 + Q_{\text{р}} \cdot X_0}{U_{\text{ном}}} \cdot l \cdot 100\%; \quad (2.29)$$

$$\Delta U \% = \frac{1575.85 \cdot 0.64 + 0.446 \cdot 1228.47}{35000} \cdot 7 \cdot 100\% = 0.31\% .$$

Отже, повітряну ЛЕП виконуємо з використанням проводу АС-50, що відповідає всім установленим вимогам.

Високовольтні вимикачі підбираємо за номінальною напругою та розрахунковим струмом, з урахуванням післяаварійних режимів і можливих нерівностей у розподілі струмів між лініями та секціями шин [2].

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}} ; \quad (2.30)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{м.ав}} . \quad (2.31)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВР1 [15]. Номінальний струм цих вимикачів відповідає вимогам. Власний час відключення вимикача становить 0,04 с.

ЦРП-ЦТП1:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} ; \quad (2.32)$$

$$I_{\text{м}} = \frac{1152.74}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 33.32 (\text{А});$$

$$I_{\text{на}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} ; \quad (2.33)$$

$$I_{na} = \frac{1152.74}{\sqrt{3} \cdot 10} = 66.63 \text{ (A)}.$$

Вибираємо вакуумний вимикач ВР1 [11]. Номінальний струм вимикача $I_{ном.В} = 630 \text{ A} > I_{м.ав}$. Власний час відключення вимикача становить 0,04 с. Для інших приєднань вимикачі добираємо за аналогічним принципом і заносимо до таблиці 2.8.

Підбір кабелів 10 кВ проводимо за допустимим струмом [6].

Визначаємо перетин провідників [1].

$$I_{na} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{доп} \quad (2.34)$$

$$66.63 \text{ (A)} \leq 0.87 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 90 = 68.12 \text{ (A)}$$

де k_1 – коефіцієнт коригування за температурою навколишнього середовища;

k_2 – коригування залежно від теплового опору ґрунту;

k_3 – коефіцієнт коригування залежно від кількості кабелів, прокладених поруч;

Обираємо кабель ААБл-10 3х25 з $I_{доп} = 68.12 \text{ A}$. Для решти приєднань кабелі підбираємо аналогічно та вносимо дані до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір вимикачів та кабелів 10 кВ

Лінія	Ім, А	Іпа, А	Вимикач	Іном, А	Провідник	S, мм ²	Ідоп, А
ЦТП1			ВР1	630	ААБл	3×25	
ЦТП2			ВР1	630	ААБл	3×25	

2.4.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

У системах електроустановок можуть відбуватися різні види коротких замикань (КЗ), які спричиняють різке зростання струму. Усе електрообладнання, що використовується в системах електропостачання, мусить бути стійким до струмів КЗ і вибиратися з урахуванням їх значень. Основні причини виникнення струмів короткого замикання в мережі

охоплюють: ушкодження ізоляції окремих компонентів електроустановок, помилки в діях обслуговуючого персоналу та перекриття струмопровідних частин установок.

Розрахунок струмів КЗ виконується для перевірки відповідності обраних вимикачів і кабелів. Для цього потрібно визначити: періодичну складову трифазного КЗ на початковий момент часу, періодичну й аперіодичну складові в момент розходження контактів, ударний струм КЗ і тепловий імпульс.

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.5).

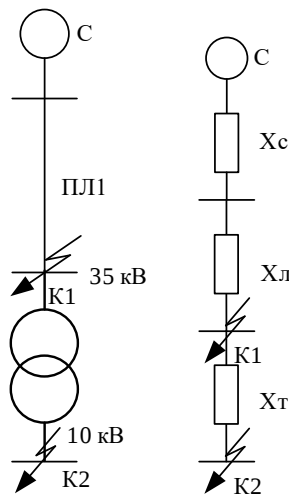


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Розраховуємо опір системи на стороні 110 кВ районної підстанції:

$$U_{BH} = 115, U_{HH} = 10.5.$$

$$k_t = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{115}{10.5} = 10.952; \quad (2.35)$$

$$X_C = \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3110кВ} \cdot k_t^2}; \quad (2.36)$$

$$X_C = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 7.9 \cdot 10.952^2} = 0.07 (Ом).$$

Розраховуємо опір трансформатора районної підстанції, приведений до напруги 10 кВ:

$$U_{K3} = 10,5, S_{НОМ} = 10.$$

$$X_T = \frac{U_{K3}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{НОМ}}; \quad (2.37)$$

$$X_T = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{10.5}{10} = 1.158 (Ом).$$

Розраховуємо сумарний опір трансформатора та системи:

$$X = X_C + X_T; \quad (2.38)$$

$$X = 0.07 + 1.158 = 1.228 (Ом).$$

Розраховуємо опір лінії АС-50:

$$X_{ПЛ10} = X_{нум} \cdot l; \quad (2.39)$$

$$X_{ПЛ10} = 0.363 \cdot 7 = 2.541 (Ом).$$

Розраховуємо струм КЗ на стороні 10кВ районної підстанції:

$$I_{K3_ЦРП} = \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \cdot (X + X_{ПЛ10})}; \quad (2.40)$$

$$I_{K3_ЦРП} = \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \cdot (2.541 + 1.228)} = 1.609 (кА).$$

Розраховуємо потужність короткого замикання на ЦРП:

$$S_{K3_ЦРП} = \sqrt{3} \cdot I_{K3_ЦРП} \cdot U_{ВН}; \quad (2.41)$$

$$S_{K3_ЦРП} = \sqrt{3} \cdot 1.609 \cdot 10.5 = 29.254 (МВА).$$

Розраховуємо мінімальний переріз кабельних ліній ЦРП-ТП1 та ЦРП-ТП2 за термічно. стійкістю:

$$t_{ВІМ} = 1.5 (с)$$

$$S_{мін} = \frac{I_{K3_ЦРП} \cdot 1000 \cdot \sqrt{t_{ВІМ}}}{C_t}; \quad (2.42)$$

де $C_t = 92 \cdot A \cdot C^{0.5} / \text{мм}^2$ – для алюмінієвих кабелів

$$S_{мін} = \frac{1.609 \cdot 1000 \cdot \sqrt{1.5}}{C_t} = 21.414 (\text{мм}^2).$$

$$25 \text{ мм}^2 > 21.414 \text{ мм}^2.$$

Умова виконана, тому живлячі кабелі ААБл-10 3х25 обрано вірно.

Аперіодичний струм при $t=0.065 \text{ с}$:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{\Pi 0} \cdot e^{-\left(\frac{t}{T_a}\right)}; \quad (2.43)$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 1.609 \cdot e^{\frac{-0.065}{0.03}} = 0.261 (\text{кА}).$$

Обрахуємо тепловий імпульс:

$$B_K = I_{\Pi 0}^2 \cdot (t_{\text{від}} + T_{\text{асх}}); \quad (2.44)$$

$$B_K = 1.609^2 \cdot (0.065 + 0.3) = 0.944 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

За ДСТУ 687-78, високовольтні вимикачі повинні проходити перевірку на комутаційну здатність, а також динамічну й термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Аналіз підібраних вимикачів і провідників розглянемо на прикладі вимикача ВР1-10. Результати занесено до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Перевірка вимикача ВР1-10/100

Умови вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунків
$I_{\text{н.відк}} \geq I_{\text{пт}}$	$I_{\text{н.відк}} = 20 \text{ кА}$	$I_{\text{пт}} = I_{\text{пт.с}} = 0.261 \text{ кА}$
$\sqrt{2} I_{\text{н.відкл}} \geq \sqrt{2} I_{\text{пт.с}} + i_{\text{ат.с}}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.відкл}} = \sqrt{2} \cdot 20 = 28.3 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 0.261 = 0.369 (\text{кА})$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = i_{\text{уд.с}} = 0.261 (\text{кА})$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$I_{\text{по}} = I_{\text{по.с}} = 1.609 (\text{кА})$
$B_K = I_{\text{по}}^2 t_{\text{по}}$	$I_{\text{м}}^2 t_{\text{м}} = 10^2 \cdot 4 = 400 (\text{кА}^2 \cdot \text{с})$	$B_K = 0.944 (\text{кА}^2 \cdot \text{с})$

Даний вимикач виконує всі поставленні умови.

2.5. Розрахунок електропостачання цеху

2.5.1 Вибір схеми цехової мережі

Оскільки радіальні схеми забезпечують надійне електропостачання, для цехової мережі вибираємо радіальну схему, як показано на рисунку 2.1.

Для комутації на лініях установлюємо автоматичні вимикачі виробництва ЕТІ, моделей ЕВ і ЕВ2, обладнані напівпровідниковими або тепловими й електромагнітними розчіплювачами.

Відповідно до норм ПУЕ застосовуємо такі способи прокладання кабельних ліній:

- від ТП до РП використовуємо кабель із алюмінієвими жилами марки АВВГ, прокладений у ґрунті;
- від РП до ЕП – кабель із алюмінієвими жилами марки АВВГ, розміщений відкрито в лотках і коробах.

2.5.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При підборі автоматичних вимикачів мають бути дотримані такі вимоги:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.45)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_{п}. \quad (2.46)$$

$$I_{н.ВІДК} \geq I_{К.мах}^{(3)}. \quad (2.47)$$

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

$K_{відс}$ - коефіцієнт відстроювання, який встановлюється для забезпечення надійності захисту від перевантажень, запобігаючи його спрацюванню (або поверненню) під час пуску чи самозапуску;

$I_{м}$ - розрахунковий струм окремого електроприймача;

K_n - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

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

$I_{п}$ - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ЕП-3.

Розрахунковий струм ЕП-3:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U_{ном}}; \quad (2.48)$$

$$I_p = \frac{18}{\sqrt{3} \cdot 0.70 \cdot 0.38} = 13.04 \text{ (A)}.$$

Струм пуску розрахуємо приблизно, залежно від типу приводу:

$$I_p = \begin{cases} 5 \cdot I_p & \text{— для АД з КЗ ротором чи СД;} \\ 2.5 \cdot I_p & \text{— для АД з ФР;} \\ 3 \cdot I_p & \text{— для ДПС та зварювальних Т – рів;} \end{cases} \quad (2.49)$$

$$I_{\Pi} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_p = 5 \cdot 13.04 = 65.19 \text{ (A)}.$$

Для захисту ЕП-3 обираємо автоматичний вимикач із комбінованим розчіплювачем. Проведемо розрахунок номінального струму розчіплювача та струму спрацювання відсічки для ЕП-3:

$$I_{\text{н.розч}} \geq I_p; \quad (2.50)$$

$$I_{\text{с.відс}} \geq 65.19 \cdot 2.1 = 136.90 \text{ (A)}.$$

На основі отриманих значень струмів обираємо автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 16А Зр із номінальним струмом вимикача 16 А, номінальним струмом розчіплювача 16 А та струмом спрацювання відсічки 1600 А.

Аналогічно виконуємо підбір автоматичних вимикачів для інших споживачів цеху.

Апарати захисту, що гарантують безпеку РП, встановлюємо в РУ-0,4 кВ на ТП.

Від ТП до РП визначаємо перетин проводу, беручи до уваги такі умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_M; \quad (2.51)$$

$$226.92 \geq 133.81 \text{ (A)}.$$

Обираємо кабель АВВГ перерізом 3x120+1x50, при прокладені у землі, допустимий тривалий струм якого складає $I_{\text{доп}} = 226.92 \text{ (A)}$.

Від ТП до ЕП-3 обираємо кабель АВВГ (4x2.5). Допустимий тривалий струм складає 19.53 А.

Перевіряємо вибраний кабель за такими умовами:

$$I_{\text{доп}} = 19.53 \geq I_M = 13.04 \text{ (A)};$$

Перевірка

$$I_{\text{доп}} = 19.53 \geq I_{\text{н.розч}} = 16 \text{ (A)}.$$

Аналогічно визначаємо перетин інших кабелів АВВГ, а результати розрахунків заносимо до таблиці 2.10.

Вибираємо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП.

Проводимо розрахунок за формулою:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}}; \quad (2.52)$$

де $I_{\text{н.макс}}$ – номінальний струм найбільш потужного ЕП;

$I_{\text{п.макс}}$ – піковий струм найбільш потужного ЕП;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання найбільш потужного ЕП.

$$I_{\text{п}} = I_{\text{м}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}} = 133.81 - 0.2 \cdot 57.04 + 285.21 = 407.62 \text{ (A)}.$$

Для захисту лінії ТП до РП обираємо автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем EB2 160/3S 160 3р з номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} = 160 \text{ А}$ і номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{н.розч}} = 160 \text{ А}$ та струмом спрацювання відсічки 1600 А.

$$I_{\text{н.розч}} = 160 \geq K_{\text{відс}} \cdot I_{\text{м}} = 133.81 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{с.в}} = 1600 \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{п}} = 2.1 \cdot 407.62 = 855.99 \text{ (A)}.$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок комутаційно-захисних пристроїв і провідників для цеху

Найменування ЕП	$I_{\text{р}}, \text{ А}$	$I_{\text{п}}, \text{ А}$	Тип АВ	$I_{\text{ном}}, \text{ А}$	$I_{\text{розч}}, \text{ А}$	$I_{\text{св}}, \text{ А}$	Тип ЛЖ	$S, \text{ мм}^2$	спос. прок.	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сепаратори							АВВГ		відкрито	
Вентилятори							АВВГ		відкрито	
Вентилятори-дуйки							АВВГ		відкрито	
Компресор							АВВГ		відкрито	
Масловиготовлювач							АВВГ		відкрито	
Насос на пахти							АВВГ		відкрито	
Насос для викачки вершків							АВВГ		відкрито	
Пастеризатор							АВВГ		відкрито	
Вентилятори							АВВГ		відкрито	
Насос центробіжний							АВВГ		відкрито	

Найменування ЕП	I_p , А	I_n , А	Тип АВ	$I_{ном}$, А	$I_{розч}$, А	$I_{св}$, А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	$I_{доп}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Шнековий насос							АВВГ		відкрито	
Фасувальний АРМ							АВВГ		відкрито	
РП							АВВГ		в землі	

Таблиця 2.11 – Втрати напруги

Найменування ЕП	L	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔU , В	ΔU , %
Сепаратори					
Вентилятори					
Вентилятори-дуйки					
Компресор					
Масловиготовлювач					
Насос на пахти					
Насос для викачки вершків					
Пастеризатор					
Вентилятори					
Насос центробіжний					
Шнековий насос					
Фасувальний АРМ					
РП					

2.5.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання здійснюємо для перевірки захисних апаратів на відповідність вимогам комутаційної здатності.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-3. Складемо розрахункову схему, показану на рисунку 2.6.

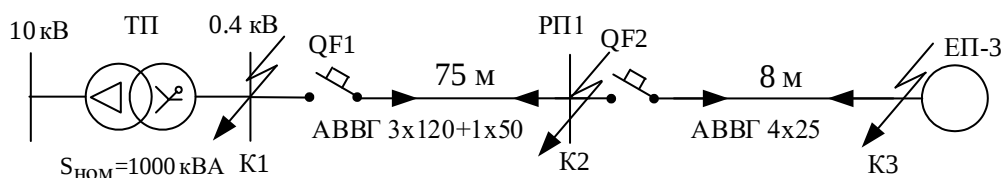


Рисунок 2.6 – Схема електропостачання ЕП-3

Розрахунок опору приведення до 0.4 кВ

Опір трансформатора:

$$R_T = 1.9 \text{ (мОм)}, \quad X_T = 8.6 \text{ (мОм)}, \quad Z_T = 26.4 \text{ (мОм)}; \quad (2.53)$$

Розрахуємо опори ліній Л1, Л2:

$$X = X_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.54)$$

$$X_1 = 0.064 \cdot 75 = 4.8 \text{ (мОм)};$$

$$X_2 = 0.098 \cdot 8 = 0.784 \text{ (мОм)};$$

$$R = R_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.55)$$

$$R_1 = 0.32 \cdot 75 = 24 \text{ (мОм)};$$

$$R_2 = 9.61 \cdot 8 = 76.88 \text{ (мОм)}.$$

Вихідні дані для обчислення струмів короткого замикання та коефіцієнта чутливості наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Вихідні дані для обчислення струмів КЗ і коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R, мОм	X, мОм	Zф-0, мОм
ТМ 1000/10/0.4	-	1.9	8.6	-
Л1				
Л2				

Визначимо значення струму при трифазному металічному короткому замиканні за формулою:

- для точки К1

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T^2 + X_T^2)}}; \quad (2.56)$$

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

- для точки К2

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T^2 + R_1^2) + (X_T^2 + X_1^2)}}; \quad (2.57)$$

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1.9^2 + 24^2) + (8.6^2 + 4.8^2)}} = 7.9 \text{ (кА)};$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\text{фн}}}{\frac{Z_{T1}}{3} + Z_{\phi 01}}; \quad (2.58)$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26.4}{3} + 78.75} = 2.513 \text{ (кА)}.$$

- для точки К3

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\text{фн}}}{\frac{Z_{T1}}{3} + Z_{\phi 01} + Z_{\phi 02}}; \quad (2.59)$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26.4}{3} + 78.75 + 192.32} = 0.786 \text{ (кА)}.$$

Перевірити кабель від ТП до РП

Здійснимо перевірку обраних вимикачів на комутаційну здатність:

$$I_{\text{н.відк}} > I_{\text{к.мах}}^{(3)}; \quad (2.60)$$

QF1: EB2 160/3S 160 3р з $I_{\text{cu}}=36$ (кА)

$$I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)} > I_{\text{к.мах}}^{(3)} = 26.156 \text{ (кА)}.$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

QF2EB 100/3L 16A 3р $I_{\text{cu}} = 16$ (кА).

$$I_{\text{cu}} = 16 \text{ (кА)} > I_{\text{к.мах}}^{(3)} = 7.9 \text{ (кА)}.$$

Для точки К2 умова відповідності комутаційної здатності виконується.

Проведемо перевірку селективності роботи захисту.

Перевіримо, чи виконується умова:

$$I_{\text{н.розч}} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (2.61)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП:

$$I_{\text{н.розч}} = 160 \text{ (А)} \leq \frac{I_{K2}^{(1)}}{3} = \frac{2513}{3} = 838 \text{ (А)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП- ЕП-3:

$$I_{Н.РОЗЧ} = 16 \text{ (A)} \leq \frac{I_{к3}^{(1)}}{3} = \frac{786}{3} = 262 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконані.

Проведемо аналіз селективності роботи захисту. Селективність автоматичних вимикачів оцінюємо за такими умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1.3..1.5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t \end{cases}; \quad (2.62)$$

Виконаємо перевірку селективності для вимикачів, що забезпечують захист ліній ТП - РП (вимикач 1), РП - ЕП-3 (дані про вимикачі наведено в таблиці 2.10).

$$I_{c.B1} = 125 \text{ (A)} > (1.3..1.5) \cdot 16 = 20.8..24 \text{ (A)}.$$

Оскільки вимикачі вищого рівня підібрано з урахуванням селективності, $t_{c.B1} = 0.1 \text{ с}$, то умови селективності по часу теж забезпечується.

Карта селективності захисту наведена на рисунку 2.7.

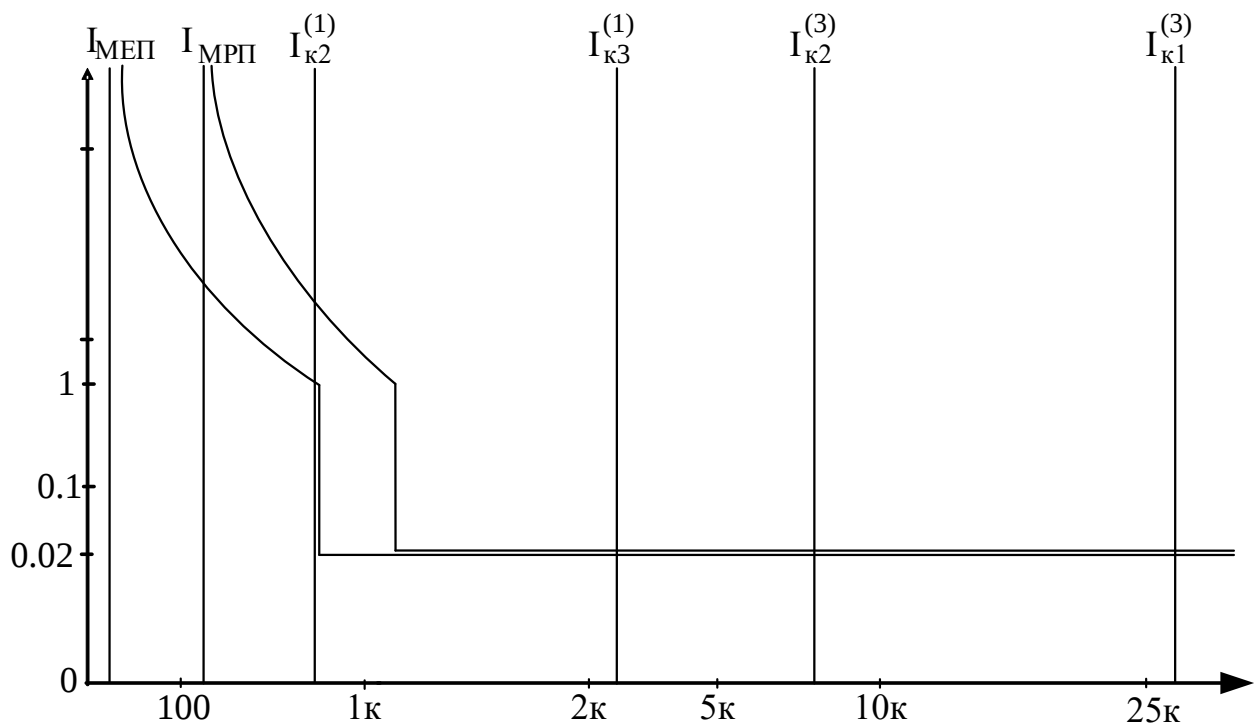


Рисунок 2.7 – Карта селективності захисту

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ВДЕ І СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3.1 Засоби акумулювання та збереження енергії

Протягом останнього століття в галузі енергетики було розроблено багато способів акумулювання та збереження енергії. Традиційні методи здебільшого ґрунтуються на фізичних, теплових і хімічних процесах. Однак широкого застосування ці системи не отримали через низку недоліків, серед яких – складність конструкції та труднощі з розміщенням під час проєктування.

Варто зазначити, що хоча кінетична енергія досить ефективно трансформується в потенціальну, розширення цієї технології в значних масштабах є проблематичним. Це пов'язано з необхідністю виділення великих земельних площ, що тягне за собою значні фінансові витрати.

Особливу увагу привертає метод зберігання стисненого повітря (ЗСП), який можливий лише за умови наявності відповідних сховищ. У сучасних реаліях цей принцип економічно доцільно реалізовувати за допомогою природних печер. У періоди низького споживання електроенергії такі утворення заповнюють повітрям, а в години пікового навантаження стиснене повітря вивільняється, приводячи в дію турбіну генератора. У США потужність подібних станцій досягає 110 МВт, а коефіцієнт корисної дії (ККД) становить приблизно 40–50% [1].

Протягом останніх п'ятдесяти років з'явилися й інші технології накопичення енергії. На (рис. 3.1) представлено технології зберігання, які активно впроваджувалися з 1958 до 2017 року в провідних державах світу. Вони класифікуються за типом: електрохімічні, електромеханічні, теплові та на основі водню. Гідроакumuлюючі системи не включено в зображення через їхні значні масштаби, що виходять за межі представленого рисунка. До перспективних технологій варто віднести:

- зберігання газів;
- акумуляторне накопичення за допомогою літій-іонних батарей;

– накопичення теплової енергії розплавленої солі.

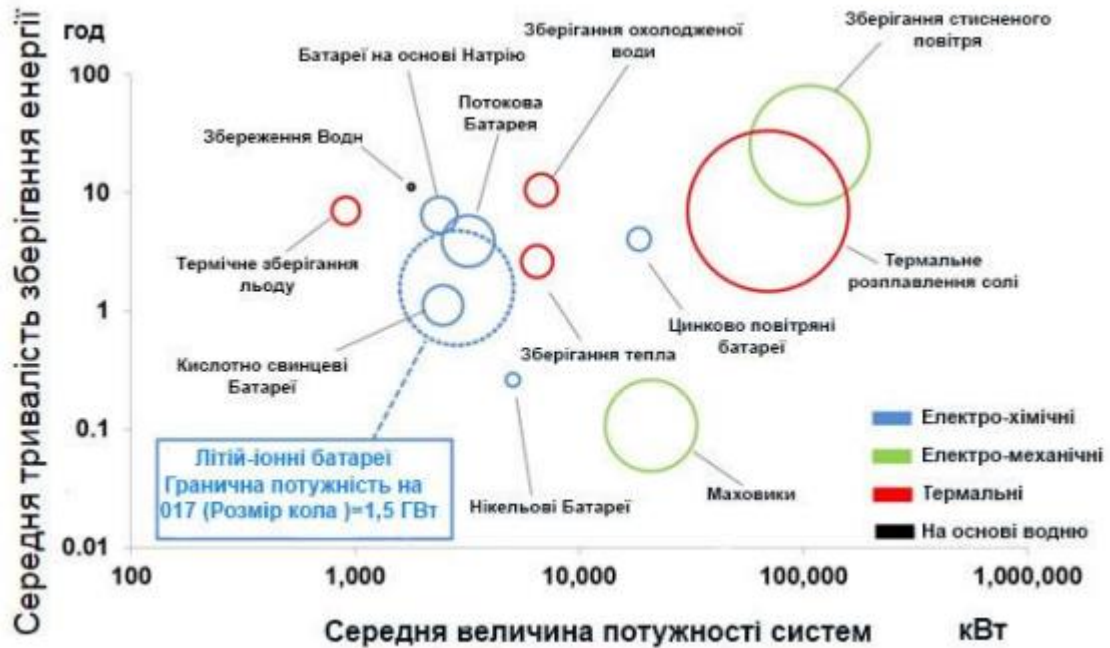


Рисунок 3.1 – Значення систем накопичення за останні 50 років

На рисунку 3.2 відображено динаміку стрімкого зростання використання літій-іонних батарей для накопичення енергії. Одним із перших подібних проєктів стала станція потужністю 1 МВт, запущена у 2008 році в штаті Пенсильванія. До 2015 року обсяг акумульованої енергії зріс на 173%. У період з 2008 по 2015 рік потужність літій-іонних систем демонструвала складні річні темпи зростання на рівні 173%.

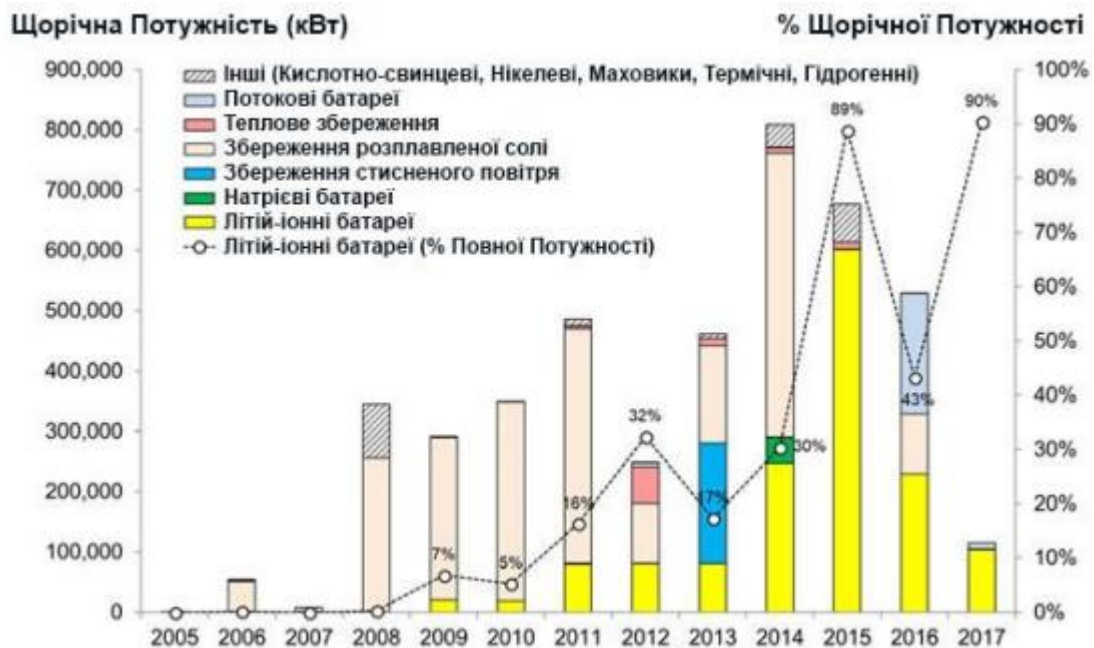


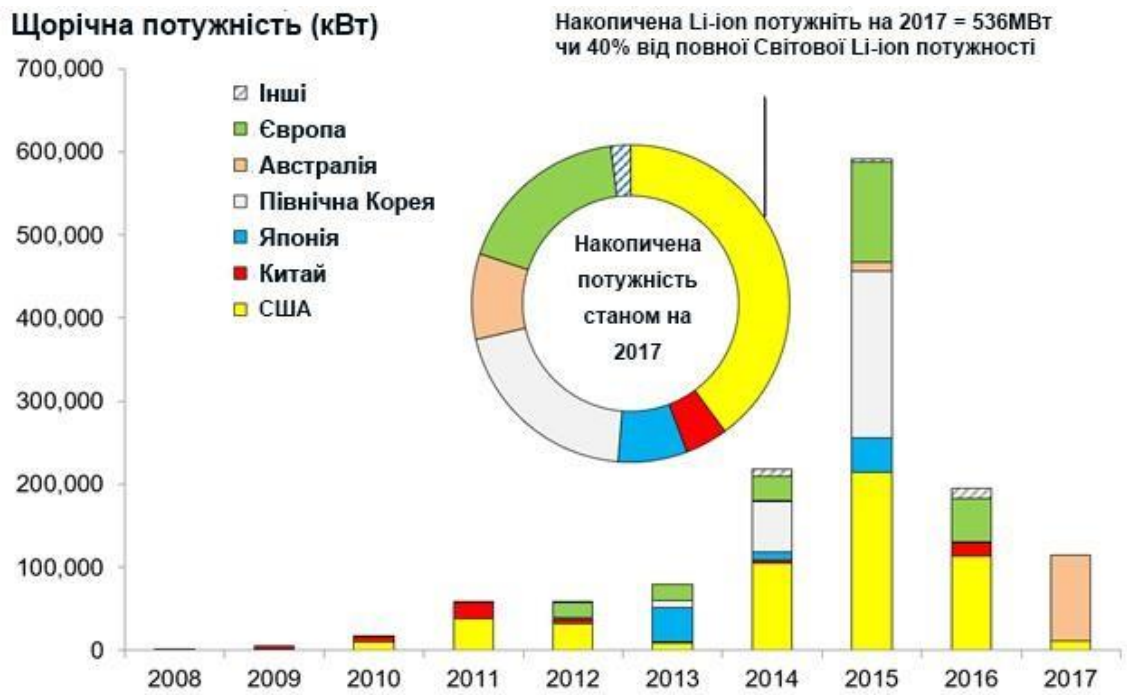
Рисунок 3.2 – Графік росту батарейних накопичувачів у період з 2005 по 2017 роки

3.2 Використанні літій-іонних батарей для накопичення енергії

Ця технологія здобула широке застосування завдяки низці переваг, серед яких — висока якість електроенергії, здатність регулювати частоту та напругу, а також достатній коефіцієнт корисної дії.

На сьогодні вона активно використовується для короткотривалих стабілізацій у електромережах. Подібні системи зазвичай функціонують не довше ніж дві години, а їхня потужність, як правило, не перевищує 3 МВт.

США наразі є світовим лідером у впровадженні цієї технології в промислових масштабах. Станом на 2017 рік їхня частка у загальній накопичувальній потужності становила 40% (рис. 3.3).



ок 3.3 – Статистика серед країн Li-іон накопичення, 2008-2017

Сукупна потужність акумуляторних накопичувальних систем у США станом на 2017 рік досягла 495 МВт. При цьому 92% припадало на сектор комунальних послуг, 8% — на комерційний сектор, а лише 0,5% — на приватні мережі, що відображено на (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Зберігання Li-іон енергії по секторах 2008-2017

Оскільки потужність комунальних систем становить 9,9 МВт із середнім

часом розрядки 1,7 години, корисний робочий діапазон варіюється від 0,5 до 4 годин при рівні заряду від 10% до 90%. У зв'язку з цим найчастіше моделюють чотири варіанти випадкової тривалості розрядки, які оптимально відповідають ефективному використанню обладнання: 0,5, 1, 2 та 4 години.

Основне призначення накопичувачів — забезпечення балансу між генерацією та споживанням електроенергії, стабілізація напруги, а також розвантаження електромереж у періоди пікового виробництва відновлюваних джерел енергії.

3.3 Основні напрямки розвитку СЕЗБ

Згідно із заявами (IRENA), перспективи розвитку систем електроакумуляції (СЕЗБ) є досить обнадійливими. В умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії виникає нагальна потреба у збільшенні ємностей для накопичення електроенергії, тобто створенні нових сховищ. Міжнародні організації, що займаються питаннями відновлюваної енергетики, прогнозують зростання загальної потужності таких систем з 2 ГВт·год у 2015 році до 33 ГВт·год у 2020 році.

Проте основним чинником, що впливає на цей процес, є витрати на розвиток акумуляторних технологій. За оцінками IRENA, вартість встановлення систем накопичення та їхні технологічні витрати скоротяться на 60%, що призведе до зниження цін з 1100 доларів до 500 доларів за 1 кВт·год накопиченої енергії. Водночас витрати на ванадієві технології скоротяться на 66%, що сприятиме зростанню конкурентоспроможності СЕЗБ.

Оскільки ця технологія має широкий спектр застосувань, вона приваблює значні інвестиції. Такі акумулятори використовуються також в електромобілях, що є одним із ключових напрямів їхнього використання, а також важливим фактором здешевлення акумуляторних батарей. Оскільки батарея є найдорожчим компонентом електротранспорту, її здешевлення є необхідною умовою для подальшого розвитку цієї галузі.

Для досягнення зниження вартості літій-іонних та інших накопичувальних технологій необхідно масштабувати виробництво, покращувати матеріальну базу, а також посилювати науково-дослідницьку діяльність у цій сфері. На (рис. 3.5) зображено динаміку витрат на розвиток цієї технології.



Рисунок 3.5 – Шлях до зменшення вартості акумуляторних батарей

Європейський ринок відзначається високими тарифами на електроенергію, тому доцільним рішенням є інтеграція відновлюваних джерел енергії з системами накопичення. Поєднання PV-генерації із СЕЗБ може спричинити зростання загальної ємності накопичувальних систем до 45–75 ГВт·год [5].

Крім того, проведені дослідження прогнозують, що до 2050 року приблизно 80% світового енергоспоживання забезпечуватиметься за рахунок відновлюваних джерел.

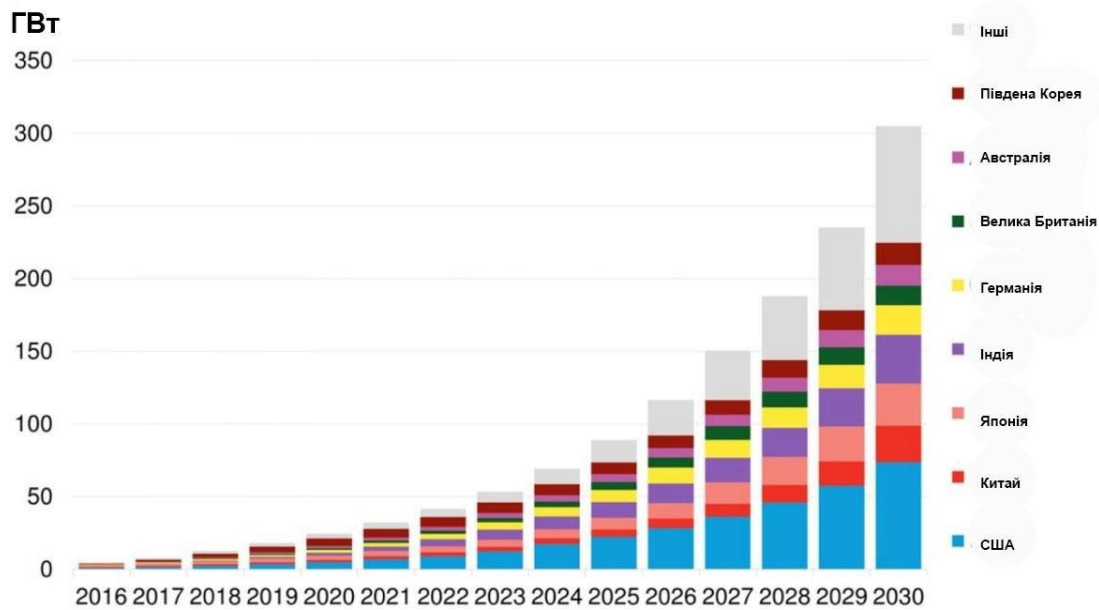


Рисунок 3.6 – Використання акумуляторних батарей в світі.

3.4 Модель вартості відокремлених СЕЗБ

Для зниження вартості цих технологій деякі виробники інтегрують у єдиний компактний модуль систему керування батареями, самі акумуляторні осередки та пристрої для перетворення напруги.

Проте в межах цієї роботи основна увага приділяється традиційним акумуляторам постійного струму, які складаються з чотирьох основних компонентів, відображених на (рис. 3.7, рис. 3.8).

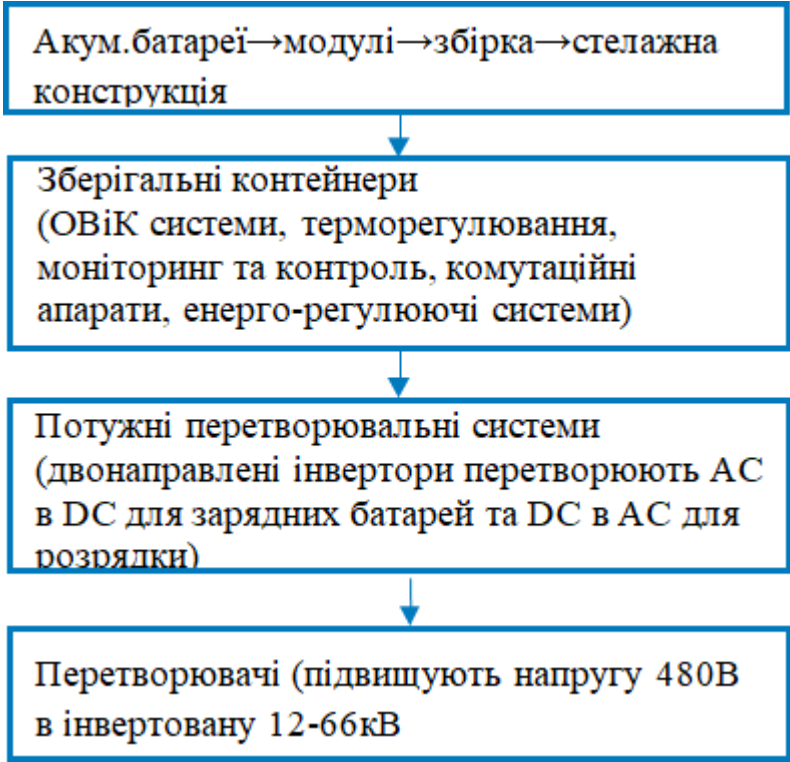


Рисунок 3.7 – Звичайні елементи промислових енергетичних сховищ



Рисунок 3.8 – Компоненти промислових станцій

У таблиці 3.1 наведено початкові дані для цієї системи акумулювання енергії.

Таблиця 3.1 – Параметри автономної системи зберігання електроенергії

Компоненти моделі	Характеристики
Потужність батареї	0,3 МВт DC
Потужність батареї з	0,3 МВт·год від 40-футового контейнера
Число контейнерів	1 (при інтервалі = 4 години)
Вартість Li-ion батареї	\$209/кВт·год
Інтервали	0.5–4 години
Ціна основної батареї	\$0.07/Вт
Потужність батареї	0.3 МВт
Число Інверторів	1
Ціна трансформатора (ТР)	\$28,000
Потужність ТР	2.5 МВт підвищувальний трансформатор
Число ТР	24
Площа	6,800 футів квадратних
Прилади лабораторії	Непрофсоюзне обладнання середнього рівня
Податок від продажів	7.5%
ІПК витрати (% від вартості обладнання та	8.67% за обладнання та матеріали (крім ліній електро-передачі); 23%–69% за вартість
Витрати на розвиток	3% від коштів на ІПК
Придбання землі	\$10,000
Міжсистемний зв'язок	\$0.03/Вт
Допустимий	\$29,000 від системи
Не передбачені	3% від коштів на ІПК
ІПК/прибуток від розвитку	5% вартості від повної установки (ІПК+ кошти від розвитку)

На (рис. 3.9) і в таблиці 3.2 представлено витрати у \$/кВт·год для літій-іонних систем потужністю 60 МВт, які варіюються від \$380/кВт·год до \$895/кВт·год залежно від тривалості розрядки. Водночас ціна акумуляторної батареї за одиницю енергії залишається незмінною – 209 \$/кВт·год. Загальна вартість батареї та її частка у структурі витрат поступово зменшуються зі

скороченням тривалості системи. Наприклад, кошторис батареї складає 55% від загальної вартості чотиригодинної системи, тоді як для півгодинної системи цей показник знижується до 23%. Унаслідок скорочення тривалості роботи зростає частка витрат на елементи системи, що не належать до батареї.

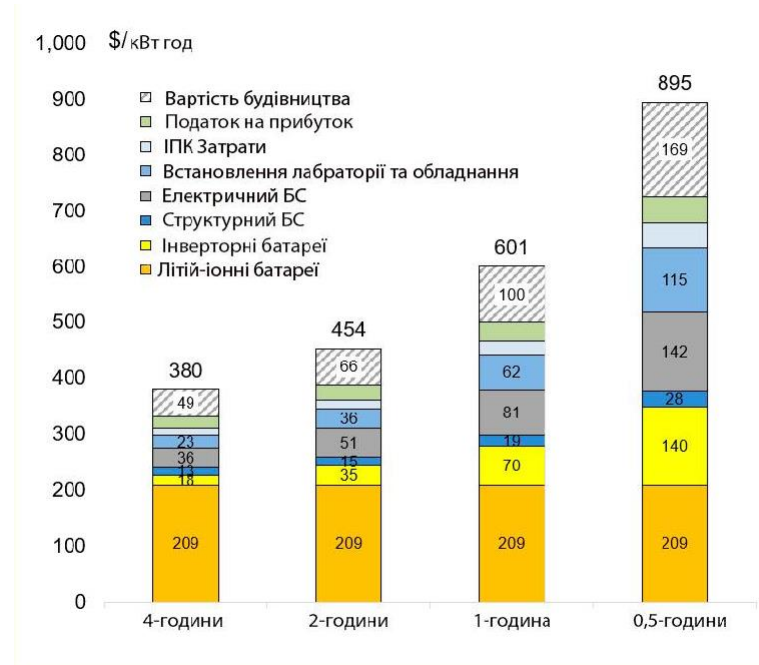


Рисунок 3.9 – Діаграма вартості зберігання енергії в автономних літій-іонних батареях для інтервалів від 4 до 0,5 години.

3.5 Встановлення на ВДЕ із накопичувачем на філію "Жмеринський молокозавод"

З метою скорочення витрат на електроенергію, яку споживає цех рафінації, доцільно впровадити сонячну електростанцію з накопичувачем. Це рішення сприятиме зниженню навантаження на електромережу та забезпечить економічну вигоду для заводу.

З огляду на споживану потужність цеху, що становить 170 кВт, для покриття потреб підприємства та прискорення окупності заплановано встановлення станції потужністю 500 кВт.

У таблиці 3.2 наведено перелік матеріалів, необхідних для будівництва станції, а також їхню вартість.

Таблиця 3.2 – Вартість основних складових СЕС

Обладнання	Ціна, \$	Кількість	Сума, \$
Сонячні модулі SunPower 475 W c	200	123	24 600
Промисловий інвертор (шт.)	13 000	1	13 000
Металоконструкції (комп.)	18 500	1	18 500
Система АСКОЕ (модеми, лічильники, електрообладнання) (комп.)	1500	1	1500
Комутаційно-розподільча продукція (комп.)	15 000		15 000
Силовий трансформатор (шт.)	9 600	1	9 600
Акумуляторні батареї (шт.)	96	510	48 960
Всього			131 160

Таким чином, підсумувавши вартість усіх компонентів і додавши до загальної суми 20%, отримаємо остаточний обсяг капіталовкладень (3.1):

$$K_{\Sigma} = C_{\Sigma} \cdot 1,2 = 131360 \cdot 1,2 = 157400 \$; \quad (3.1)$$

Окупність станції складатиме:

$$T = \frac{K_{\Sigma}}{W_{\Sigma} \cdot C} = \frac{157400}{4080 \cdot 10.5} = 3.006 \text{ роки}; \quad (3.2)$$

де C – тариф на зелену енергію станом на 1 січня 2020 року

W_{Σ} – річна генерація, яка рівна 4080 кВт*год

Підсумовуючи наведені дані, можна прогнозувати, що в майбутньому акумульована енергія становитиме понад 50% від загальної ємності системи. Це пояснюється тим, що порівняно з традиційними сховищами, такими як ЗСП, впровадження подібних рішень є значно простішим.

Постійне зростання частки відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних фотоелектричних станцій, сприяє розширенню ринку акумуляторних батарей. Проте існує ймовірність, що найближчим часом накопичувана енергія залишатиметься відносно малою часткою від загальної потужності підприємства. Впровадження фотовольтаїчної електростанції потужністю 0,5 МВт із накопичувачем дозволить повністю покрити потреби цеху з виробництва печива в електроенергії, а термін її окупності становитиме три роки.

ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі монтажу та експлуатації системи електропостачання філії «Жмеринський маслозавод» ПАТ «Тернопільський молокозавод». Відтак, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі шкідливі виробничі фактори [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 щодо 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. Підготовка робочих місць і допуск можуть провадитись тільки з дозволу оперативних працівників, а на підприємствах, де таких працівників немає – з дозволу особи, яка видала наряд чи розпорядження за узгодженням з особою, відповідальною за електрогосподарство.

Забороняється змінювати передбачені нарядом (розпорядженням) заходи по підготовці робочих місць. В разі виникнення сумніву в достатності і правильності заходів з підготовки робочого місця і можливості безпечного виконання роботи, ця підготовка має бути припинена.

Підготовку робочих місць, як правило, виконують два працівники, які мають право на оперативні перемикання в даній електроустановці. Дозволяється виконувати підготовку робочого місця керівнику робіт з одним із членів бригади, якщо вони мають права на оперативні перемикання в даній

електроустановці.

Підготовку робочого місця може виконувати один працівник, крім встановлення переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В і виконання перемикань, що здійснюються на двох і більше приєднаннях в електроустановках понад 1000 В, що не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

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

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

- перевірити, чи відповідає склад бригади зазначеному у наряді або розпорядженні, та наявність у членів бригади посвідчень про перевірку знань;
- провести інструктаж: ознайомити бригаду зі змістом наряду, розпорядження; зазначити межі робочого місця і підходи до нього; показати найближче до робочого місця устаткування та струмовідні частини приєднань, що ремонтуються, та суміжних, до яких забороняється наближатися незалежно від того, перебувають вони під напругою чи ні;
- довести бригаді, що напруга відсутня, показом встановлених заземлень та перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочого місця, а в електроустановках 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання) з наступним дотиком рукою до струмовідних частин, після перевірки відсутності напруги.

Після інструктажу допускача бригаду повинен проінструктувати керівник робіт щодо безпечного виконання робіт, використання інструменту, пристосувань, механізмів і вантажопідіймальних машин.

Без проведення інструктажу допуск бригади забороняється. Проведення інструктажу і допуску оформляються підписами допускача і керівника робіт

(наглядача) в таблиці наряду із зазначенням дати і часу.

Допуск оформлюється в обох примірниках наряду, з яких один залишається у керівника робіт (наглядача), а другий – у допускача. Коли керівник робіт суміщає обов'язки допускача, допуск оформлюють в одному примірнику наряду. Під час роботи за розпорядженням час допуску реєструють в журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями.

4.1.2 Електробезпека

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

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

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

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.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні [21], де встановлена лінія, наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

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

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [22]: утеплення фасаду будівлі, встановлено вентиляцію приміщень.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення [22] наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони в роботі передбачені такі рішення [22]:

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

4.2.3 Виробниче освітлення

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

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [23] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

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

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

4.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму [24] наведено в таблиці 4.4

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

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

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

- раціональне розташування робочих місць;
- постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників;
- обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що

не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

4.3 Пожежна безпека

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

Приміщення філії «Жмеринський маслозавод» ПАТ «Тернопільський молокозавод» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д –речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-Іа в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали (сир, масло, тара).

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

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [30] наведено в таблиці 4.5.

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

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

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) 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 (перегородки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

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

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 хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7 (знаменник). 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 4.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

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

На території підприємства встановлено 25 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та 22 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.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було досягнуто поставленої мети – створено систему електропостачання, яка забезпечує надійне, економічно ефективне та енергоефективне електрозабезпечення підприємства з урахуванням сучасних технологій та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Виконання поставлених задач дозволило отримати наступні результати:

1. Аналіз технологічних процесів та електричних навантажень. Проведено детальний аналіз електроспоживання підприємства, визначено основні споживачі електроенергії в цехах та їхні характеристики, що стало основою для подальшого проектування системи електропостачання.

2. Розрахунок електричних навантажень та розробка схеми електропостачання. Розроблено радіальну схему цехової мережі, яка гарантує високу надійність електропостачання. Виконано розрахунки навантажень для розподільних пунктів та окремих електроприймачів, що дозволило оптимізувати структуру електромережі.

3. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання. Проведено порівняння варіантів електропостачання з різними класами напруги. Встановлено, що один з варіантів є економічно вигіднішим за рахунок нижчих щорічних витрат, що обґрунтувало вибір схеми з головною понижувальною підстанцією.

4. Вибір електрообладнання. Підібрано основне електрообладнання, включаючи вимикачі, кабелі та автоматичні вимикачі для цехової мережі, які відповідають вимогам надійності та нормам безпеки.

5. Впровадження відновлюваних джерел енергії. Запропоновано встановлення сонячної електростанції з накопичувачем для одного з цехів, що забезпечує покриття його енергетичних потреб та зниження навантаження на мережу. Розраховано капіталовкладення та термін окупності, підтверджуючи економічну доцільність рішення.

6. Аналіз безпеки та селективності. Проведено розрахунок струмів короткого замикання для мереж низької напруги, перевірено комутаційну здатність вимикачів та селективність захисту, що забезпечує безпечну та надійну роботу системи.

7. Оцінка економічної ефективності. Впровадження запропонованої системи електропостачання та сонячної електростанції дозволяє знизити витрати на електроенергію, підвищити енергоефективність та екологічність виробництва.

Таким чином, розроблена система електропостачання відповідає вимогам надійності, енергоефективності та економічної доцільності. Впровадження відновлюваних джерел енергії сприяє зниженню витрат та підвищенню сталості виробництва. Отримані результати можуть бути застосовані для модернізації електромереж підприємства та впровадження подібних рішень на інших промислових об'єктах.

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-navantazheniya-c756>

12. Проектування електропостачальних систем загального призначення / П. Ф. Гоголюк, Т. М. Гречин, А. А. Маліновський та ін. Львів: В-во Львівська політехніка, 2018. 436 с

13. Силові трансформатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bisik.kiev.ua/uk/transformers>

14. Показники якості електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ac-elektro.com.ua/text.php?news_id=30

15. Високовольтні вимикачі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazheniya-c756>

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

. 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

. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації

. 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.

. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL:

. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL:

- . ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
- . ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL:
- . ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu->
- . ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та ної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
- . НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
- . ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL:
- . ДСТУ 8829:2019 Пожежо вибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL:
- . ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL:
- . ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
- . Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL:

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФІЛІЇ "ЖМЕРИНСЬКИЙ
МАСЛОЗАВОД" ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
"ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД"

Таблиця А.1 - Вхідні дані про електричні навантаження заводу

№ п/п	Найменування об'єктів	$P_{\text{ном}}$, кВт
	Приймальний цех	
	Продуктовий цех	
	Технічний цех	
	Цех підготовки виробництва	
	Виробничий цех	
	Цех готової продукції	
	Котельня	

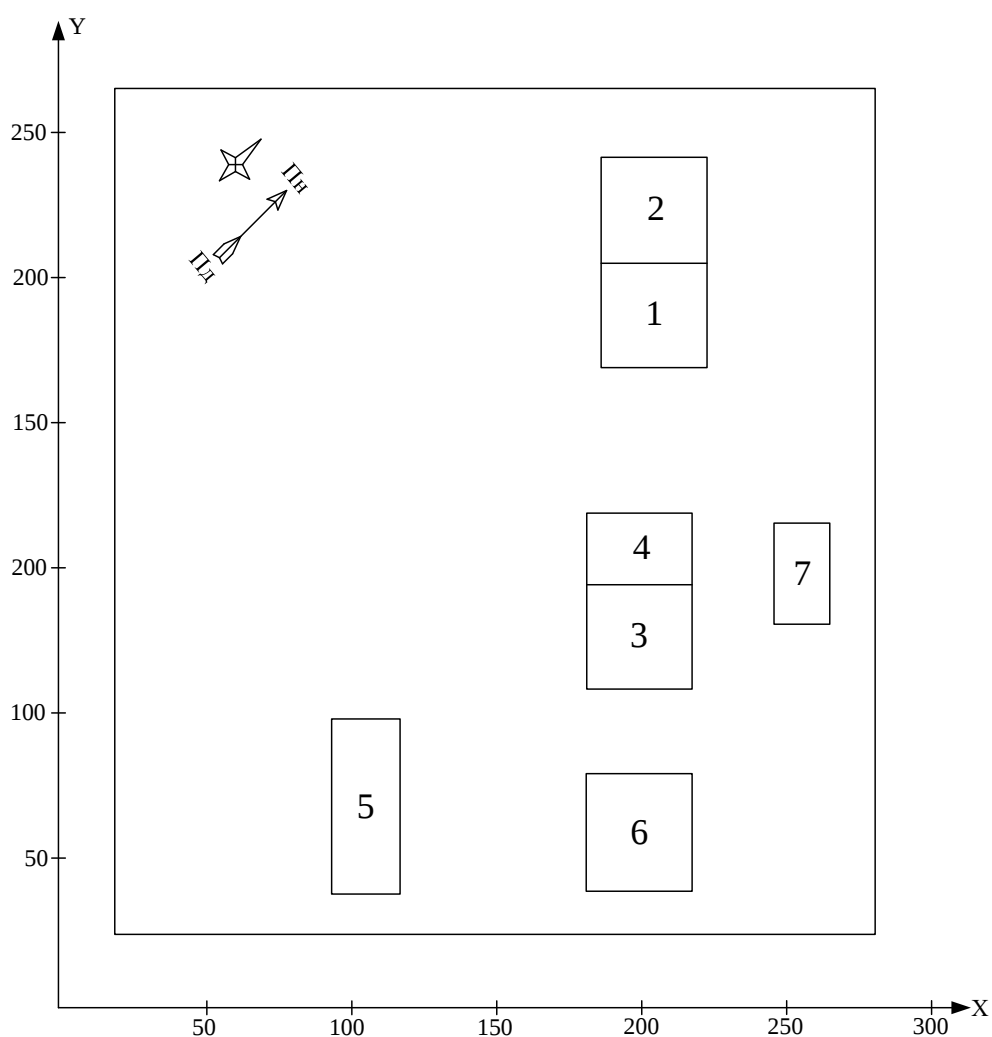


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

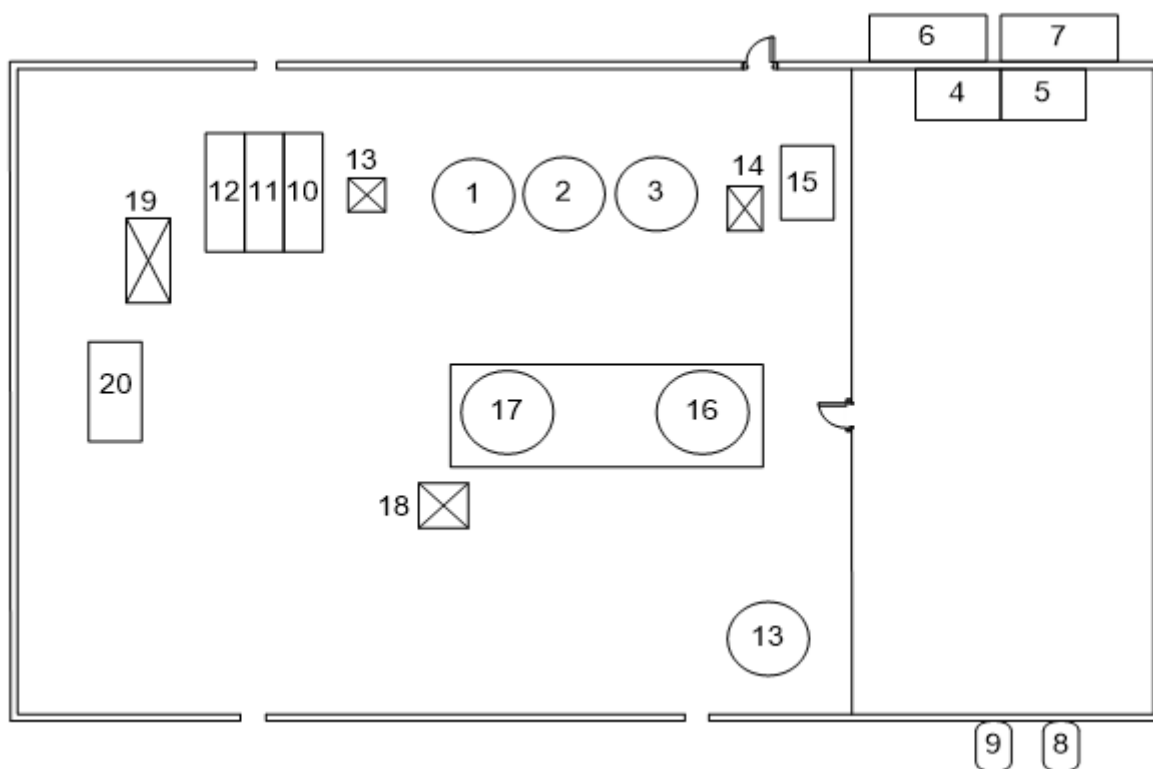


Рисунок А.2 – План виробничого цеху

Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження механічного цеху

№	Назва обладнання	Кількість, шт..	Рн, кВт
	Сепаратори		
	Вентилятори		
	Вентилятори-дуйки		
	Компресор		
	Масловиготовлювач		
	Насос на пахти		
	Насос для ви качки вершків		
	Пастеризатор		
	Вентилятори		
	Насос центробіжний		
	Шнековий насос		
	Фасувальний АРМ		

ДОДАТОК Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання філії "Жмеринський
маслозавод" приватного акціонерного товариства "Тернопільський
молокозавод"

тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)
Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, Е-23мс
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 25,4 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

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

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

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

Експертна комісія:

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

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

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Бабенко О. В.
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____ Волошин О. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФІЛІЇ "ЖМЕРИНСЬКИЙ
МАСЛОЗАВОД" ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
"ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД"

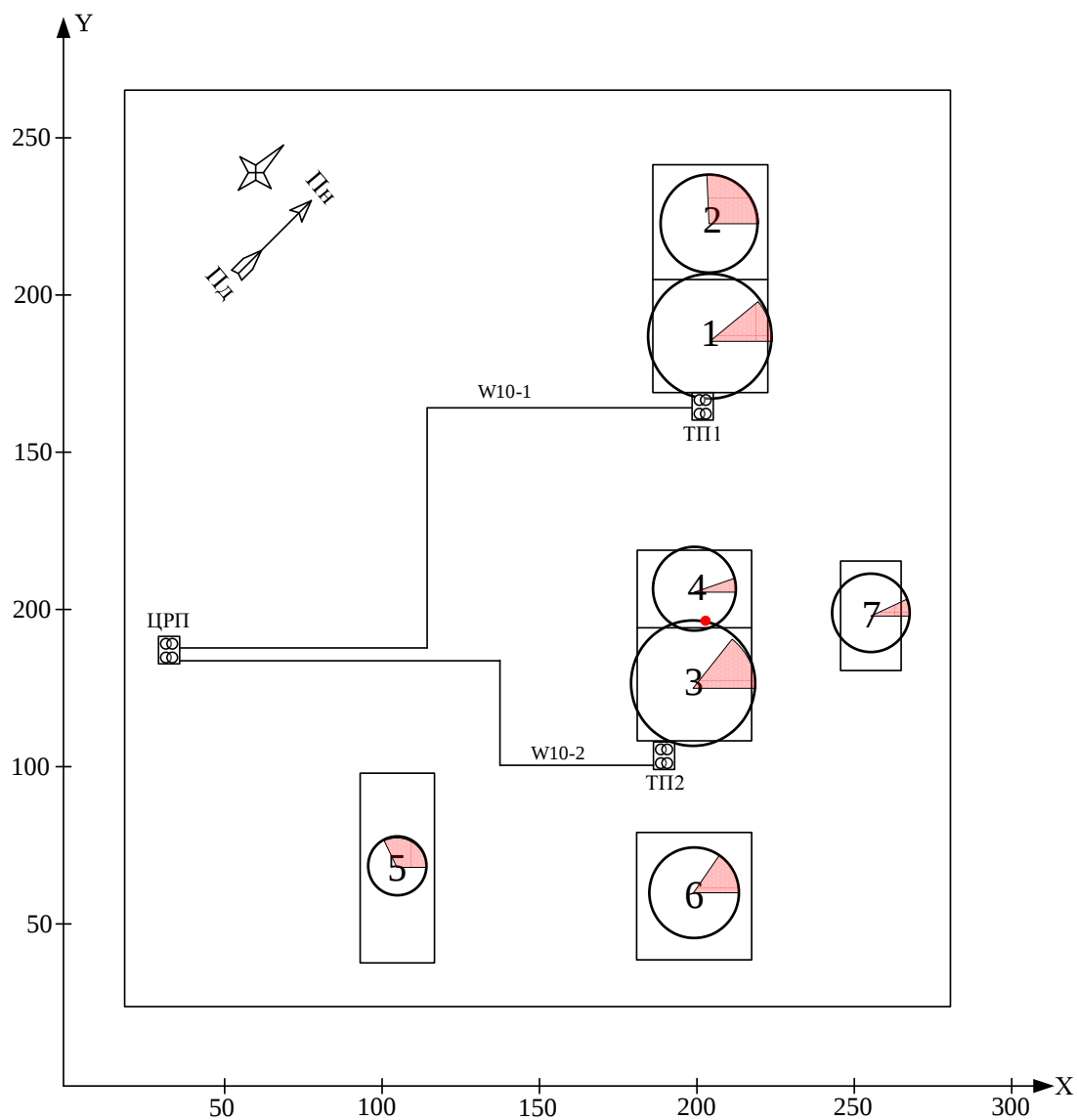


Рисунок В.1 - Картограма електричних навантажень

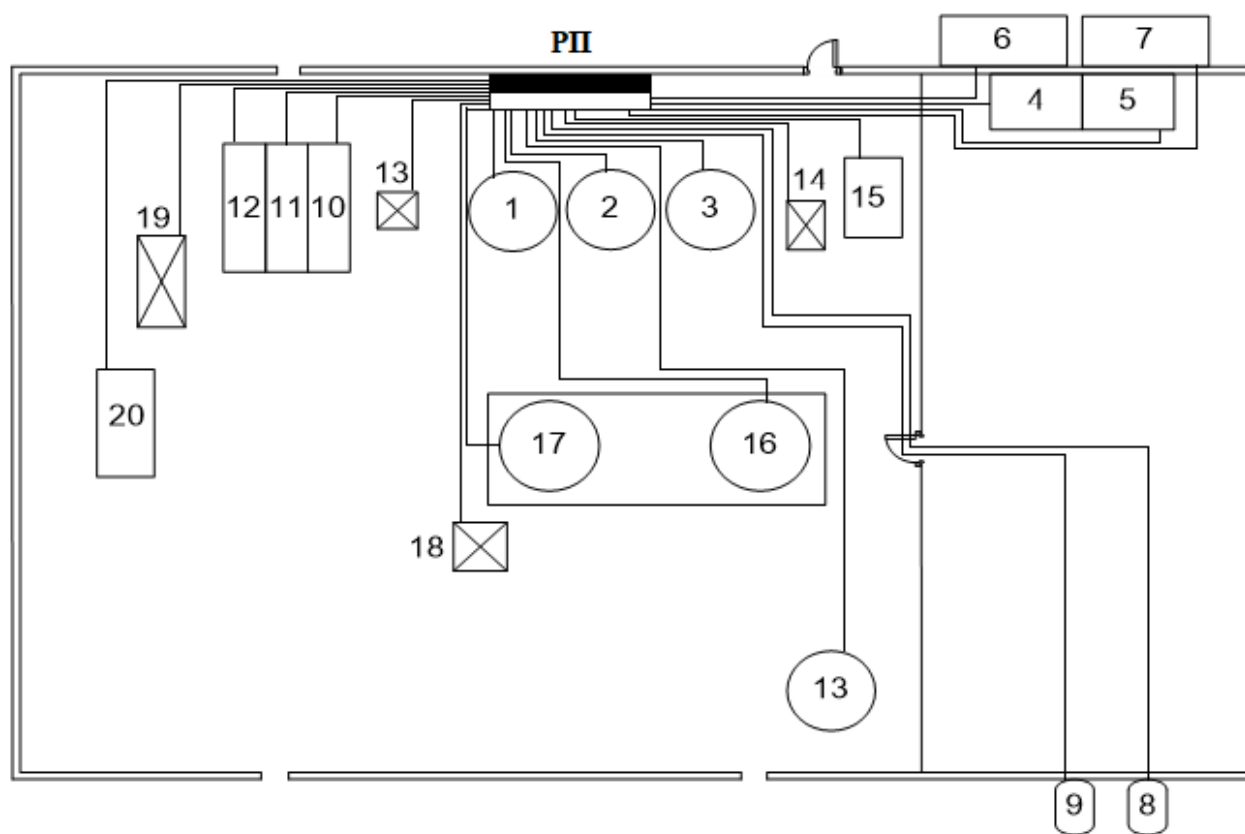


Рисунок В.3 - План цеху

ТП	Захист				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				№ РП	п шт	ЗАХИСТ					ЖИВЛЕННЯ ЛІНІЙ				СПОЖИВАЧІ				НАЗВА ЕП
	Тип вимикача	Іном А	Іном роз А	Іс.л. А	Провід		Ін А	Ін А			Тип вимикача	Іном А	Ін.роз А	Іс.л.м кА	І.л. А	Марка кабелю	Іном А	Ін А	Ін А	№ на плані				
					Марка кабелю	Іном А															Марка кабелю	Іном А	Ін А	
	ЕВ2 160/35 160 3р	160	160	1600	АВВГ 3х120+1х50	226.92	133.8 1	407.6 2	РП	3	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	13.0 4	65.1 9	○	Сепаратори			
									2	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	5.70	28.5 2	○	Вентилятори				
									2	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	3.99	19.9 7	○	Вентилятори-дуйки				
									2	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	11.6 3	58.1 6	○	Компресор				
									3	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	5.58	27.8 9	○	Маслопідготовлювач				
									1	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	4.18	20.9 2	○	Насос на пахти				
									1	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	2.23	11.1 6	○	Насос для викачки вершків				
									1	ЕВ2 125/35 63А 3р	63	63	16	630	АВВГ 25	80.9 1	57.0 4	285. 21	○	Пастеризатор				
									2	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 2,5	19.5 3	4.18	20.9 2	○	Вентилятори				
									1	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 16	19.5 3	2.09	10.4 6	○	Насос центробіжний				
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	16	160	АВВГ 2,5	62.3 1	44.6 2	223. 10	○	Шнековий насос				
									1	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	16	160	АВВГ 70	19.5 3	2.39	11.9 5	○	Фасувальний АРМ				

Рисунок В.4 – Розрахунково-монтажна таблиця



Рисунок В.5 – Шлях до зменшення вартості акумуляторних батарей

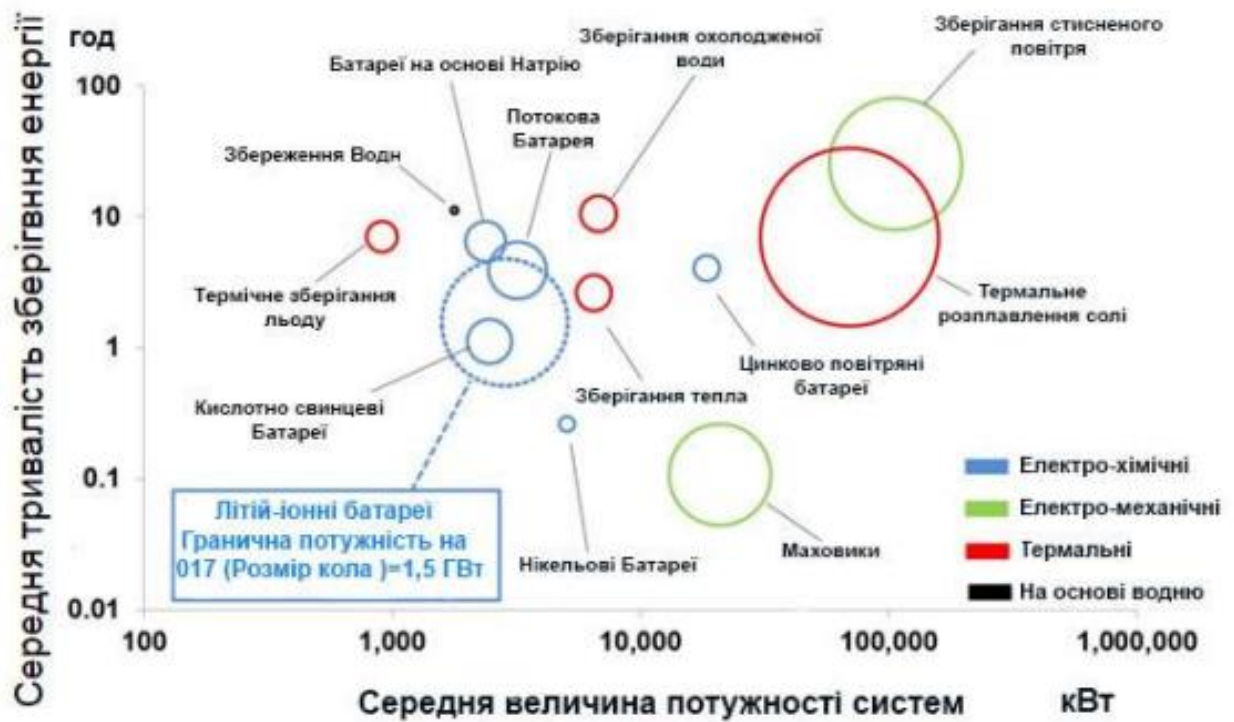


Рисунок В.6 – Значення систем накопичення за останні 50 років

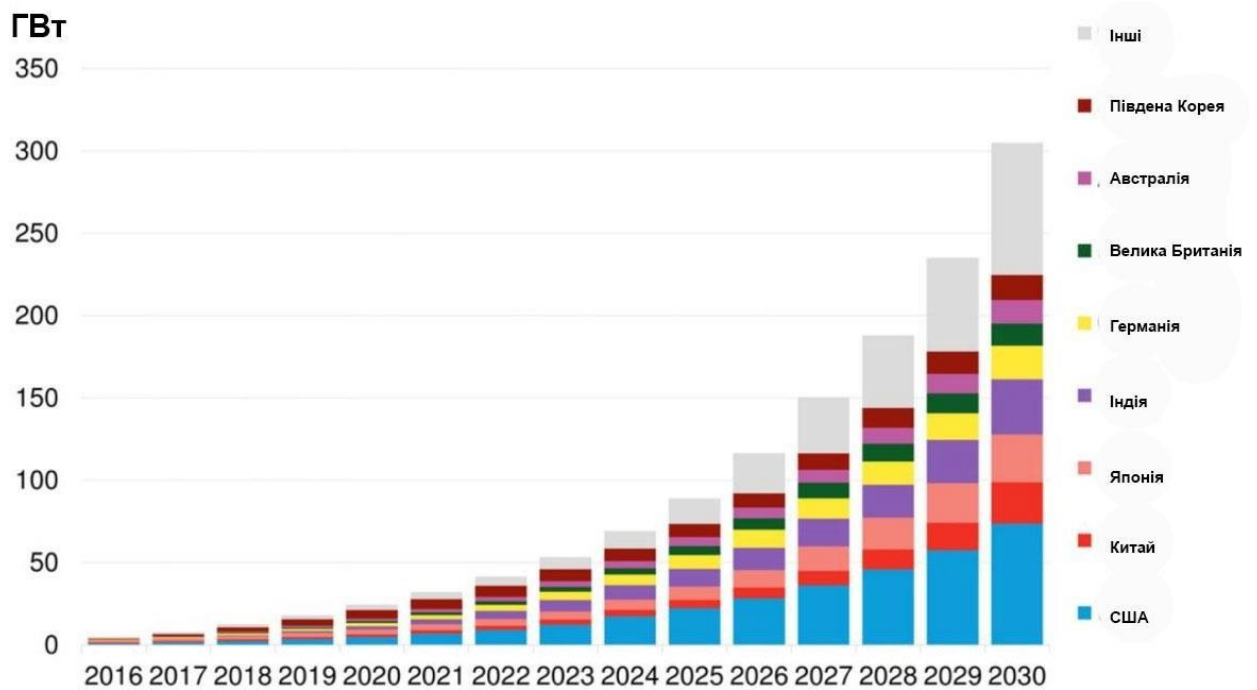


Рисунок В.7 – Використання акумуляторних батарей в світі

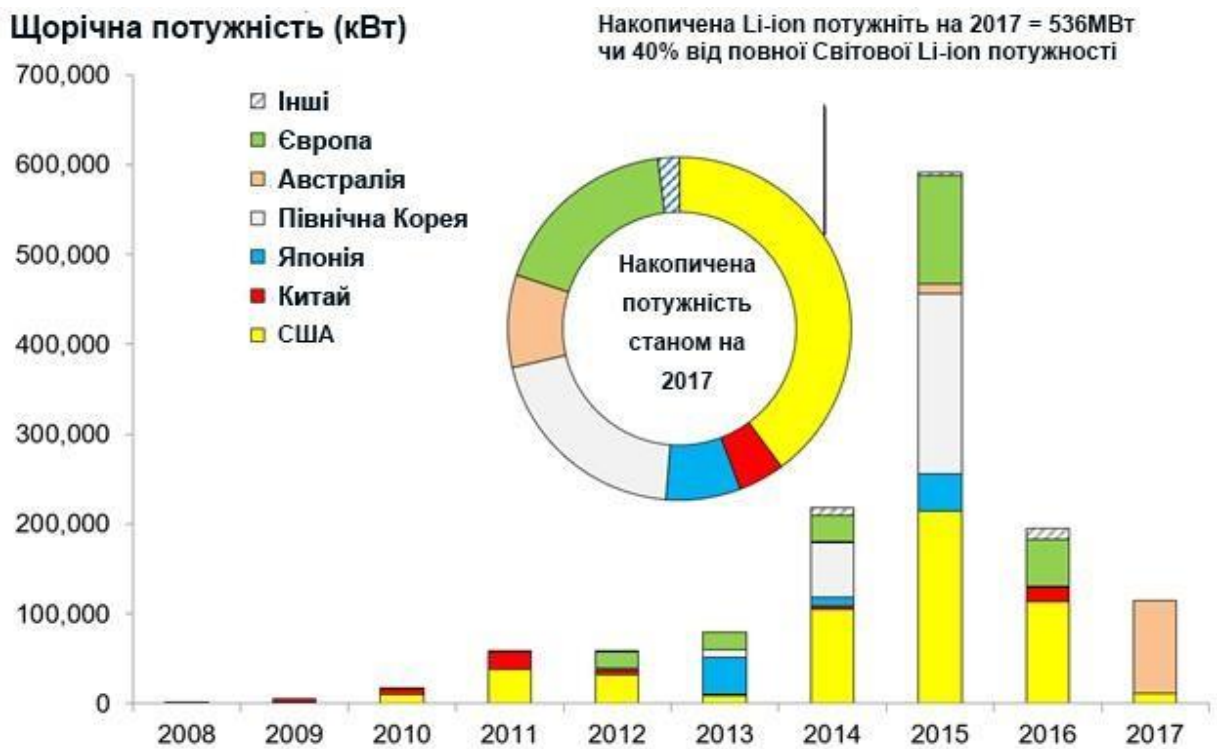


Рисунок В.8 – Статистика серед країн Li-ion накопичення