

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

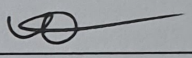
(повна назва кафедри)

менеджменту

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МАЯК», МІСТО ВІННИЦЯ**

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЗЕЕ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Левчук І.М. 

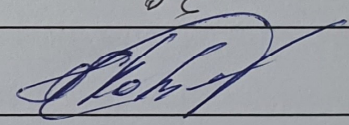
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 05 2024 р.

Рецензент 

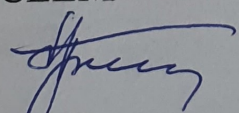
от. Вак. каф. ЕЕМСР Коваль А.М.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 05 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й. 

(прізвище та ініціали)

« 14 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Освітній ступінь – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма - Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Левчуку Ігорю Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця

Керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ

затверджені наказом по ВНТУ від «11» 03 2024 року, №80.

2. Термін подання студентом роботи «11» 06 2024 року.

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

4. Зміст текстової частини

Анотація

Вступ

1 Загальні відомості про підприємство

2 Розрахунок системи електропостачання

3 Встановлення та робота когенераційної установки

4 Охорона праці

Висновки

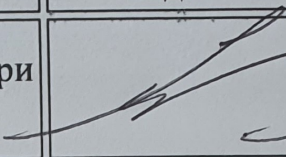
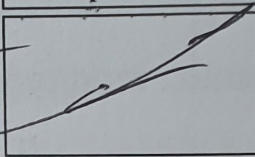
Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

План підприємства із силовими розподільчими та живильними мережами. Однолінійна схема електропостачання підприємства. План електропостачання цеху. Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху. Науково-дослідна робота.

6. Консультанти розділів роботи

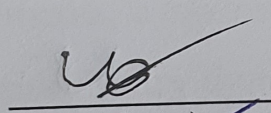
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «27» __05__ 2024 року.

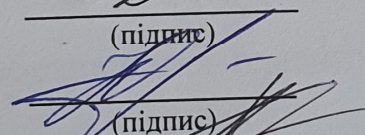
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Примітка	
		Строк виконання етапів роботи	
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.2024	<i>викон.</i>
2	Встановлення та робота когенераційної установки	07.06.2024	<i>викон.</i>
3	Охорона праці	10.06.2024	<i>викон.</i>
4	Графічна частина роботи	11.06.2024	<i>викон.</i>

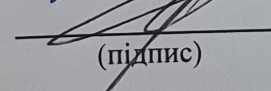
Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Левчук І.М.
(прізвище та ініціали)

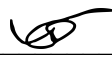
Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

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

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ:
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МАЯК», МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЗЕЕ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Левчук І.М. 
(прізвище та ініціали)
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.
« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Левчуку Ігорю Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця
Керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ

затверджені наказом по ВНТУ від «11» __03__ 2024 року, №80.

2. Термін подання студентом роботи «11» __06__ 2024 року.

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

4. Зміст текстової частини

Анотація

Вступ

1 Загальні відомості про підприємство

2 Розрахунок системи електропостачання

3 Встановлення та робота когенераційної установки

4 Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

План підприємства із силовими розподільчими та живильними мережами. Однолінійна схема електропостачання підприємства. План електропостачання цеху. Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху. Науково-дослідна робота.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «27» __05__ 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва та зміст етапу	Примітка	
		Строк виконання етапів роботи	
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.2024	
2	Встановлення та робота когенераційної установки	07.06.2024	
3	Охорона праці	10.06.2024	
4	Графічна частина роботи	11.06.2024	

Студент


(підпис)

Левчук І.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шулє Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Левчук Ігор Михайлович. Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця. Бакалаврська дипломна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Кафедра ЕСЕЕМ. Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2024. 81 с.

У даній бакалаврській дипломній роботі були здійснені розрахунки для розробки системи електропостачання ПрАТ «МАЯК», а саме здійснено розрахунок електричних навантажень освітлювальних та силових електроприймачів, побудована схема живлення цехової мережі. Також було здійснено вибір провідників цехової і заводської мережі, вибір комутаційно-захисної апаратури та вибрано місце розташування цехових трансформаторних підстанцій на території підприємства, було пораховано струми коротких замикань, а також вибрано автоматичні вимикачі провідних світових фірм. Особливу увагу було приділено встановленню когенераційної установки, задля забезпечення власних потреб заводу та охороні праці на підприємстві.

Ключові слова: розрахунок електропостачання, когенераційна установка, навантаження мережі, вибір апаратури.

Рисунків – 11

Таблиць – 25

Бібліографій – 22

ANOTATION

Levchuk Ihor Mykhailovych. Development of the power supply system of the private joint-stock company «Mayak», the city of Vinnytsia. Bachelor thesis. Specialty 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. ESEEM Department. Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2024. 81p.

In this bachelor's thesis, calculations were made for the development of the power supply system of PJSC «Mayak», namely, the calculation of the electrical loads of lighting and power receivers, the power supply scheme of the workshop network was built, the selection of conductors of the workshop and factory networks, the selection of switching protective equipment, and the location of workshop transformer substations on the territory of the enterprise was selected, short-circuit currents were calculated, and automatic circuit breakers of leading global companies were selected. Particular attention was paid to the installation of a cogeneration plant, in order to ensure the plant's own needs and labor protection at the enterprise.

Keywords: electricity supply calculation, cogeneration plant, electrical network load, selection of equipment.

Figures –11

Tables –25

Bibliographies –22

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальні відомості про підприємство.....	8
1.1 Опис технологічного процесу.....	9
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	13
2 Розрахунок системи електропостачання.....	16
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	16
2.1.1 Вибір схеми цехової мережі.....	16
2.1.2 Розрахунок навантажень цехової мережі.....	18
2.1.3 Вибір комутаційно захисної апаратури та провідників цехової мережі....	20
2.2 Розрахунок електропостачання підприємства.....	24
2.2.1 Розрахунок навантажень підприємства.....	24
2.2.2 Вибір цехових ТП.....	27
2.2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	35
2.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка отриманих рішень.....	36
2.3.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі.....	37
2.3.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000В.....	40
2.3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж.....	42
3 Встановлення та робота когенераційної установки.....	44
3.1 Когенерація та когенераційні установки. Загальні положення.....	53
3.1.1 Вибір когенераційної установки.....	45
3.1.2 Види когенераційних установок.....	46
3.2 Когенераційні установки Viessmann. Основні відомості.....	48
3.3 Переваги та недоліки встановлення когенераційної установки.....	50
3.4 Розрахунок вигідності встановлення когенераційної установки.....	51
3.5 Підключення когенераційної установки.....	52
4. Охорона праці.....	54
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації.....	54
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	54
4.1.2 Електробезпека.....	58

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	59
4.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення.....	59
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	60
4.2.3 Виробниче освітлення.....	60
4.2.4 Виробничий шум.....	61
4.2.5 Виробничі вібрації.....	62
4.3 Пожежна безпека.....	63
Висновок.....	66
Список використаних джерел.....	67
Додатки.....	70
Додаток А – Вихідні дані.....	71
Додаток Б – Протокол перевірки навчальної(кваліфікаційної) роботи	75
Додаток В – Ілюстративна частина.....	76

ВСТУП

Актуальність роботи. Розробка системи електропостачання підприємства має особливе значення в сучасних виробничих умовах. Ось кілька причин підкреслити її важливість.

Надійність і безперебійність. Завод потребує стабільного та надійного електропостачання, щоб забезпечити безперебійну роботу виробничої лінії, машин та обладнання. Навіть короточасні перебої в подачі електроенергії можуть привести до значних виробничих втрат, зупинок обладнання і дефектів продукції, що випускається. Розробка системи електропостачання, що забезпечує надійність і безперебійність, допоможе підтримувати ефективну і продуктивну роботу підприємства.

Енергоефективність та оптимізація. Розробка енергоефективних систем електропостачання дозволяє підприємствам знизити споживання електроенергії та витрати на закупівлю. Цього можна досягти за рахунок впровадження енергоефективного освітлення, систем контролю та управління енергоспоживанням, оптимізації електродвигунів та інших заходів. Енергоефективність допомагає зменшити витрати на електроенергію, а також сприяє сталому розвитку та зменшенню впливу на навколишнє середовище.

Безпека та дотримання стандартів. Для забезпечення безпечних умов праці та запобігання аварійних ситуацій дуже важливо розробити систему електропостачання, що відповідає всім вимогам і нормативам безпеки. На заводі повинні дотримуватися суворі норми і приписи з електробезпеки, гармонійних спотворень, стабільності напруги і іншим параметрам.

Загалом, розвиток системи електропостачання заводу є актуальним і необхідним, оскільки сприяє підвищенню надійності, енергоефективності, безпеки та оптимізації електропостачання, які є важливими факторами успішної роботи та конкурентоспроможності заводу.

Метою роботи є: створення оптимальних рішень, що враховують

потреби підприємства, що забезпечують безперебійне енергоефективне електропостачання і сприяють сталому розвитку.

Основні задачі роботи: забезпечення ефективним і надійним електропостачанням всіх споживачів, зниження ризику аварій і перебоїв в подачі електроенергії, а також підвищення загальної продуктивності і безпеки підприємства.

Об'єкт дослідження: система електропостачання ПрАТ «МАЯК».

Предмет дослідження: розробка системи електропостачання та монтаж когенераційної установки Viessmann.

Короткий зміст розділів. У цьому дослідженні був описаний технічний процес в ПрАТ «МАЯК», розрахована навантаження всієї установки і індивідуально підібраного цеху, вибрано і узгоджено ТП цеху, підібраний трансформатор для них, а також встановлено і проаналізовано зручність установки когенераційної установки Viessmann. Розглядалися питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Використані методи: метод підсумовування навантажень; метод упорядкованих діаграм; методи та закони загальної електротехніки та електроенергетики; метод коефіцієнту попиту.

Практична цінність даної роботи полягає в забезпеченні надійного та безперебійного електропостачання, сприяє енергоефективності, знижує витрати на енергію та дозволяє дотримуватися нормативів безпеки та стандартів електробезпеки. Крім того, розробка сучасної системи електропостачання надає можливість для майбутнього розширення та модернізації підприємства.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Приватне акціонерне товариство «Маяк» (Вінницький завод «Маяк») знаходиться за адресою: Україна, 21029, Вінницька область, місто Вінниця, вулиця Хмельницьке шосе, будинок 105.

Офіційний веб-сайт можна знайти за адресою: <https://termia.com.ua/>.

Вінницький завод «Маяк» - один з провідних виробників електротехнічної продукції в Україні. Завод має багаторічний досвід роботи в галузі електротехніки і зарекомендував себе як надійний постачальник високоякісної продукції.

Історія Вінницького заводу «Маяк» налічує понад 55 років. Він був заснований в 1968 році і з тих пір успішно розвивається, виробляючи широкий спектр електротехнічного обладнання. Завдяки своєму досвіду і кваліфікованому персоналу завод став популярним серед покупців по всій Україні і за кордоном.

Вінницький завод «Маяк» спеціалізується на виробництві електрообладнання, освітлювальних приладів та систем енергозбереження. Його продукція включає електроприлади, розподільні пристрої, освітлення та багато іншого. На цьому заводі виробляють як серійну продукцію, так і спеціальні вироби за індивідуальним замовленням.

Завод «Маяк» відповідає високим стандартам якості та безпеки. При виробництві своєї продукції він використовує сучасні технології та високоякісні матеріали. Компанія має власні дослідницькі та конструкторські відділи, які дозволяють розробляти та впроваджувати нові рішення та технології. З цієї причини продукція заводу «Маяк» відповідає вимогам національних і міжнародних стандартів якості.

Крім того, завод «Маяк» активно займається впровадженням інноваційних рішень і розробкою нових продуктів. Підприємство спрямоване на поліпшення якості продукції, що випускається, підвищення

продуктивності і задоволення потреб клієнтів. Ця фабрика має хорошу репутацію і встановила довгострокові партнерські відносини з клієнтами.

Продукція Вінницького заводу «Маяк» поставляється на внутрішній і зарубіжний ринки. Завод співпрацює з великими компаніями, електротехнічними організаціями та дистриб'юторами в різних регіонах України і за кордоном. Його продукція користується популярністю завдяки високій якості, надійності та інноваційним рішенням.

Вінницький завод «Маяк» продовжує займати лідируючі позиції в галузі електротехніки завдяки своєму досвіду, високій якості продукції та постійному розвитку. Завод продовжує впроваджувати нові технології, задовольняти потреби клієнтів і залишатися одним з важливих гравців на ринку електротехнічної продукції. Крім того, завод «Маяк» активно працює над впровадженням інноваційних рішень та розвитком нових продуктів. Він зосереджується на покращенні якості своєї продукції, збільшенні продуктивності та задоволенні потреб клієнтів. Завод має визнану репутацію та довгострокові партнерські відносини зі своїми клієнтами.

Вінницький завод «Маяк» продовжує займати провідну позицію в галузі електротехніки завдяки своєму досвіду, високій якості продукції та постійному розвитку. Завод має намір продовжувати впроваджувати нові технології, задовольняти потреби своїх клієнтів та залишатися одним з ключових гравців на ринку електротехнічної продукції.

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічний процес виробництва на Вінницькому заводі «Маяк» включає кілька етапів, що забезпечують якісне та ефективне виробництво електротехнічної продукції. Давайте розглянемо основні кроки цього процесу:

Проектування. Проектування є невід'ємною частиною виробництва на Вінницькому заводі «Маяк». Завдяки високому рівню технічного знання та

професіоналізму команди інженерів та дизайнерів, завод здатний розробляти інноваційні та високоякісні електротехнічні рішення.

На початковому етапі проектування проводиться аналіз вимог клієнта та ринкових тенденцій, що дозволяє зрозуміти потреби і визначити цілі проекту. Команда інженерів працює над розробкою концептуального дизайну, де враховуються функціональність, ергономіка, естетичність та енергоефективність продукту.

Далі виконується детальне електричне проектування, під час якого інженери розробляють електричні схеми, системи керування, розташування компонентів та проводять розрахунки електричних параметрів. Велика увага приділяється безпеці та надійності продукту, використанню ефективних електронних компонентів та інтеграції сучасних технологій.

У паралелі з електричним проектуванням, спеціалісти з механічного проектування працюють над створенням детальних технічних креслень, 3D-моделей та специфікацій для виготовлення механічних компонентів продукту. Вони забезпечують, щоб конструкція була міцною, зручною у використанні та відповідала всім вимогам технічних стандартів.

Крім того, на заводі «Маяк» здійснюється вибір оптимальних матеріалів, що використовуються в процесі виготовлення продукту. Залежно від його призначення, враховуються такі фактори, як міцність, тривалість служби, електрична та теплова провідність, а також екологічні вимоги.

Усі розроблені проектні рішення перевіряються через верифікацію та тестування. Це дозволяє переконатися в правильності та ефективності розроблених рішень перед переходом до виробництва. Тести включають електричні, механічні та функціональні випробування для забезпечення високої якості та надійності кінцевого продукту.

Завдяки комплексному підходу до проектування, Вінницький завод «Маяк» здатний розробляти та виробляти електротехнічні вироби, що відповідають високим стандартам якості та задовольняють потреби клієнтів.

Закупівля матеріалів. Закупівля матеріалів на Вінницькому заводі «Маяк» є важливим етапом у виробничому процесі. З метою забезпечення

високої якості та надійності виробів, завод приділяє особливу увагу вибору постачальників та матеріалів.

Процес закупівлі матеріалів на заводі «Маяк» включає такі кроки:

Аналіз потреб. Визначаються потреби в матеріалах на основі виробничих планів, замовлень клієнтів та вимог внутрішніх стандартів якості. Враховуються якісні та кількісні параметри матеріалів.

Пошук постачальників. Завод «Маяк» проводить пошук та відбір надійних постачальників матеріалів. Враховуються критерії якості, ціни, доставки та сертифікації. Встановлюються партнерські відносини з вибраними постачальниками.

Укладання договорів. Завод укладає договори з постачальниками, які визначають умови постачання, ціни, терміни доставки, якість та інші умови співпраці.

Замовлення та поставка. На основі виробничих планів та запитів відділ закупівель робить замовлення на матеріали. Постачальники доставляють матеріали на завод у визначені терміни.

Перевірка та приймання. При отриманні матеріалів проводиться їх перевірка на відповідність замовлення, якість та кількість. Відбувається приймання матеріалів та оформлення необхідних документів.

Складське управління. Матеріали зберігаються на складах згідно з вимогами зберігання та етикетування. Здійснюється контроль за залишками матеріалів та їх раціональним використанням.

Завдяки професійному підходу до закупівель та співпраці з надійними постачальниками, Вінницький завод «Маяк» забезпечується високоякісними та відповідними стандартам матеріалами для виробництва своїх електротехнічних виробів.

Обробка матеріалів. Обробка матеріалів є важливою складовою виробничого процесу. Завод володіє сучасними обладнаннями та технологіями для обробки різних типів матеріалів. Обробка включає такі операції, як: різання, свердління, фрезерування, токарну обробку, шліфування та інші процеси, залежно від вимог та специфікацій виробу.

Завдяки професійному підходу та високій кваліфікації працівників, обробка матеріалів забезпечує точність, якість та відповідність готових деталей вимогам технічних креслень та стандартам якості. Такий підхід гарантує, що виготовлені вироби мають високу якість та можуть задовольнити потреби клієнтів.

Збірка виробів. Збірка виробів на Вінницькому заводі «Маяк» - це процес об'єднання компонентів та деталей для створення готового продукту. Вона включає підготовку робочих місць, огляд компонентів, збірку підсистем, з'єднання компонентів та кінцеву збірку виробу. Після збірки виріб проходить тестування та контроль якості, а потім упаковується та маркується для транспортування та зберігання. Збірка виробів здійснюється з високою увагою до деталей та забезпечує високу якість та надійність готових продуктів.

Тестування. Тестування виробів є важливим кроком для забезпечення високої якості та надійності продукції. Тестування проводиться згідно зі специфікаціями та стандартами якості. Воно включає ряд діагностичних процедур, які перевіряють функціональність, електричні параметри, стійкість до навантажень, ефективність та відповідність вимогам замовника.

Під час тестування використовуються спеціалізовані тестові стенди, випробувальне обладнання та інструменти. Вироби піддаються різноманітним випробуванням, включаючи електричні тести, навантаження, імітацію реальних умов роботи, термічні тести та інші. В результаті тестування виявляються можливі дефекти або несумісності, які підлягають коригуванню або виправленню.

Тестування на Вінницькому заводі «Маяк» забезпечує впевненість в якості виробів перед їх відправленням на ринок. Воно допомагає підтвердити, що кожен виріб відповідає встановленим стандартам та специфікаціям. Тестування виробів гарантує, що клієнти отримують продукцію, яка відповідає їх вимогам та високим стандартам якості.

Пакування. Пакування є важливим етапом після виготовлення продукції. Воно включає захисні та зручні пакувальні матеріали, щоб забезпечити

безпечний транспорт та зберігання виробів. Пакування здійснюється з урахуванням типу та розмірів виробу, його ваги та особливостей.

Під час пакування використовуються відповідні контейнери, ящики, палети та інші засоби для забезпечення стійкості та захисту виробів під час транспортування. Додатково можуть застосовуватися захисні матеріали, такі як: пінопласт, бульбашкова плівка або підкладки для уникнення пошкоджень під час перевезення.

Пакування також включає маркування, де наносяться важливі дані про виріб, його характеристики, інструкції з монтажу та використання, а також сертифікаційні дані, якщо необхідно.

Пакування забезпечує безпеку та цілісність виробів під час транспортування та зберігання. Це дозволяє зберегти якість продукції та задовольнити вимоги клієнтів.

Важливо зазначити, що технологічний процес на Вінницькому заводі «Маяк» постійно піддається контролю та вдосконаленню, з метою забезпечення якості та ефективності виробництва. Завод використовує сучасні технології, інноваційні підходи та кваліфікований персонал для досягнення високих стандартів у виробництві своєї електротехнічної продукції.

1.2 Відомості про споживання електричної енергії споживачів та їх характеристика

На рисунках і таблицях наведених нижче подані вхідні дані для розрахунку (рис.1.1, рис.1.2, табл.1.1, табл.1.2).

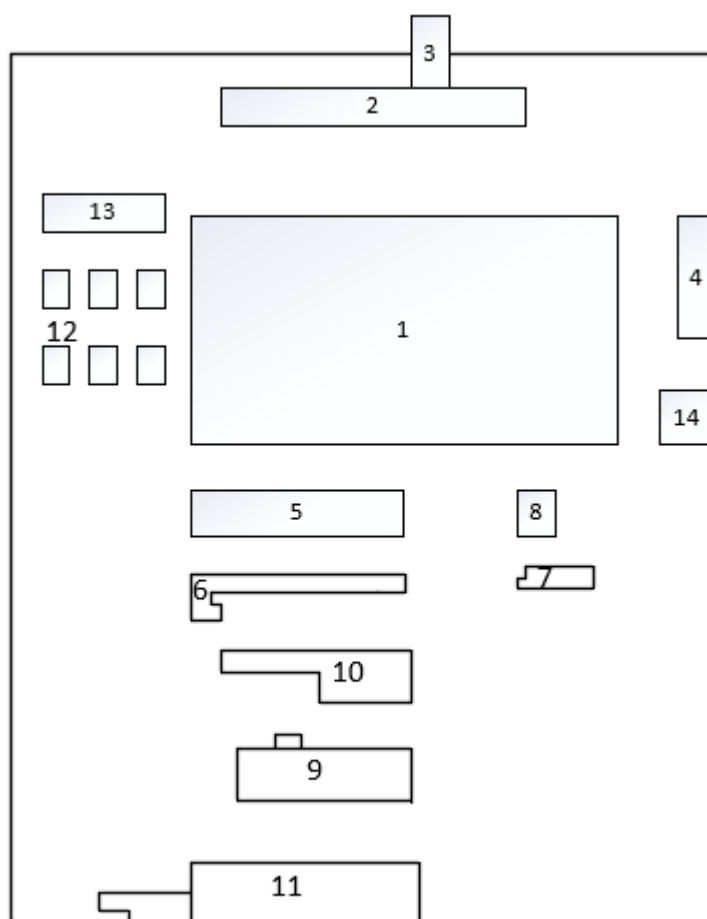


Рисунок 1.1 – Генплан ПрАТ «Маяк»

Таблиця 1.1 – Склад цехів підприємства, кількість змін та потужність їх ЕП

Назва цехів	P_n , кВт	$\cos$	tg	K_n	K_v
1.Цеховий корпус	5130	0,9	0,484	0,4	0,3
2.Збірно-монтажний	220	0,65	1,169	0,3	0,2
3.Адміністративний корпус	70	0,6	1,333	0,3	0,3
4.Ремонтно-механічний	330	0,75	0,882	0,25	0,2
5.Цех друкованих плат	290	0,6	1,333	0,4	0,3
6.Відділ випробувань	210	0,8	0,750	0,3	0,25
7.Котельня	1720	0,75	0,882	0,6	0,5
8.Енергоблок	950	0,85	0,620	0,6	0,45
9.Нестандартного обладнання	260	0,61	1,299	0,3	0,25
10. Тарно-пакувальний	50	0,7	1,020	0,35	0,3
11.КСК «Маяк»	40	0,9	0,484	0,4	0,3
12.Склади ОМТС	70	0,8	0,750	0,4	0,3
13.Термопластавтомати	1120	0,76	0,85	0,3	0,2
14.Очисні споруди	170	0,8	0,750	0,4	0,35

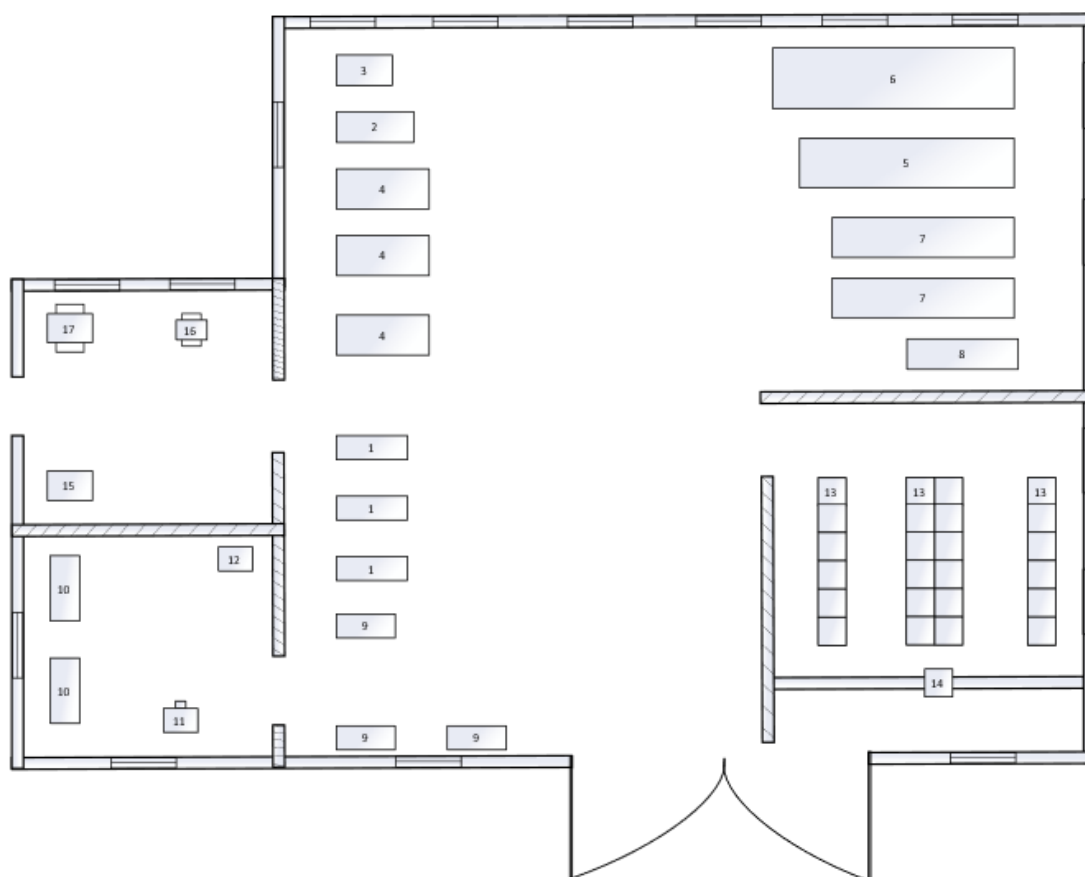


Рисунок 1.2 – План цеху термопластавтоматів з розміщенням електроприймачів

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху термопластавтоматів

Назва електроприймача	$P_{\text{вст.}}$	Кількість	$\cos\phi$	$K_{\text{в}}$
1.Термопластавтомат	25	3	0,85	0,12
2.Термопластавтомат	23,5	1	0,85	0,12
3.Термопластавтомат	12	1	0,85	0,12
4.Термопластавтомат	31,6	3	0,85	0,12
5.Термопластавтомат	30	1	0,85	0,12
6.Термопластавтомат	57	1	0,85	0,12
7.Термопластавтомат	40	2	0,85	0,12
8.Термопластавтомат	54	1	0,85	0,12
9.Шкаф сушильний	9,5	3	0,95	0,7
10.Подрібнювач пластмаси	2	2	0,85	0,7
11.Сепаратор магнітний	1,5	1	0,85	0,7
12. Подрібнювач пластмаси	2,5	1	0,85	0,7
13.Стелаж	0	68	-	-
14.Кран-штабелер	0	1	-	-
15.Вертикально-свердильний верстат	1,8	1	0,45	0,8
16.Універсально-фрезерувальний верстат	1,8	1	0,4	0,8
17. Плоскошліфувальний верстат	4,35	1	0,70	0,8

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень включає оцінку споживаної потужності та енергії з метою забезпечення оптимального електропостачання. Цей процес включає визначення типів обладнання, їх потужності, режиму роботи та тривалості роботи. Крім того, враховуються фактори одночасності навантажень та безпеки, що дозволяє визначити максимальне навантаження на систему та запаси потужності.

Розрахунок електричних навантажень важливий для правильного вибору обладнання, проводки та джерел енергії, забезпечення стабільності та надійності електропостачання. Це допомагає підтримувати ефективну роботу виробничих процесів, зменшити втрати енергії та забезпечити економію ресурсів. Розрахунок електричних навантажень дозволяє виробити оптимальні рішення щодо проектування та розвитку електричної системи на Вінницькому заводі «Маяк».

2.1.1 Вибір схеми цехової мережі

Вибір схеми цехової мережі є важливим етапом при проектуванні системи електропостачання. При виборі оптимальної схеми необхідно враховувати ряд факторів, таких як типи навантаження, їх потужність, розташування пристроїв, безпеку та економічні аспекти.

Однією з поширених схем цехової мережі є радіальна схема, де живлення відбувається від однієї головної підстанції до окремих розподільних пристроїв. Ця схема є простою та економічно вигідною, але потребує ретельного розрахунку для забезпечення рівномірного розподілу навантаження.

Іншою можливою схемою є кільцева мережа, де живлення подається через кілька живильних пунктів, що утворюють закритий кільцевий контур.

Ця схема забезпечує більшу надійність, оскільки в разі відмови одного живильного пункту, електропостачання продовжується через інші.

Також можна розглядати комбіновану схему, яка поєднує різні принципи і використовує переваги обох варіантів. Це дозволяє забезпечити оптимальний баланс між надійністю, ефективністю та економічністю системи.

Всі електроприймачі розбиваються на характерні групи з більш або менш однаковим режимом.

В роботі визначаємо розрахункове навантаження окремих груп електроприймачів і навантаження на шинах 0,4 кВ цехової ТП.

Алгоритм визначення розрахункових навантажень цеху:

Вибираємо схему цехової мережі, керуючись такими умовами: найближче розміщення РП до споживачів, споживачі, потужність яких більше 55 кВт, живляться безпосередньо від ТП. У головному корпусі встановлено чотири РП, навантаження на яких розподілено приблизно однаково.

Враховуючи компактність розташування електроприймачів, то доцільно підключити їх до п'ятьох розподільчих пунктів та одного шинопровода, а саме:

РП-1 - електроприймачі 1(3), 9(3);

РП-2 – електроприймачі 10(2), 11, 12;

РП-3 - електроприймачі 15, 16, 17;

РП-4 - електроприймачі 5, 6;

РП-5 - електроприймачі 7(2), 8;

ШРА-1 - електроприймачі 2, 3, 4(3);

Розподільчі пункти РП-1, РП-2, РП-3, РП-4, РП-5, ШРА-1 в свою чергу, живляться від трансформаторної підстанції КТП, що розташована поблизу цеху.

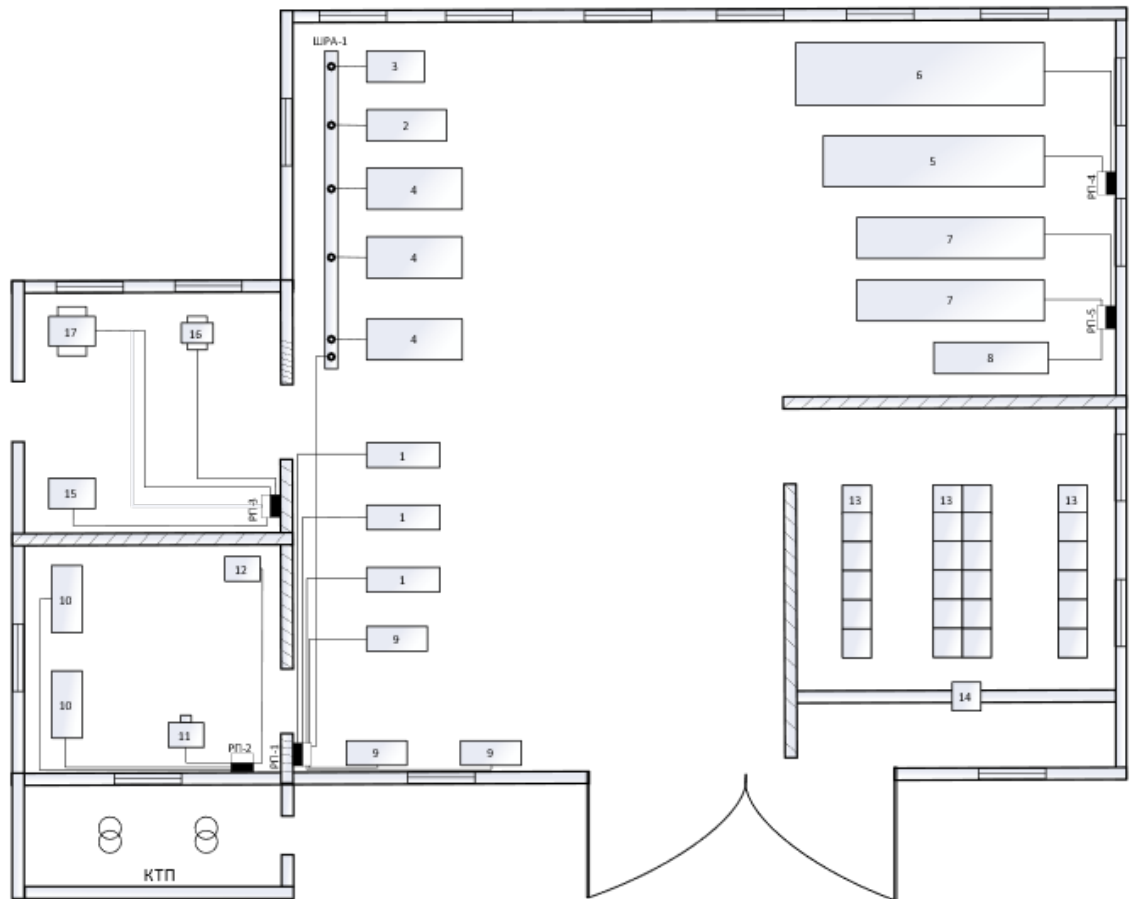


Рисунок 2.1 - План електропостачання головного корпусу

2.1.2 Розрахунок навантажень цехової мережі

Розрахунок навантажень цехової мережі показаний на прикладі розрахунку головного корпусу. Для прикладу виберемо розрахунок для ШРА-1.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для термопластавтомата

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 23,5 \cdot 0,12 = 2,82 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \phi = 1 \cdot 23,5 \cdot 0,12 \cdot 0,61 = 1,72 \text{ кВАр}, \quad (2.2)$$

де P_{cm} – середня активна потужність, кВт;

P_H – сумарна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт;

Q_{cm} – середня реактивна потужність, кВАр;

K_B – коефіцієнт використання, в.о.;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт потужності, в.о.;

Розрахункові навантаження ШРА-1 визначаємо в такій послідовності:

Знаходимо коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{15,6}{130,3} = 0,12. \quad (2.3)$$

Знаходимо ефективне число ЕП:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} = \frac{130,3^2}{3691,9} = 4,6 \approx 4. \quad (2.4)$$

З таблиці 1.1 $K_p = 2,35$ і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів групи А:

Знаходимо розрахункову активну, реактивну та повну потужність РП-1 для групи А за формулою:

$$P_M = K_p \cdot n \cdot P_H \cdot K_B = 2,35 \cdot 15,6 = 36,66 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

$$Q_M = 1,1 \cdot n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1,1 \cdot 9,01 = 9,918 \text{ кВАр}, \quad (2.6)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{36,66^2 + 9,918^2} = 37,97 \text{ кВА}. \quad (2.7)$$

Знаходимо розрахунковий струм корпусу:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{37,97}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 58,42 \text{ А}. \quad (2.8)$$

Аналогічно виконуються розрахунки для всіх інших РП, результати заносимо в табл. 2.1.

Приведемо розрахунок по корпусу вцілому:

Груповий коефіцієнт використання та ефективне число ЕП:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{80,02}{470,75} = 0,17, \quad (2.9)$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} = \frac{470,75^2}{29635,44} = 7,47 \approx 7. \quad (2.10)$$

Значення коефіцієнта розрахункового максимуму навантаження K_M для групи А головного корпусу буде дорівнювати 1,54.

Знаходимо розрахункову активну, реактивну потужність корпусу:

$$P_M = K_p \cdot n \cdot P_H \cdot K_B = 1,54 \cdot 80,02 = 123,23 \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

$$Q_M = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \phi = 1,1 \cdot 16 = 17,6 \text{ кВАр.} \quad (2.12)$$

Знаходимо повну розрахункову потужність корпусу:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{123,23^2 + 17,6^2} = 124,48 \text{ кВА.} \quad (2.13)$$

Знаходимо розрахунковий струм корпусу:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{124,48}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 191,50 \text{ А.} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень цеху

Вихідні дані						Розрахункові величини			n _c	Кр	Розрахункові навантаження			
Завдання технологів			Довідникові дані			n·P _H ·K _B	n·P _H ·K _B ·tg φ	n·P _H ²			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	I _p , А
Найменування ЕП	n	P _H , кВт	n·P _H , кВт	K _B	tg φ	кВт	кВар	кВА						
Термопластавтомат (1)	3	25	75	0,12	0,6	9,00	5,4	1875						
Шкаф сушильний (9)	3	9,5	28,5	0,70	0,32	19,95	6,384	270,75						
Всього РП-1	6		103,5	0,28		28,95	11,784	2145,75	5,0	1,35	39,1	13,0	41,2	62,6
Подрібноувач пластмаси (10)	2	2	4	0,70	0,6	2,80	1,68	8						
Сепаратор магнітний (11)	1	1,5	1,5	0,70	0,6	1,05	0,63	2,25						
Подрібноувач пластмаси (12)	1	2,5	2,5	0,70	0,6	1,75	1,05	6,25						
Всього РП-2	4		8	0,70		5,60	3,36	16,5	3,9	1,14	6,4	3,7	7,4	11,2
Вертикально-свердильний верстат (15)	1	1,8	1,8	0,45	0,6	0,81	0,486	3,24						
Універсально-фрезерувальний (16)	1	1,8	1,8	0,40	0,6	0,72	0,432	3,24						
Плоскошліфувальний верстат (17)	1	4,35	4,35	0,70	0,6	3,05	1,827	18,9225						
Всього РП-3	3		7,95	0,58		4,58	2,745	25,4025	2,5	1,33	6,1	3,0	6,8	10,3
Термопластавтомат (5)	1	30	30	0,12	0,6	3,60	2,16	900						
Термопластавтомат (6)	1	57	57	0,12	0,6	6,84	4,104	3249						
Всього РП-4	2		87	0,12		10,44	6,264	4149	1,8	5,33	55,6	6,9	56,1	85,2
Термопластавтомат (7)	2	40	80	0,12	0,6	9,60	5,76	3200						
Термопластавтомат (8)	1	54	54	0,12	0,6	6,48	3,888	2916						
Всього РП-5	3		134	0,12		16,08	9,648	6116	2,9	4,33	69,6	10,6	70,4	107,0
Термопластавтомат (2)	1	23,5	23,5	0,12	0,6	2,82	1,692	552,25						
Термопластавтомат (3)	1	12	12	0,12	0,6	1,44	0,864	144						
Термопластавтомат (4)	3	31,6	94,8	0,12	0,6	11,38	6,8256	2995,68						
Всього ШРА-1	5		130,3	0,12		15,64	9,3816	3691,93	4,6	2,35	36,7	10,3	38,2	58,0
Всього по цеху	23		470,75	0,172662772		81,281	43,1826	16144,6	13,73	0,80	65,02	47,50	80,53	122,35

2.1.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись наступні умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_M, \quad (2.15)$$

$$I_{с.в} = K_H \cdot I_{п}, \quad (2.16)$$

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

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

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

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

$K_{н}$ – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

$I_{п}$ – піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до ШРА-1.

Розрахунковий струм цієї лінії буде мати вигляд:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{38,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 58 \text{ [A]}, \quad (2.17)$$

Пусковий струм визначимо наближено, в залежності від типу приводу:

$$I_{п} = I_{м} - K_B \cdot I_{н.макс} + I_{п.макс}, \quad (2.18)$$

де $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ – номінальний струм і пусковий струм найбільш потужних електроприймачів,

а K_B – коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_{п} = I_{м} - K_B \cdot I_{н.макс} + I_{п.макс} = 58 - 27,84 + 53,81 = 83,97 \text{ [A]}. \quad (2.19)$$

Вибираємо для захисту лінії від ТП до РП-1 автоматичний вимикач серії ЕВ з тепловими і електромагнітними розчіплювачами. Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_{м} = I_{н.розч} \geq 1,1 \cdot 58,0 = 63,8 \text{ [A]}, \quad (2.20)$$

$$I_{с.в} = K_{н} \cdot I_{п} = I_{с.в} \geq 9 \cdot 60 = 540 \text{ [A]}. \quad (2.21)$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач Etі Break з номінальним струмом вимикача 80 А, номінальним струмом розчіплювача 80 А (кратність струму 1) та струмом спрацювання відсічки 1200 А (кратність струму 15).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ЕВ з напівпровідниковим розчіплювачем для ліній від ТП до РП-1 – РП-2.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від РП1 до ЕП – 1,2,3.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos(\varphi)} = \frac{31,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 56,4838 \text{ [A]}, \quad (2.22)$$

$$I_\Pi = 2 \cdot I_M = 2 \cdot 56,4838 = 112,9677 \text{ [A]}. \quad (2.23)$$

За умовами вибору автоматичних вимикачів розрахуємо струм розщиплювача та струм відсічки:

$$I_{H.розч} \geq K_{відс} \cdot I_M = I_{H.розч} \geq 1 \cdot 56,4838 = 56,4838 \text{ [A]}, \quad (2.24)$$

$$I_{с.в} = K_H \cdot I_\Pi = I_{с.в} \geq 1,5 \cdot 112,9677 = 182,30 \text{ [A]}. \quad (2.25)$$

Вибираємо для захисту 3 ЕП автоматичний вимикач серії Etі Break з номінальним струмом 63 А.

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для інших споживачів. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вибір комутаційно-захисної апаратури

№ ЕП	Найменування ЕП	Рн, кВт	cosφ	Ім	Іп	№РП	Тип	Іном, А	Ін.розч, А	Ісв, А
1	Термопластавтомат	25	0,85	44,6866	89,3731	РП-1	ЕВ-100/3L 50А 3р	50	50	750
9	Шкаф сушильний	9,5	0,95	15,1934	30,3869	РП-1	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
10	Подрібнювач пластмаси	2	0,85	3,5749	7,1499	РП-2	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
11	Сепаратор магнітний	1,5	0,85	2,6812	5,3624	РП-2	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
12	Подрібнювач пластмаси	2,5	0,85	4,4687	8,9373	РП-2	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
15	Вертикально-свердильний верстат	1,8	0,45	6,0774	12,1547	РП-3	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
16	Універсально-фрезерувальний	1,8	0,4	6,8370	13,6741	РП-3	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
17	Плоскошліфувальний верстат	4,35	0,7	9,4416	18,8833	РП-3	ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
5	Термопластавтомат	30	0,85	53,6239	107,2478	РП-4	ЕВ-100/3L 63А 3р	63	63	945
6	Термопластавтомат	57	0,85	101,8854	203,7708	РП-4	ЕВ-100/3L 125А 3р	125	125	1875
7	Термопластавтомат	40	0,85	71,4985	142,9970	РП-5	ЕВ-100/3L 80А 3р	80	80	1200
8	Термопластавтомат	54	0,85	96,5230	193,0460	РП-5	ЕВ-100/3L 100А 3р	100	100	1500
2	Термопластавтомат	23,5	0,85	42,0054	84,0108	ШРА-1	ЕВ-100/3L 50А 3р	50	50	750
3	Термопластавтомат	12	0,85	21,4496	42,8991	ШРА-1	ЕВ-100/3L 32А 3р	32	32	480
4	Термопластавтомат	31,6	0,85	56,4838	112,9677	ШРА-1	ЕВ-100/3L 63А 3р	63	63	945
РП-1				174,7245	349,4490		ЕВВ2 250/3L 200А 3р	200	200	1800
РП-2				14,2997	28,5994		ЕВ-100/3L 16А 3р	16	16	240
РП-3				20,1313	40,2626		ЕВ-100/3L 32А 3р	32	32	480
РП-4				155,5093	311,0186		ЕВВ2 250/3L 200А 3р	160	160	1440
РП-5				239,5200	479,0401		ЕВВ2 250/3L 250А 3р	250	250	2250
ШРА-1				232,9064	465,8128		ЕВВ2 250/3L 250А 3р	250	250	2250

Переріз провідників в мережах напругою до 1кВ вибирають за допустимим нагріванням.

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_m & \text{— для нормальних приміщень;} \\ 1,25 \cdot I_m & \text{— для побутових приміщень.} \end{cases}$$

Відповідно вимог правил улаштування електроустановок вибираємо наступні способи прокладки ліній:

від ГПП до РП-1 - РП-3 прокладка проводами ВВГнг;

від РП-1 до ЕП – 2 – 4 всі електроприймачі проводами ВВГнг;

Від ТП до РП-1 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_m = 174,7245 \text{ [A]}.$$

Допустимий тривалий струм для АПВ прокладених в трубі складає 175 А, що задовольняє умову

Аналогічно обираємо переріз решти провідників цехової мережі.

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить 3 ЕП:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_n} \cdot l = 6,34 \text{ [В]}, \quad (2.26)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% = 1.66 \text{ [%]}. \quad (2.27)$$

Згідно ГОСТ 13109-37 допустимим є відхилення напруги 5%, тому виберемо провід залишаємо ВВГнг, ВВГнг перерізом 95 мм² для РП-1, для інших споживачів розрахунок виконуємо аналогічно та заносимо результати в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір провідників

№ ЕП	Найменування ЕП	Рн, кВт	cosφ	Im	Ін.розч, А	№РП	Тип	Переріз	Idоп
1	Термопластавтомат	25	0,85	44,6866	50	РП-1	ВВГнг	10	51,15
9	Шкаф сушильний	9,5	0,95	15,1934	16	РП-1	ВВГнг	2,5	23,25
10	Подрібнювач пластмаси	2	0,85	3,5749	16	РП-2	ВВГнг	2,5	23,25
11	Сепаратор магнітний	1,5	0,85	2,6812	16	РП-2	ВВГнг	2,5	23,25
12	Подрібнювач пластмаси	2,5	0,85	4,4687	16	РП-2	ВВГнг	2,5	23,25
15	Вертикально-свердильний	1,8	0,45	6,0774	16	РП-3	ВВГнг	2,5	23,25
16	Універсально-фрезерувальний	1,8	0,4	6,8370	16	РП-3	ВВГнг	2,5	23,25
17	Плоскошліфувальний верстат	4,35	0,7	9,4416	16	РП-3	ВВГнг	2,5	23,25
5	Термопластавтомат	30	0,85	53,6239	63	РП-4	ВВГнг	16	69,75
6	Термопластавтомат	57	0,85	101,8854	125	РП-4	ВВГнг	50	132,95
7	Термопластавтомат	40	0,85	71,4985	80	РП-5	ВВГнг	25	88,35
8	Термопластавтомат	54	0,85	96,5230	100	РП-5	ВВГнг	35	111,6
2	Термопластавтомат	23,5	0,85	42,0054	50	ШРА-1	ВВГнг	10	51,15
3	Термопластавтомат	12	0,85	21,4496	32	ШРА-1	ВВГнг	4	32,55
4	Термопластавтомат	31,6	0,85	56,4838	63	ШРА-1	ВВГнг	16	69,75
РП-1				174,7245	200		ВВГнг	95	204,6
РП-2				14,2997	16		ВВГнг	2,5	23,25
РП-3				20,1313	32		ВВГнг	4	32,55
РП-4				155,5093	160		ВВГнг	70	167,4
РП-5				239,5200	250		ВВГнг	120	225,06
ШРА-1				232,9064	250		ВВГнг	120	225,06

Таблиця 2.4 – Втрати напруги

№ ЕП	Найменування ЕП	P _н , кВт	cosφ	I _м	№РП	Тип	Переріз	гпит Ом/км	L, м	dU, В	dU, %
1	Термопластавтомат	25	0,85	44,6866	РП-1	ВВГнг	10	1,83	6,3	2,6295	0,691974
9	Шкаф сушильний	9,5	0,95	15,1934	РП-1	ВВГнг	2,5	7,41	3,1	6,29664	1,657011
10	Подрібноувач пластмаси	2	0,85	3,5749	РП-2	ВВГнг	2,5	7,41	7,2	2,024205	0,532685
11	Сепаратор магнітний	1,5	0,85	2,6812	РП-2	ВВГнг	2,5	7,41	3,1	1,614316	0,42482
12	Подрібноувач пластмаси	2,5	0,85	4,4687	РП-2	ВВГнг	2,5	7,41	9,5	1,669266	0,439281
15	Вертикально-свердильний	1,8	0,45	6,0774	РП-3	ВВГнг	2,5	7,41	7,4	1,382006	0,363686
16	Універсально-фрезерувальний	1,8	0,4	6,8370	РП-3	ВВГнг	2,5	7,41	9,5	1,72726	0,454542
17	Плоскошліфувальний верстат	4,35	0,7	9,4416	РП-3	ВВГнг	2,5	7,41	15,7	3,95952	1,041979
5	Термопластавтомат	30	0,85	53,6239	РП-4	ВВГнг	16	1,16	4,6	6,78952	1,786716
6	Термопластавтомат	57	0,85	101,8854	РП-4	ВВГнг	50	0,51	7,2	4,140419	1,089584
7	Термопластавтомат	40	0,85	71,4985	РП-5	ВВГнг	25	0,727	5,5	3,621939	0,953142
8	Термопластавтомат	54	0,85	96,5230	РП-5	ВВГнг	35	0,92	3,5	9,295177	2,446099
2	Термопластавтомат	23,5	0,85	42,0054	ШРА-1	ВВГнг	10	1,83	3,2	3,694977	0,972362
3	Термопластавтомат	12	0,85	21,4496	ШРА-1	ВВГнг	4	4,61	3,2	6,343036	1,66922
4	Термопластавтомат	31,6	0,85	56,4838	ШРА-1	ВВГнг	16	1,15	3,2	8,22534	2,164563
РП-1				174,7245		ВВГнг	95	0,34	9,4	6,42101	1,68974
РП-2				14,2997		ВВГнг	2,5	7,41	19,8	2,285393	0,601419
РП-3				20,1313		ВВГнг	4	4,61	32,6	2,44267	0,642808
РП-4				155,5093		ВВГнг	70	0,268	11,8	10,36094	2,726563
РП-5				239,5200		ВВГнг	120	0,151	9	9,924391	2,611682
ШРА-1				232,9064		ВВГнг	120	0,151	9,6	5,738215	1,510057

2.2 Розрахунок електропостачання підприємства

Розрахунок електропостачання підприємства – це комплексний процес, який включає детальний аналіз і визначення електричних навантажень, прогнозування режимів роботи, врахування факторів одночасності та розрахунок запасу потужності.

Під час розрахунку електричних навантажень враховуються всі споживачі електроенергії на підприємстві, включаючи основне обладнання, освітлення, системи кондиціонування повітря, підігріву та інші електричні пристрої. Аналіз режимів роботи дозволяє визначити максимальні та середні навантаження, а також навантаження в перехідних процесах.

В результаті розрахунку електропостачання підприємства визначається оптимальна конфігурація системи, включаючи вибір джерел енергії, розподільних пунктів, проводки та іншого обладнання. Це допомагає забезпечити стабільне та ефективне електропостачання підприємства, враховуючи його потреби та вимоги.

2.2.1 Розрахунок навантажень підприємства

Розрахунок навантажень інших цехів та заводу в цілому виконуємо за

методом коефіцієнта попиту [2, 3] з урахуванням освітлювального навантаження за даними питомого освітлювального навантаження на одиницю площі цехів.

Вихідними даними даної задачі є:

1. встановлена потужність всіх цехів, що входять до підприємства;
2. коефіцієнт потужності $\cos \varphi$;
3. коефіцієнт попиту $K_{\text{п}}$;
4. коефіцієнт використання $K_{\text{в}}$;
5. площа цехів $S_{\text{ц}}$;
6. коефіцієнт попиту освітлювальної мережі $K_{\text{по}}$;
7. питома потужність освітлення $P_{\text{пит}}$.

Розрахунки будемо проводити за наступними формулами:

Розрахункова потужність електричного освітлення:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{пит}} \cdot K_{\text{по}} \cdot S_{\text{ц}}, \quad (2.28)$$

де $P_{\text{пит}}$ – потужність освітлювальної установки на один квадратний метр;

$K_{\text{по}}$ – коефіцієнт попиту на освітлення;

$S_{\text{ц}}$ – площа цехів.

Змінна (середня) потужність, за найбільш завантажену зміну визначається за методом коефіцієнта використання.

Активна потужність за зміну буде мати вигляд:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{в}} \cdot P_{\text{вст}}, \quad (2.29)$$

де $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання цехів;

$P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність цехів.

Активна потужність за зміну з врахуванням освітлення:

$$P_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot P_{\text{ро}}. \quad (2.30)$$

Реактивна потужність за зміну:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \tan \varphi. \quad (2.31)$$

Повна потужність за зміну:

$$S_{\text{см}} = \sqrt{(P_{\text{см}})^2 + (Q_{\text{см}})^2}. \quad (2.32)$$

В цілому по заводу повна потужність визначається за формулою:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(\sum P_{\Sigma})^2 + (\sum Q_{\Sigma})^2}, \quad (2.33)$$

де $\sum P_{\Sigma}$ – сумарна активна потужність за зміну по заводу;

$\sum Q_{\Sigma}$ – сумарна реактивна потужність за зміну по заводу.

Розрахункова активна потужність:

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{\Pi} + P_{po}, \quad (2.34)$$

де K_{Π} – коефіцієнт попиту;

P_{Π} – встановлена потужність цехів.

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_p = K_{\Pi} \cdot P_{\Pi} + tg\phi. \quad (2.35)$$

Розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2}, \quad (2.36)$$

де P_p – розрахункова активна потужність з урахуванням освітлювального навантаження; Q_p – розрахункова реактивна потужність.

Розрахункова потужність всього підприємства визначається по активній і реактивній потужності цехів з урахуванням того, що дане підприємство містить групи приймачів електроенергії з різними режимами роботи. Тоді повна розрахункова потужність усього підприємства збільшується на коефіцієнт різночасності максимумів навантаження окремих груп – $K_H=0,8$.

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(P_{\Sigma})^2 + (\sum Q_{\Sigma})^2 \cdot K_H}. \quad (2.37)$$

K_H треба враховувати також окремо для активної та реактивної сумарної потужності, бо далі використовуємо не тільки S_{Σ} , але й P_{Σ} та Q_{Σ} .

$$P_{\Sigma} = \sum P_{pi}; \quad Q_{\Sigma} = \sum Q_{pi}$$

Розрахунковий струм по цеху:

$$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_n, \quad (2.38)$$

де U_n – номінальна напруга мережі живлення підприємства.

Розрахунковий струм по підприємству

$$I_{p\Sigma} = S_{p\Sigma} / \sqrt{3} \cdot U_n. \quad (2.39)$$

Результати розрахунків занесені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Сумарне навантаження підприємства

№	Назва цехів				Кп	Кв	Світло			Рро, кВт	Середні навантаження				Розрахункові навантаження			
		Рн, кВт	cos φ	tg φ			Р, м²	Кпо	Рпит, кВт/м²		Рсм, кВт	Осм, кВт	Ссм, кВт	Ісм, А	Рр, кВт	Ор, кВт	Ср, кВт	Ір, А
1	Цеховий корпус	5130	0,9	0,484	0,4	0,3	19 822	0,8	0,014	222,0064	1539	2482,92	2921,200563	443,8305	2274,006	2052,484	3063,296	465,42
2	Збірно-монтажний	220	0,65	1,169	0,3	0,2	3911	0,85	0,012	39,8922	44	257,18	260,9167538	39,6422	105,8922	67,169	125,3987	19,05236
3	Адміністративний корпус	70	0,6	1,333	0,3	0,3	1095	0,9	0,015	14,7825	21	93,31	95,64390258	14,53159	35,7825	22,333	42,17997	6,408584
4	Ремонтно-механічний	330	0,75	0,882	0,25	0,2	2080	0,7	0,012	17,472	66	291,06	298,4491977	45,34466	99,972	83,382	130,1805	19,77888
5	Цех друкуваних плат	290	0,6	1,333	0,4	0,3	2844	0,75	0,014	29,862	87	386,57	396,239025	60,20229	145,862	117,333	187,1971	28,44166
6	Відділ випробувань	210	0,8	0,75	0,3	0,25	1447	0,9	0,014	18,2322	52,5	157,5	166,0195772	25,22407	81,2322	63,75	103,2605	15,68881
7	Котельня	1720	0,75	0,882	0,6	0,5	1216	0,9	0,012	13,1328	860	1517,04	1743,849294	264,9505	1045,133	1032,882	1469,404	223,2528
8	Енергоблок	950	0,85	0,62	0,6	0,45	640	0,8	0,015	7,68	427,5	589	727,7892896	110,5761	577,68	570,62	811,9861	123,3685
9	Нестандартного обладнання	260	0,61	1,299	0,3	0,25	2125	0,8	0,015	25,5	65	337,74	343,9379415	52,25596	103,5	79,299	130,3863	19,81015
10	Гарно-пакувальний	50	0,7	1,02	0,35	0,3	1820	0,8	0,014	20,384	15	51	53,16013544	8,076847	37,884	18,52	42,16856	6,406851
11	КСК "Маяк"	40	0,9	0,484	0,4	0,3	2956	0,95	0,012	33,6984	12	19,36	22,7773923	3,460667	49,6984	16,484	52,3608	7,9554
12	Склади ОМТС	70	0,8	0,75	0,4	0,3	2347	0,6	0,014	19,7148	21	52,5	56,54423047	8,591007	47,7148	28,75	55,70695	8,463796
13	Термопластавтомати	1120	0,76	0,85	0,3	0,2	1408	0,7	0,012	11,8272	224	952	977,997955	148,5914	347,8272	336,85	484,2021	73,5669
14	Очисні споруди	170	0,8	0,75	0,4	0,35	647	0,6	0,012	4,6584	59,5	127,5	140,7000355	21,37716	72,6584	68,75	100,029	15,19784
15	Всього по підприємству						24536			478,8429	3493,5	7314,68	8106,114097	1246,655	5024,843	4558,606	5427,629	1032,813

2.2.2 Вибір цехових ТП

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P)^2 + (\Sigma Q)^2}, \quad (2.40)$$

де S_i – повна розрахункова потужність цеха, кВА.

$$S_{\Sigma} = 5427,629 \text{ (кВА)}.$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (2.41)$$

де F_i – площа цеха, м².

$$F_{\Sigma} = 24536 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.42)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{5427,629}{24536} = 0,221 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

Так як Вінницький завод «Маяк» відноситься до II категорії з надійності електропостачання розглянемо 2 варіанти спорудження двотрансформаторних підстанцій з $S_{\text{номТР}}=630$ кВА; $S_{\text{номТР}}=1000$ кВА.

Варіант 1: $S_{\text{номТР}}=630$ кВА.

Визначаємо економічне число підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.ТР}} \cdot K_3}, \quad (2.43)$$

де $k_3 = 0,7 \div 0,8$ – коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції при переважанні споживачів II та III категорії надійності електропостачання.

$$N_{\text{ек}} = \frac{5427,62}{2 \cdot 630 \cdot (0,7 \div 0,8)} = 5,9 \div 5,3 \text{ (шт.)}.$$

Отже, необхідно встановити 6 трансформаторних підстанцій.

Варіант 2: $S_{\text{номТР}}=1000$ кВА.

$$N_{\text{ек}} = \frac{5427,62}{2 \cdot 1000 \cdot (0,7 \div 0,8)} = 3,8 \div 3,3 \text{ (шт.)}.$$

Отже, необхідно встановити 5 трансформаторні підстанції.

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

Дані розрахунку приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.6 (1 варіант) – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

1 варіант					
№ цеху	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	Коефіцієнт завантаження	Категорія надійності
КТП-1					
2	105,8922	67,169	125,399		2
3	35,7825	22,333	42,18		3
Сума	141,6747	89,502	167,579	0,0837895	
КТП-2					
12	47,7148	28,75	55,707		3
13	347,827	336,85	484,202		2
Сума	395,5418	365,6	539,909	0,2699545	
КТП-3					
1	2274,01	2052,48	3036,3		2
4	99,972	83,382	130,18		2
14	72,6584	68,75	100,029		2
Сума	2446,64	2204,612	3266,509	1,6332545	
КТП-4					
5	145,862	117,333	187,197		2
7	1045,13	1032,88	1469,4		2
8	577,68	570,62	811,986		2
Сума	1768,672	1720,833	2468,583	1,2342915	
КТП-5					
6	81,2322	63,75	103,261		2
10	37,884	18,52	42,1686		3
Сума	119,1162	82,27	145,4296	0,0727148	
КТП-6					
9	103,5	79,299	130,386		2
11	49,6984	16,484	52,3608		3
Сума	153,1984	95,783	182,7468	0,0913734	

Таблиця 2.7 (2 варіант) – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

2 варіант					
№ цеху	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	Коефіцієнт завантаження	Категорія надійності
КТП-1					
1	2274,01	2052,48	3063,3		2
12	47,7148	28,75	55,707		3
13	347,827	336,85	484,202		2
Сума	2669,552	2418,08	3603,209	1,8016045	
КТП-2					
2	105,8922	67,169	125,399		2
3	35,7825	22,333	42,18		3
Сума	141,6747	89,502	167,579	0,0837895	
КТП-3					
4	99,972	83,382	130,18		2
8	577,68	570,62	811,986		2
14	72,6584	68,75	100,029		2
Сума	750,3104	722,752	1042,195	0,5210975	
КТП-4					
5	145,862	117,333	187,197		2
6	81,2322	63,75	103,261		2
7	1045,13	1032,88	1469,4		2
Сума	1272,224	1213,963	1759,858	0,879929	
КТП-5					
9	103,5	79,299	130,386		2
10	37,884	18,52	42,1686		3
11	49,69	16,484	52,3608		3
Сума	191,074	114,303	224,9154	0,1124577	

В даному випадку, порівнявши обидва варіанти, вибираємо варіант 1, так як коефіцієнт завантаження трансформаторів підстанцій є оптимальнішим враховуючи можливість зростання потужностей заводу та порівняно менші втрати потужності в ТП. Проведемо техніко-економічне порівняння варіантів розподілу трансформаторних підстанцій між цехами:

$$Z = (E_n + E_a) \cdot K + m \cdot \Delta P_p + Z_{\text{пер}}, \quad (2.44)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n=0,1$;

E_a – доля відрахувань на амортизацію, для ТП 10 – 750 кВ становить 0,036;

K – капітальні затрати на спорудження ТП;

m – вартість річних втрат на 1 кВт потужності;

ΔP_p – максимальні втрати потужності в трансформаторах ТП;

$Z_{\text{пер}}$ – збитки від переривання електропостачання заводу.

Параметри трансформаторів зведемо в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Параметри трансформаторів, які порівнюються

Характеристика трансформаторів	$u_k, \%$	$dP_{k3}, \text{кВт}$	$dP_{xx}, \text{кВт}$	Ціна Пс на 2т. тис грн.
ТМ630	5,5	7,6	1,05	1000
ТМ1000	6	10,5	2,1	1200

Визначимо втрати активної потужності в трансформаторах та їх вартість:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k (k_3)^2, \quad (2.45)$$

де n – кількість трансформаторів;

k_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

ΔP_{xx} – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

ΔP_k – втрати короткого замикання трансформатора, кВт.

Таблиця 2.9 (1 варіант) – Розрахунок втрат відповідно вибраних варіантів

1 варіант											
№ КТП	Тип	$S_p, \text{кВА}$	Номінальні дані трансформаторів						Витрати в трансформаторах		
			$dP_{xx}, \text{кВт}$	$dP_{k3}, \text{кВт}$	$N, \text{шт}$	$S_{\text{ном}}, \text{кВА}$	$I_{xx}, \%$	$U_{k3}, \%$	$dP, \text{кВт}$	$dW, \text{кВт*год}$	
КТП-1	ТМ 1000/10	167,679	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	0,163561316	25151,85	
КТП-2	ТМ 1000/10	539,909	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	1,889367254	80986,35	
КТП-3	ТМ 1000/10	3266,509	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	62,06972774	489976,35	
КТП-4	ТМ 1000/10	2468,683	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	39,50071742	370302,45	
КТП-5	ТМ 1000/10	145,4296	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	0,123036095	21814,44	
КТП-6	ТМ 1000/10	182,7468	2,1	10,5	2	1000	1,4	6	0,194276846	27412,02	
Сумарні витрати потужності									103,9406867	1015643,46	

Таблиця 2.10 (2 варіант) – Розрахунок втрат відповідно вибраних варіантів

№ КТП	Тип	Sp, кВа	Номінальні дані трансформаторів						Витрати в трансформаторах	
			dPxx, кВт	dPкз, кВт	N, шт	Sном, кВА	Ixx, %	Uкз, %	dP, кВт	dW, кВт*год
КТП-1	ТМ 630/10	3603,209	1,05	7,6	2	630	1,6	5,5	54,66574988	540481,35
КТП-2	ТМ 630/10	167,579	1,05	7,6	2	630	1,6	5,5	0,1317482	25136,85
КТП-3	ТМ 630/10	1042,195	1,05	7,6	2	630	1,6	5,5	4,573351229	156329,25
КТП-4	ТМ 630/10	1759,858	1,05	7,6	2	630	1,6	5,5	14,52960788	263978,7
КТП-5	ТМ 630/10	52,3608	1,05	7,6	2	630	1,6	5,5	0,011545904	7854,12
Сумарні витрати потужності									73,9120031	993780,27

Для двокової системи з резервуванням плановий та аварійний недовідпуск електроенергії дорівнює 0.

$$З_{\text{пер}} = З_{\text{пер.А}} \cdot W_{\text{А}} + З_{\text{пер.П}} \cdot W_{\text{П}} = 0, \quad (2.46)$$

де, $З_{\text{пер.А}}, З_{\text{пер.П}}$ – питомі складові збитків від відповідного аварійного і планового недовідпусків електроенергії;

$W_{\text{А}}, W_{\text{П}}$ – середньорічні значення аварійного і планового недовідпусків електроенергії. Визначимо капітальні і сумарні затрати для обох варіантів.

Таблиця 2.11 – Розрахунок капіталовкладень відповідно вибраних варіантів

Розраховуємо вигідність						
Варіант 1				Варіант 2		
Капіталовкладення	2400	Тис грн		Капіталовкладення	2000	Тис грн
Втрати	1015643	кВт*год		Втрати	993780	кВт*год
Затрати						
Затрати	5078,215	Тис грн		Затрати	4968,9	Тис грн

Для подальших розрахунків приймаємо варіант 2, так як затрати на спорудження ТП з двома трансформаторами ТМ-630/10 є значно меншими.

Оскільки кожна ЦТП живить декілька підстанцій, то для розміщення ЦТП розраховуємо картограму навантажень цехів та нанесемо її на генплан підприємства. Це дасть можливість візуально оцінити координати розміщення ЦТП, а також ЦРП (дивись наступний розділ).

Картограму побудуємо із розрахунку, що повна розрахункова потужність кожного цеху дорівнює площі відповідного кола:

$$S_p = m \cdot \pi \cdot r^4 / 4 \quad (2.47)$$

де m – мірило кола картограми;

r – радіус відповідного кола.

Для побудови картограми розрахуємо діаметри відповідних кіл за формулою отриманою із (2.48)

$$r = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}. \quad (2.48)$$

Щоб визначити сектор освітлювального навантаження використаємо формулу:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{\text{осв.}}}{P_i} \quad (2.49)$$

Результати розрахунку потрібних діаметрів показані в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку діаметрів кіл картограми навантажень цехів

Назва цехів	Sp, кВА	Діаметр	Росв, кВт	Pi, кВт	α , град
Цеховий корпус	3063,298	120,3499674	222,0064	2274,006	35,14604
Збірно-монтажний	125,3987	25,97061053	39,8922	105,8922	135,6209
Адміністративний корпус	42,1797	15,09682128	14,7825	35,7825	148,7235
Ремонтно-механічний	130,1805	25,23418973	17,472	99,972	62,91682
Цех друкованих плат	187,1971	30,48044168	29,862	145,862	73,70199
Відділ випробувань	103,2605	22,74648429	18,2322	81,2322	80,80037
Котельня	1469,404	81,58981609	13,1328	1045,133	4,523642
Енергоблок	811,9861	60,65880353	7,68	577,68	4,786041
Нестандартного обладнання	130,3863	25,67558507	25,5	103,5	88,69565
Тарно-пакувальний	42,1685	15,53381354	20,384	37,884	193,7029
КСК "Маяк"	52,3608	17,79186102	33,6984	49,6984	244,1009
Склади ОМТС	55,7065	17,43318455	19,7148	47,7148	148,7448
Термопластавтомати	484,2021	47,06867188	11,8272	347,8272	12,24111
Очисні споруди	100,029	21,51260925	4,6584	72,6584	23,08094

Рисунок 2.2 – Картограма навантажень заводу

2.2.3 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ. Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}},$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{м.ав}}.$$

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{5427,629}{\sqrt{3} \cdot 10} = 313,37 \text{ [A]}. \quad (2.50)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-10/630. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A} \geq I_{\text{м.ав}}$. Власний час відключення вимикача 0,015 с.

Є можливість заживити завод на напрузі 10 кВ.

Для живлення заводу вибираємо кабелі ААБл прокладені в траншеї. Вибір перерізу жил виконаємо за економічною густиною струму. Для живлення ділянки С – КТП1 вибираємо два кабелі ААБл-10 перерізом $3 \times 120 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}} = 240 \text{ A}$ (для одного). Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.7. $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A} \geq I_{\text{м.ав}}$.

$$k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{\text{доп.пасп}} = 257,89 \quad (2.51)$$

Визначимо $I_{\text{мах}}$ для нормального та післяаварійного режиму.

Розрахуємо струми нормального та післяаварійного режимів для лінії КТП2-КТП-1:

$$I_{\text{п}} = \frac{S_{\text{п}}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3603,209}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 104,01 \text{ [A]}, \quad (2.52)$$

$$I_{\text{п.а.}} = \frac{S_{\text{п}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3603,209}{\sqrt{3} \cdot 10} = 208,03 \text{ [A]}. \quad (2.53)$$

Таблиця 2.13 – Результати розрахунку діаметрів кіл картограми навантажень цехів.

Ділянка	I _{pн} , А	I _{pпа} , А	Вимикач	Ін. в, А	Лінія Живлення		I _{доп} , А
					Тип	Переріз	
ЦРП-КТП1	104,0157	208,0314	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	3х120	240
ЦРП-КТП2	4,837589	9,675178	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	3х25	90
ЦРП-КТП3	30,08558	60,17116	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	3х25	90
ЦРП-КТП4	50,80272	101,6054	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	3х35	115
ЦРП-КТП5	6,492748	12,9855	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	3х25	90
С-ЦРП	196,2343	392,4686	ВРС-10/630	630	ААБЛ-10	2х3х120	2х240

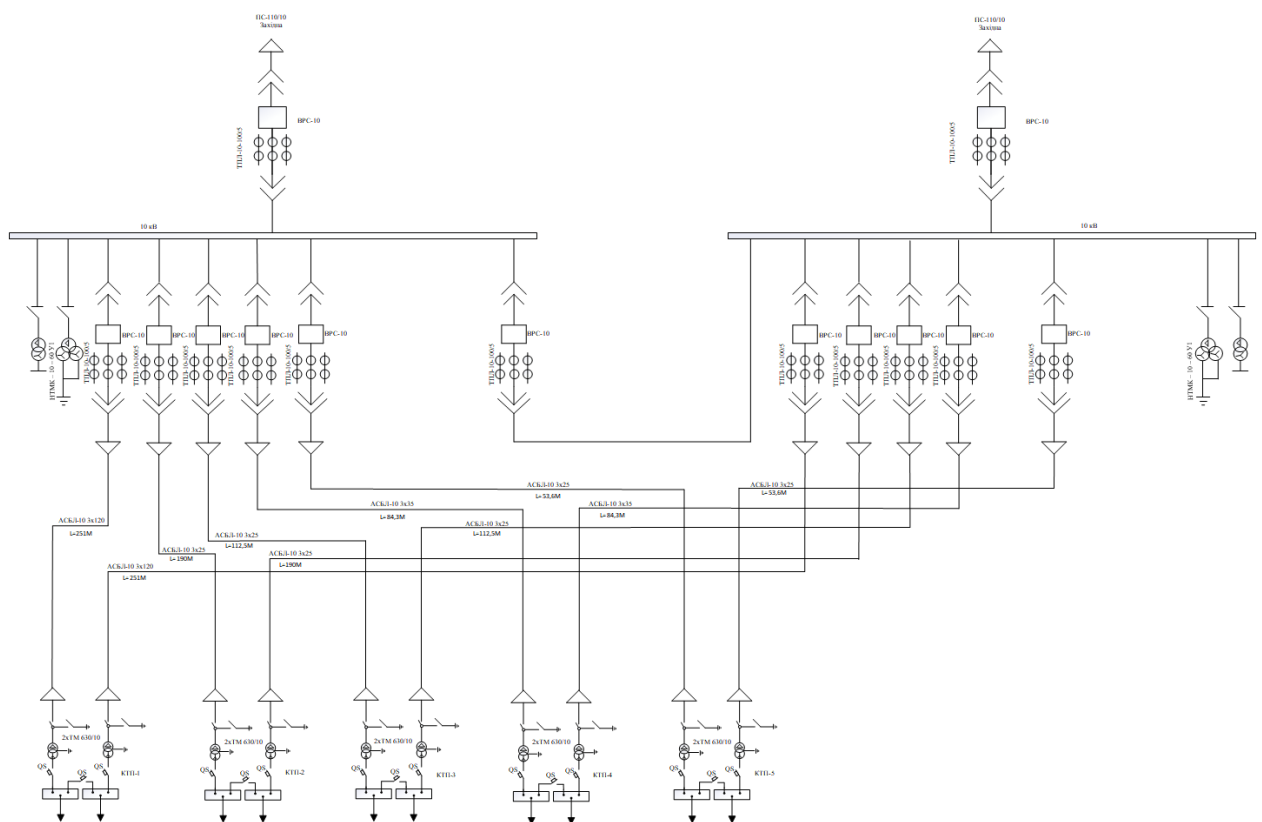


Рисунок 2.3 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

2.3 Розрахунок струмів КЗ та перевірка отриманих рішень

Розрахунок струмів короткого замикання (СКЗ) та перевірка отриманих рішень - це процес визначення струмів, що виникають при короткому замиканні в електричних системах, та перевірка їх відповідності нормам і безпеки. Розрахунок включає визначення параметрів обладнання,

характеристик короткого замикання, вибір точок СКЗ, розрахунок струмів та оцінку отриманих результатів. Перевірка рішень включає оцінку впливу СКЗ на обладнання, встановлення захисних пристроїв та вибір оптимальних методів розподілу електроенергії.

2.3.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Оскільки живлення виконується від підстанції системи великої сумарної потужності, то в розрахунку можна прийняти, що джерело живлення має необмежену потужність, що дасть можливість вести розрахунок СКЗ за законом Ома.

Оскільки відома потужність КЗ з боку 10 кВ підстанції системи, то заступна схема для розрахунку СКЗ подана на (рис. 2.4) не містить опорів системи.

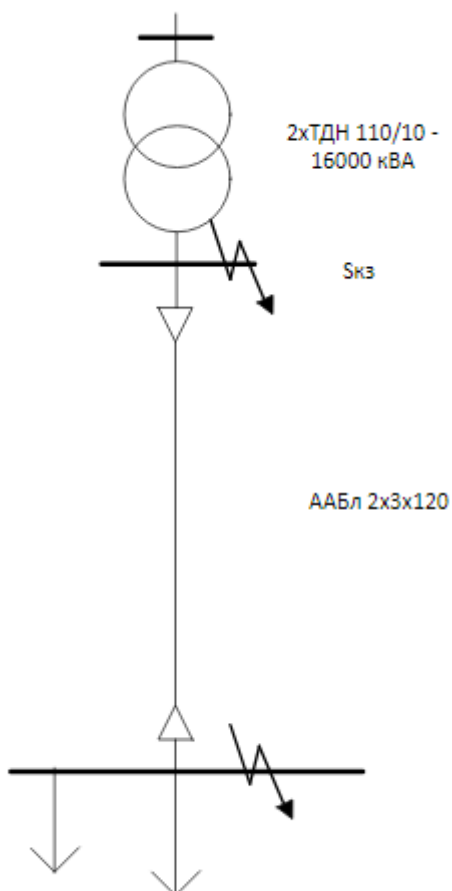


Рисунок 2.4 – Точка розрахунку СКЗ

На цьому рисунку прийняті такі позначення:

x_c – реактивний опір системи;

x_T – реактивний опір трансформаторів джерела живлення;

$r_{кл}$ – активний опір кабельної лінії зовнішнього живлення;

$x_{кл}$ – реактивний опір кабельної лінії зовнішнього живлення.

Знайдемо опір системи за відомою потужністю КЗ який буде містити також опір трансформаторів системи:

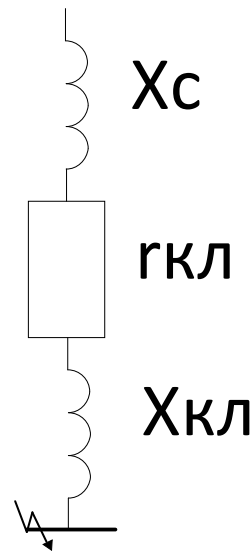


Рисунок 2.5 – Заступна схема для розрахунку СКЗ

$$x_c = (1,05 \cdot U_H)^2 / S_{кз} = 1,05 \cdot 10 / 50 = 2,205 \text{ Ом.} \quad (2.54)$$

Опори лінії живлення знайдемо за формулами:

$$r_{кл} = L \cdot r_o, \quad (2.55)$$

$$x_{кл} = L \cdot x_o. \quad (2.56)$$

де $L = 0,8$ км – довжина зовнішньої лінії живлення;

r_o – активний питомий опір зовнішньої лінії живлення;

x_o – реактивний питомий опір зовнішньої лінії живлення.

Для випадку вибраної вище зовнішньої КЛ будемо мати:

$$r_{кл} = 0,8 \cdot 1/2 \cdot 0,320 = 0,128 \text{ Ом,}$$

$$x_{кл} = 0,8 \cdot 1/2 \cdot 0,064 = 0,026 \text{ Ом.}$$

Сумарний повний опір до розрахункової точки КЗ:

$$Z_c = \sqrt{r_{кл}^2 + (x_c + x_{кл})^2} = \sqrt{0,128^2 + (2,205 + 0,026)^2} = 2,235 \text{ Ом,} \quad (2.57)$$

Струм КЗ в розрахунковій точці:

$$I_{K3} = \frac{1,05 \cdot U_i}{\sqrt{3} \cdot Z_c} = \frac{1,05 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,235} = 2,848 \text{ кА.} \quad (2.58)$$

Розрахуємо мінімальний переріз КЛ, здатний витримати короточасну теплову дію СКЗ при $t_n = 0,8 \text{ с.}$:

$$F_{K3} = \frac{I_{K3} \cdot \sqrt{t_n} \cdot 10^3}{c} = \frac{2,848 \cdot \sqrt{0,8} \cdot 10^3}{92} = 27,688 \text{ мм}^2. \quad (2.59)$$

Отже, переріз вибрано вірно.

Перевіримо вибраний вимикач

Початкове діюче значення струму КЗ в точці К1:

Періодична складова струму від системи не зміниться:

$$I_{пт.с} = I_{по.с} = 2,848 \text{ [кА]}, \quad (2.60)$$

Розрахуємо розрахунковий час початку розмикання:

$$\begin{aligned} \tau_{від} &= t_{рз.мін} + t_{в.в}, \\ \tau_{від} &= 0,01 + 0,055 = 0,065 \text{ [с]}. \end{aligned} \quad (2.61)$$

Постійна часу аперіодичної складової:

$$T_{ac} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}} = 0,032 \text{ [с]}. \quad (2.62)$$

Аперіодична складова струму КЗ при $\tau = 0,05 \text{ с.}$:

$$\begin{aligned} i_{a\tau_c} &= \sqrt{2} \cdot I_{по.с} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}}, \\ i_{a\tau_c} &= \sqrt{2} \cdot 2,848 \cdot e^{-\frac{0,065}{0,032}} = 0,528 \text{ [кА]}. \end{aligned} \quad (2.63)$$

Ударний струм КЗ:

$$\begin{aligned} i_{уд_с} &= \sqrt{2} \cdot I_{по.с} \cdot (1 + e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}}), \\ i_{уд_с} &= \sqrt{2} \cdot 2,848 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,065}{0,032}}\right) = 4,556 \text{ [кА]}. \end{aligned} \quad (2.64)$$

Розрахуємо тепловий імпульс:

$$\begin{aligned} B_K &= I_{по.с}^2 \cdot (t_{від} \cdot T_{ac}), \\ B_K &= 2,848^2 \cdot (0,065 + 0,032) = 0,787 \text{ [кА}^2 \cdot \text{с]}. \end{aligned} \quad (2.65)$$

Відповідно до ДСТУ 687 - 78 високовольтні вимикачі повинні бути

перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ. Перевіримо вимикачі, які були вибрані в попередніх розрахунках на комутаційну здатність і стійкість до дії струмів КЗ.

Таблиця 2.14 – Порівняльні дані вимикачів

Умови вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунків
$I_{н.відк} \geq I_{п\tau}$	$I_{н.відк} = 20 \text{ кА}$	$I_{п\tau} = I_{п\tau.c} = 11,0 \text{ кА}$
$\sqrt{2}I_{н.відкл} \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{п\tau} + i_{a\tau}$	$\sqrt{2}I_{н.відк} \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) =$ $= \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) =$ $= 34 \text{ (кА)}$	$\sqrt{2} \cdot I_{п\tau} + i_{a\tau}$ $\sqrt{2} \cdot 2.848 \cdot 0.528 = 2.127$
$i_{дин} \geq i_{y\partial}$	$i_{дин} = 51 \text{ кА}$	$i_{y\partial} = i_{y\partial.c} = 4,556$ (кА)
$I_{дин} \geq I_{no}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$	$I_{no} = I_{no.c} = 2,848$ (кА)
$I_{\square}^2 t_{\square} \geq e_{\eta}$	$I_m^2 t_m = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$B_k = 0,787 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

2.3.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів КЗ виконується з метою перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності.

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



Рисунок 2.6 – Схема електропостачання ЕП-1

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{380^2}{2 \cdot 2500 \cdot 10^3} = 2 \text{ [мОм]}, \quad (2.66)$$

Визначимо опір ліній Л1, Л2, Л3:

$$Z_{Л1} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{0,34^2 + 0,339^2} \cdot 9,6 = 2,21 \text{ [мОм]}, \quad (2.67)$$

$$Z_{Л2} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{0,92^2 + 0,374^2} \cdot 3,2 = 3,74 \text{ [мОм]}. \quad (2.68)$$

Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості наведені в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R0, Ом/км	X0, Ом/км	Z, мОм
ТМ 2Х2500/10/0,4	-	0,64	3,46	10,56
Л1	9,6	0,34	0,339	2,21
Л2	3,2	0,92	0,374	3,74

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою:

$$I_{\text{к.макс}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (2.69)$$

де, Z_{Σ} – загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ.

– для точки К1

$$I_{\text{к.макс}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 10,56} = 21,8 \text{ [кА]},$$

– для точки К2

$$I_{\text{к.макс}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (10,56+2,21)} = 18,36 \text{ [кА]},$$

– для точки К3

$$I_{\text{к.макс}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (10,56+2,21+3,74)} = 13,953 \text{ [кА]}.$$

Перевіримо вибрані вимикачі на комутаційну здатність:

$$I_{\text{н.відк}} > I_{\text{к.макс}}, \quad (2.70)$$

QF1: EB2 250/3L 200A 3р з $I_{\text{н.відк}} = 32,5 \text{ [кА]}$

$$I_{н.відк} = 32,5 \text{ [кА]} > I_{к.макс} = 21,8 \text{ [кА]}.$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

$$QF2: EB 100/3L 100 3p з I_{н.відк} = 20 \text{ [кА]}$$

$$I_{н.відк} = 20 \text{ [кА]} > I_{к.макс} = 18,36 \text{ [кА]}.$$

Для точки К2 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

Всі проведені розрахунки в розділі розрахунку трифазних коротких замикань наведені в таблиці 2.15.

2.3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж

Для перевірки чутливості захисту необхідно визначити струми однофазних КЗ для точок, зображених на рисунку 3.2.

$$I_k = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_m}{3} + Z_{ф-н} \cdot L}, \quad (2.71)$$

– для точки К2

$$I_k = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_m}{3} + Z_{ф-н} \cdot L} = \frac{220}{42 + 0,48 \cdot 9,6} = 4,720 \text{ [кА]},$$

– для точки К3

$$I_k = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_m}{3} + Z_{ф-н} \cdot L} = \frac{220}{42 + 0,48 \cdot 9,6 + 2,12 \cdot 3,2} = 4,120 \text{ [кА]}.$$

перевіримо чи виконується умова чутливості захисту:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.мін}}{3}, \quad (2.72)$$

– для точки К2

$$I_{н.розч} = 200 \text{ [А]} < \frac{I_{к.мін}}{3} = \frac{4720}{3} = 1573 \text{ [А]},$$

– для точки К3

$$I_{н.розч} = 100 \text{ [А]} < \frac{I_{к.мін}}{3} = \frac{4100}{3} = 1366 \text{ [А]}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів не виконуються. Отже, потрібно вибрати інші вимикачі, але оскільки автомати вибрані з найменшими значеннями струму розчіплювання, то автомати залишаються і

проводиться їх перевірка на селективність.

Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами:

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

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП2 – ГРП, ГРП – РП1 та РП1 – ЕП3. (дані про вимикачі знаходяться в таблиці 1.2).

$$\begin{cases} I_{c.B1} = 1800 [A] > (1,3..1,5) \cdot 240 = 312 \div 360 [A] \\ t_{c.B1} > t_{c.B2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 [c] \end{cases}$$

Умови селективності виконуються.

Висновок. Провівши всі необхідні розрахунки, можемо зробити висновок, що отримані результати дають змогу ефективно керувати електропостачанням, забезпечувати надійну та стабільну роботу всіх виробничих процесів.

3 ВСТАНОВЛЕННЯ ТА РОБОТА КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Когенерація та когенераційні установки. Загальні положення

Когенерація – це технологічний процес, при якому одночасно виробляється 2 види енергії, в основному електрику і тепло. Слово «когенерація» походить від слів «комбінація» і «генерація». Якщо в результаті 1 технологічного процесу виробляється 3 види енергії, в основному Електрична, теплова і холодна, такий процес не потрібно.

Когенераційна установка (КГУ) – це комплекс обладнання, який працює відповідно до комбінованої виробленням електричної і теплової енергії або методом перетворення відпрацьованого енергетичного потенціалу технологічного процесу в електричну і теплову енергію. Принципові блок-схеми когенераційних установок наведені на рис. 3.1.

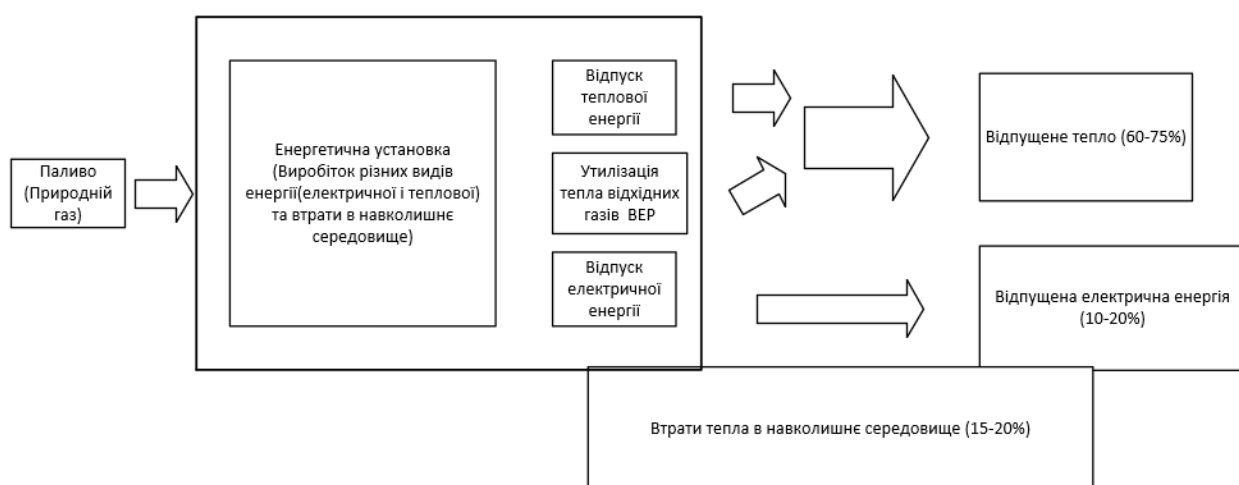


Рисунок 3.1 – Блок-схема енергетичної когенераційної установки

Первинні джерела енергії живляться від первинних двигунів, таких як системи виробництва електроенергії, турбокомпресори, опріснювальні установки, насоси, повітряні компресори або відцентрові (абсорбційні) охолоджувачі, серед іншого. Термодинамічне тепло, що виділяється первинними двигунами, зазвичай знаходиться у формі пари або гарячої води.

Дека первинного двигуна зазвичай витрачається даремно при використанні в обладнанні, яке рекуперує і споживає тепло, що виділяється первинним двигуном, основна відмінність між газотурбінним двигуном з когенераційною системою і поршневим двигуном полягає в способі відведення тепла.

3.1.1 Вибір когенераційної установки

Щоб впровадження КГУ було економічно ефективним, необхідно забезпечити максимально тривалий термін служби модуля когенерації. Чим довше когенераційна установка може ефективно виробляти тепло і струм для установки, тим швидше вона окупиться, а потім почне приносити прибуток. Вибираючи когенераційну установку, спочатку слід враховувати теплові потреби установки (якщо КГУ не використовується як аварійне джерело живлення). З огляду на загальноприйняту річну тепловіддачу (криву річного споживання теплової енергії), зрозуміло, що когенераційна установка не може мати дуже великої потужності. Її теплова потужність підбирається таким чином, щоб можна було ефективно використовувати тепло, що виділяється установкою, навіть при невеликому часу навантаження на систему тепlopостачання. Теплоємність когенераційної установки також можна припустити на рівні 10% від потужності котла, використовуваного для обігріву установки, щоб забезпечити роботу цього КГУ не менше 4000 годин. Слід також враховувати енергоспоживання самої установки, оскільки когенераційні установки в першу чергу винагороджуються споживанням струму від зовнішньої електромережі, тобто зниженням уникнутих витрат на електроенергію.

Таким чином, виникають 3 простих питання, за допомогою яких можна швидко визначити можливість використання когенераційної установки:

- Чи перевищує необхідна теплова потужність котла 250 кВт або споживання газу перевищує 30 000 м³ / рік?

- Чи перевищує річне споживання струму 80 000 кВт*год / рік?
- Чи буде теплова та Електрична енергія споживатися одночасно?

3.1.2 Види когенераційних установок

Найбільш поширеним способом використання відпрацьованого тепла є використання пари і гарячої води, що утворюються в результаті роботи двигуна. Більшість двигунів працюють при температурі джерельної води близько 98 ° С, але деякі можуть працювати при 126 ° С, що вимагає спеціальної конфігурації.

Однак для більшості потреб температура 98 ° С вважається достатньою. Для забезпечення цієї температури можна використовувати пар з низьким рівнем ризику, при якому пара створюється безпосередньо в корпусі двигуна і при температурі від 121 ° С до 126 ° С з використанням системи охолодження, яка збільшується через різницю в щільності води і пари. Перш ніж розглядати електростанцію, рекомендується проконсультуватися з професійним електриком, щоб визначити оптимальну конфігурацію системи охолодження.

Інший спосіб виробництва пари з низьким рівнем ризику з води в кожусі двигуна включає використання насоса для циркуляції води в системі охолодження. Рідка вода перекачується через двигун, тепло перетворюється на пару, а пара надходить у барабанну камеру.

Також можна виробляти пару з вихлопних газів будь-якої газової турбіни або дизельного генератора. Більшість жовтневих вихлопних систем мають додатковий паровий котел, який використовує тепло вихлопних газів для виробництва пари під тиском 1 кг на 6 квадратних метрів.

У багатьох поршневих двигунах лише 34% виробленого тепла використовується для отримання енергії, а решта не використовується. Однак можливо, що близько 40-60% тепла відводиться в охолоджуючу рідину, а також певна кількість тепла відводиться від вихлопних газів. Газотурбінний двигун витрачає близько 29% тепла, а решта втрачається через вихлопних

газів. У когенераційних системах рекуперується від 40% до 60% вихлопних газів.

Система когенерації включає в себе 2 основних циклу: верхній і нижній. У верхньому циклі жовтня основним продуктом є електрика, а відпрацьоване тепло використовується як додаткове джерело енергії. У нижньому циклі пара спочатку використовується для промислових процесів, а потім перетворюється в електрику. Ці системи зустрічаються рідше через необхідність високих температур.

- Газові турбіни на когенераційних установках

Це найпоширеніший метод когенерації. Тепло від менших поршневих двигунів, як правило, дизельних двигунів, вловлюється радіаторами або вихлопними газами. Ці системи популярні, тому що їх легко обслуговувати, вони дешевші і можуть бути легко адаптовані до різних вимог до розмірів.

- Газомоторне обладнання

На цих установках використовуються газові двигуни, і їх, як правило, легше обслуговувати, ніж невеликі газові турбіни (5 МВт). Найчастіше використовується природний газ або пропан. Ці агрегати зазвичай поставляються в комплекті і зберігаються у великих сховищах з підключенням до опалювальних, електричних і газових систем.

- Газотурбінне обладнання

У цих установках відпрацьоване тепло виділяється в димових газах турбіни. Найбільш поширеним паливом є природний газ. Газотурбінний агрегат має великі розміри і зберігається не всередині, а в шумопоглинаючому корпусі з доступом до газопроводу.

- Парове турбінне обладнання

Ці установки дуже поширені і працюють за принципом систем опалення, в яких для живлення парових турбін використовуються парові конденсатори.

- Установки для виробництва біопалива

У таких установках використовується поршневий газовий або дизельний двигун, в залежності від використовуваної конфігурації біопалива. Ця

конструкція дуже схожа на газові установки. Основною перевагою установок з виробництва біопалива є зниження витрати вуглеводневого палива і скорочення викидів вуглецю.

У минулому когенераційні установки для виробництва біопалива було легше отримати дозвіл, ніж інші когенераційні установки, але вони, як правило, виробляли менше.

3.2 Когенераційні установки Viessmann. Основні відомості

Когенераційна установка, розроблена Viessmann, призначена для використання в промислових, муніципальних та інших галузях промисловості. Вони використовують високопродуктивні і перевірені технології, які можуть забезпечити стабільне електропостачання, тепло і гаряче водопостачання споживачів. Це означає, що інвестуємо не тільки для підвищення ефективності, а й для сприяння децентралізації енергетики в майбутньому.

Компактні пристрої серії Vitobloc спроектовані як установки дифузійної когенерації, які більшою мірою орієнтовані на обігрів. Ці відносно невеликі пристрої виробляють електроенергію для власного споживання. Тепло, що виділяється в результаті цього процесу, можна використовувати для нагрівання практично без втрат. Додаткова потужність передається в загальнодоступну мережу, де можна отримати відповідну вигоду.

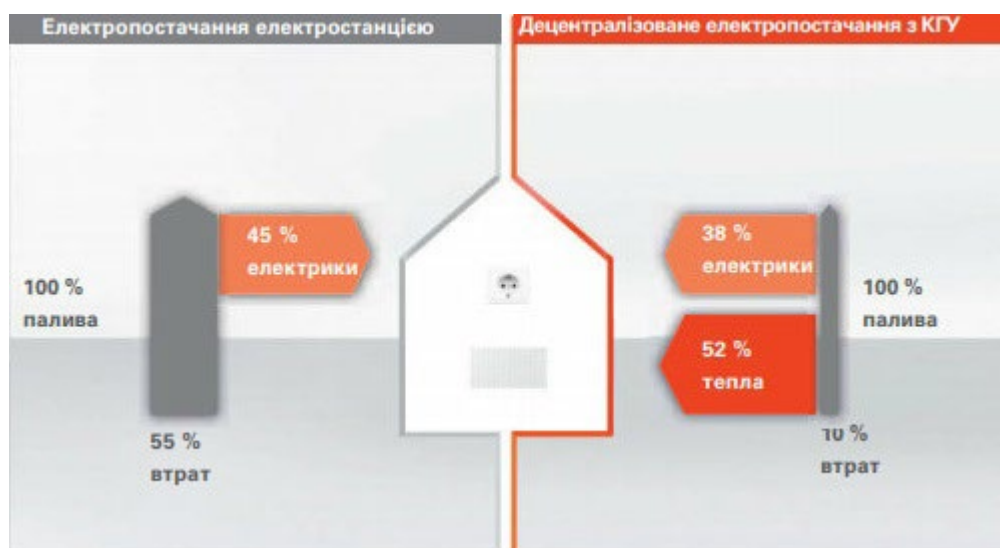


Рисунок 3.2 – Ефективність когенераційної установкy

Маючи більш ніж 35-річний досвід роботи в цій галузі, Viessmann пропонує ефективні системи для комбінованого виробництва тепла та електроенергії. Viessmann пропонує когенераційні установки різних потужностей в стандартній комплектації: від 15 до 530 кВтел. Завдяки такому широкому діапазону потужностей та компактності когенераційних установок в асортименті продукції знайдеться система для будь-яких вимог.

КГУ – це основа ефективного постачання електроенергії та тепла. Однак їх ефективність повною мірою реалізується тільки в добре продуманій системі. Тому приємно знати, що Viessmann пропонує повний спектр системних технологій. В асортименті Viessmann можна знайти всі типи систем енергозабезпечення, від когенераційних установок, теплових насосів, фотоелектричних пристроїв, акумуляторних систем і котлів на твердому паливі до систем управління будівлями вищого рівня.

Перед відвантаженням кожна КГУ проходить пробігові випробування в реальних умовах експлуатації. Під час випробування зазначені вихідні значення фіксуються для кожного окремого блоку.

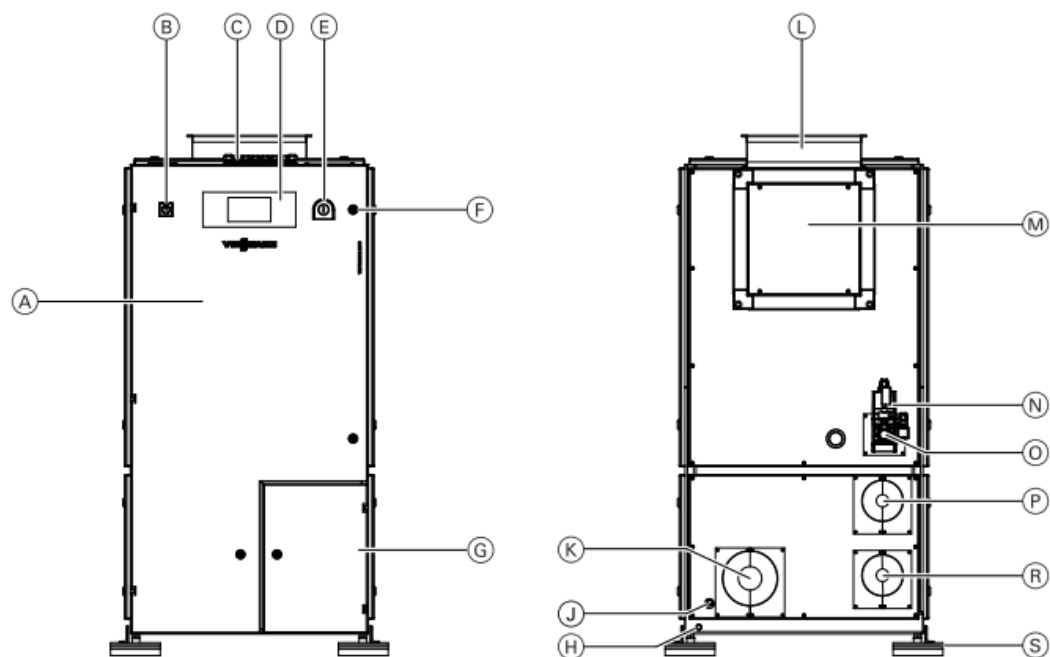


Рисунок 3.3 - Опис виробу:

А) Шафа керування; В) Перемикач; С) Входи для електричних кабелів; D) Блок керування та індикації; Е) Кнопка аварійного вимкнення; F) Замок шафи керування; G) Доступ для сервісного обслуговування; Н) Підключення заземлення; J) Вихід конденсату КО; К) Вихід відхідних газів АГА;

L) Вихід відхідного повітря AL; M) Вентилятор відхідного повітря; N) Блок регулювання газу; O) Підключення газу GAS; P) Підключення подаючої магістралі опалювального контуру HV; R) Підключення зворотної магістралі опалювального контуру HR; S) Опора з демпфером, з можливістю регулювання по висоті.

3.3 Переваги та недоліки встановлення когенераційної установки

Переваги встановлення когенераційної установки:

1. Зниження витрат на електричну енергію.
2. Зниження витрат на опалення.
3. Підвищення незалежності від зовнішніх постачальників енергії.
4. Покращення надійності та стабільності постачання електроенергії.

5. Повна автоматизація роботи без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

6. Можливість дистанційного керування та диспетчеризації.

7. Зменшення впливу на довкілля за рахунок зменшення викидів парникових газів.

Встановлення когенераційної установки має багато переваг з економічної та екологічної точки зору. Але перед монтажем необхідно провести детальний аналіз техніко-економічних параметрів, щоб забезпечити оптимальну ефективність і рентабельність монтажу конкретного підприємства.

Недоліки встановлення когенераційної установки:

1. Початкова вартість висока. Встановлення когенераційної установки вимагає значних інвестицій.

2. Потреба в паливі. Для роботи когенераційних установок потрібна постійна подача палива.

3. Нормативні обмеження. На установку і експлуатацію когенераційних установок можуть поширюватися юридичні обмеження і вимоги.

3.4 Розрахунок вигідності встановлення установки Viessmann

Встановлюємо когенераційну установку Viessmann VITOBLOC 200 і обчислимо економічні вигоди від цієї установки.

Розрахунок економічної ефективності когенерації включає аналіз зовнішньої ціни на придбану електроенергію і теплову енергію, а також декомунізацію різниці між «когенераційної» електроенергією і тепловою енергією, одержуваної когенераційної установкою компанії.

Компанія закуповує і витрачає електроенергію в ВДЕ в день, щоб покрити енергоспоживання технічного обладнання потужністю 10630 кВт за ціною 7,5 грн / кВт * год $10630 \cdot 24 \cdot 7,5 = 1275,6$ тис. грн. І вони не використовували паливо для виробництва електроенергії. Viessmann

VITOBLOC 200 яка забезпечує витрату палива на відпущену електричну енергію на рівні 145 т у.п/кВт·год, 1 природного газу дорівнює 0,870 тис.м³ підприємство стало використовувати паливо на отримання власної (когенераційної) електричної енергії в кількості $10630 \cdot 16 \cdot 145 \cdot 10^{-3} = 24,66$ т у.п. Добовий обсяг споживання реального палива (природного газу з $K_{у.п.} = 1,13$) на вироблення власної електроенергії становитиме $24,66 / 1,13 = 21,82$ тис.м³ /добу. Враховуючи закупку (із затратами на транспортування) вартість природного газу у 28800 грн/тис. м³ добова витрата коштів становитиме $21,82 \cdot 28800 \cdot 10^{-3} = 628,50$ тис. грн. Таким чином, економія коштів на електрозабезпечення підприємства у разі використання когенераційної установки становитиме $1275,6 - 628,50 = 647,1$ тис. грн на добу. У разі тривалості виробничого періоду 200 діб на рік, річна економія коштів становитиме 129 млн 420 тис. грн. Як видно з наведеного прикладу, фінансова вигідність когенерації найбільшим чином залежить від співвідношення ринкових цін на паливо та електричну енергію.

Отже, бачимо, що застосування когенераційної системи призводить до значних економічних переваг знижуючи витрати підприємства та забезпечуючи йому енергетичну автономію.

3.5 Підключення когенераційної установки

Когенераційні установки можна підключити за допомогою різних схем. Ось які використовуються найчастіше:

- Схема паралельної роботи. Установа буде працювати паралельно з основною системою електропостачання підприємства, вся електроенергія одразу використовується, а залишки йдуть до зовнішньої мережі.

- Схема трійного підключення. Установа працює одразу із основним джерелом електропостачання і з додатковим джерелом. Завдяки цій схемі забезпечується енергонезалежність підприємства.

- Схема резервного живлення. Установа буде використана як резервне джерело електропостачання у тому випадку, коли основна система дасть збій. Когенерація автоматично запуститься при відсутності основного електропостачання.

В нашому випадку доцільніше всього обрати схему паралельної роботи, так як в цьому випадку когенераційна установка зможе разом із основним джерелом забезпечувати електроенергію для всіх електроприймачів та споживачів, а також зможе виробляти теплову енергію.

Головними перевагами схеми паралельної роботи є :

- бережливе використання виробленої теплової та електричної енергії ;
- стабільне і безперебійне постачання електроенергії для електроприймачів;
- енергетичне самозабезпечення підприємства.

Для безперебійної роботи в схемі паралельної роботи використовують пристрої, що підтримують синхронізацію фаз і напруги між основним джерелом та електроустановкою.

Висновок. Ознайомившись із поняттям когенераційної установки, її схеми підключення, зі всіма перевагами та недоліками, а також обчисливши комерційну вигідність її встановлення, було обрано встановити когенераційну установку Viessmann для підприємства Вінницький завод “Маяк”.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

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

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

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця та його системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним

струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

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

Електрозварювальне обладнання має відповідати вимогам ПВЕ.

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

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

Проходи між однопостовими джерелами зварювального струму, перетворювальними установками зварювання (різання, наплавлення) — мають бути шириною не менше 0,8 м, між багатопостовими — не менше 1,5 м, відстань від одного та багатопостових джерел зварювального струму до стіни має бути не менше 0,5 м. Проходи між групами зварювальних трансформаторів повинні мати ширину не менше 1 м. Відстань між зварювальними трансформаторами, які стоять в одній групі, має бути не менше 0,1 м, між зварювальним трансформатором та ацетиленовим генератором — не менше 3 м. Забороняється встановлення зварювального трансформатора над регулятором струму. Регулятор зварювального струму може розміщуватись поряд із зварювальним трансформатором або над ним.

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

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

Одно- та багатопостові зварювальні установки повинні бути захищені запобіжниками чи автоматичними вимикачами з боку живильної мережі. Установки для ручного зварювання повинні бути оснащені показчиком значення зварювального струму (амперметром або шкалою на регуляторі струму). Багатопостові зварювальні агрегати крім захисту з боку живильної мережі повинні також мати і автоматичний вимикач чи контактор (для

підключення джерела струму до розподільчої цехової мережі) у загальному проводі зварювального кола та запобіжника на кожному проводі до зварювального поста.

Для запобігання займанню електропроводів та зварювального обладнання слід правильно добирати переріз кабелів за значенням струму, ізоляція кабелів за робочою напругою та плавкі вставки запобіжників за гранично допустимим струмом. Приєднання до мережі живлення та відключення від неї зварювальних установок повинні виконувати електротехнічні працівники підприємства, які експлуатують цю електромережу.

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

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

лінії в установках з глухозаземленою нейтраллю або заземлювачем в установках з ізольованою нейтраллю.

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

Відстань від зварювальних проводів до гарячих трубопроводів та балонів з киснем має бути не менше 0,5 м, до балонів та трубопроводів з паливними газами – не менше 1 м. Забороняється користування електродотримачами, у яких порушена ізоляція держаків. Держаки електродотримачів мають бути виготовлені із негорючого діелектричного та теплоізоляційного матеріалу. Забороняється застосування саморобних електродотримачів. Електродотримачі повинні відповідати ГОСТ 14651.

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

4.1.2 Електробезпека

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

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними

огородженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробоя і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів.

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

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99. Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Оперативно-ремонтні з обслуговування електрообладнання відносяться до категорії Пб по важкості праці [6]. Енерговитрати за цією категорією становлять – до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, Х
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6].

При здійсненні будівельно-монтажних робіт виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні в приміщення може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при оздоблювальних технологічних процесах в будівництві, що знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ДСН [7] проектом передбачені наступні рішення [7]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності [8].

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

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення,

використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

4.2.4 Виробничий шум

Під час виконання будівельно-монтажних робіт виникає виробничий шум з такими характеристиками: за характером спектру – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – механічний і гідродинамічний. Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 3.3.6.037 [9] і наведені в таблиці 4.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого двигуни будівельних машин і механізмів виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

4.2.5 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях [10] наведені в таблиці 4.5.

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

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

4.3. Пожежна безпека

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

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

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

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

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та 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	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

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

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових

підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник) [15].

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території Приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця встановлено 56 вогнегасників ВП-5 [16].

Висновок. Було розроблено заходи з охорони праці в процесі експлуатації силового обладнання та системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Маяк», місто Вінниця.

ВИСНОВОК

Завод «Маяк» у Вінниці – це високотехнологічне промислове підприємство, яке відіграє важливу роль у розвитку регіону. Воно забезпечує роботою безліч людей і виробляє високоякісну продукцію для задоволення потреб споживачів. Завдяки своєму професіоналізму та інноваційному підходу Вінницький завод «Маяк» став справжнім символом успіху та якості в промисловості регіону.

При розрахунку системи електропостачання враховувалися багато факторів: потреба в енергії, навантаження, енергоефективність і надійність. Завдяки детальному аналізу та використанню передових технологій створюється оптимальна система електропостачання, яка забезпечує стабільну роботу промислових підприємств. Розрахунки підтверджують, що енергоресурси використовуються ефективно, витрати знижуються, а негативний вплив на навколишнє середовище відсутній.

Встановлення когенераційної установки на Вінницькому заводі «Маяк» стало важливим кроком на шляху до сталого розвитку та підвищення енергоефективності. Дана установка дозволяє одночасно виробляти електричну і теплову енергію, використовуючи одне джерело енергії. Це не тільки допомагає знизити витрати на електроенергію, але і знижує негативний вплив на навколишнє середовище. Експлуатація когенераційної установки на вінницькому заводі «Маяк» є яскравим прикладом енергоефективності та «зеленого» підходу в галузі.

Охорона праці є невід’ємною частиною успішної роботи підприємства. Завдяки постійному моніторингу, освітнім програмам і впровадженню передових методів забезпечення безпеки, промислові підприємства створюють безпечне і здорове робоче середовище для своїх співробітників. Приділення особливої уваги охороні праці може допомогти зменшити ризики та нещасні випадки на робочому місці, підвищити продуктивність праці та забезпечити загальне благополуччя працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2012. 148 с.
2. Силові трансформатори. Веб-сайт URL: <http://www.lvmarket.com.ua/silovi-transformatori> (дата звернення: 06.06.2024).
3. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://ltke.com.ua/ua/dovidnik-spozivacha/osnovni-pokazniki-yakosti-elektroenergi%D1%97-ta-nadijnist-elektropostachannya/> (дата звернення: 01.06.2024).
4. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://kiroe.com.ua/pokazniki-yakosti-elektroenerгии> (дата звернення: 01.06.2024).
5. Вимикачі навантаження Веб-сайт URL: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756> (дата звернення: 01.06.2024).
6. Когенерація. Вебсайт URL: <https://rentalpower.com.ua/ua/kogeneratsionnaja-tehnologija/>.
7. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
8. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
9. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
10. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

19. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

20. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

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

22. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані

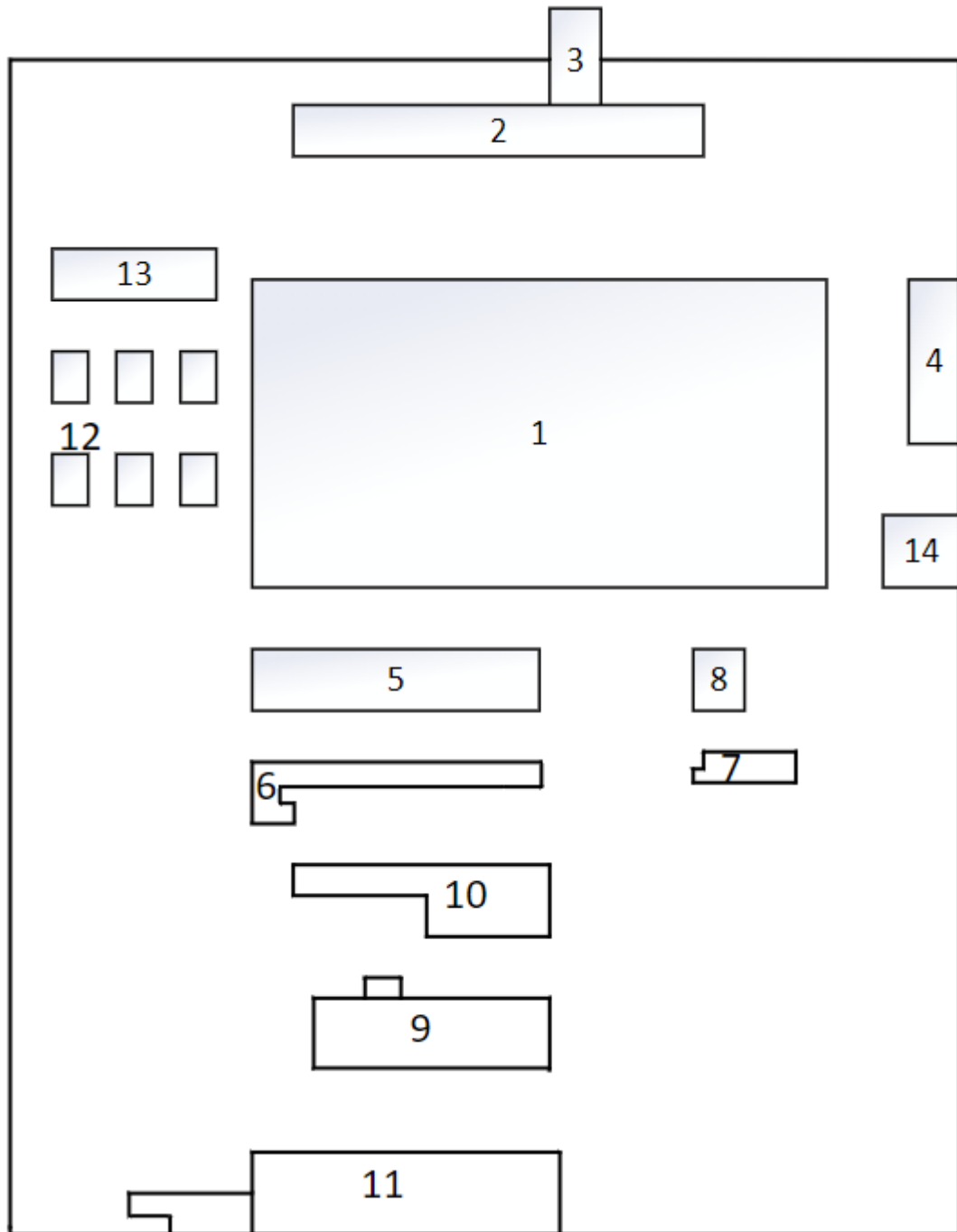


Рисунок А.1 – Генплан ПрАТ «Маяк»

Таблиця А.1 – Склад цехів підприємства, кількість змін та потужність їх ЕП

Назва цехів	P_n , кВт	$\cos$	tg	K_{Π}	K_B
1.Цеховий корпус	5130	0,9	0,484	0,4	0,3
2.Збірно-монтажний	220	0,65	1,169	0,3	0,2
3.Адміністративний корпус	70	0,6	1,333	0,3	0,3
4.Ремонтно-механічний	330	0,75	0,882	0,25	0,2
5.Цех друкованих плат	290	0,6	1,333	0,4	0,3
6.Відділ випробувань	210	0,8	0,750	0,3	0,25
7.Котельня	1720	0,75	0,882	0,6	0,5
8.Енергоблок	950	0,85	0,620	0,6	0,45
9.Нестандартного обладнання	260	0,61	1,299	0,3	0,25
10. Тарно-пакувальний	50	0,7	1,020	0,35	0,3
11.КСК “Маяк”	40	0,9	0,484	0,4	0,3
12.Склади ОМТС	70	0,8	0,750	0,4	0,3
13.Термопластавтомати	1120	0,76	0,85	0,3	0,2
14.Очисні споруди	170	0,8	0,750	0,4	0,35

Джерелом живлення може бути підстанції системи «Західна» з двообмотковими трансформаторами 2хТДН 110/10 - 16000 кВА.

Потужність КЗ з боку 10 кВ підстанції «Західна» складає 50 МВА.

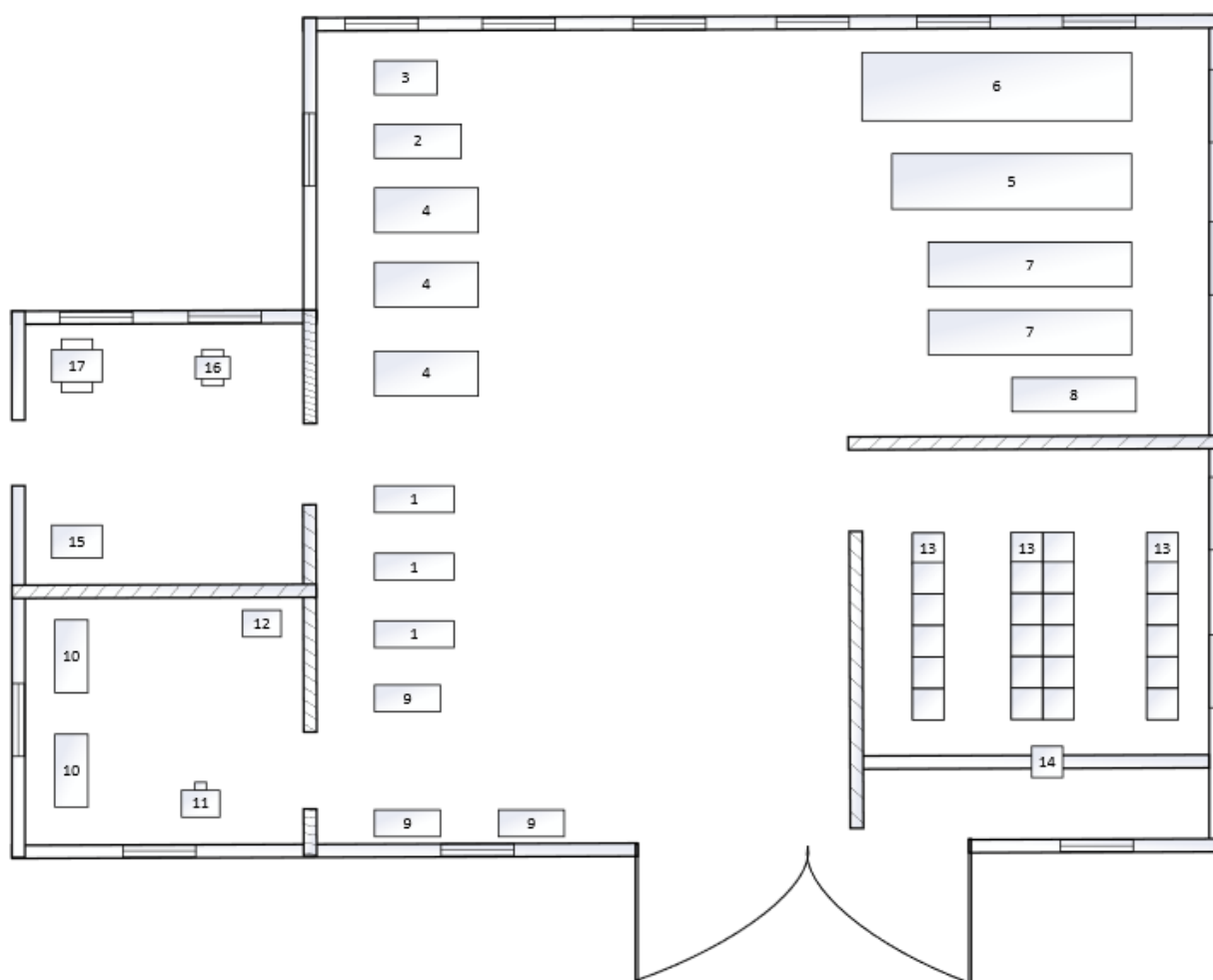


Рисунок А.2 – План цеху термопластавтоматів з розміщенням електроприймачів.

Таблиця А.2 – Відомості про активні електричні навантаження цеху Термопластавтоматів.

Назва електроприймача	$P_{\text{вст.}}$	Кількість	$\cos\varphi$	$K_{\text{в}}$
1.Термопластавтомат	25	3	0,85	0,12
2.Термопластавтомат	23,5	1	0,85	0,12
3.Термопластавтомат	12	1	0,85	0,12
4.Термопластавтомат	31,6	3	0,85	0,12
5.Термопластавтомат	30	1	0,85	0,12
6.Термопластавтомат	57	1	0,85	0,12
7.Термопластавтомат	40	2	0,85	0,12
8.Термопластавтомат	54	1	0,85	0,12
9.Шкаф сушильний	9,5	3	0,95	0,7
10.Подрібнювач пластмаси	2	2	0,85	0,7
11.Сепаратор магнітний	1,5	1	0,85	0,7
12. Подрібнювач пластмаси	2,5	1	0,85	0,7
13.Стелаж	0	68	-	-
14.Кран-штабелер	0	1	-	-
15.Вертикально-свердлильний верстат	1,8	1	0,45	0,8
16.Універсально-фрезерувальний верстат	1,8	1	0,4	0,8
17. Плоскошліфувальний верстат	4,35	1	0,70	0,8

Додаток Б

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)
РОБОТИ**

Назва роботи: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МАЯК»

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Шулле Ю.А.

Показники звіту подібності

Unicheck	
Оригінальність	90,4%
Схожість	9,6%

Аналіз звіту подібності

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

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор  Левчук І.М.

Опис прийнятого рішення

Бакалаврська дипломна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Войтюк Ю.П.

Керівник роботи _____ Шулле Ю.А.

Експерт _____ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕЕМ

Додаток В

Ілюстративна частина

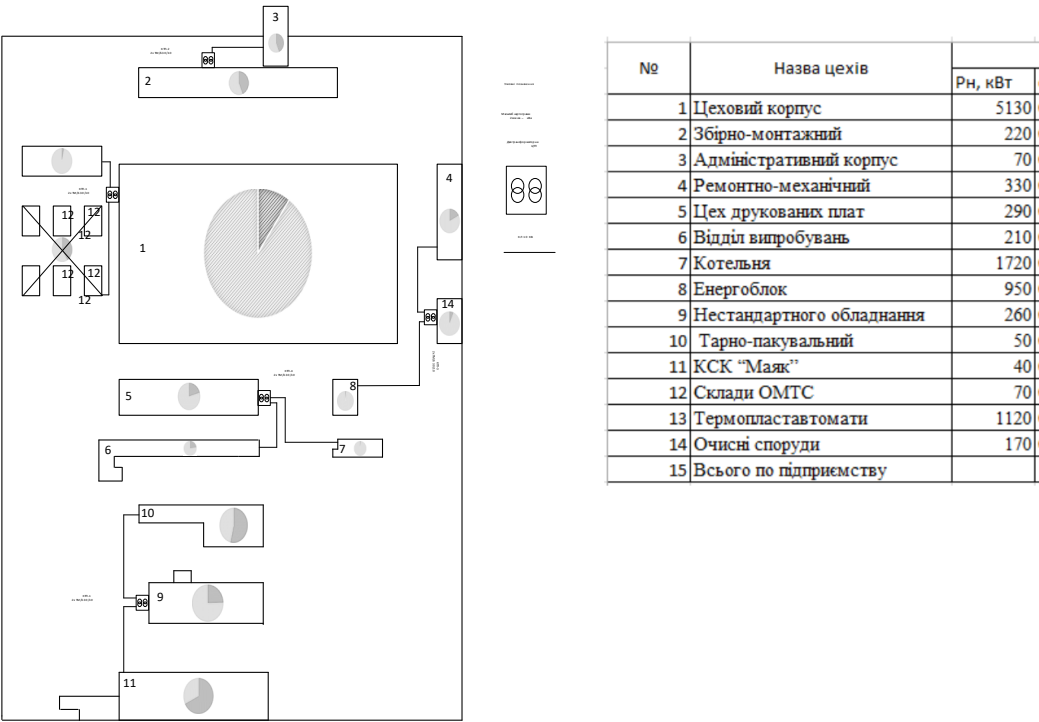


Рисунок В.1 – Картограма навантажень ПрАТ «Маяк»

Додаток В

Ілюстративна частина

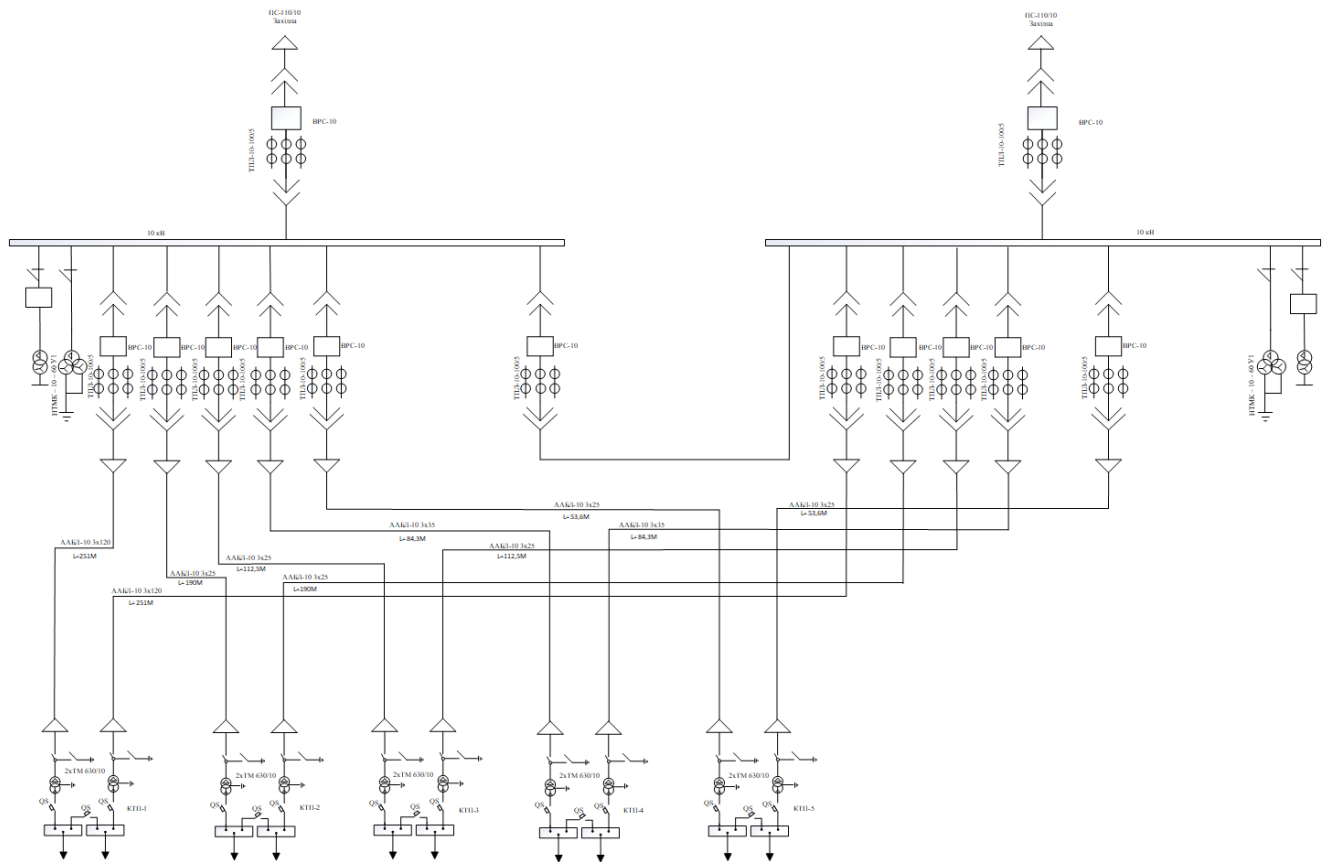


Рисунок В.2 – Однолінійна схема підприємства

Додаток В

Ілюстративна частина

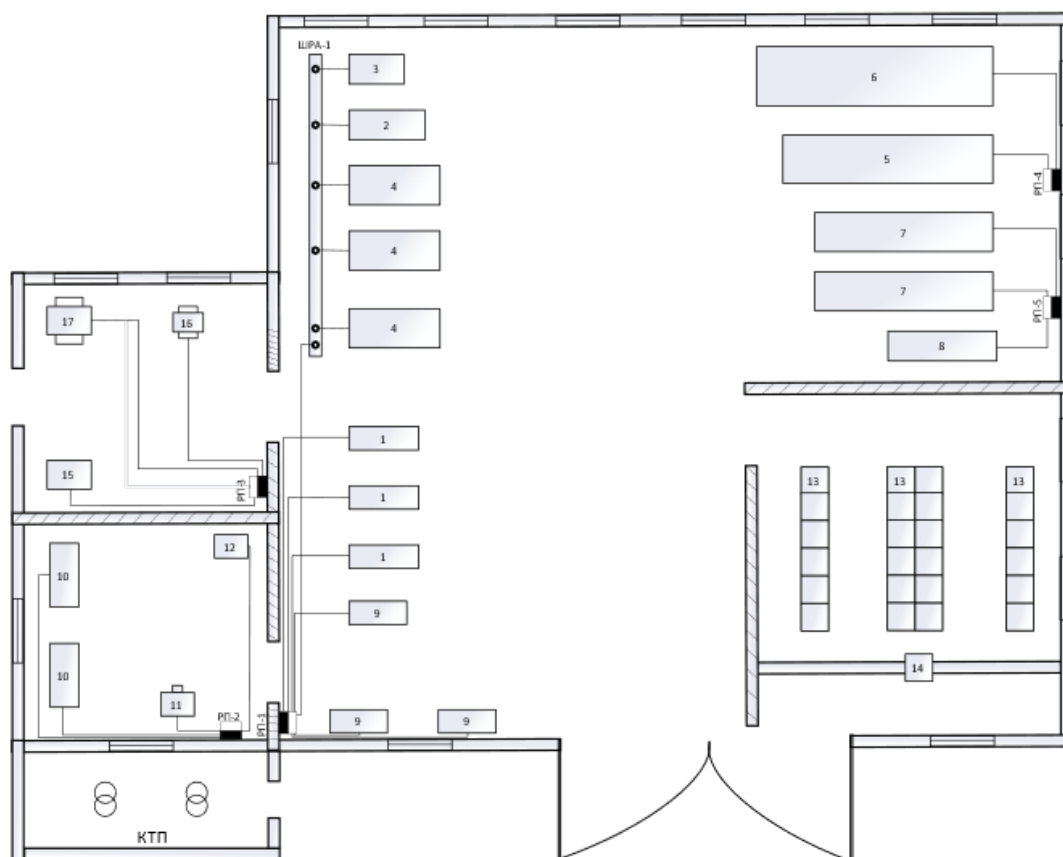


Рисунок В.3 – План електропостачання цеху термопластів

Рисунок В.4 – Розрахунково-монтажна таблиця

Додаток В

Ілюстративна частина

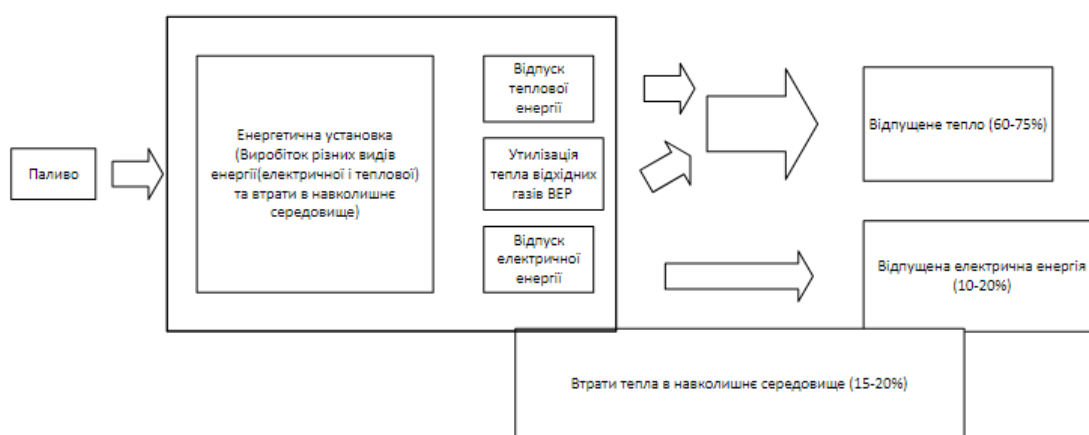


Рисунок В.5 – Структура енергетичної когенераційної установки

Додаток В

Ілюстративна частина

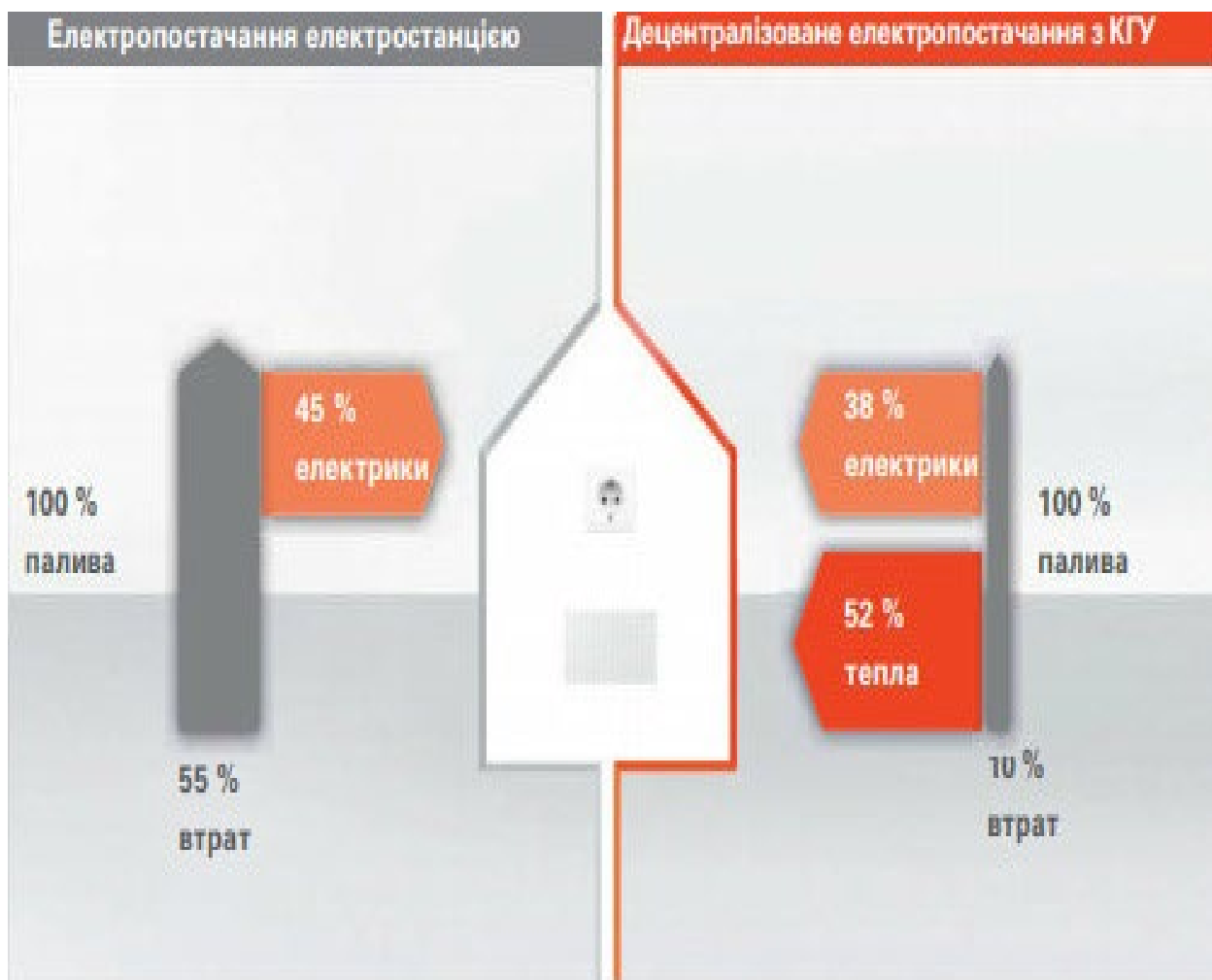


Рисунок В.6 – Ефективність когенераційної установки