

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

менеджменту

(повна назва кафедри)

Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

**АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ГНІВАНСЬКИЙ ЗАВОД
СПЕЦЗАЛІЗОБЕТОН»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи Е-23мс

спеціальності 141 – Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Терлецький С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

« 09 » 06 2025р.

Рецензент к.т.н., доцент каф. ЕСС

Сікарська О.В.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025р.

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

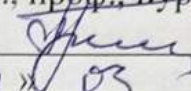
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.


« 20 » 03 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Терлецькому Сергію Володимировичу

Тема роботи Аналіз ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетон»

1. Керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент затверджені наказом по ВНТУ від « 20 » березня 2025 року, № 97

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

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток А); 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.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про Товариство

1.2 Організація технологічного процесу на підприємстві

1.3 Електричне навантаження заводу

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Вибір схеми цехової мережі та розрахунок електричних навантажень цеху заготовки та механічної обробки

2.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

2.4 Аналіз розрахунку навантажень підприємства

2.5 Вибір напруги живлення

2.6 Вибір та розміщення ТП

2.7 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання підприємства

2.8 Побудова картограми електричних навантажень підприємства

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

- 2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі
3. **ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ** ПРАТ «Г...»
- 3.1 Когенераційні технології та їх переваги для системи електропостачання підприємства
- 3.2. Промислова СЕС як альтернативне джерело електропостачання підприємства
- 3.3. Розробка проекту будівництва дахової ФЕС на підприємстві
4. **ОХОРОНА ПРАЦІ**
- 3.2 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта
- 3.3 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 3.4 Пожежна безпека

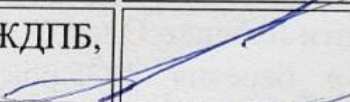
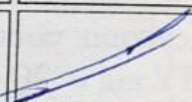
Висновки

Список літератури

Додатки

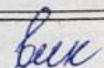
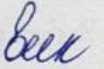
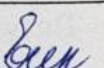
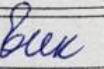
5. Перелік графічного матеріалу
- Генеральний план підприємства
 - Генеральний план цеху

6. Консультанти розділів роботи

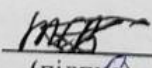
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 28 » 04 2025 року

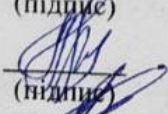
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Опис технологічного процесу на підприємстві	28.04-05.05	
2	Розробка системи електропостачання підприємства	06.05-14.05	
3	Впровадження альтернативних джерел енергопостачання	15.05-25.05	
4	Охорона праці	26.05-31.05	

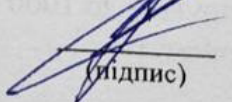
Здобувач


(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Терлецький С.В.
(прізвище та ініціали)

Бабенко О.В.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Терлецький С.В. Аналіз ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетон»: бакалаврська кваліфікаційна робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця : ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, ВНТУ, 2025.

Бакалаврська дипломна робота містить 85 сторінок формату А4, 14 рисунків та 19 таблиць.

Метою роботи є розробка заходів щодо підвищення ефективності електропостачання підприємства та виявлення так званих «слабких місць» у системі. Загальна частина роботи містить відомості про підприємство та організацію виробничого процесу на ньому. Проведено аналіз системи електропостачання: електричні навантаження на підприємстві, навантаження цехової мережі, аналіз теплопостачання заводу. Досліджено ефективність використання альтернативних джерел енергії на підприємстві, в особливості генерацію промислових СЕС та розраховано проект будівництва дахової станції для підприємства. Четвертий розділ дипломної роботи присвячений питанню з охорони праці на об'єкті. Розглянуто чітку інструкцію як повинна проходити робота на заводі, як необхідно експлуатувати об'єкт, які правила гігієни та санітарії повинні бути на підприємстві. Окремо розглянуто питання пожежної безпеки.

Ключові слова: система електропостачання, електрична енергія, сонячна електростанція, потужність, кабельна лінія, когенерація, електроприймач.

ABSTRACT

Terletskiy S.V. Analysis of the power supply system of PSC "Gnivansky Special Reinforced Concrete Plant" and development of measures to minimize electricity costs. Bachelor's thesis. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. FEEEM. Department of ESEEM - Vinnytsia: VNTU, 2025.

The bachelor's thesis contains 85 A4 pages, 14 figures and 19 tables.

The purpose of the work is to develop measures to increase the efficiency of the enterprise's power supply and identify the so-called "weak spots" in the system. The general part of the work contains information about the enterprise and the organization of the production process at it. An analysis of the power supply system was carried out: electrical loads at the enterprise, workshop network loads, analysis of the plant's heat supply. The efficiency of using alternative energy sources at the enterprise was studied, in particular the generation of industrial solar power plants, and a project for the construction of a rooftop station for the Company was calculated. The fourth section of the thesis is devoted to the issue of labor protection at the facility. A clear instruction is considered on how the work should be carried out at the plant, how the facility should be operated, what hygiene and sanitation rules should be in place at the enterprise. The issue of fire safety is separately considered.

Keywords: power supply system, electric energy, solar power plant, power, cable line, cogeneration, electric receiver.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ВІДОМОСТІ ПРОПІДПРИЄМСТВО ТА ВИХІДНІ ДАНІ.....	6
1.1 Загальні відомості про Товариство.....	6
1.2 Організація технологічного процесу на підприємстві.....	8
1.3 Електричне навантаження заводу.....	10
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	
ПІДПРИЄМСТВА.....	14
2.1. Вибір схеми цехової мережі та розрахунок електричних навантажень	
цеху заготовки та механічної обробки.....	14
2.2. Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової	
мережі.....	19
2.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	21
2.4 Аналіз розрахунку навантажень підприємства.....	24
2.5 Вибір напруги живлення.....	26
2.6 Вибір та розміщення ТП.....	27
2.7 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання	
підприємства.....	28
2.8 Побудова картограми електричних навантажень підприємства.....	31
2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	34
2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі.....	36
РОЗДІЛ 3 ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ	
ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	37
3.1. Когенераційні технології та їх переваги для системи електропостачання	
підприємства	37
3.2. Промислова СЕС як альтернативне джерело електропостачання	
підприємства.....	45
3.3. Розробка проекту будівництва дахової ФЕС на підприємстві.....	48
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання.....	59

4.1.1 Вимоги до організації робочих місць монтажного персоналу, який здійснює монтаж обладнання системи електропостачання ПрАТ «Гніванський завод спеціалізованої продукції».....	59
4.1.2 Електробезпека.....	62
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	63
4.2.1 Мікроклімат.....	64
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	64
4.2.3 Виробниче освітлення.....	65
4.2.4 Виробничий шум.....	65
4.3 Пожежна безпека.....	66
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ.....	73
Додаток А Вихідні дані.....	74
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	77
Додаток В Графічна частина.....	78
Додаток Г Графічна частина	81

ВСТУП

Актуальність теми дослідження пояснюється тим, що безперебійне функціонування будь-якого виробничого підприємства на пряму залежить від ефективної системи електропостачання усіх генеруючих установок підприємства. Система має бути надійною, стабільною та економічно доцільною. Наявність ефективної системи електропостачання означає, що підприємство мінімізує використання електричної енергії без зниження його продуктивності. Тобто, раціонально використовує ресурси (електроенергію, паливо, тепло та воду) [1].

Розвиток технологій на енергетичному ринку свідчить про появу нових приладів та альтернативних джерел електричної енергії, які дозволяють мінімізувати витрати споживачів.

Мета та задачі кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка ефективної системи електропостачання ПрАТ «Гніванський завод спеціалізований».

Для досягнення мети необхідно: проаналізувати існуючу систему електропостачання: визначити електричні навантаження підприємства, навантаження внутрішніх та зовнішніх мереж та виявити «слабкі» місця у системі та запропонувати можливі шляхи підвищення їх ефективності, розробити альтернативний план електропостачання підприємства на основі будівництва промислової СЕС на території заводу, а також провести розрахунок доцільності впровадження такого виду електроживлення.

Об'єктом дослідження є система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спеціалізований».

Методи досліджень. У роботі використовується сучасні методи розрахунків, які на практиці використовують при проектуванні електричних мереж.

Наукова новизна. Макет-проект із будівництва промислової дахової СЕС, з урахуванням технічних характеристик підприємства та обсягів електричних навантажень. Виконано розрахунок раціональності будівництва сонячної

станції та економічного ефекту для виробничого підприємства з великим обсягом споживання електроенергії.

Практична цінність роботи полягає в наступному: практичне втілення розробленого проекту позитивно вплине на підвищення рівня енергоефективності електропостачання підприємства. У роботі розроблено та показано схематично спосіб будівництва дахової СЕС на рівній покрівлі найбільшого цехового приміщення заводу, який можна втілити в реальному житті.

РОЗДІЛ 1

ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО ТА ВИХІДНІ ДАНІ

1.1. Загальні відомості про Товариство

Об'єктом дослідження дипломної роботи є Приватне акціонерне товариство «Гніванський завод спецзалізобетону». Дане товариство було засноване у 1969 році та основним напрямом його діяльності (КВЕД 23.61) є виготовлення виробів із бетону. Варто зазначити, що на сьогоднішній день підприємство входить до складу Акціонерного товариства «Укрзалізниця». Цей завод є стратегічним об'єктом та, в першу чергу, задовольняє потреби залізниці, для її безперебійного функціонування.

Сьогодні, Товариство працює в повну силу, усі 17 цехів функціонують на всю свою потужність. Підприємство має доволі широкий асортимент продукції, що виробляє для задоволення потреб різних підприємств, що розташовані по всій території України. Продукція заводу налічує близько 50 найменувань, серед них можна виокремити:

- плити для перекриття;
- перемички;
- безнапірні та напірні труби різних розмірів;
- шпали з анкерним пристроєм, а також залізобетонні шпали;
- збірні залізобетонні конструкції, що використовуються як в промисловому, так і в індивідуальному будівництві;
- опори контактної мережі;
- плити для огорожі;
- кільця для колодязів та цегла;
- залізобетонні шпали, тощо.

За офіційними статистичними даними, на підприємстві в 2025 році працює понад 500 осіб (599), які є кваліфікованими працівниками та знають

важливість справи, що виконують. Хто б не казав, але такий об'єкт інфраструктури конче необхідний і місту, і області, і країні загалом. Протягом свого існування Товариство експортувало свою продукцію у різні куточки не тільки України, але країн сусідів. В особливості шпали доставлялись на Одеську, Придніпровську, Молдавську, Південно-Західну залізницю, також підприємство мало ділові відносини з Монгольським урядом.

За даними Товариства, територія заводу охоплює 41,5 га, на яких розташовані потужності для виробництва залізобетонної продукції. Якщо говорити про обсяги виробництва підприємства, вони становлять 214,4 тис. м³ збірного залізобетону на рік. Основне виробництво припадає на такі категорії:

- 1) залізобетонні шпали – 114,0 тис. м³;
- 2) панелі для перекриття – 32,5 тис. м³;
- 3) напірні труби – 45,7 тис. м³;
- 4) безнапірні труби – 10,2 тис. м³;
- 5) опори контактної мережі – 12,0 тис. м³.

Процес виробництва виробів із залізобетону на підприємстві чітко регламентується державними нормами та стандартами, та містить в собі певний перелік послідовних етапів. Дотримання таких процесів напряду впливає на якість та міцність продукції, що виготовляється. Існує 10 етапів, які повинні виконати кваліфіковані працівники підприємства, для того щоб у кінцевому результаті отримати готову продукцію. До них відносять: проектна документація, підготовка форм для виливки залізобетону, виготовлення арматурного каркасу, укладання бетонної суміші, процес застигання бетону, розбирання опалубки залізобетонних конструкцій, так званий «догляд» за бетоном, контроль якості, маркування готової продукції та транспортування. Звісно, між усіма попередньо переліченими процесами існує ряд допоміжних, які також потрібно брати до уваги.

На даному підприємстві працівники використовують агрегатно-поточний метод виготовлення продукції. Його суть полягає в наступному: до прикладу, певна залізобетонна конструкція разом із формою пересувається по

технологічному потоку, роблячи певні зупинки на робочих місцях, на яких працівники виконують виробничі операції відповідно до стандартів ДСТУ.

Як бачимо із поданої вище інформації, ПрАТ «Гніванський завод спеціалізованої продукції» є важливим гравцем на економічній арені. Це підприємство має багату історію, яка формувалась протягом 60 років. Протягом своєї діяльності завод неодноразово стикався з фінансовими труднощами, але впевнено вирішував їх та продовжував свою діяльність. Значні виробничі потужності Товариства сприяють не тільки розвитку своєї материнської компанії, а і загалом інфраструктури країни.

1.2. Організація технологічного процесу на підприємстві

Взагалі виробництво залізобетонних виробів це доволі складний процес, який містить в собі багато технологічних процесів, починаючи від підготовки матеріалів та закінчуючи логістикою.

Технологічний процес виготовлення залізобетонних виробів має таку послідовність:

- відповідно до креслень виробляються арматурні каркаси;
- у зварювальному цеху, на лінії безперервного зварювання виготовляють поперечну арматуру;
- на відрізних верстатах займаються виробництвом поперечної арматури для каркасів та сіток;
- хрестові з'єднання стержнів зварюються лише контактно-точковим способом з нормованою лінійкою;
- проводиться перевірка усіх матеріалів на відповідність, дотримання усіх креслень, якість зварювання, відбувається поточний контроль усіх процесів виробництва;

- окремими каркасами та сітками здійснюють армування виробів. За допомогою шаблонів відстежується положення робочої та монтажної арматури. У даному процесі беруть участь контролер ВТК та майстер цеху;

- очищення та змащування форм для заливки. На цьому етапі працівники очищують форми спеціальними металевими щітками, а потім їх змащують мастилом, яке наноситься за допомогою пензля рівномірним шаром по всіх поверхні;

- виготовлення бетонної суміші. У дозатори БЗВ надходить цемент зі спеціальних бетонних бункерів – силосів та вода - з водопровідної мережі. Щебень та відсів за допомогою спецтранспорту подаються до бункера БЗВ. Далі уся бетонна суміш, за допомогою самоскидів, передається на пост формування. Для укладки суміші відкривається спеціальний отвір – бадді, далі готова форма із сумішшю встановлюється на вібродатчик для ущільнення. Укладка суміші в форми відбувається доки, поки не заповнить всю форму. Протягом даного процесу відбувається контроль за рухливістю та жорсткістю суміші, яка проводиться лабораторією.

- термоволога обробка. Уся продукція надходить до спеціальних пропарочних камер, де сформовані вироби встановлюють на відстій. Одночасно з цим, до цих камер надходять контрольні зразки кубів, розміром 100x100x100 мм. Температурний режим таких пропарювальних камер повинен відповідати наступним нормам:

1. вироби відстоюються в камерах при закритих кришках протягом 1-2,5 годин;
2. протягом 3-х годин температурний режим змінюється: температура піднімається від 20 °С до 90 °С;
3. протягом 10 годин відбувається ізотермічне прогрівання виробів;
4. охолодження камер протягом 1 години при закритих кришках;
5. вироби розпалублюються та перевіряються на готовність.

Далі продукція у формах потрапляє на майданчик з розпалублення, однак перед цим відбувається перевірка контрольних зразків – кубів. Якщо їх міцність не нижче 70%, а у зимовий період не менше % від проектної міцності, вироби починають діставати з форм та переносять на пост контролю, де далі готують їх до повної готовності.

Далі вироби оглядають, маркують та перевіряють на якість відповідно до ДСТУ. Потім готова продукція потрапляє на склад, де вироби укладаються на спеціальні дерев'яні інвентарні прокладки, що розташовуються на відстані 2,5 см від краю виробу та не повинні перевищувати товщину у 3 см. Розвантаження, завантаження та складання продукції відбувається з дотриманням вимог та правил безпеки, таких, щоб продукція в процесі не постраждала.

1.3. Електричне навантаження заводу

Як будь-який споживач, ПрАТ «Гніванський завод спеціалізованої продукції» споживає певні обсяги електроенергії, які необхідні для сталого та безперебійного функціонування підприємства. Це так зване, електричне навантаження, під яким розуміють сумарну потужність, що споживається підприємством за рахунок його виробничого устаткування, під час свого робочого циклу.

За даними, завод живиться електроенергією від Гніванської підстанції 110/10 кВ за рахунок двох кабельних ліній. Від заводу енергетичний об'єкт знаходиться на відстані 1,3 км, також відомо, що підстанція безпосередньо належить заводу, лише декілька фідерів належать АТ «Вінницяобленерго».

Обладнання заводу живиться за рахунок чотирипровідної трифазної електромережі з глухозаземленим нульовим проводом, що має напругу 380, 220В.

В теорії та на практиці, щоб забезпечити надійне електропостачання, електроприймачі поділяють на такі категорії [2]:

I – електроприймачі, що несуть загрозу для людини, можливий масовий брак продукції. У них присутня перерва в електропостачанні, але така перерва допускається лише в момент автоматичного вмикання живлення.

II – електроприймачі, що спричиняють збиток підприємству – простій робочих місць, недовипуск продукції, несправність механізмів. Тут потрібна перерва, для того, щоб персонал ввімкнув резервне живлення обладнання.

III – електроприймачі несерійного виробництва. Тут перерва допускається на певний час, але не більше ніж на 24 години. За цей час необхідно замінити або ж відремонтувати пошкоджений елемент.

Виходячи з вищеописаного, можна зробити висновок, що більшість цехів виробничих підприємств відносять до II та III категорії електроприймачів, приблизно це 70%.

Розглянемо більш детально розташування усіх приміщень ПрАТ «ГЗС», що зображені на рис. 1.1.

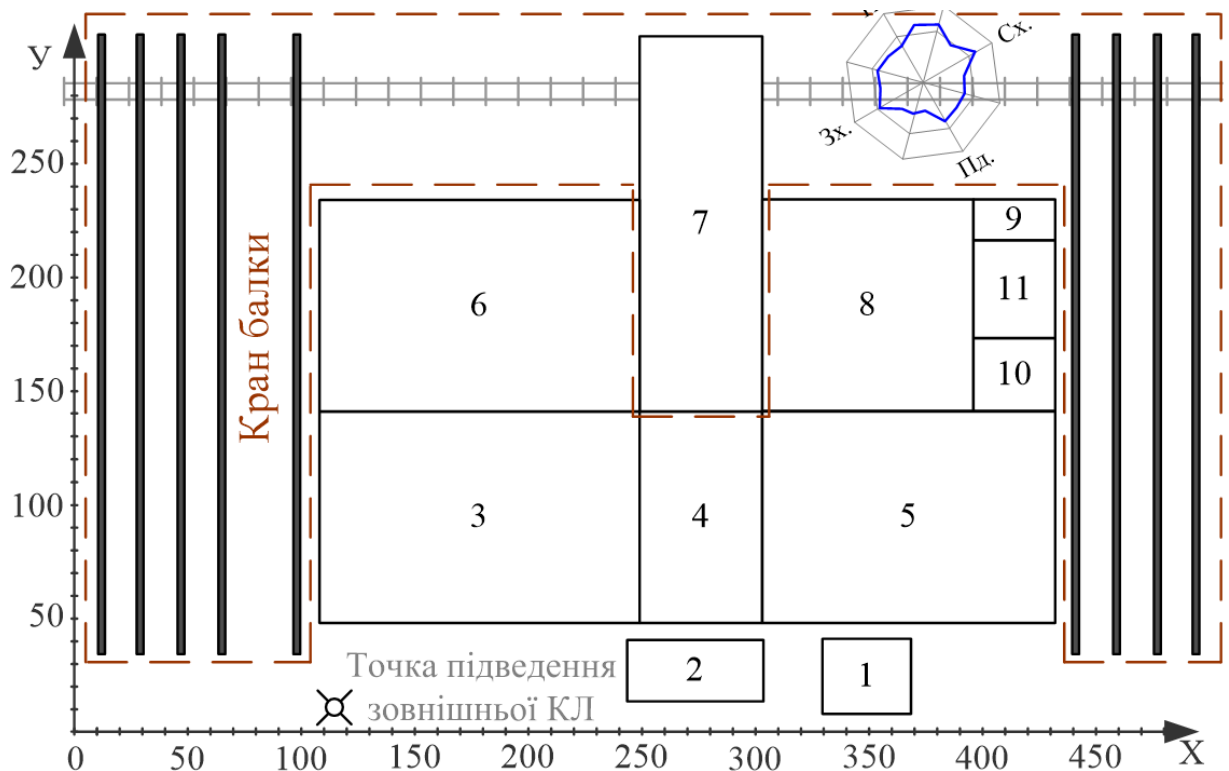


Рисунок 1.1 – Генеральний план заводу

За офіційними даними Товариства у табл. 1.1 наведемо електричні навантаження кожного з приміщень.

Більш детально розглянемо одне із головних виробничих приміщень підприємства – цех заготовки та механічної обробки продукції (рис. 1.2).

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження приміщень ПрАТ «ГЗС»

№	Назва	Навантаження (Р), кВт	Площа приміщення, м ²	X, м	Y, м
1	Корпус адмінбудівлі	45	1280,0	350	24
2	Виробничий цех №1	745	13110,0	274	26
3	Виробничий цех №2	700	11990,0	179	94
4	Виробничий цех №3	725	13110,0	276	94
5	Приміщення котельні	110	1150,0	368	94
6	Компресорна	125	1510,0	178	187
7	Складське приміщення	100	8640,0	276	223
8	Відвантажувальний відділ	180	8900,0	350	187
9	Арматурний цех	180	5020,0	414	225
10	Службове приміщення	60	1620,0	414	157
11	Цех заготовки та механічної обробки	330	648,0	414	194

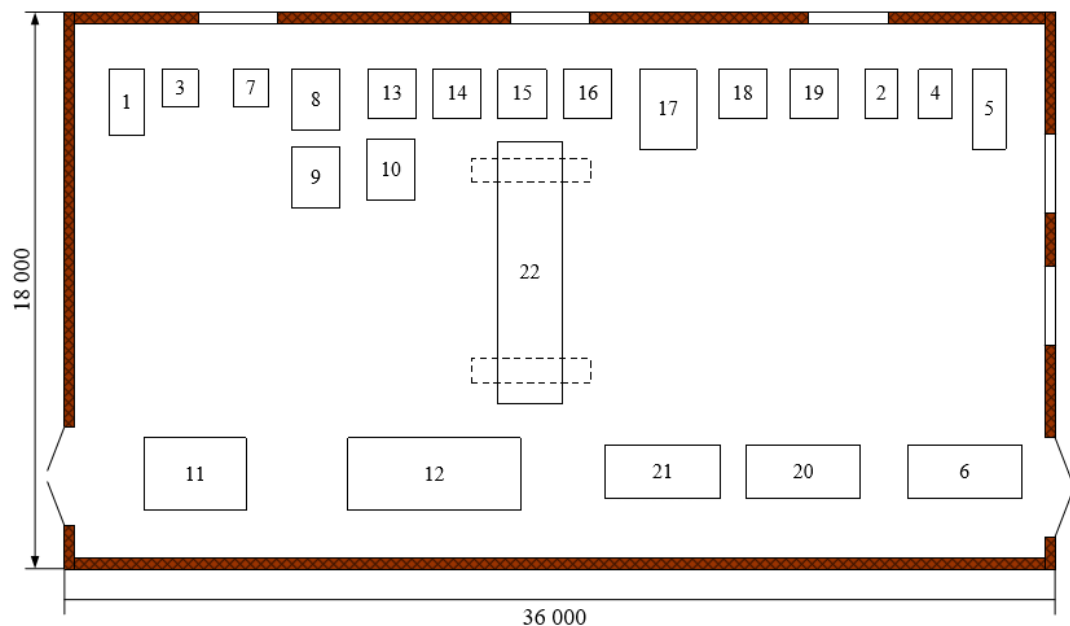


Рисунок 1.2. – План цеху заготовки та механічної обробки

У таблиці 1.2 відобразимо відомості про електричне навантаження електроприймачів, що розташовані в цеху.

Таблиця 1.2 – Електричне навантаження електроприймачів цеху заготовки та механічної обробки

№	Устаткування	К-сть, шт	Р _н , кВт
1-2	Свердлильні станки	2	9
3-6	Апарати для зварювання	4	38
7	Вальци	1	14
8-12	Прес-ножиці	5	15
13-16	Гідравлічні преси	4	4
17	Радіально-свердлильний станок	1	9
18	Обирочно-шліфувальний станок	1	4
19	Кривошипний прес	1	30
20	Токарний апарат (6092)	1	5
21	Токарний апарат (ТС-70)	1	15
22	Кран-балка	1	5

З вищенаведеної інформації, можна зробити висновок, що виробниче устаткування підприємства споживає доволі великий обсяг електричної енергії. І це лише дані одного із 17 робочих приміщень Товариства.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Вибір схеми цехової мережі та розрахунок електричних навантажень цеху заготовки та механічної обробки

Для цеху заготовки та механічної обробки обираємо радіальну схему електропостачання споживачів. Пропонується встановити три розподільні пристрої (РП) (рис. 2.1).

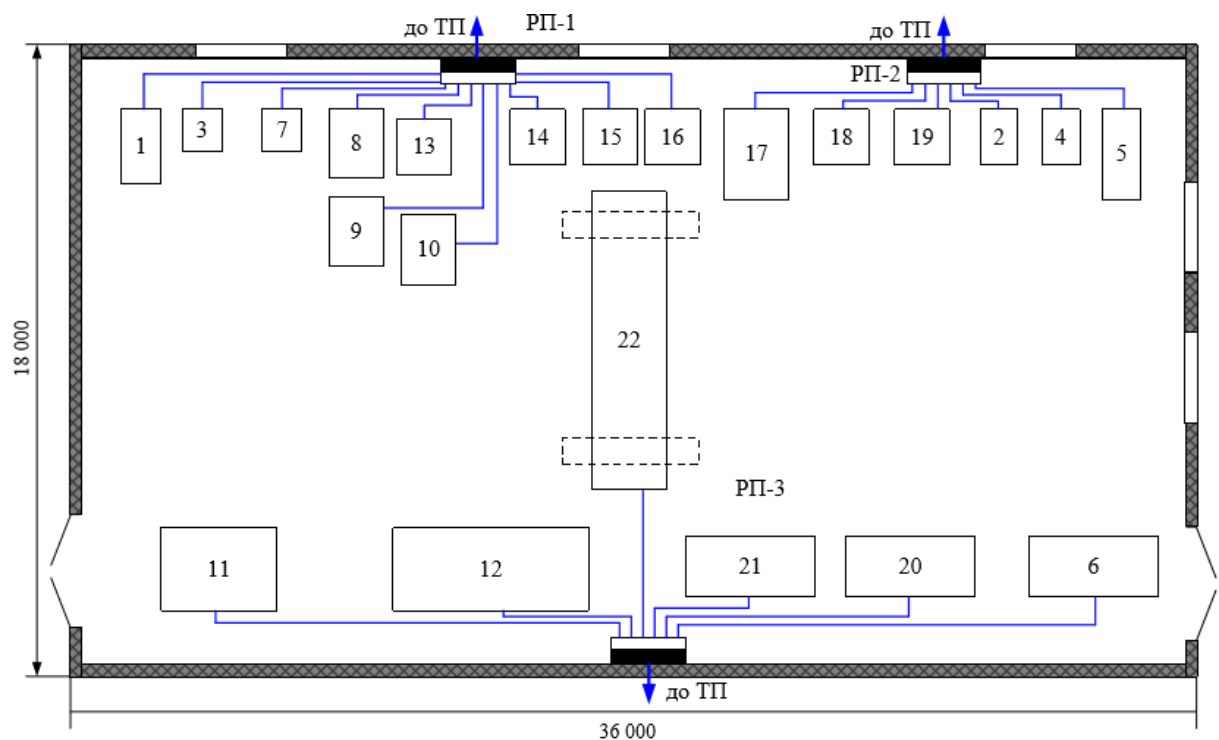


Рисунок 2.1 – Схема електропостачання цеху

Навантаження електроприймачів (ЕП) приймаємо рівним номінальним [2]:

$$P_p = P_n, \quad Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (2.1)$$

де P_n – активна номінальна потужність ЕП, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_n$ – величина номінального коефіцієнта реактивної потужності (дані довідника).

У паспортних даних кожного електроприймача повинна бути вказана їх номінальна величина. Однак, якщо ці дані відсутні, використовують загальноприйняті коефіцієнти: $\text{tg}\varphi_{\text{H}} = 0,75$ – для ЕП з тривалим режимом роботи та $\text{tg}\varphi_{\text{H}} = 0,87$ – режим роботи ЕП повторно-короткочасний.

Для мереж живлення напругою до 1 кВ, розрахункові навантаження визначають:

$$P_{\text{P}} = K_{\text{P}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} ; \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{P}} = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \text{tg}\varphi_{\text{Ci}}, & \text{при } n_{\text{e}} \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \text{tg}\varphi_{\text{Ci}}, & \text{при } n_{\text{e}} > 10; \end{cases} \quad (2.3)$$

Для шинопроводів, що проходять по магістралі:

$$P_{\text{P}} = K_{\text{P}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} ; \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{P}} = K_{\text{P}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \text{tg}\varphi_{\text{Ci}} ; \quad (2.5)$$

де K_{P} - коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності;

n_{e} - ефективне число електроприймача;

$\text{tg}\varphi_{\text{C}}$ - усереднені значення $\text{tg}\varphi$;

Далі визначаємо середні потужності:

$$P_{\text{C}} = K_{\text{B}} \cdot P_{\text{H}} ; \quad Q_{\text{C}} = P_{\text{C}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (2.6)$$

З наступної формули можна визначити величини групового коефіцієнту використання і ефективного числа ЕП:

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

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

З розрахунку значення n_e завжди округлюють до меншого цілого числа.

Значення коефіцієнту максимуму $K_p = f(K_b; n_e)$ вибираємо із довідника.

Величину розрахункової повної потужності знаходимо з формули:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.9)$$

Визначаємо розрахунковий струм:

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

де U_H – номінальна напруга, кВ.

Заповнюємо таблицю 2.1, знайшовши всі необхідні значення, використовуючи вищенаведені формули.

Розрахуємо силове навантаження для РП-1:

$$P_c = 38 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,16 + 14 \cdot 0,17 + 4 \cdot 0,12 \cdot 4 + 15 \cdot 0,13 \cdot 3 = 19,19 \text{ кВт};$$

$$Q_c = 380,2 \cdot 2,29 + 9 \cdot 0,16 \cdot 1,52 + 14 \cdot 0,17 \cdot 1,17 + 16 \cdot 0,12 \cdot 1,98 + 45 \cdot 0,13 \cdot 1,98 = 38,3$$

квар

$$K_b = \frac{19,19}{122} = 0,157 \approx 0,16$$

$$n_e = \frac{(38+9+14+4 \cdot 4+3 \cdot 15)^2}{38^2+9^2+14^2+4 \cdot 4^2+3 \cdot 15^2} = \frac{14884}{2470} = 6 \text{ шт.}$$

Виходячи з даних довідника, $K_p = 2,09$, звідси:

$$P_p = 2,09 \cdot 19,19 = 40,11 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 38,3 = 42,13 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{40,11^2 + 42,13^2} = 44,04 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{44,04 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 66,91 \text{ А}$$

Таблиця 2.1 – Електричні навантаження цехової мережі

Назва ЕП	п, шт	Рн, кВт	п·Рн, кВт	Кв (дані довідника)	tgφ (дані довідника)	Рс, кВт	Qс, квар	п·Рн ²	пс	Кр	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Апарат для зварювання	1	38	38	0,2	2,29	7,6	17,4	1444						
Свердильний станок	1	9	9	0,16	1,52	1,44	2,19	81						
Вальци	1	14	14	0,17	1,17	2,38	3,33	196						
Гідравлічний прес	4	4	16	0,12	1,98	1,92	3,8	64						
Прес-ножиці	3	15	45	0,13	1,98	5,85	11,58	675						
РП-1	10		122	0,16		19,19	38,3	2460	6	2,09	40,11	42,13	44,04	66,91
Радіально-свердильний станок	1	9	9	0,13	1,73	1,17	2,02	81						
Обирочно-шліфувальний станок	1	4	4	0,14	1,73	0,56	0,97	16						
Кривошипний прес	1	30	30	0,17	1,17	5,1	5,97	900						
Свердильний станок	1	9	9	0,16	1,52	1,44	2,19	81						
Апарат для зварювання	2	38	76	0,2	2,29	15,2	34,81	2888						
РП – 2	6		128	0,18		23,47	45,96	3966	4	2,31	54,22	50,56	74,14	112,64

Продовження таблиці 2.1 – Електричні навантаження цехової мережі

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Прес-ножиці	2	15	30	0,13	1,98	3,9	7,72	450						
Токарний апарат (ТС-70)	1	15	15	0,14	1,73	2,1	3,63	225						
Зварювальний апарат	1	38	38	0,2	2,29	7,6	17,4	1444						
Токарний апарат (6092)	1	5	5	0,15	1,73	0,75	1,3	25						
Кран-балка	1	5	5	0,1	1,73	0,5	0,86	25						
РП – 3	6		93	0,16		14,85	30,91	2169	4	2,89	42,92	34,0	54,76	83,2
Всього по цеху	22		343	0,17		57,51	115,17	8595	14	1,56	137,25	126,69	172,94	262,75

2.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

Вибір автоматичних вимикачів здійснюємо згідно наступних вимог:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p ; \quad (2.11)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_{п} . \quad (2.12)$$

$$I_{н.вдк} \geq I_{к.мах}^{(3)} . \quad (2.13)$$

Для захисту ЕП-1 виберемо АВ:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} ; \quad (2.14)$$

$$I_p = \frac{8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,55 \cdot 0,8} = 27,6 (A)$$

Залежно від типу та кратності пускових струмів приводу визначаємо пусковий струм:

$$I_{п} = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 27,6 = 138 (A) \quad (2.15)$$

Для захисту ЕП-1 доцільно використати АВ з електронним розчіплювачем. Номінальний струм розчіплювача для ЕП-1 становить:

$$I_{н.розчп} \geq 1 \cdot 27,6 = 27,6 (A);$$

$$I_{с.відс} \geq 2,1 \cdot 138 = 289,8 (A).$$

Розрахувавши значення струмів приймаємо ЕВ100/3L63A3р.

Обираємо АВ для усіх інших ЕП цеху, а всі інші дані заносимо в табл. 2.2.

Також в даній таблиці будуть представлені лінії живлення.

Приймаємо АВ для захисту РП-1.

$$I_p = 83,94(A).$$

Визначимо пусковий струм для групи ЕП, що під'єднані до РП-1:

$$I_{п} = I_p - K_v \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах} ; \quad (2.16)$$

$$I_n = 83,94 - 0,2 \cdot 189,9 + 949,6 = 1026,5 \text{ (A)}.$$

Для захисту РП-2 вибираємо вимикач від виробника ЕТІ марки ЕВ2 250/3Е 250А 4р. Обчислимо номінальний струм розчіплювала та струм спрацювання відсічки для РП-1:

$$I_{\text{н.розчіп}} \geq 1,1 \cdot 83,94 = 91,33 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{с.відс}} \geq 1,1 \cdot 1026,5 = 1129,1 \text{ (A)}.$$

Переріз ліній живлення для мереж на напругу до 1000 В необхідно вибирати за допустимим нагрівом жил [2].

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_p - \text{приміщення є невибухонебезпечні,} \\ 1,25 \cdot I_p - \text{приміщення вибухонебезпечні.} \end{cases} \quad (2.17)$$

Для лінії, яка буде з'єднувати ТП з РП-2 обираємо силові КЛ з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості АВВГзнг прокладений у землі перерізом 3х95+1х50 з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 273 > I_p = 83,94 \text{ А}$.

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-1:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{ПІТ}} + Q_p \cdot X_{\text{ПІТ}}}{U_H} \cdot l; \quad (2.18)$$

$$\Delta U_{\text{РП-ЕП1}} = \frac{8 \cdot 1,54 + 8 \cdot 1,52 \cdot 0,072}{380} \cdot 10 = 0,347 - \text{(В)};$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП-1}} = \frac{18,34 \cdot 0,405 + 36,17 \cdot 0,064}{380} \cdot 100 = 2,56 \text{ (В)};$$

$$\Delta U = \Delta U_{\text{ТП-РП-1}} + \Delta U_{\text{РП-1-ЕП1}} = 0,347 + 2,564 = 2,911 \text{ (В)}; \quad (2.19)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\text{ТП-ЕП-1}}}{U_H} \cdot 100\% = \frac{2,911}{380} \cdot 100\% = 0,77 \% \quad (2.20)$$

Згідно розрахунків, така втрата допустима. Виконаємо розрахунок аналогічним чином для інших споживачів та перенесемо дані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – КЛ та АВ вибрані для цехової мережі

Найменування ЕП	Ір, А	Іп, А	Тип АВ	Іном, А	Ірозч, А	Ісв, А	Тип ЛЖ	S, мм2	спос. прок.	Тип труби	Ідоп, А
РП-1	83,94	995,6	ЕВ2 250/3Е 250А 4р	250	250	1200	АВВГ	3х95+1х50	відкрито		273
РП-2	114,8	1026	ЕВ2 250/3Е 250А 4р	250	250	1200	АВВГ	3х95+1х50	відкрито		273
РП-3	82,7	994,3	ЕВ2 250/3Е 250А 4р	250	250	1200	АВВГ	3х95+1х50	відкрито		273
Свердильний станок	27,6	138,1	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	150	АПВ	4(1х10)	в трубі	ТТØ16	39
Апарат для зварювання	189,9	949,6	ЕВ2 250/3Е 200А 4р	200	200	1000	АВВГ	3х70+1х35	відкрито		205
Вальци	43,8	219,1	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	ТТØ32	70
Прес-ножиці	54,9	274,3	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	ТТØ32	70
Гідравлічний прес	12,7	63,3	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	ТТØ10	23
Радіально-свердильний станок	30,4	151,9	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	150	АПВ	4(1х10)	в трубі	ТТØ16	39
Обирочно-шліфувальний станок	11,4	57,0	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	ТТØ10	23
Кривошипний прес	87,7	438,3	ЕВ 100/3Л 100А 3р	100	100	500	АПВ	4(1х50)	в трубі	ТТØ60	120
Токарний апарат (6092)	19,0	95,0	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	150	АПВ	4(1х10)	в трубі	ТТØ16	39
Токарний апарат (ТС-70)	57,0	284,9	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	ТТØ32	70
Кран-балка	19,0	95,0	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	150	АПВ	4(1х10)	в трубі	ТТØ16	39

Отже, дана частина роботи містить розрахунок навантаження та вибір основного обладнання для реалізації цехової мережі приміщення із заготовки та механічної обробки (приміщення №9 на генплані).

2.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Проведемо розрахунок струмів, що виникають під час КЗ для перевірки раніше обраних автоматичних вимикачів та кабельних ліній.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-7. Складемо розрахункову схему та схематично відобразимо її на рисунку 2.2.

Знайдемо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.Т}}} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 10^3} = 10,4 \text{ (мОм)} \quad (2.21)$$

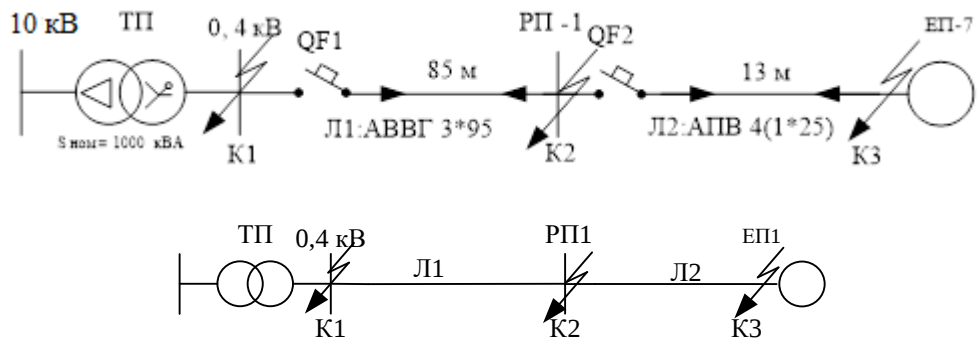


Рисунок 2.2 – Схема електропостачання ЕП-1 та схема заміщення

Далі визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{Л1} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{6,4^2 + 0,094^2} \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 0,544 \text{ (Ом)}; \quad (2.22)$$

$$Z_{Л2} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{10^2 + 0,098^2} \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0,13 \text{ (Ом)}; \quad (2.23)$$

В табл. 2.3. наведено вихідні дані для розрахунку коефіцієнта чутливості та струмів КЗ.

Таблиця 2.3 - Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R0, мОм/м	X0, мОм/м	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	Zφ-0, мОм
ТМ 1000/35/0,4	-	-	-	3,48	9,8	10,4	180
Л1	85	6,4	0,094	543	7,99	544	12,34
Л2	13	10	0,098	100	0,98	130	18,52

Значення струму при трифазному металічному КЗ знайдемо за формулою:

$$I_{к.макс}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}; \quad (2.24)$$

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

- для точки К1:

$$I_{к.макс}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10,4} = 7,5 \text{ (кА)};$$

- для точки К2:

$$I_{к.макс}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot (10,4 + 544)} = 0,42 \text{ (кА)};$$

Обрані вимикачі перевіримо на комутаційну здатність:

$$I_{н.відк} > I_{к.макс}^{(3)}; \quad (2.25)$$

QF1: EB2 250/3E 250A 4p з $I_{н.відк} = 80 \text{ (кА)}$

$$I_{н.відк} = 63(\text{кА}) > I_{к.макс}^{(3)} = 7,5(\text{кА});$$

Для точки K1 умова перевірки виконується.

QF2: EB2 250/3E 160A 4p з $I_{н.відк} = 8 \text{ (кА)}$

$$I_{н.відк} = 8(\text{кА}) > I_{к.макс}^{(3)} = 0,42(\text{кА});$$

Для точки K2 умова також виконується.

Визначаємо струми однофазних КЗ для точок, що на рис. 2.2., для перевірки їх чутливості захисту:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\phi,ном}}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}, \quad (2.26)$$

- для точки K2:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{180}{3} + 12,34 \cdot 85} = 0,2(\text{кА});$$

- для точки K3:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{180}{3} + 12,34 \cdot 85 + 18,52 \cdot 13} = 0,169(\text{кА});$$

Перевіримо виконання умови чутливості захисту:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.мін}^{(1)}}{3}; \quad (2.27)$$

- для точки K2:

$$I_{н.розч} = 63(\text{А}) < \frac{I_K^{(1)}}{3} = \frac{200}{3} = 66,6(\text{А}).$$

- для точки КЗ:

$$I_{н.розч} = 32(A) < \frac{I_K^{(1)}}{3} = \frac{169}{3} = 52(A).$$

Як бачимо, умови виконуються.

Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} > t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.28)$$

Виконуємо перевірку на селективність для АВ, що захищають лінії ТП1 - РП1 та РП1 – ЕП1 (дані знаходимо в табл. 2.2).

$$\begin{cases} I_{c.B1} = 250(A) > (1,3..1,5) \cdot 302,4 = 325 \div 375(A), \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115(c). \end{cases}$$

Умови селективності виконуються.

Будуємо карту селективності дії захисту (рис. 2.3).

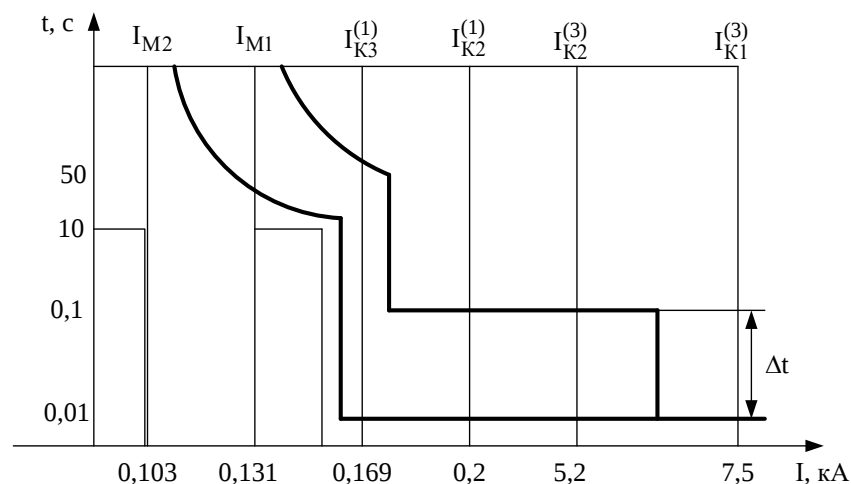


Рисунок 2.3 – Карта селективності дії захисту

2.4. Аналіз розрахунку навантажень підприємства

Для того, щоб здійснити розрахунок активної та реактивної потужності силових споживачів заводу використаємо метод коефіцієнта попиту. Це спрощений метод розрахунку – коли не всі навантаження працюють одночасно та на повну потужність.

$$P_c = K_p \cdot P_n, \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.29)$$

Завдяки даному методу також можна визначити розрахункове навантаження для освітлювальних систем. Наприклад, номінальну потужність освітлення можна знайти, використовуючи питому потужність, що припадає на 1 м² площі обраного приміщення. Формула для визначення потужності електричного освітлення подана нижче:

$$P_o = P_{\text{пит.о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot F; \quad (2.30)$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \varphi_o; \quad (2.31)$$

де $P_{\text{пит.о}}$ - питома густина освітлювального навантаження обраного приміщення, допустимий діапазон 0,011-0,022;

$K_{\text{по}}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$K_{\text{пра}}$ - значення коефіцієнта втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

F - площа приміщення, м²

$$K_{\text{по}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases} \quad (2.32)$$

$$K_{\text{пра}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ;} \\ 1,2 - \text{люмінесцентні - стартерні;} \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні - безстартерні.} \end{cases}; \quad (2.33)$$

Розрахункові потужності це сума розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_p = P_c + P_o, \quad Q_p = Q_c + Q_o; \quad (2.34)$$

Формула для визначення сумарного навантаження:

$$S_{\text{рз}} = \sqrt{P_{\text{рз}}^2 + Q_{\text{рз}}^2} \text{ кВА}; \quad (2.35)$$

Як приклад, розрахуємо електричні навантаження складського приміщення заводу:

$$P_c = K_p \cdot P_n = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ кВт};$$

$$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi = 40 \cdot 0,6 = 24 \text{ кВт};$$

$$P_O = 0,01 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 8640,0 = 82,94 \text{ кВт};$$

$$P_P = P_C + P_O = 40,0 + 82,94 = 122,94 \text{ кВт};$$

$$Q_P = 24,0 + 0,43 \cdot 82,94 = 76,86 \text{ кВт}$$

$$S_P = \sqrt{122,94^2 + 76,86^2} = 144,99 \text{ кВА}$$

Подані вище формули використовуємо для розрахунку навантажень підприємства та результати відображаємо у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження				Сумарне навантаження			
		P_n , кВт	K_{Π}	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_c , кВт	Q_c , квар	m^2	$P_{\text{плт}}$	$K_{\text{по}}$	$K_{\text{гра}}$	P_o , кВт	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Корпус адмінбудівлі	45	0,5	0,8	0,6	22,5	13,5	1280,0	0,01	0,9	1,2	13,82	36,32	19,44	41,2
2	Виробничий цех №1	745	0,3	0,7	0,9	223,5	201,15	13110,0	0,01	0,9	1,2	141,59	365,09	358,14	511,42
3	Виробничий цех №2	700	0,4	0,7	0,8	280,0	224,0	11990,0	0,01	0,9	1,2	129,49	409,49	400,08	572,49
4	Виробничий цех №3	725	0,3	0,7	0,8	217,5	174,0	13110,0	0,01	0,9	1,2	141,59	359,09	328,41	486,62
5	Приміщення котельні	110	0,5	0,8	0,7	55,0	38,5	1150,0	0,01	0,8	1,2	12,42	67,42	67,49	95,4
6	Компресорна	125	0,4	0,7	0,8	50,0	40,0	1510,0	0,01	0,9	1,2	16,31	66,31	68,51	95,34
7	Складське приміщення	100	0,4	0,8	0,6	40,0	24,0	8640,0	0,01	0,8	1,2	82,94	122,94	76,86	144,99
8	Відвантажувальний відділ	180	0,4	0,7	1,0	72,0	72,0	8900,0	0,01	0,8	1,2	85,44	157,44	139,7	210,49
9	Арматурний цех	180	0,5	0,6	1,1	90,0	99,0	5020,0	0,01	0,8	1,2	48,19	138,19	158,42	210,22
10	Службове приміщення	60	0,5	0,8	0,6	30,0	18,0	1620,0	0,01	0,9	1,2	17,50	47,5	38,43	61,1
11	Цех заготовки та механічної	330	0,2	0,6	1,2	66,0	13,2	648,0	0,01	0,8	1,2	6,22	72,22	44,25	84,7
	Всього	3300				1170,5	917,35	66978,0					1842,0	1699,7	2513,9

2.5 Вибір напруги живлення

Техніко-економічною задачею будь-якого підприємства є вибір класу напруги живлення. Для її визначення використовують таку формулу:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p}; \quad (2.36)$$

Значення напруги становить:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{1,3 + 16 \cdot 1,842} = 24,07 \text{ кВ}$$

Тобто, для заводу оптимальним рішенням є використання двох варіантів схем зовнішнього електропостачання – 10 кВ та 35 кВ.

2.6 Вибір та розміщення ТП

За надійністю електропостачання підприємство відноситься до II категорії. Визначимо загальну площу цехів та їх максимальну потужність з наступних формул:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{18} F_i = 65468,0 \text{ м}^2$$

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{14} S_{\text{м}} = 2513,97 \text{ кВА};$$

Маючи дані, визначимо середнє питоме навантаження на 1 м²:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{2513,97}{65468,0} = 0,038 \approx 0,04 \text{ кВА/м}^2$$

Отже, для такої густини потрібно обирати двотрансформаторні підстанції з номінальною потужністю 630 кВА або 1000 кВА.

Число підстанцій визначимо з формули:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{\text{ек}} \cdot k_3},$$

де $S_{\text{ек}}$ – потужність трансформаторів;

k_3 – коефіцієнт завантаженості трансформаторів.

Визначимо кількість підстанцій для трансформаторів двох видів та порівняємо ці варіанти на економічну доцільність.

1) $S_{\text{ном.т.}} = 630 \text{ кВА}$, число ТП дорівнює:

$$N_{\text{ек}} = \frac{2513,97}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 2,34 \div 2,49 \text{ шт}$$

2) $S_{\text{ном.т.}} = 1000 \text{ кВА}$, число ТП дорівнює:

$$N_{\text{ек}} = \frac{2513,97}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \cdot 0,85)} = 1,48 \div 1,57 \text{ шт}$$

З розрахунків видно, що для задоволення електричних потреб підприємства необхідно використати три двотрансформаторних підстанції потужністю 360 кВА або потужністю 1000 кВА.

У табл. 2.5 відображено дані про коефіцієнт завантаження, що фактично присутній на підприємстві.

Таблиця 2.5 – Розподіл ТП між виробничими цехами

№1				№2			
Приміщення	S_m , кВА	630 кВА		Приміщення	S_m , кВА	1000 кВА	
		N (шт)	k_3			N (шт)	k_3
1,2,3	1125,11	2	0,55	1,2,3,4,5	1707,13	2	0,73
6,7	240,33	2	0,61	6,7,8,9,10,11	806,84	2	0,63
4,8,9,10,11	1053,13	2	0,56				
Всього		6				4	

Функціонування цехових трансформаторів виробничих підприємств характеризується виникненням втрат, а саме: збільшення величини в період часу неробочого навантаження, завдяки збільшенню величини втрат холостого ходу [13], а також зниження навантаження завдяки збільшенню споживання реактивної енергії. Виконаємо розрахунок втрат для вибору більш кращого варіанту живлення заводу.

2.7 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання підприємства

В табл. 2.6 відображено параметри трансформаторів

Однолінійна схема електропостачання ПрАТ «ГЗС» є радіальною з напругою 35 кВ.

Таблиця 2.6 – Параметри трансформаторів

$S_{н.тр}$, кВА	$U_{н.т}$, кВ	ΔP_{xx} , кВт	ΔP_k , кВт	$U_k\%$
630	35	1,2	9	6,5
1000	35	2	11,6	6,5

Використовуючи метод зведених річних витрат проведемо економічне порівняння варіантів спорудження двотрансформаторних підстанцій потужністю 630 кВА і 1000 кВА. На рис. 2.4 зображено два варіанти виконання СЕП підприємства з використанням трансформаторів різних потужностей.

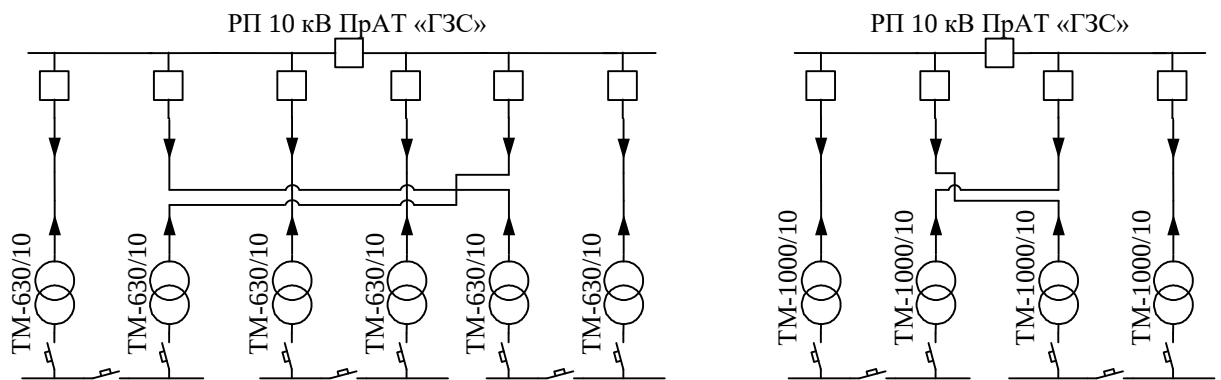


Рисунок 2.4 – Варіанти схем внутрішньозаводського електропостачання

Для кращого варіанта ТП є вибір найменших приведених витрат, які знайдемо за формулою:

$$B_{пр} = (E_n + E_a)K + m\Delta P + 3_{пер}; \quad (2.37)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт відрахувань (0,1);

E_a – коефіцієнти амортизаційних відрахувань ($E_a = 0,063$ [12]);

K – капітальні вкладення, грн;

В трансформаторах втрати потужності знаходять з формули [5,7]:

$$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \left(\frac{S_m}{S_{ном.т.}} \right)^2; \quad (2.38)$$

Комплексне використання заходів для зниження втрат потужності дає змогу довести ККД трансформаторів до 85-90%.

Вартість річних втрат потужності знаходять за поточними тарифами

$$m = t \cdot \tau; \quad (2.39)$$

де t – тариф за електричну енергію, грн/кВт·год;

Визначаємо, що $t = 5,195$ грн/кВт·год, а 4500 (двозмінний графік роботи).

Отже, питома вартість річних витрат активної потужності дорівнює:

$$m = 5,195 \cdot \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 14993,8 \text{ (грн/рік)}.$$

Втрати потужності для трансформаторів 630 кВА:

$$\Delta P_{630} = 6 \cdot 1,2 + \frac{1}{6} \cdot 9 \cdot \left(\frac{2631,9}{630} \right)^2 = 33,379 \text{ (кВт)};$$

Втрати потужності для трансформаторів 1000 кВА:

$$\Delta P_{1000} = 4 \cdot 2 + \frac{1}{4} \cdot 11,6 \cdot \left(\frac{2631,9}{1000} \right)^2 = 28,088 \text{ (кВт)}.$$

Визначимо вартість спорудження двотрансформаторних ТП [10]:

$$K_{630} = 838000 \text{ (грн)};$$

$$K_{1000} = 1142000 \text{ (грн)}.$$

Річні витрати двотрансформаторних підстанцій з використанням трансформаторів з різною потужністю становлять:

$$B_{\text{пр}630} = 3 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 838000 + 14993,8 \cdot 33,379 = 910260,05 \text{ (грн)};$$

$$B_{\text{пр}1000} = 2 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 1142000 + 14993,8 \cdot 28,088 = 793437,854 \text{ (грн)}.$$

Знаходимо термін окупності від додаткових капіталовкладень:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{1142000 - 838000}{14993,8(33,379 - 28,088)} = 3,83 \text{ (років)}.$$

Тобто, з розрахунків видно, що кращим варіантом є спорудження СЕП з двома двотрансформаторними підстанціями. Такий варіант є вигідніший, а термін окупності є меншим за нормований.

2.8 Побудова картограми електричних навантажень підприємства

Дані про завантаження трансформаторів, а також інформація про розподіл навантаження між ТП подано в табл. 2.7 Розподіл навантаження варто так розприділити, щоб мінімізувати перетоки потужностей, таким чином це зменшить втрати в лініях живлення. На теорії, чим довші лінії та чим нижчий клас напруги – більші втрати електроенергії. Тому, потрібно розділити навантаження між ТП так, щоб зменшити довжину ліній 0,4 кВ.

Таблиця 2.7 – Номінальні параметри трансформаторів

№ ТП	№ цеху	Назва	Рр, кВт	Qр, кВА	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Kз, в.о.
ТП1	1	Корпус адмінбудівлі	36,32	19,44	41,2	1000	2	0,73
	2	Службове приміщення	47,5	38,43	61,1			
	3	Виробничий корпус №1	365,09	358,14	511,42			
	4	Арматурний цех	138,19	158,42	210,22			
	5	Виробничий корпус №2	409,49	400,08	572,49			
		Всього по ТП 1	996,59	974,51	1396,43			
ТП2	6	Виробничий корпус №3	359,09	328,41	486,62	1000	2	0,63
	7	Відвантажувальний відділ	157,44	139,7	210,49			
	8	Складське приміщення	122,94	76,86	144,99			
	9	Цех заготовки та механічної обробки	72,22	44,25	84,7			
	10	Приміщення котельні	67,42	67,49	95,4			
	11	Компресорна	66,31	68,51	95,34			
		Всього по ТП 2	845,42	725,22	1117,54			

Розташування цехових ТП визначимо за наступними формулами:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}; \quad (2.40)$$

Провівши такий розрахунок, можна оцінити ефективність розташування ТП та характер навантаження, що припадає окремо на обладнання та освітлення.

Для розрахунку використаємо дані табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	X, м	У, м	Рр*X, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Корпус адмінбудівлі	1	36,32	350	24	12712,0	871,68
2	Виробничий цех №1	1	365,09	179	94	65351,11	34318,46
3	Виробничий цех №2	1	409,49	368	94	150692,32	38492,06
2	Виробничий цех №3	1	359,09	178	187	63918,02	67149,83
5	Приміщення котельні	1	67,42	414	157	27911,88	10584,94
6	Компресорна	2	66,31	414	194	27452,34	12864,14
7	Складське приміщення	2	122,94	350	187	43029,0	22989,78
8	Відвантажувальний відділ	2	157,44	276	223	43453,44	35109,12
9	Арматурний цех	2	138,19	276	94	38140,44	12989,86
10	Службове приміщення	2	47,5	274	26	13015,0	1235,0
11	Цех заготовки та механічної обробки	2	72,22	414	225	29899,08	16249,5
			ΣR_p , кВт	$\Sigma R_p * X / \Sigma R_p$	$\Sigma R_p * Y / \Sigma R_p$	$\Sigma R_p * X$, кВт*м	$\Sigma R_p * Y$, кВт*м
	Сумарно по ТП1		1237,41	259,08	122,37	320585,33	151416,97
	Сумарно по ТП2		604,6	322,5	167,78	194989,3	101437,4
	Координати ЦЕН		1842,01	279,9	137,27	515574,63	252854,37

На практиці розташування ТП не завжди може співпадати з точністю розрахунків. Точка з оптимальними координатами може знаходитись на місці де є дороги, споруди чи лінії комунікацій. Тому, варто встановлювати ТП максимально наближено до отриманих координат, беручи до уваги специфіку забудови території. У табл. 2.9 вказано оптимальні координати розміщення ТП.

Таблиця 2.9 – Координати оптимального розміщення ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	X, м	У, м	X, м	У, м
ТП-1	259,08	122,37	255	55
ТП-2	322,5	167,78	243	148
ЦРП	279,9	137,27	117	40

На генеральному плані підприємства будуюмо схематично будуюмо картограму навантажень. Радіус кола пропорційно навантаженню цеху визначаємо з формули:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.41)$$

Величина сектору, яке характеризує освітлювальне навантаження цеху:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.42)$$

Отримані результати розрахунків відображаємо в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	Корпус адмінбудівлі	350	24	36,32	13,82	13,14	136,98	26,28
2	Виробничий цех №1	179	94	365,09	141,59	15,19	139,62	30,38
3	Виробничий цех №2	368	94	409,49	129,49	40,31	113,84	80,62
4	Виробничий цех №3	178	187	359,09	141,59	24,40	141,95	48,80
5	Приміщення котельні	414	157	67,42	12,42	39,33	66,32	78,66
6	Компресорна	414	194	66,31	16,31	39,62	88,55	79,24
7	Складське приміщення	350	187	122,94	82,94	24,72	242,87	49,44
8	Відвантажувальний відділ	276	223	157,44	85,44	22,94	195,37	45,88
9	Арматурний цех	276	94	138,19	48,19	18,62	125,54	37,24
10	Службове приміщення	274	26	47,5	17,50	18,05	132,63	37,24
11	Цех заготовки та механічної обробки	414	225	72,22	6,22	18,20	31,0	36,40

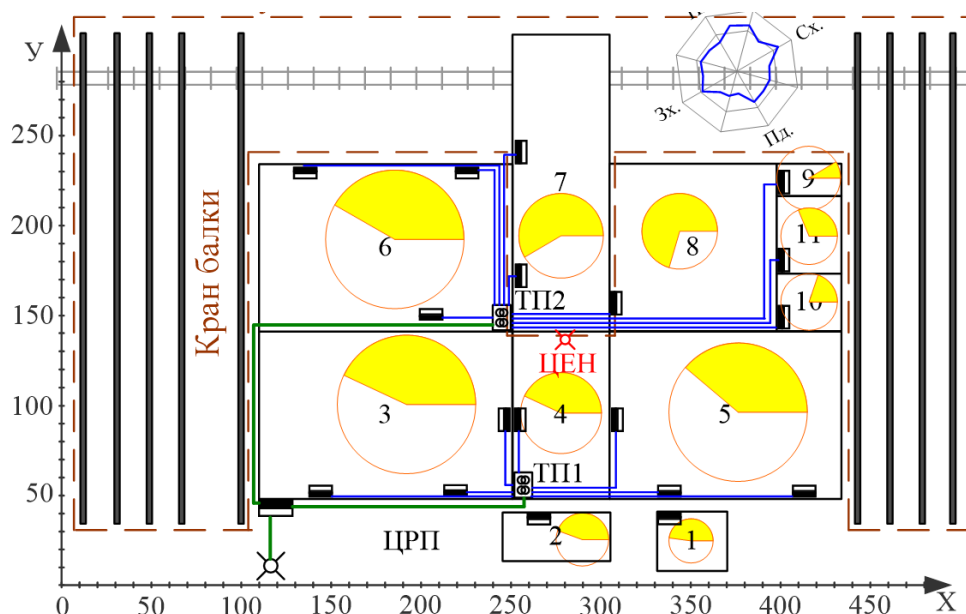


Рисунок 2.5 – Генеральний план підприємства

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Відповідно до вимог ПУЕ [1], електрообладнання необхідно підбирати за типом установки, номінальною напругою та величиною номінального струму. Також воно перевіряється на термічну та динамічну стійкість при виникненні аварійних режимів.

Високовольтний вимикач вибирається відповідно до номінальної напруги та струму з врахуванням можливості протидії величинам струму короткого замикання [2]:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}} ; \quad (2.43)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}} ; \quad (2.44)$$

Для нормального режиму роботи ЦРП визначимо I_{max} :

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2513,97}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 20,7 \text{ (A)} ;$$

$$I_{\text{ра}} = \frac{S_p \cdot k_{\text{н.па}}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3090,06}{\sqrt{3} \cdot 35} = 43,4 \text{ (A)} ;$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 23,1 \text{ (A)} .$$

Вакуумні вимикачі ВРС-10 обираємо для встановлення на стороні 10 кВ [18]. Номінальний струм таких вимикачів становить 630 А. Час відключення складає 0,075 с.

Для живлення заводу вибираємо броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭгаПу 3х50 [16], що прокладаються в траншеї.

Перевіримо допустиме нагрівання з врахуванням умов прокладки [12]:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}} ; \quad (2.45)$$

де $k_1 - k_6$ - коефіцієнти, що характеризують умови прокладання кабелю [12];

$$43,4\text{ (A)} \leq 1,0 \cdot 0,98 \cdot 0,89 \cdot 0,69 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 140 = 82,5\text{ (A69)}.$$

Отже, умова виконується.

У поданій нижче таблиці представлена інформація про типи вимикачів і ліній електропередачі залежно від типу підключення.

Таблиця 2.11 – Захисні апарати та лінії живлення СЕП

Лінія	S _p , кВА	I _p , А	I _{ра} , А	Вимикач	I _{ном} , А	Провідник	S, мм ²	L, м	I _{доп} , А
С–ЦРП	2513,97	20,7	43,4	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3×50	1300	140
ЦРП–ТП-1	1460,78	12	24	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3×50	150	140
ЦРП–ТП-2	1268,66	10,4	20,8	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3×50	250	140

Схема заводу зображена на рис. 2.6.

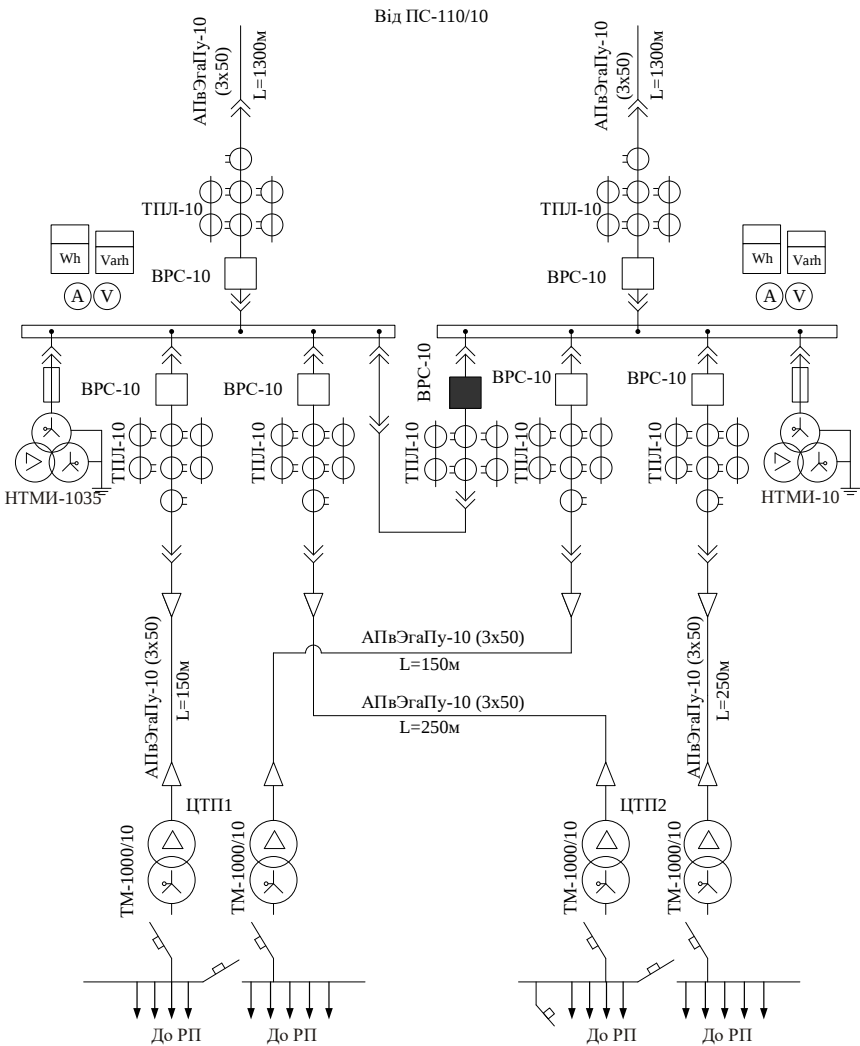


Рисунок 2.6 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Для того щоб перевірити обрані лінії живлення та силові вимикачі потрібно виконати розрахунок струмів КЗ, врахувавши, що підприємство живиться від трансформатора підстанції 6300 кВА [9].

$$X_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_{с.н}^2}{S_{н.т}} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{6,3} = 1,13 \text{ Ом};$$

$$I_{КЗ} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,13} = 5,36 \text{ кА}.$$

Оцінимо переріз жил кабелів за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_K \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T}; \quad (2.46)$$

$$s = 50 (\text{мм}^2) > s_{\min} = \frac{5360 \cdot \sqrt{0,6}}{94} = 44 (\text{мм}^2).$$

Можемо зробити висновок, що обрані КЛ відповідають умовам перевірки на допустимий переріз.

Висновки. Даний розділ кваліфікаційної роботи був присвячений аналізу системи електропостачання ПрАТ «ГЗС». Під час аналізу було виконано наступні задачі:

- розраховано систему електропостачання цеху заготовки та механічної обробки;
- за критерієм економічності було обрано кількість, потужність та місце розташування ТП;
- обрано оптимальний клас напруги для зовнішньої лінії живлення підприємства.
- вибрано перерізи та марки ліній живлення, та здійснено їх перевірку;
- проведено аналіз засобів захисту електрообладнання.

РОЗДІЛ 3

ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Когенераційні технології та їх переваги для системи електропостачання підприємства

Розвиток народного господарства будь-якої країни великою мірою залежить від енергоефективності економіки. Стале та ефективне економічне зростання базується на зменшенні енергоспоживання, що припадає на одиницю продукції, яка виробляється. За рахунок використання енергозберігаючих технологій та впровадження раціонального управління енергогенеруючими установками за останні 20 років передові країни світу зуміли зменшити енергетичну ефективність національного доходу на 24% та вплинула на підвищення економічного зростання на цілих 62% [1].

Розглядаючи тепловий потенціал України, у комунальній власності нашої держави знаходиться понад 35 тисяч котелень, які мають на балансі 114 тисяч котлів. Наша країна має великий потенціал у напрямку впровадження енергозбереження на об'єктах, що генерують теплову енергію. Потрібно повністю реконструювати комунальні котельні шляхом встановлення сучасних газопоршневих двигунів (ГПД), газотурбінних та паротурбінних установок (ГТУ та ПТУ) малої потужності, а також почати використовувати замкнені паротурбінні цикли на низькокиплячих робочих тілах (НРТ).

Когенерація – це спільне вироблення електричної та теплової енергії. Вона є перспективним напрямом ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та, за умови використання її на виробничих підприємствах, дає можливість позитивно вплинути на економічний розвиток країни.

Комбіноване вироблення енергії – це сучасний та ефективний спосіб виробництва енергії – теплової та електричної. Його активно використовуються у всіх розвинених країнах світу та вважають одним з найбільш перспективних напрямів розвитку енергетики.

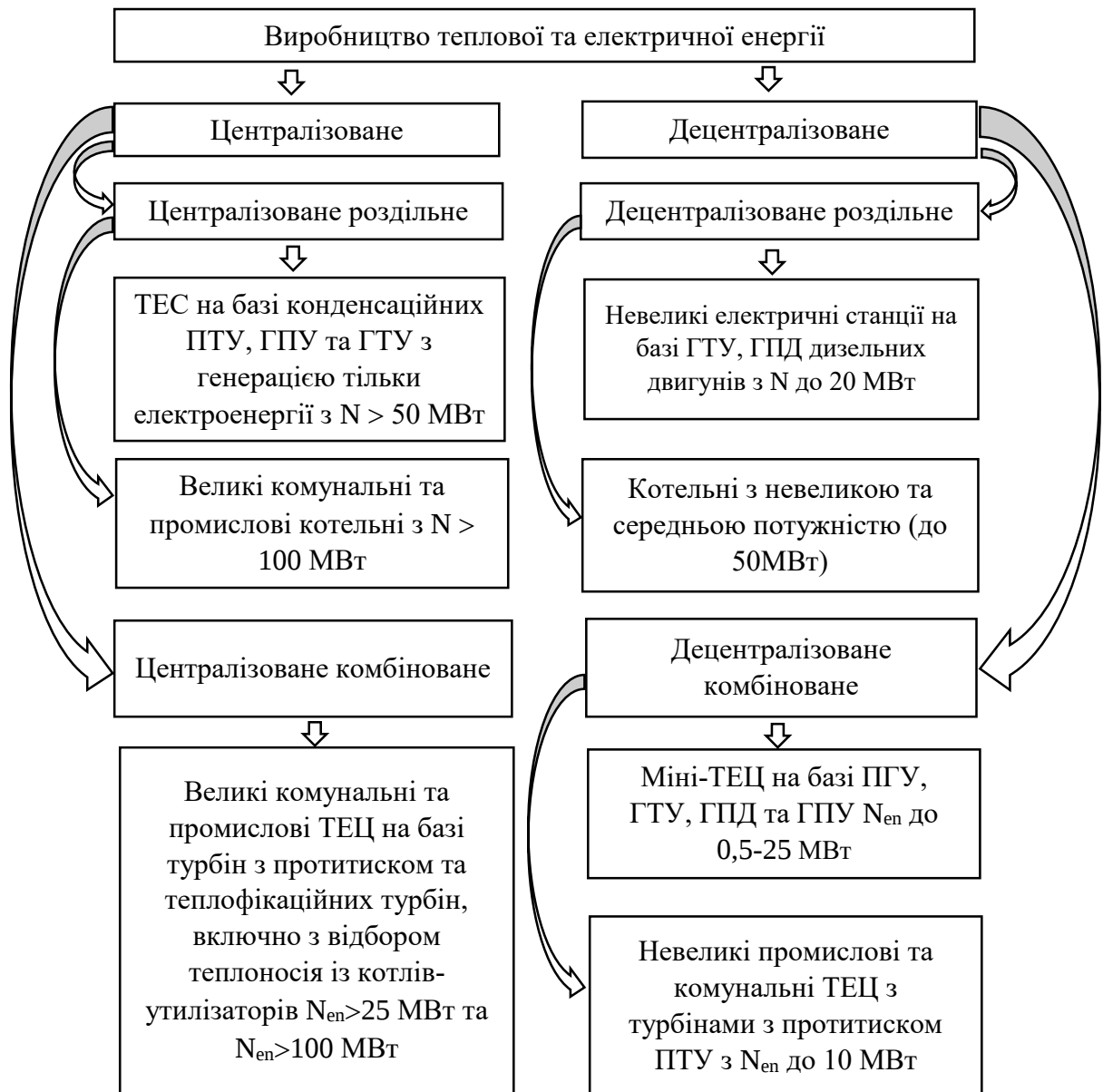


Рисунок 3.1 – Схема виробництва енергії

Останнє спричинено високим рівнем коефіцієнта використання теплоти палива (КВТП) – 85 – 92%, який досягається завдяки ефективному використанню скидної теплоти. Найбільшою перевагою власника когенераційної установки є зменшення витрат на електроенергію для власних потреб, а також її комерційна реалізація [3].

Вигоди, які отримує споживач від реалізації системи когенерації, тісно пов'язані між собою. До них відносять такі напрями: економіка, утилізація тепла, надійність та екологія.

Якщо проаналізувати експлуатацію паротурбінних електростанцій, то під час генерації енергії великий обсяг відпрацьованого тепла викидається в атмосферу. Однак, значна частка цього тепла може ефективно використатись для задоволення теплових потреб та підвищить ефективність з 40% до 85%. Нижче наведена порівняльна схема окремого та сумісного виробництва теплової та електричної енергії (рис. 3.2).

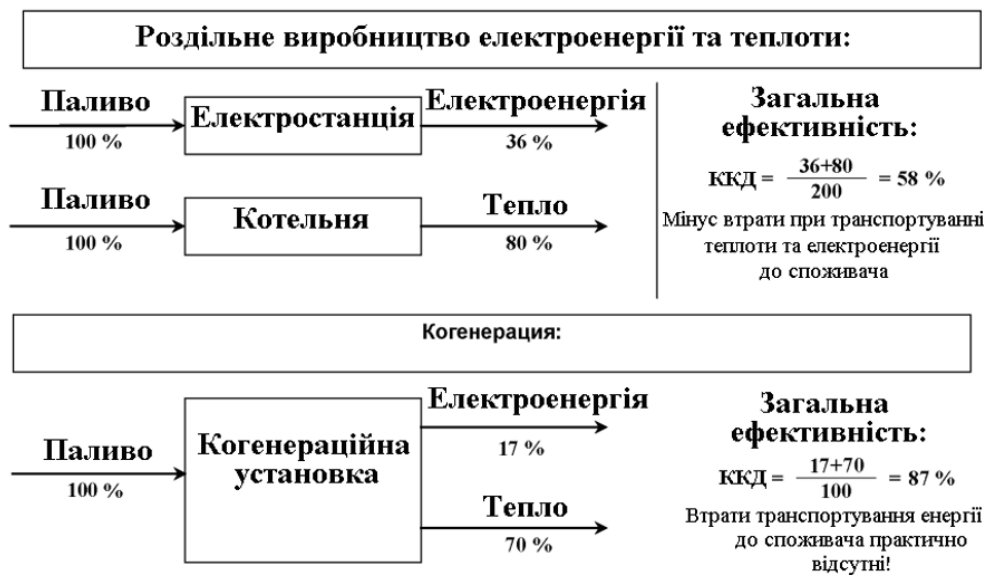


Рисунок 3.2 – Порівняння когенераційної системи та роздільного виробництва електричної енергії

Комбіноване виробництво тепла та електроенергії стало можливим завдяки появі на вітчизняному ринку установок, які характеризуються малою потужністю та непоганими економічними показниками (вартість, розмір та коефіцієнт ККД) [3].

Більшість виробничих підприємств України мають на балансі власні котельні. ПрАТ «Гніванський завод спецалізобетону» не виняток. На підприємстві наявна автономна система теплопостачання. В котельні встановлений котел МСД-240 – це промисловий водогрійний котел, що має середню потужність та використовується для забезпечення теплом промислових приміщень: виробничих цехів, сушильних камер, певних

технологічних процесів, там де потрібне постійне теплопостачання. Таке обладнання забезпечує сушіння та затверділість бетонних виробів.

В сучасних реаліях, вітчизняні котельні потребують реконструкції у так звані міні-ТЕЦ. Ось основні напрями: встановлення газотурбінних установок (ГТУ), парогазових (ПГУ), парових турбін (ПТУ), турбін на низькокиплячих робочих тілах (НРТ), газопоршневих двигунів (ГПД). Розглянемо всі ці варіанти більш детально.

1. Газотурбінні установки дозволяють скидати вихлопні гази ГТУ в водогрійний чи паровий котел. Тобто, впроваджується ГТУ ТЕЦ. Її основним завданням є забезпечення надійного постачання теплової та електричної енергії для окремих житлових районів або ж невеликих міст.

Таблиця 3.1 - Переваги та недоліки газотурбінних установок

Показник	Значення
Потужність одиної машини	0,25-50 МВт і вище
ККД	65 – 87%
Відношення: тепло/електрична енергія	1,5:1 – 5:1
Паливо	Дизельне, газ, біогаз, гас
Переваги	Недоліки
- немає водяної системи охолодження; - мінімум викиду шкідливих речовин; - установка працює на декількох видах палива; - можлива одиїчна потужність досить велика; - гнучкий вибір палива;	- продуктивність порівняно з поршневими двигунами гірша; - досить шумна установка; - попередньо необхідно підготувати паливо (етапи очищення, осушення, компресії); - довгий запуск (0,5 - 2 год.); - капітальний ремонт досить недешевий та складний;

- ресурс роботи 40-60 тис. робочих годин.	- ціна капітального ремонту складає 30 – 40% від початкових фінансових вкладень;
---	--

2. Парові турбіни – процес перетворення теплової енергії в електричну завдяки турбінам на водяній парі. Розрізняють конденсаційні, теплофікаційні та турбіни спеціального призначення. Конденсаційні парові турбіни працюють з випуском відпрацьованої пари до конденсатора, в якому тиск є нижчим ніж у навколишньому середовищі. Вони максимально перетворюють теплову пару у механічну роботу, а потім в електроенергію.

3. Парогазові установки – це об'єднання паротурбінної та газотурбінної установки. На даний час це є найбільш ефективний засіб підвищення економічної доцільності теплових та електричних генеруючих об'єктів, що працюють на органічному паливі. Це все працює наступним чином: в енергетичний паровий котел, де генерується та перегрівається пара, потрапляють газы, що попередньо відпрацьовали в турбіні, а потім надходять у парову турбіну. Найчастіше такі схеми ПГУ найчастіше використовуються у хімічній, целюлозно-промисловій, вугільній промисловості, тощо.

4. Газопоршневі двигуни, які вирізняються гнучкістю паливних режимів та швидкістю пуску до експлуатації. Вони є ефективним джерелом покриття пікових навантажень на підприємстві. ГПД використовуються для виробництва комбінованої енергії.

5. Турбіни на низькокиплячих робочих тілах. У зв'язку з дороговизною органічного палива та його транспортуванням в Україні дедалі більша увага приділяється вторинним енергетичним ресурсам (ВЕР) та їх використання. Саме ВЕР, що мають температуру 80 – 600°C використовуються для виробництва електричної енергії на низькокиплячих робочих тілах.

Таблиця 3.2 - Переваги та недоліки ГПД

Показник	Значення
Потужність одиначної машини	0,2 – 20 МВт / 0,003 – 6МВт
ККД	70 – 92%
Відношення: тепло/електрична енергія	0,5:1 – 3:1 (займання від стиснення) 1:1 – 3:1 (займання від іскри)
Паливо	Газ, дизельне паливо, біогаз, гас
Переваги	Недоліки
- найбільша продуктивність; - низький рівень інвестицій на 1 кВт; - при малому навантаженні ефективно працює (від 50% до 100%); - автономність; - швидкість запуску; - виробництво електроенергії в пріоритеті; - невеликі габарити; - ресурс 40 – 0 тис. робочих годин; - економічність; - наявність кластеризації.	- висока шумність установки; - мала потужність одиначної машини; - дороговизна капітального ремонту (70 -90% від первісної вартості); - потрібне охолодження за відсутності тепла; - часта заміна вкладишів.

6. Турбіни на низькокиплячих робочих тілах. У зв'язку з дороговизною органічного палива та його транспортуванням в Україні дедалі більша увага приділяється вторинним енергетичним ресурсам (ВЕР) та їх використання. Саме ВЕР, що мають температуру 80 – 600°C використовуються для виробництва електричної енергії на низькокиплячих робочих тілах. Однак, необхідно, що дане робоче тіло мало відповідні фізичні та хімічні властивості

(бути негорючим, стабільним, нетоксичним, мати хороші теплофізичні властивості, не мати негативного впливу на довкілля, мати низький коефіцієнт в'язкості, тощо).

Таблиця 3.3 - Порівняльна таблиця переваг та недоліків турбін на низькокиплячих робочих тілах

Показник	Значення
Потужність одиначної машини	0,20 – 10,0 МВт
ККД	$\leq 85\%$
Паливо	Будь-яке
Переваги	Недоліки
- простий запуск та подальша експлуатація ; - вакуумна система видалення повітря відсутня у фреоновому контурі; - вдається знімати більше енергії завдяки використанню низьких температур конденсації пари; - можна створити компактну малогабаритну турбіну базуючись на звичайних матеріалах - використовується повітряний конденсатор, завдяки високій щільності НРТ - відсутня водопідготовка, тощо.	- вибухонебезпечність органічного робочого тіла в поєднанні з киснем, однак, віднайшли спосіб як уникнути цього за рахунок коштів, які використовуються в конструкції та при експлуатації газових компресорів.

Використання підприємствами автономних джерел, що виробляють електричну та теплову енергію, дає змогу забезпечити в централізованій системі енергетичний резерв.

До переваг впровадження когенераційних установок, які сприяють енергозбереження та енергоефективності використання електричної енергії відносять [8]:

1. Надійність та стабільність енергопостачання. В сучасних реаліях це суттєва перевага, оскільки існує присутність мінливості ринку енергії. А для підприємств-виробників є важливим стабільність електропостачання.

2. При розширенні та зростанні виробничих потужностей підприємства не виникне ніяких труднощів у електропостачанні, ні організаційних, ні фінансових чи технологічних. Не потрібно буде прокладати нові лінії електропередач, чи будувати нові трансформаторні підстанції, тощо. Навіть якщо виникне необхідність підключення нового когенератора до вже існуючої системи, це не складе ніяких труднощів.

3. Когенераційна установка підвищує ефективність використання палива завдяки більш високому рівню ККД.

4. Екологічна ефективність. У атмосферу зменшується викид шкідливих речовин порівняно з роздільним виробництвом тепла та електроенергії.

5. Економічність. Зменшуються витрати на передачу електричної енергії. Це пов'язано з тим, що когенераційні установки малої потужності розташовуються максимально близько до споживача, тому ці витрати максимально мінімізуються.

6. Потреби власної котельні повністю забезпечуються завдяки власним ресурсам.

7. Підприємство від впровадження такої системи має змогу отримати прибуток від реалізації надлишкової енергії іншим споживачам.

Когенераційна установка це оптимальний варіант для підприємства, оскільки забезпечує надійність електропостачання. Порівнян з традиційним електричним забезпеченням когенерація має гнучкі та швидкі рішення в плані збільшення потужностей.

Реалізація системи когенерації в повній мірі задовільнить усі потреби споживача та в перспективі позитивно вплине на його економічне зростання.

Однак, до впровадження такої системи, об'єкту споживання потрібно підійти комплексно, зважити всі переваги та фінансові вкладення, щоб у майбутньому ефективно використовувати згенеровану енергію

3.2 Промислова СЕС як альтернативне джерело електропостачання підприємства

Енергетика є важливою складовою для сталого економічного розвитку будь-якої країни. Її стабільність напряму впливає на розвиток усіх галузей народного господарства, а також на рівень та якість життя суспільства.

На сучасному етапі впровадження відновлювальних джерел енергії є вигідним рішенням. Вони не тільки економічно доцільні, але й екологічно ефективні. Вископне паливо, на даний час, стає джерелом енергії вчорашнього дня та не зможе забезпечити людство у довгостроковій перспективі.

Промислова сонячна електростанція – це станція, завдяки якій прямим способом сонячне випромінювання перетворюється в енергію. До комплекту будівництва СЕС входять: сонячні панелі, інвертор, опорні конструкції, регулятор заряду-розряду.

Сонячні панелі є ключовим елементом станції. У їх складі є окремі сонячні елементи, принцип роботи яких полягає на основі явища внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках. У панелях використовують кремній з добавками інших елементів, які в сукупності утворюють структуру з р-п переходом. Однак, є умова, товщина напівпровідника не повинна перевищувати 0,2 – 0,3 мм.

Існує 2 типи фотоелектричних систем – автономні та ті, що сполучені з електромережею. Останні, надлишок електричної енергії віддають у мережу, таким чином створюють резерв у разі виникнення дефіциту.

До переваг сонячних станцій відносять:

- їх робота проста, вони не обертаються та потребують мінімального обслуговування (періодичне очищення поверхні);

- вироблена електрика може накопичуватись в спеціальних акумуляторних батареях і відповідно використовуватись залежно від її місткості;

- екологічність виробництва електроенергії, відсутність будь-яких небезпечних викидів в атмосферу;

- у віддалених районах, де прокладання кабельних мереж не вигідне, сонячні панелі просто незамінні.

У наш час кремній називають «нафтою XXI століття». Наукові дослідження показують, що сонячний елемент з показником ККД у 15%, на які використали 1 кг кремнію, за 30 років експлуатації можуть згенерувати 300 МВтч електричної енергії. Таку ж кількість енергії можна отримати, якщо використати цілих 75 т нафти.

Залежно від вмісту кремнію в кристалі, фотомодулі поділяють на:

- з монокристалічного кремнію;
- з полікристалічного кремнію;
- з аморфного кремнію.

Чи варто будувати сонячну станцію? Відповідь одна – так.

- сонце є безкоштовним та постійним джерелом;
- довкілля не забруднюється;
- у віддалених районах це найкращий спосіб отримувати електроенергію;
- витрати йдуть тільки на обслуговування;
- довгий термін придатності установки (термін служби становить 30-40 років);

- технологічні досягнення у даній сфері зробили ці установки рентабельними та дуже ефективними;

- сонячні панелі це безшумне джерело енергії.

Варто звернути увагу на розрахунок фотоелектричної системи. Вона включає в себе наступні етапи:

1. Визначення навантаження, обсягу енергії, що споживається та підбір інвертора з необхідною потужністю;
2. Кількість та ємність акумуляторних батарей;
3. Розрахунок кількості сонячних панелей.

До основних етапів будівництва дахової сонячної електростанції відносять: оцінка дахової поверхні, проектна документація, будівельно-монтажні роботи з встановлення панелей та усіх комплектуючих, пусконаладжувальні роботи, а також подальша експлуатація та моніторинг за роботою електростанції.

1) *Оцінка території, на якій буде будуватись станція.* При будівництві сонячної станції необхідно звертати увагу на відсутність тіньових зон, місцевість повинна бути без дерев або інших будівель, які можуть затінити генеруючі прилади. Ідеальною для будівництва є південна сторона та кут нахилу даху орієнтовно 25° - 35° .

2) *Проектування будівництва.* Під час даного етапу прораховується потужність станції, яка повинна в кінцевому результаті задовольняти споживання підприємства. Саме на цьому етапі обирається необхідне обладнання для встановлення – панелі, інвертор, кріплення, тощо.

3) *Будівельно-монтажні роботи.* На даному етапі виконуються всі роботи з влаштування на даху панелей на спеціальні кріплення, а потім і установка самого інвертора.

4) *Пусконаладжувальні роботи.* Фахівці з будівництва сонячних станцій проводять перевірку із цілісності панелей, правильність монтажу, перевіряють електричні з'єднання, щоб були відсутні «холодні» контакти, перевіряють напругу на кожному трекері (MPPT) інвертора

5) *Експлуатація та моніторинг.* На даному етапі підприємство заключає договір з організацією на обслуговування та контроль за роботою сонячної станції. Вони мають змогу вести онлайн-контроль за системою виробітку електричної енергії. Персонал даної організації періодично проводить

обслуговування станції – проводять перевірку з'єднань усіх контактів, здійснюють так зване «чищення».

Ефективність СЕС визначається не лише технічними характеристиками, але й економічним, географічним та регуляторним контекстом. Основним показником, що визначає технічну ефективність сонячної станції є коефіцієнт продуктивності PR (Performance Ratio):

$$PR = \frac{\text{Фактичний виробіток}}{\text{Потенційна генерація}} \cdot 100\%$$

Для хорошої системи показник PR повинен становити 75-85%, якщо ж значення менше 70%, це означає, що підприємство несе втрати і сонячна електростанція працює неправильно (можливий перегрів, неправильний монтаж устаткування, пил на сонячних панелях, тіні від дерев або прилеглих споруд, тощо).

На ефективність генерації сонячних панелей впливає багато факторів, до основних можна віднести: напрямок панелей на південь та їх розташування під правильним кутом; використання трекерів (для великих СЕС); якісне обладнання – ККД > 98%; постійний нагляд та обслуговування. Тому, перед тим як будувати сонячну станцію необхідно звернути до спеціалістів, які б підказали та обрахували доцільність будівництва такого масштабного проекту.

3.3. Розробка проекту будівництва дахової ФЕС на підприємстві

Протягом останніх років все більшої популярності серед промислових підприємств набирає будівництво сонячних станцій, особливо на даху. У нашому випадку розглянемо рентабельність будівництва промислової СЕС саме на даху, оскільки, таких спосіб дає змогу зекономити територію та задовільнити витрати електроенергії на власні потреби [6].

За офіційними статистичними даними генерація сонячних станцій по Україні має наступний вигляд (рис. 3.3):

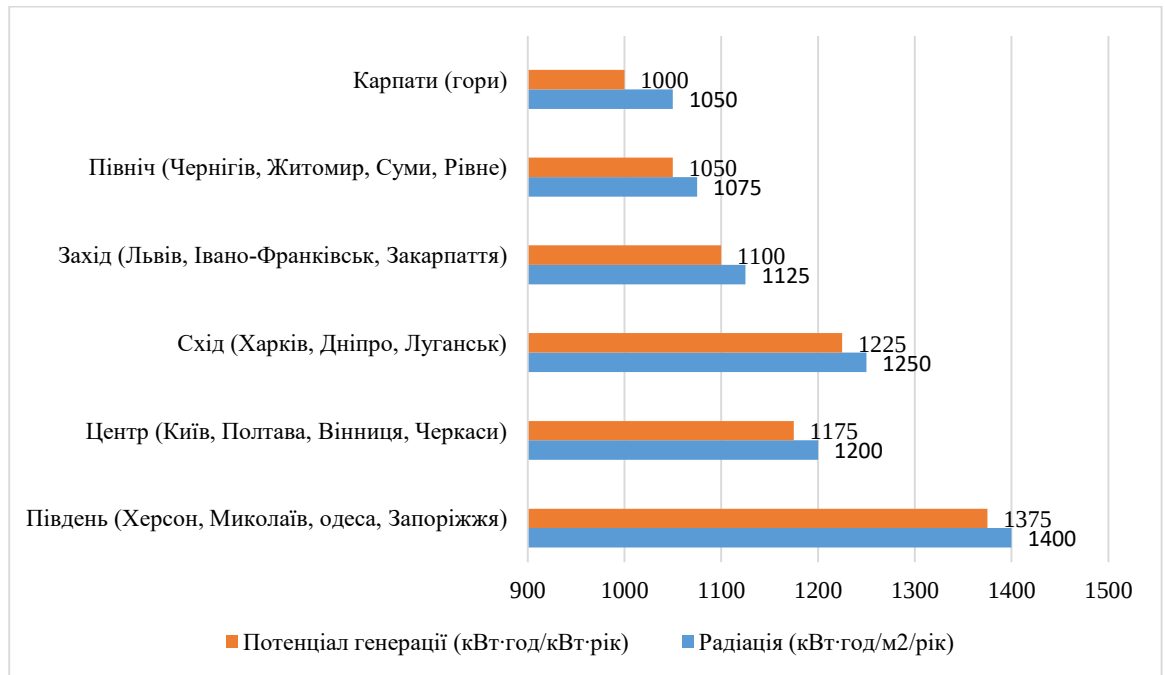


Рисунок 3.3 – Потенціал генерації СЕС

Зі статистичних даних чітко видно, що найкраще генерують установки на півдні та на сході країни – 1200-1400 кВт·год/кВт·рік, а от найнижчий показник спостерігаємо у західній та північній частинах країни – 1000-1100 кВт·год/кВт·рік. Отже, центральні частина України є не найгіршим варіантом будівництва СЕС [4].

Перш за все, оцінимо поверхню будівлі. Дах має несучу здатність і впорається з вагою усіх встановлених панелей. Також, при будівництві дахової сонячної станції необхідно звертати увагу на відсутність тіньових зон, місцевість повинна бути без дерев або інших будівель, які можуть затінити генеруючі прилади.

Наступним кроком є вибір сонячних панелей та інвертора. На даному етапі потрібно врахувати всі технічні характеристики обраного товару: потужність ККД та вартість [5].

Для проекту будівництва дахової СЕС обираємо панелі марки Longi Solar LR8-66HGD-615M, 615 Вт. Характеристики сонячної панелі наведено у таблиці нижче.

Сонячна панель Longi Solar LR8-66HGD-615M є високоефективною та може використовуватись для будівництва мережевих, гібридних та автономних систем. Вона може витримати високі навантаження: до 2400 Па (задня сторона) та до 5400 Па (фронтальна частина). Технічні характеристики панелі дозволяють їй працювати ефективно за будь-яких температурних умов а слугувати довгий термін (12 років) [7].

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики сонячної панелі

Електричні параметри	
Потужність	620 Вт
Напруга	1500 В
Струм короткого замикання	16 А
Напруга холостого ходу	48,58 В
Напруга при макс. потужності	40,71 В
ККД	22,8 %
Ступінь захисту IP	65
Габаритні розміри	
Габарити, ДхШхВ, мм	2382 x 1134 x 30
Вага, кг	33,5
Температурні коефіцієнти	
Температурний коефіцієнт струму	0,45 %/°C
Температурний коефіцієнт напруги	- 0,23 %/°C
Температурний коефіцієнт потужності	- 0,28 %/°C

До мережі панелі підключаються за допомогою інвертора. Його потрібно вибирати орієнтуючись на споживання електричної енергії підприємством. До основних умов вибору інвертора відносять:

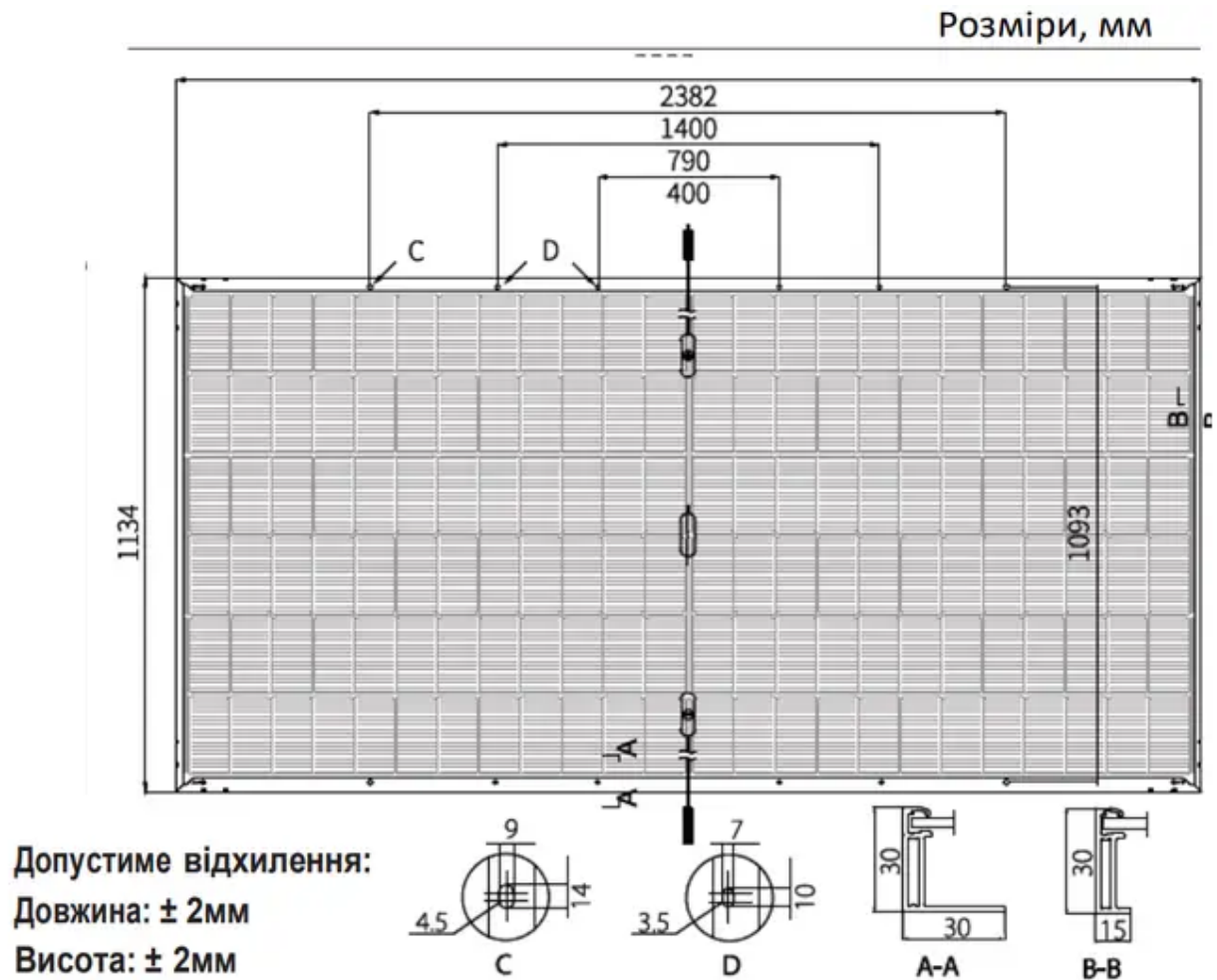


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення сонячної панелі

1. Сумарна потужність сонячних фотомодулів не повинна перевищувати сумарну потужність інверторів:

$$P_{\Sigma}^I \geq P_{\Sigma}^{\text{СП}}$$

2. На нашій СЕС необхідно встановити трифазний інвертор;

3. Вихідна напруга сонячних панелей не повинна бути більшою, ніж максимальна вхідна напруга інвертора:

$$U_{\text{гр}}^{\text{СП}} < U_{\text{вх}}^I$$

Коли питання стоїть, який ж інвертор вибрати, потрібно звертати увагу, на можливість збільшення потужності навантаження в перспективі та на забезпечення надійності передачі всієї потужності в мережу, що надходить від

панелей. Моніторинг ринку дав змогу обрати інвертор від компанії Huawei потужністю 100 кВт (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Параметри інвертора Huawei SUN2000-100KTL-M2

Вхідні дані	
Тип інвертора	мережевий
К-сть фаз	3
К-сть MPPT	10/2
ККД	98,6 %
Вхідні х-стики сонячного поля	
Номінальна потужність, Вт	100 000
Максимальна потужність, Вт	110 000
MPPT діапазон напруги, В	200 - 1000
Макс. напруга, В	1100
Вихідні х-стики	
Номінальна потужність, Вт	100 000
Максимальна потужність, Вт	100 000
Вихідна напруга, В	380В/400В/480В
Частота, Гц	50/60
Загальні х-стики	
Габарити, мм	1035 x 700 x 365
Вага, кг	93
Робочий діапазон температур, °C	від -25 до 60
Ступінь захисту	IP 66

За умови можливості збільшення споживання на 20%, розрахуємо потужність станції:

$$P_{\Sigma, \text{розрах}} = 1,2 P_{\text{тп}},$$

де $P_{ТП}$ – потужність, що споживає ТП.

$$P_{СП\Sigma, \text{розрах}} = 1,2 \cdot 240 = 288 \text{ кВт.}$$

Визначаємо кількість сонячних панелей, що необхідні:

$$N_{СП}^{\text{заг}} = \frac{P_{СП\Sigma}^{\text{розрах}}}{P_{СП}},$$

де $P_{СП}$ – номінальна потужність 1 панелі.

$$N = \frac{288000}{615} = 468 \text{ шт}$$

Для того, щоб підключити фотомодулі до інвертора, необхідно щоб була відповідність між вихідною напругою панелей та вхідною у інвертора. За таких умов декілька панелей збираються разом в послідовному порядку. Кількість таких з'єднань визначимо за формулою:

$$N_{СП}^{\text{посл}} = \frac{U_{ІНВ}^{\text{вх}}}{U_{СП}^{\text{ТМП}}},$$

де U – номінальна вхідна напруга інвертора;

U – напруга панелей при максимальній потужності.

$$N_{СП}^{\text{посл}} = \frac{800}{40,71} = 19,6 = 19 \text{ шт.}$$

Схематично такі з'єднання виглядають так:

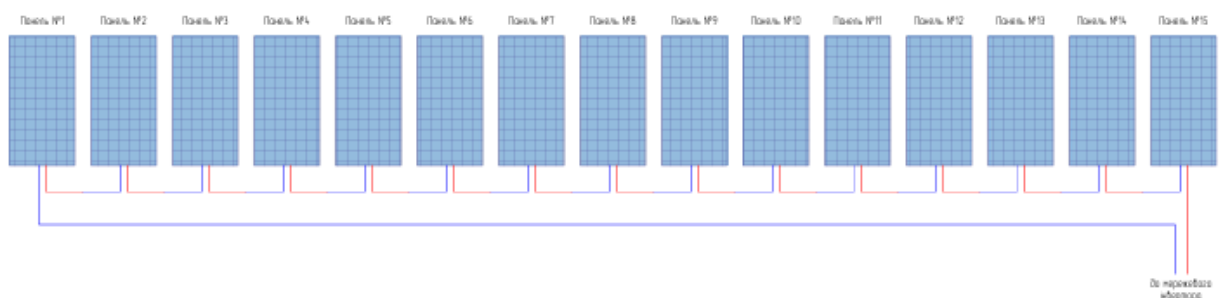


Рисунок 3.5 – З'єднання панелей у стрінги

Ідеальною для будівництва дахової СЕС є система «схід-захід» з кутом нахилу встановлення панелей 12° . Панелі будемо кріпити на комплект кріплень від виробника Kripter, з регульованим кутом нахилу $10-20^\circ$.

Знаючи габарити сонячної панелі можна розрахувати площу, яка потрібна для її розміщення.

$$S_{\text{ПЛ}} = l_{\text{СП}} \cdot b_{\text{СП}},$$

де $b_{\text{СП}}$ – ширина панелі.

Через тригонометричне співвідношення, розрахуємо площу під панеллю:

$$l_{\text{ПЛ}} = l_{\text{СП}} \cdot \cos(\alpha),$$

де α – кут панеллю та горизонтом, $l_{\text{СП}}$ – довжина панелі.

Тобто,

$$l_{\text{ПЛ}} = 2,382 \cdot \cos(12^\circ) = 2,382 \cdot 0,978 = 2,33 \text{ м}$$

$$S_{\text{ПЛ}} = 2,382 \cdot 1,134 = 2,7 \text{ м}^2$$

Панелі потрібно розташовувати одна від одної на певні відстані, щоб під час пікової генерації вони не затіняли одна одну.

$$b_{\text{прох}} = h_{\text{СП}} \cdot \tg(\alpha),$$

де $h_{\text{СП}}$ – висота встановлення фотомодулів.

Висота, встановленої похило панелі становить:

$$h_{\text{СП}} = l_{\text{СП}} \cdot \sin(\alpha) = 2,382 \cdot \sin(12^\circ) = 2,382 \cdot 0,208 = 0,5 \text{ м}$$

$$b_{\text{прох}} = 0,5 \cdot \tg(12^\circ) = 0,5 \cdot 0,213 = 0,11 \text{ м}$$

Фотомодулі будуть встановлюватись в 5 рядів ряди по 13 секцій, в кожній з яких 80 панелей. Схематично це можна зобразити наступним чином (рис.3.5).

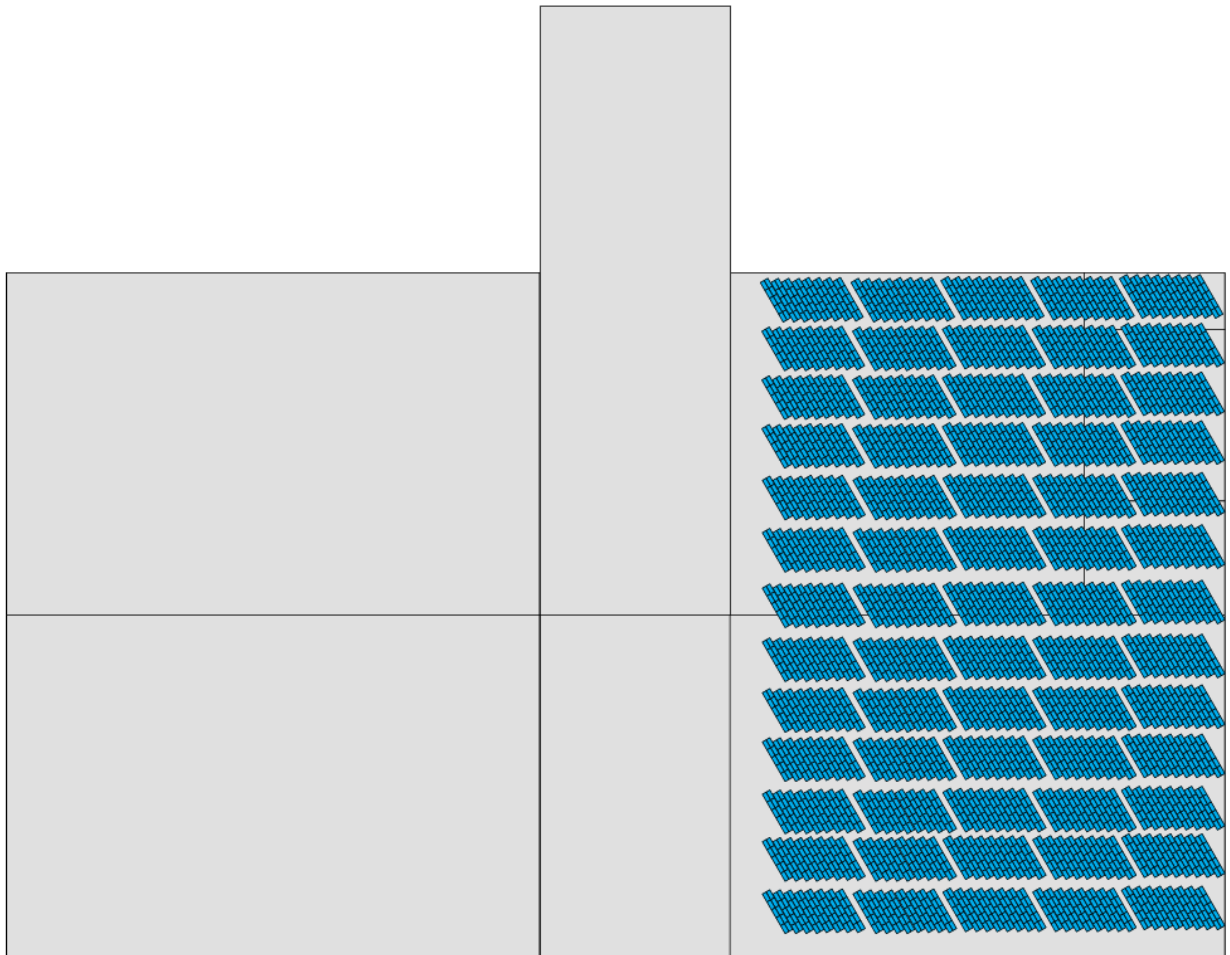


Рисунок 3.6 – Розташування сонячних панелей на даху підприємства

Розрахуємо сумарну вартість обладнання на основі кошторису витрат на будівництво сонячної станції, що представлений в таблиці.

Таблиця 3.6 – Кошторис витрат на будівництво СЕС

Обладнання	Марка	Ціна за одиницю, грн.	К-ть, шт.	Вартість, грн.
1	2	3	4	5
Панелі	Longi Solar LR8-66HGD- 615M	4067,00 грн./шт	5200	21 148 400,00
Інвертор	Мережевий інвертор Huawei SUN2000- 100KTL-M2	233750,00 грн./шт	25	5 843 750,00

Продовження таблиці 3.6 – Кошторис витрат на будівництво СЕС

1	2	3	4	5
Лічильник	Розумний лічильник Huawei DTSU666-H 250A/50mA	7703,00 грн./шт	1	7703,00
Кабельно- провідникова продукція	Кабель ВВГнг 4х95	3334,00 грн./м	1237,3 м	4 125 380,00
Кріплення для панелей	Комплект кріплення «Схід/Захід» на один ФЕМ для бетонного даху	1300,00 грн./шт	6240	8 112 000,00
Всього				39 237 233,00

Візьмемо до уваги, що вартість доставки товару включено до вартості будівельно-монтажних робіт та становить 18% від вартості самого обладнання:

$$C_{\text{БМР}} = 0,2 \cdot K_0,$$

$C_{\text{БМР}}$ – вартість будівельно-монтажних робіт,

K_0 – вартість обладнання ($K_0 = 39\,237\,233,00$).

Виходячи з попередньої формули розрахуємо витрати будівельно-монтажні роботи:

$$C_{\text{БМР}} = 0,2 \cdot 39\,237\,233,00 = 7\,847\,466,60 \text{ грн.}$$

Звідси, розрахуємо капітальні вкладення у будівництво (сума всіх витрат, доставки та монтажних робіт):

$$K_{\text{СТ}} = K_0 + C_{\text{БМР}}$$

$$K_{\text{СТ}} = 39\,237\,233,00 + 7\,847\,466,60 = 47\,084\,699,60 \text{ грн.}$$

Знаючи інформацію про сонячні панелі та активність сонячної радіації протягом року можна визначити виробіток електричної енергії побудованою СЕС (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Показник річної генерації СЕС

Місяць	Сонячна радіація протягом місяця, кВт·год/м ²	Площа панелі	ККД	Виробіток 1 панелі кВт·год	Загальний виробіток кВт·год
Січень	35,3	2,701 м ²	22,8%	21,73	112996,0
Лютий	47,2			29,06	151112,0
Березень	85,0			52,35	272220,0
Квітень	110,5			68,05	353860,0
Травень	135,3			83,32	433264,0
Червень	16,8			10,35	53820,0
Липень	133,2			82,03	426556,0
Серпень	135,9			83,7	435240,0
Вересень	99,2			61,1	317720,0
Жовтень	73,1			45,02	234104,0
Листопад	30,8			18,97	98644,0
Грудень	26,4			16,26	84552,0
За рік		-	-		2974088,0

За даними попередньої таблиці можемо розрахувати окупність сонячної станції. Для розрахунку використовуємо наступну формулу:

$$T = \frac{K_{\text{СТ}}}{E \cdot P_{\text{грн/кВт·год}}},$$

де E – річне споживання електричної енергії,

P – ціна електроенергії за кВт·год за квітень 2025р.

$$T = \frac{47\,084\,679,60}{8\,836\,931,3 \cdot 5,53} = \frac{47\,084\,679,60}{48\,868\,230,10} = 0,963 \approx 1 \text{ рік}$$

Із прорахунку чітко видно, що термін окупності сонячної станції набагато менший, аніж термін служби панелей відповідно до гарантій виробника.

Тобто, можна зробити висновок, що підприємству доцільно побудувати сонячну станцію, яка в перспективі знизить витрати на електричну енергію та самостійно буде задовольняти свої потреби у живленні електроприймачів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Даний розділ дипломної роботи присвячений заходам з охорони праці на виробничому об'єкті, а саме обслуговування устаткування та монтажу системи електропостачання ПрАТ «ГЗС». Існує безліч факторів, що впливають на персонал, що виконує будівельно-монтажні роботи. До них відносять [11, 12]:

- 1) фізичні фактори: ультразвук, мікроклімат (вологість, температура, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, вібрація; інфразвук;
- 2) освітлення: штучне, природне;
- 3) хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії;
- 4) фактори трудового процесу: напруженість та важкість (тяжкість) праці. Тяжкість праці – це рівень енергозатрат організму: активність переміщень за день, кількість робочих рухів, маса вантажу, що підіймається, тощо. Інтелектуальні, емоційні, сенсорні навантаження, а також ступінь монотонності навантажень та режим роботи – все це відносять до напруженості.

4.1 Технічні рішення в процесі безпечної експлуатації обладнання

4.1.1 Вимоги до організації робочих місць персоналу, що виконує монтажні роботи на об'єкті

На об'єкті, персонал, що виконує монтажні роботи з використанням електрифікованого інструменту повинен дотримуватись певних правил безпеки:

З точки зору безпеки, електрифікований інструмент поділяють на:

I – ізольований електроінструмент, у якого штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У такого електроінструменту, всі деталі, що знаходяться під напругою мають основну ізоляцію, а окремі деталі можуть мати подвійну або ж посилену ізоляцію.

II – електроінструмент, всі деталі якого мають подвійну або посилену ізоляцію. Пристроїв для заземлення тут відсутні. 220 В – це номінальна напруга для електроінструмента I та II класів з постійним струмом; 380 В – для змінного струму; III – номінальна напруга сягає не більше 42 В. Клас III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Завдяки перетворення вищої напруги отримують безпечну наднизьку напругу, за таких умов слід використовувати безпечний ізольований трансформатор (іншими словами – перетворювач з окремими обмотками). Електроінструмент, що бере напругу із мережі повинен бути обладнаний гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Шнур електроінструмента класу I має мати жилу, що з'єднує заземлювальний контакт штепсельної вилки з заземлювальним затискачем електроінструмента.

Кабель в місці приєднання до електроінструмента повинен бути захищений ізоляційною еластичною трубкою, яка захищатиме його від стирань та перегинів. Трубка повинна виступати із корпусних деталей електроінструмента не менше ніж п'ять діаметрів кабелю.

Поза інструментом заборонено закріплювати трубку на кабелі. Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Трифазний електроінструмент приєднується з використанням чотирижильного кабелю, одна жила якого слугує для заземлення. Таких вимог дотримуються, коли електроінструмент має корпус, який слід заземлювати.

За умови пошкодження ізоляції у деталей електроінструментів класу I, які можуть опинитись під напругою, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструменти класів II і III не заземлюють. Заземлення корпусу виконують спеціальною жилою живильного кабелю. Нульовий

робочий провід забороняється використовувати. Штепсельна вилка має мати один заземлювальний контакт та певну кількість робочих. Під час ввімкнення вилка має забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту, а при вимиканні – запізнене розмикання. У електроінструментів класу III конструкція штепсельних вилок має унеможливлювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, що мають допуск для виконання робіт з електроінструментом повинні попередньо пройти навчання та перевірку своїх знань із безпечної роботи з приладом. Працівники з II групою допуску можуть працювати з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза їхніми межами. А працівники, що мають I групу допуску можуть працювати з електроінструментами II та III класу.

Електроінструмент I класу має бути із справним колом заземлення, що знаходиться між його корпусом та заземлювальним контактом штепсельної вилки. Для роботи із таким приладом, працівник повинен мати спеціальний захист (діелектричні рукавиці, калоші, тощо) або ж спеціальне устаткування: розподільчий трансформатор чи захисно-вимикальне приладдя. Якщо будь-що із попередньо згаданого не відповідає хоч одній із вимог, такий електроінструмент не можна видавати.

Працівникам, робочий процес яких проходить в приміщеннях без підвищеної небезпеки, доцільно використовувати діелектричні рукавиці, що вберегти себе від уражень. А в робочих приміщеннях зі струмопровідною підлогою варто носити діелектричні калоші. Працівникам, що працюють з електроінструментами II та III класів можна працювати без спецзахисту у приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження струмом.

Електроінструментами I та II класів дозволяється працювати в апаратах, посудинах чи ж металевих спорудах з обмеженою можливістю переміщення чи виходу з них, дотримуючись умови, що тільки один електроінструмент отримує живлення установки. За таких умов, джерело живлення повинно розміщуватись за межами вказаних посудин, а вторинне коло джерела

заземлювати не потрібно. До автотрансформатора, потенціометра або резистора суворо заборонено підключати електроінструмент напругою до 12В.

4.1.2 Електробезпека

Система освітлення та силове обладнання підприємства отримує живлення від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Заводські приміщення за умовами по небезпеці електротравматизму є з підвищеною небезпекою, оскільки присутня у цехах струмопровідна підлога. Щоб вирішити питання з можливістю електротравм необхідно:

1) щоб уникати травм від струмопровідних елементів потрібно всі неізольовані струмопровідні елементи розташовувати у місцях з обмеженим доступом (металеві шафи); використовувати у робочих приміщеннях «засоби орієнтації» - таблички, надписи, попереджувальні знаки; протягувати кабельно-провідникову продукцію до споживачів у закритих конструкціях.

2) використовувати нульовий захисний провідник, за умови живлення однофазного споживача від мережі 1000 В. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Далі спрацьовує захист і споживач не отримує живлення від мережі.

Вимоги нормативів трактують, що повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. Необхідно забезпечити цілісність нульового захисного провідника відповідно до типу запобіжного пристрою.

3) Електрозахисні засоби захисту. Працівники, що займаються ремонтом обладнання, повинні бути забезпечені випробуваними засобами захисту. Перед їх застосуванням персонал повинен перевірити їх справність, очистити і протерти від пилу, перевірити на відсутність зовнішніх пошкоджень та подивитись на дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту,

Якщо термін придатності засобів захисту вийшов - користуватись ними забороняється.

Існують електрозахисні засоби основні та допоміжні. Основні - це засоби, ізоляція яких довгий час витримує робочу напругу та дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, що під напругою. До таких засобів відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; покажчики напруги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажні інструменти з ізольованими ручками.

До додаткових засобів персоналу від напруги відносять ті засоби, які допомагають вберегтись від напруги дотику або ж попереджають працівників про небезпеку. До таких засобів відносять (до 1000В): ізольовані підставки та накладки, знаки безпеки та брошури, захисні пристрої, діелектричні калоші та килими, переносні заземлення, тощо.

Усе електрообладнання на підприємстві повинно бути заземлене. Щорічно опір контуру заземлення та його справність проходить планову перевірку. Обертові частини устаткування повинні мати закріплену огорожу. Якщо обладнання знаходиться у робочому стані, будь-які ремонтні роботи забороняються.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

У виробничих приміщеннях будь-якого підприємства мікроклімат робочої зони повинен відповідати певним нормативним значенням, для того щоб шкідливі речовини не перевищували свої граничної допустимої норми. Під час виконання персоналом електромонтажних робіт, параметри мікроклімату мають відповідати наступним нормам:

Таблиця 4.1 – Нормування мікроклімату на непостійних робочих місцях

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

Для дотримання нормативних значень мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу необхідно в холодну пору року використовувати калорифер, а у літню – обладнання для обдуву: вентилятори або ж кондиціонери.

4.2.2 Склад повітря на території робочої зони

Забрудненість повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м³. Найбільшими забруднювачами робочої зони є шкідливі гази та пил. Їх ГДК наведено у таблиці, що подана нижче.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Нетоксичний пил	0,5	0,15	4

Для того, щоб підтримувати мікроклімат на належному рівні, необхідно в межах робочих місць встановлювати кондиціонери, обладнання для зволоження повітря та його іонізації.

4.2.3 Виробниче освітлення

Будь-які роботи з монтажу електричного обладнання потребують якісного освітлення, яке згідно ДБН В.2.5-28-2018 характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення різних типів освітлення наведено нижче.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне н пр	Сумісне Есум
						всього	у т.ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 Включно	III	в	Малий, середній, великий	Світлий, середній, темний	600	200	-	3,0

Для того щоб приміщення було достатньо освітлене, у приміщеннях регулярно проводиться систематичне очищення світильників, ламп та скла від пилу (не рідше 2-х разів на рік), часто використовують жалюзі. Коли існує нестача природного освітлення, на допомогу приходить штучне, яке створюється за допомогою світлодіодних ламп, які влаштовують над робочою поверхнею на висоті 2,5 м.

4.2.4 Виробничий шум

На людину шум діє несприятливо, особливо коли він перевищує допустимі межі. У нашому випадку в приміщення заводу шум є широкопasmовий. Його потрібно нормувати на усіх робочих місцях.

В таблиці 4.4 наведено рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, які мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81.

Таблиця 4.4 – Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, допустимі рівні звуку та еквівалентні рівні звуку

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території заводу	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Усе обладнання, яке є джерелом шуму (вентилятори, електроприймачі, технологічне обладнання, тощо), потрібно розташовувати у місцях, де відсутні постійні робочі місця працівників, тобто, за їх межами.

Зазвичай, на стінах та стелі приміщень, де активно працює персонал, встановлюють звукопоглинаючі облицювання. Таке приміщення має бути не вище ніж 6-8 м у висоту. Таким чином, акустично оброблена поверхня має складати не менше 60% від загальної площі. Дуже високі та вузькі приміщення доцільно облицювати, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не обробленими, або, як варіант, спробувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

4.3 Пожежна безпека

Правила пожежної безпеки в Україні [21, 22] регламентують безпеку на виробничих та інших об'єктах. Пожежна вибухонебезпечність речовин та матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [23].

Виробниче приміщення Товариства, де періодично здійснюється перевірка системи електропостачання заводу, за критеріями пожежної небезпеки та вибухонебезпеки відноситься до категорії Д. Будівля заводу має III ступінь вогнестійкості.

До III ступеня відносять будівлі, які мають несучі конструкції зі штучних кам'яних або природніх матеріалів, чи бетону. У таких випадках часто використовують дерев'яне перекриття, що захищене штукатуркою або спеціальними негорючими плитними матеріалами або матеріалами груп горючості Г1 та Г2.

До перекриття будівель немає вимог щодо вогнестійкості чи поширення швидкості вогню, однак, вони повинні обов'язково пройти вогнезахисну обробку.

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2002 у таблиці 4.6 представлені мінімальні межі вогнестійкості будівельних споруд та максимальні межі поширення вогню.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості та максимальні межі поширення вогню будівельних споруд

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості (хв) та максимальні межі поширення вогню (см)							
	Стіни				колони	Сходові площадки, балки, сходи, марші сходових клітинок	Міжповерхові перекриття (у т.ч. над підвалами та горищі)	елементи суміщених покриттів
	несучі та сходові площадки	самонесучі	зовнішні не несучі	внутрішні не несучі (перегородки)				плити, настили, прогони балки, рами, арки
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та їх мінімальні межі вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (хв)	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

У таблиці 4.7 продемонстровані протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості згідно ДБН В.1.1.7-2002.

Таблиця 4.8 містить відомості про протипожежні відстані, які мають бути наявні між житловими, громадськими, адміністративними будівлями промислових підприємств.

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між приміщеннями промислових підприємств

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

На території ПрАТ «Гніванський завод спецзалізобетону» встановлено 27 порошкових вогнегасників ВП-5(26).

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було проаналізовано та вирішено існуючі задачі, які стосуються підвищення енергоефективності постачання виробничого підприємства ПрАТ «ГЗС». Було проведено розрахунок усіх електричних навантажень підприємства та вирішено побудувати дахову промислову сонячну станцію, яка б вирішила питання із надійністю електропостачання та позитивно вплине на фінансові показники підприємства, а також на екологічність ситуації.

В роботі зроблено розрахунок та проектне рішення мережі для електропостачання одного із заводських цехів. Було обрано обладнання та відбулась його перевірка на доцільність встановлення.

Проведено розрахунок електричних навантажень по всіх виробничих приміщеннях підприємства. Було спроектовано заводську мережу 35 кВ та обрано для її живлення трансформатори ТМ – 1000/35. Розрахунок координат центру енергетичних навантажень дозволив визначити оптимальне розміщення ЦРП.

Наукова частина роботи містить розрахунки про доцільність побудови альтернативної системи електропостачання підприємства – дахової СЕС. Було вибрано найкраще обладнання, яке буде генерувати найбільший обсяг електричної енергії та забезпечувати підприємство безперебійним живленням. Розраховано економічну доцільність впровадження проекту в життя.

Було розглянуто питання з охорони праці на виробничому об'єкті, а саме техніка безпеки при виникненні нештатних ситуацій.

У роботі чітко прописана інструкція з підвищення ефективності електропостачання ПрАТ «Гніванський завод спецзалізобетону», яка в перспективі буде слугувати надійною системою постачання енергії та дозволить мінімізувати витрати, що споживаються енергоносіями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самойлик О.В., Курбака Г.В. Підвищення ефективності електропостачання невеликих сільськогосподарських підприємств за рахунок застосування відновлювальних джерел енергії
2. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
3. Тараненко М.О. Розроблення плану підвищення рівня енергоефективності заводу з виробництва залізобетонних конструкцій
4. Пліс Я.В. Енергоощадна система електропостачання котеджного містечка на основі сонячних панелей
5. Галогре Дмитро Петрович Проект сонячної електростанції потужністю 3.2 МВт
6. Будівництво Дахових СЕС для бізнесу: юридичні підходи до проекту URL: <https://lcf.ua/thought-leadership/energy-and-natural-resources/budivnitstvo-dahovih-ses-dlya-biznesu-yuridichni-pidhodi-do-proyektu/>
7. Олесандр Ковпак Інвестиції в енергонезалежність: чому бізнес обирає СЕС URL: <https://epravda.com.ua/energetika/investiciji-v-energonezalezhnist-chomu-biznes-obiraye-ses-805494/>
8. Казарова І.О. Підвищення ефективності електропостачання за рахунок впровадження когенерації
9. Бурда В.Є. Аналіз практики та ефективності використання альтернативних джерел енергії в Україні та світі
10. Маляренко В.А., Доценко С.І., Темнохуд І.О. Технологія виробництва електроенергії, Харків, 2014р.
11. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

12. 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->.

13. 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.

14. 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.

15. 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>.

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

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

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

19. 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>.

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

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

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

23. 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>.

24. 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.

25. 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.

26. 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

Аналіз ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства
«Гніванський завод спецзалізобетон»

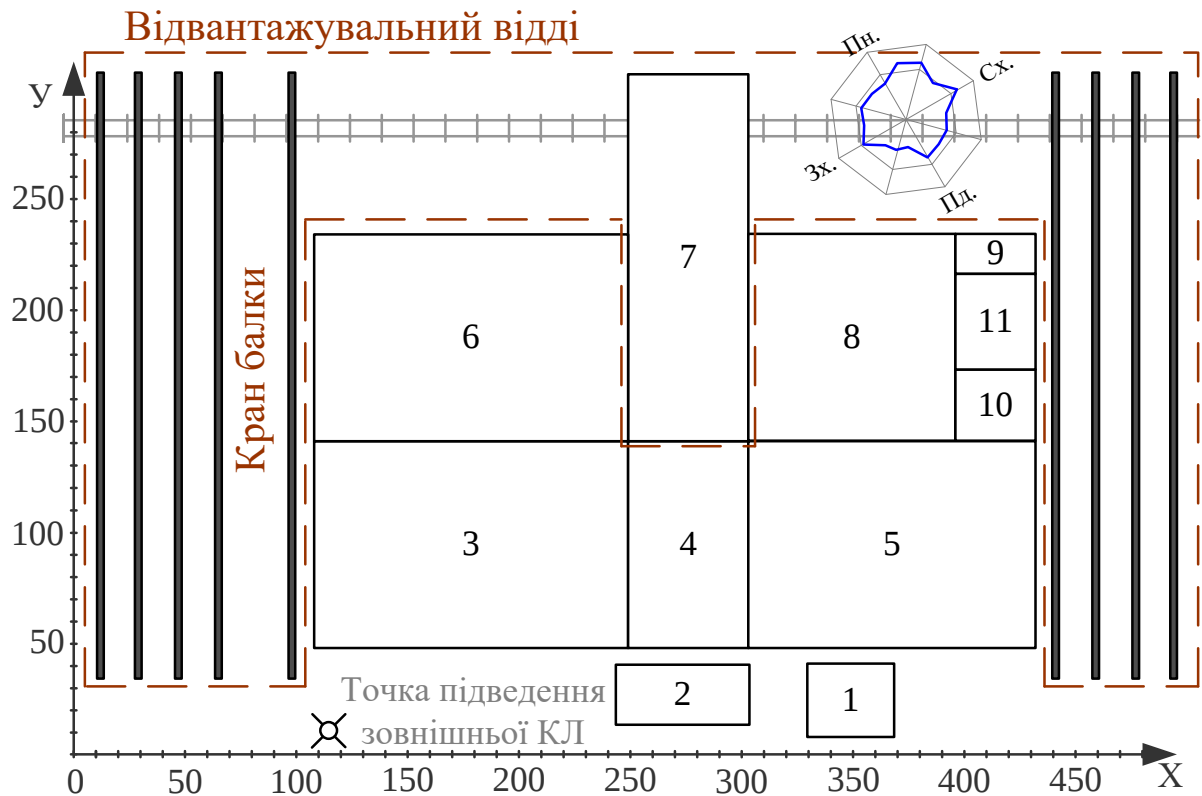


Рисунок А.1 – Генеральний план заводу

Таблиця А.2 - Електричні навантаження приміщень ПрАТ «ГЗС»

№	Назва	Навантаження (P), кВт	Площа приміщення, м ²	X, м	Y, м
1	Корпус адмінбудівлі	45	1280,0	350	24
2	Виробничий цех №1	745	13110,0	274	26
3	Виробничий цех №2	700	11990,0	179	94
4	Виробничий цех №3	725	13110,0	276	94
5	Приміщення котельні	110	1150,0	368	94
6	Компресорна	125	1510,0	178	187
7	Складське приміщення	100	8640,0	276	223
8	Відвантажувальний відділ	180	8900,0	350	187
9	Арматурний цех	180	5020,0	414	225
10	Службове приміщення	60	1620,0	414	157
11	Цех заготовки та механічної обробки	330	648,0	414	194

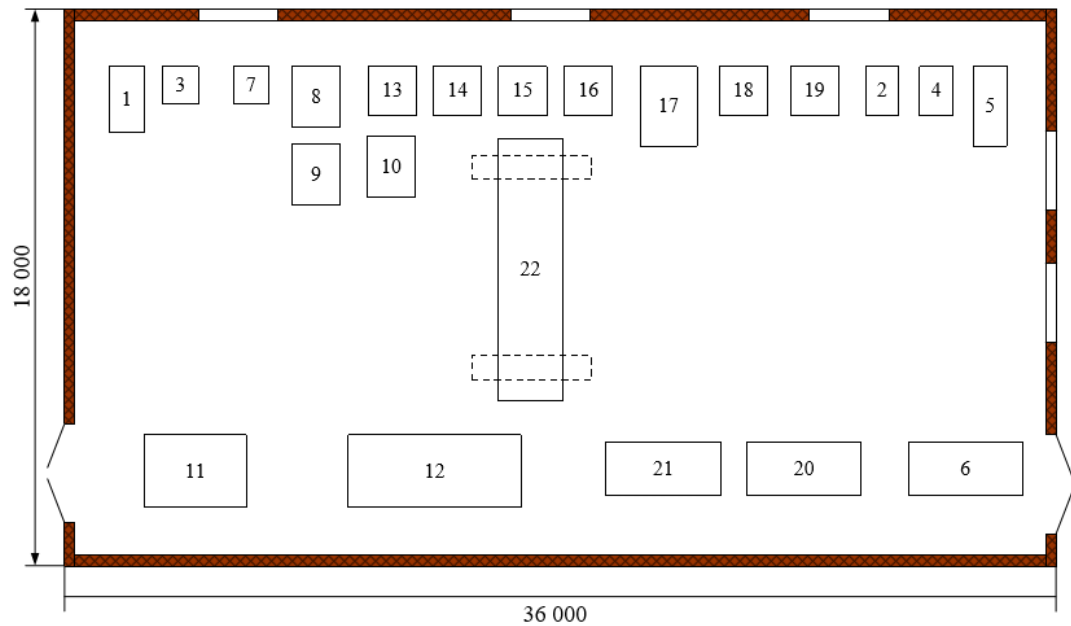


Рисунок А.2 - План цеху заготовки та механічної обробки

Таблиця А.2 – Електричне навантаження електроприймачів цеху заготовки та механічної обробки

№	Устаткування	К-сть, шт	Р _н , кВт
1-2	Свердлильні станки	2	9
3-6	Апарати для зварювання	4	38
7	Вальци	1	14
8-12	Прес-ножиці	5	15
13-16	Гідравлічні преси	4	4
17	Радіально-свердлильний станок	1	9
18	Обирочно-шліфувальний станок	1	4
19	Кривошипний прес	1	30
20	Токарний апарат (6092)	1	5
21	Токарний апарат (ТС-70)	1	15
22	Кран-балка	1	5

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Аналіз ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетон»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, Е-23мс
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 20,12 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

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

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

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

Експертна комісія:

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

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

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

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

Здобувач _____ Терлецький С.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Аналіз ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства
«Гніванський завод спеціалізобетон»

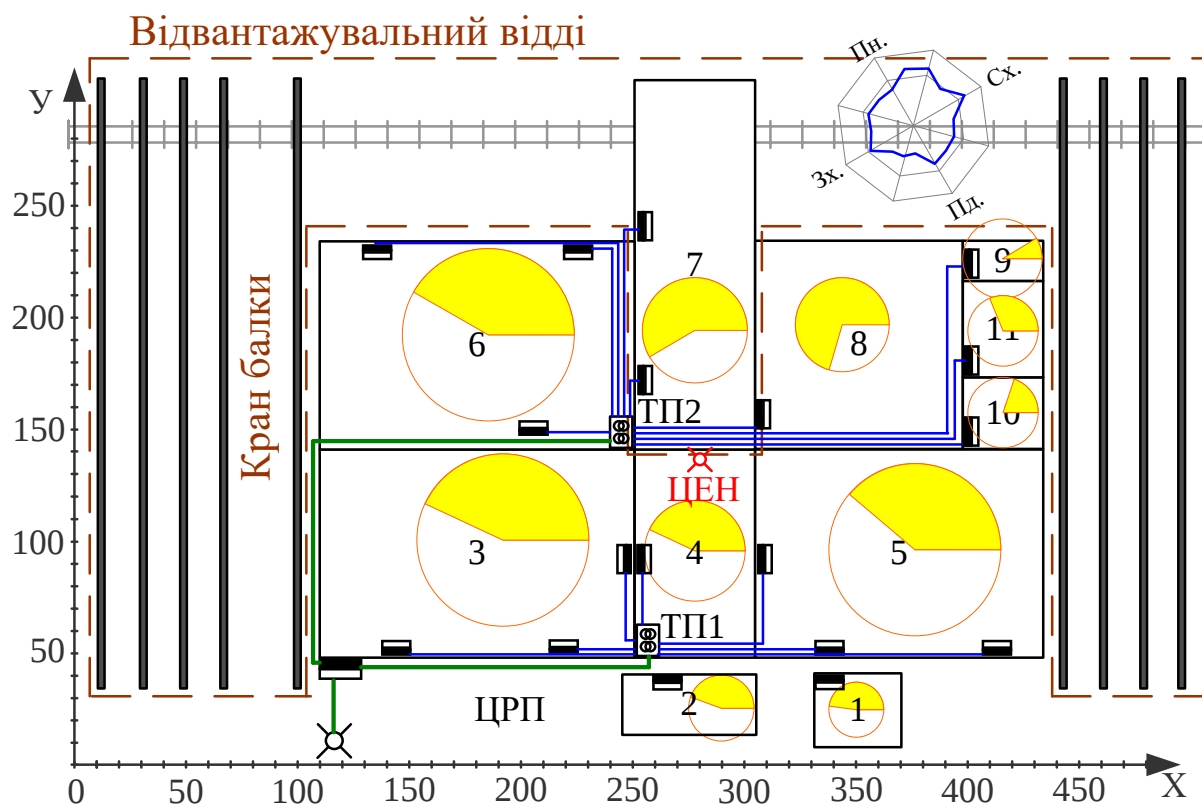


Рисунок В.1 - Картограма електричних навантажень

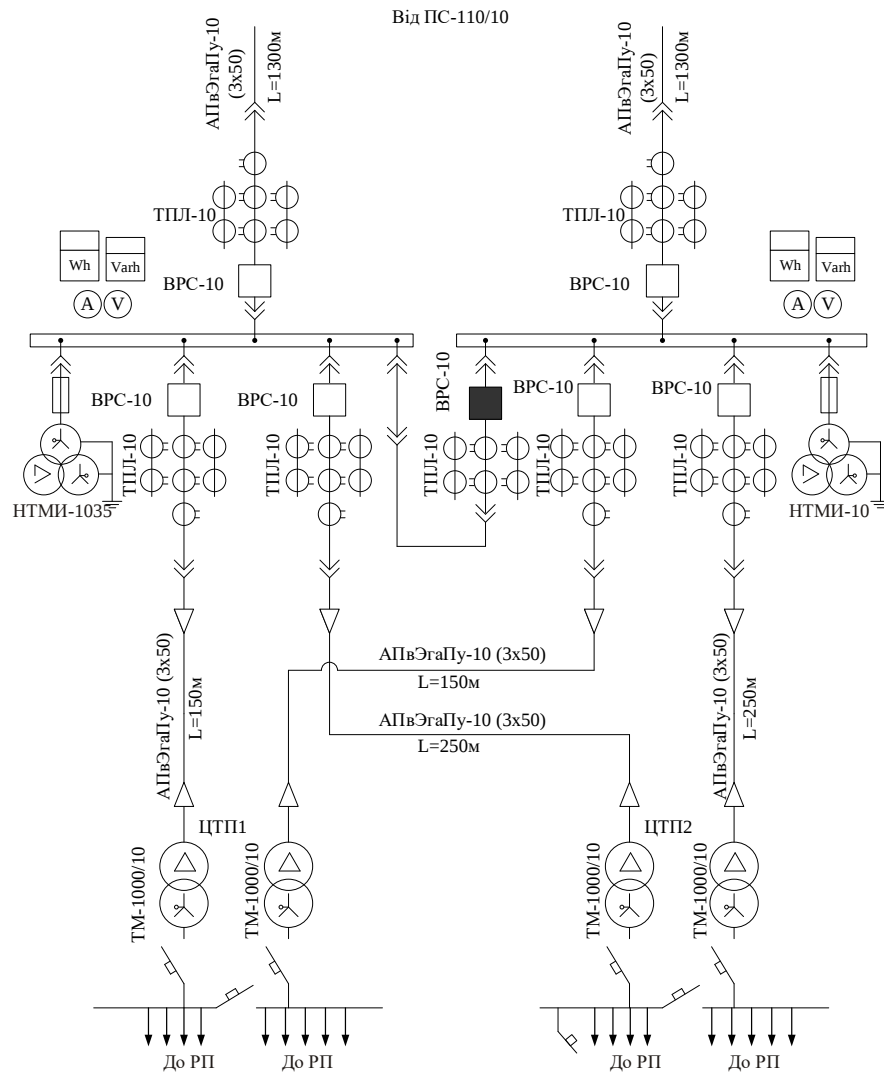


Рисунок В.2 - Однолінійна схема

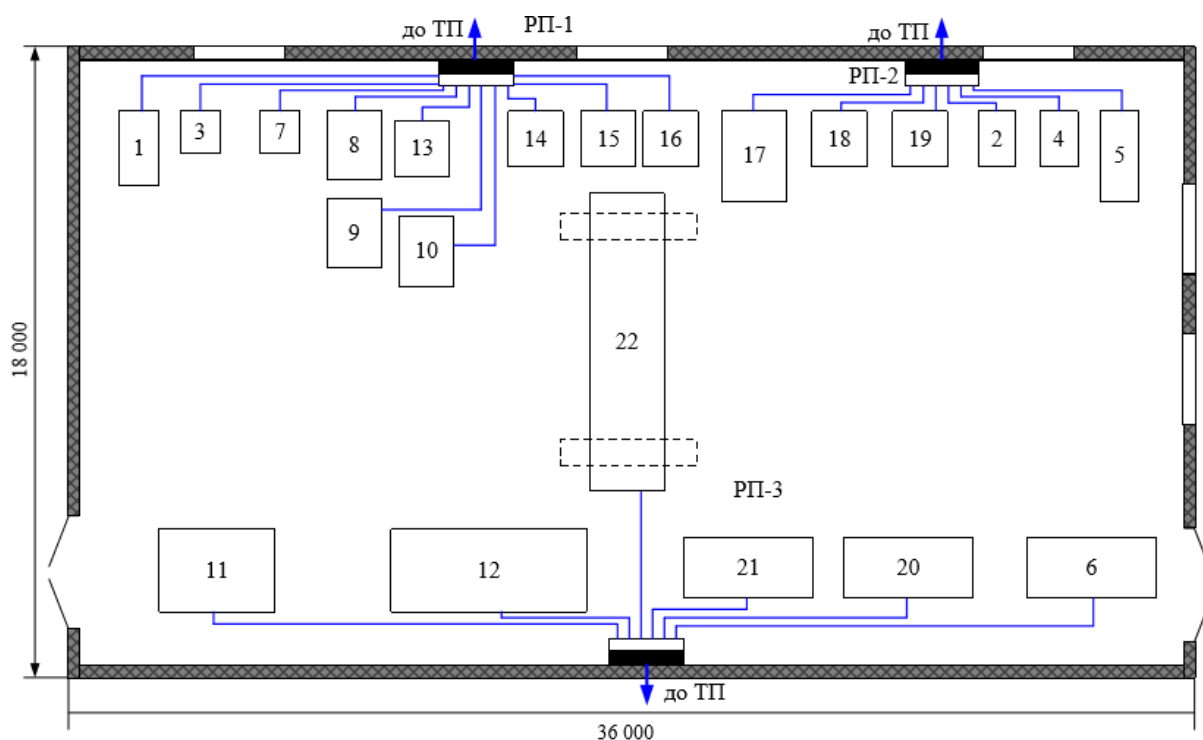


Рисунок В.3 - План цеху

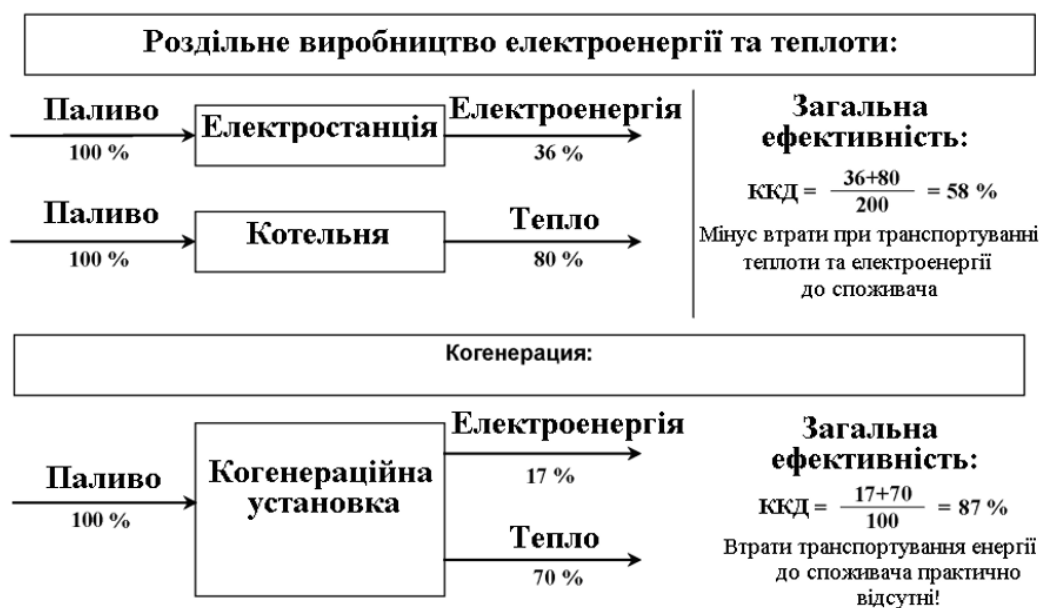


Рисунок В.4 – Порівняння когенераційної системи та роздільного виробництва електричної енергії

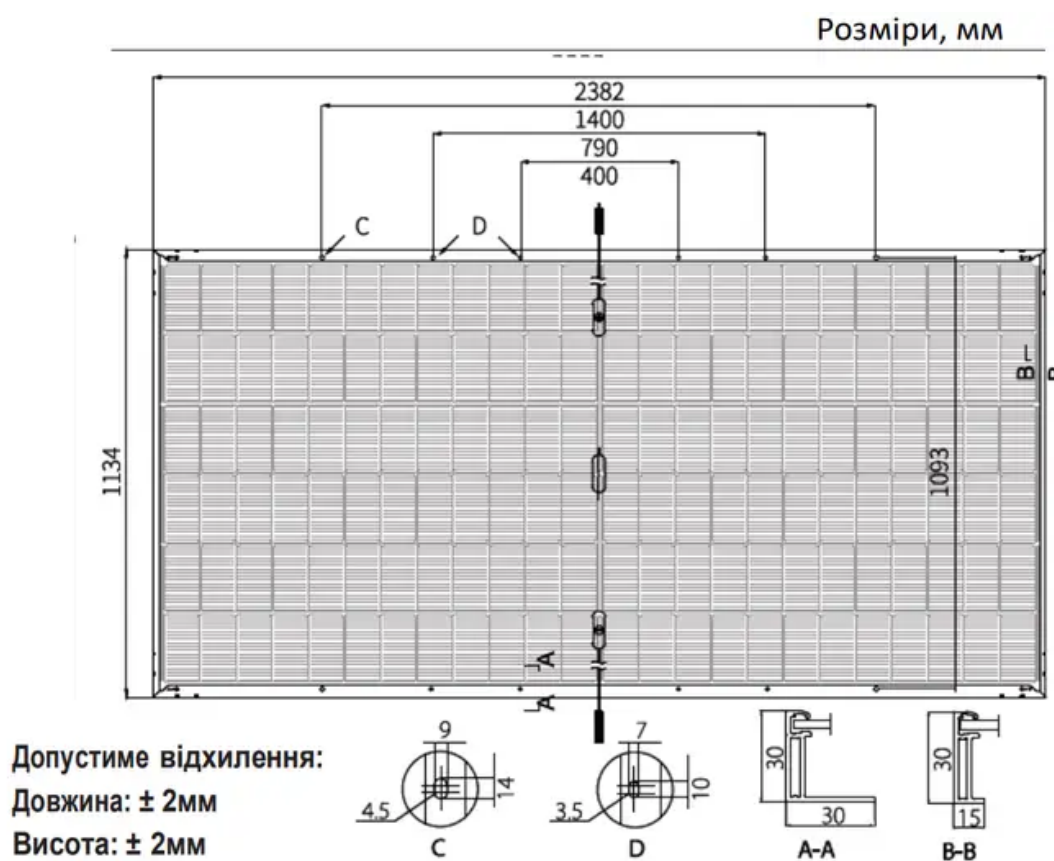


Рисунок В.5 – Схематичне зображення сонячної панелі

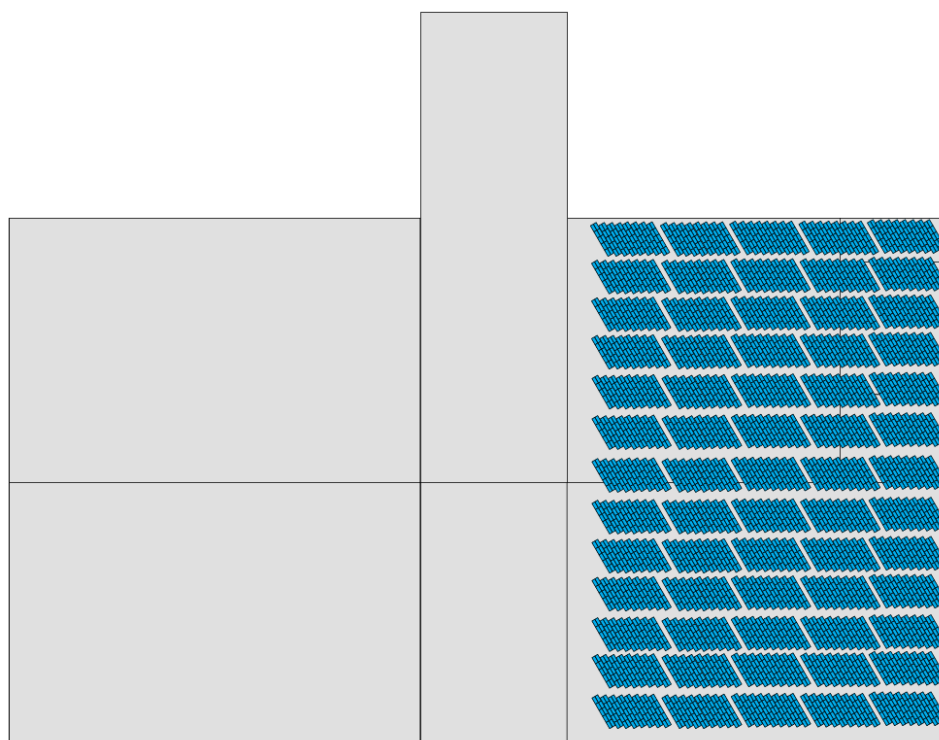


Рисунок В.6 – Розташування сонячних панелей на даху підприємства