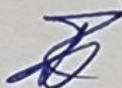


ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою
відповідальністю "Виробниче підприємство "Радіатор"

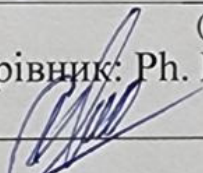
Виконав: студент 4-го курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханік
(шифр і назва спеціальності)



Джумський Д. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ



Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

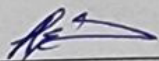
« 16 »

06

2025 р.

Рецензент

проф. каф. ЕСС, проф. К.Т.Н.



Русаненко О. Є.

(прізвище та ініціали)

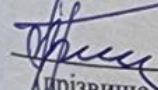
« 17 »

06

2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ



проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 »

06

2025 р.

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 програма – «Електропостачання та енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

« 20 » 05 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Джумському Дмитру Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Виробниче підприємство "Радіатор"

Керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ

затверджені наказом по ВНТУ від 20.03.2025 року, №97

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

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Робота повинна містити загальні відомості про підприємство та розрахунок електричних навантажень підприємства і одного з цехів. В спеціальній частині проаналізувати можливість встановлення сонячної електростанції на підприємстві з впровадженням активного споживача.

5. Перелік графічного матеріалу.

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «25» квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Керівник

бакалаврської

кваліфікаційної роботи

Нормоконтроль

(підпис)

(підпис)

Джумський Д. О.

(прізвище та ініціали)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Джумський Д. О. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Виробниче підприємство "Радіатор" Бакалаврська дипломна робота. Вінниця. ВНТУ, 2025, 79 с. Іл.21: , Табл: 22.

В бакалаврській дипломній роботі розроблена система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Виробниче підприємство "Радіатор".

В спеціальній частині роботи було розглянуто питання активного споживача на підприємстві.

Ключові слова: система електропостачання, активний споживач.

ANNOTATION

Dzhumskyi D. O. Development of a power supply system for "Radiator" Production Enterprise Limited Liability Company. Bachelor's thesis. Vinnytsia. VNTU, 2025, 79 p. Figs. 21, Tables 22.

This bachelor's thesis develops a power supply system for "Radiator" Production Enterprise Limited Liability Company.

The special part of the work examines the issue of an active consumer at the enterprise.

Key words: power supply system, active consumer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Історія підприємства	9
1.2 Потужності підприємства.....	10
1.3 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	11
1.4 Короткий опис технологічних процесів ТОВ «ВП «Радіатор»	13
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	16
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	16
2.2 Визначення потужності трансформаторів ТП і місці їх встановлення	20
2.3 Вибір елементів заводської мережі	24
2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху	28
2.4.1 Схема електропостачання 0,4 кВ.....	28
2.4.2 Визначення розрахункових електричних навантажень цехової мережі	28
2.4.3 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури в мережах 0,4 кВ ..	31
2.5 Розрахунок струмів кз та перевірка вибраних вимикачів.....	35
2.5.1 Розрахунок струмів кз в мережах напругою понад 1000 В	35
2.5.2 Розрахунок струмів кз в мережах напругою до 1000 В	39
3 ВПРОВДЖЕННЯ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА НА ПІДПРИЄМСТВІ	44
3.1 Загальні відомості	44
3.2 Кліматичні умови	46
3.3 Основні рішення.....	47
3.4 Улаштування вузла обліку електричної енергії на Генеруючу установку та розробка електричної частини СЕС	54
3.5 Техніко економічний розрахунок	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	63
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	63
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	63
4.1.2 Електробезпека	65

4.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	67
4.2.1. Мікроклімат	67
4.2.2. Склад повітря робочої зони.....	67
4.3. Виробниче освітлення.....	68
4.4. Виробничий шум.....	69
4.5. Пожежна безпека.....	70
Висновок.....	73
Література	75
Додатки.....	78
Додаток А – Вихідна дані.....	79
Додаток Б – Картограма навантажень підприємства	82
Додаток В – Однолінійна схема підприємства	83
Додаток Г – План цеху.....	84
Додаток Д – Розрахунково-монтажна таблиця	85
Додаток Е – Однолінійну схему приєднання дахової СЕС з влаштованим обліком	86
Додаток Ж – Презентаційні матеріали.....	88

ВСТУП

Актуальність роботи.

Надійне та ефективне електропостачання є одним із ключових чинників стабільної роботи будь-якого виробничого підприємства. В умовах стрімкого розвитку технологій і впровадження сучасного обладнання виникає потреба у високоякісному, безпечному та стабільному живленні. ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор», яке спеціалізується на виготовленні рушникосушарок і дизайнерських радіаторів з нержавіючої сталі, застосовує інноваційні технології та високотехнологічне обладнання з метою забезпечення високої якості продукції. Для досягнення стабільності виробництва та підвищення ефективності його процесів необхідно розробити оптимальну систему електропостачання.

Актуальність обраної теми зумовлена такими аспектами:

Забезпечення надійності та безпеки виробництва: Стабільна система електропостачання є основою для безперебійної роботи всього виробничого обладнання, особливо в умовах високого рівня автоматизації та застосування сучасних технологій на підприємстві «Радіатор».

Підвищення енергоефективності та економічна доцільність: Розробка ефективної системи електропостачання дозволяє зменшити споживання енергії, що, у свою чергу, знижує витрати на виробництво й підвищує конкурентоздатність продукції.

Відповідність чинним стандартам: Підприємство орієнтується на європейські стандарти якості, що передбачає відповідність усіх систем, зокрема електропостачання, чинним нормам і вимогам безпеки.

Перспективи розвитку: Раціонально спроектована система електроживлення створює умови для подальшого розширення виробництва і впровадження нових технологій без значних додаткових витрат.

Отже, створення сучасної, надійної та енергоефективної системи електропостачання для ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор» є

актуальним завданням, що прямо впливає на економічну ефективність та стабільність його функціонування.

Метою бакалаврської роботи є розробити ефективну та надійну систему електропостачання для ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор», яка відповідатиме сучасним вимогам щодо безпеки, енергоефективності та безперебійного живлення виробничих процесів.

Об'єкт дослідження даної роботи є система електропостачання ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор».

Предмет дослідження даної дипломної роботи є система електропостачання ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор", вибір відповідного обладнання, розрахунок електричних навантажень, а також розробка заходів для підвищення її надійності, безпеки та енергоефективності.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Історія підприємства

Сучасне підприємство бере свій початок з 1998 року, коли батько з двома синами сконструювали першу рушникосушарку з нержавіючої труби. Саме тоді стартувало виробництво найпростіших моделей М-подібного типу, відомих як «змійка». [1].

У 2002 році на виробничій ділянці в с. Зарванці площею 200 м² було задіяно 12 фахівців. Їхня праця була зосереджена на розробці та покращенні електричних і водяних рушникосушарок для ванних кімнат.

Вже у 2004 році виробничі потужності перемістилися до смт.Літин. Тут було проведено капітальний ремонт і добудову заводу, що перетворило його на високотехнологічне та сучасне підприємство з виробництва дизайн-радіаторів та рушникосушарок різних типів.

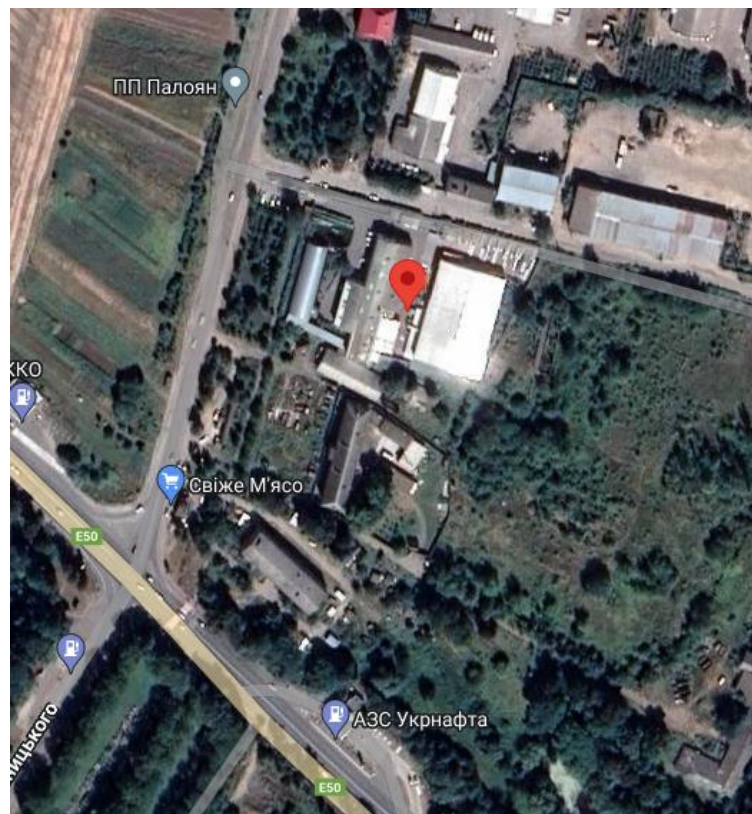


Рисунок 1.1 – Розташування підприємства

У 2015 році було запущено новий цех, а все виробництво переведено на потоково-конвеєрний тип. Це дозволило істотно прискорити випуск продукції, одночасно значно підвищивши її якість.

У 2025 році підприємство розпочало свою діяльність під новою назвою «Радіатор». В даний момент компанія Радіатор випускає понад 80-т моделей водяних і електричних рушникосушорок. Вони стали першою компанією з позиттєвою гарантією на водяні рушникосушки.

1.2 Потужності підприємства

На сьогоднішній день ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор» займає площу близько 10 000 квадратних метрів. Це сучасне підприємство оснащено високоточним спеціалізованим обладнанням, яким керує кваліфікований персонал. Поряд із великим складським комплексом, ретельний та постійний контроль якості на всіх етапах виробництва забезпечує ефективну роботу та повне задоволення потреб клієнтів.

Сировина і технології

Для виробництва продукції використовується нержавіюча труба від провідних європейських постачальників, таких як OUTOKUMPU (Фінляндія) та ACERINOX (Іспанія). Ці матеріали відомі своєю високою міцністю, винятковою стійкістю до корозії та високих температур.

Виробничий процес передбачає застосування високоякісних зварних швів, зокрема передових технологій TIG ("тіговий шов"), лазерного зварювання та контактного зварювання. Такий підхід гарантує, що міцність швів відповідає міцності основного матеріалу труби.

Норми і стандарти

Продукція "Радіатор" відповідає високим європейським стандартам EN 442. Кожен готовий виріб проходить ретельне випробування перед пакуванням: водяні моделі тестуються тиском 22 Атм, а електричні — напругою 1500 В. Крім того, всі вироби маркуються фірмовим знаком для ефективного захисту від підробок.

Умови праці

Підприємство прагне створити комфортні умови праці та відкриває широкі можливості для професійного зростання кожного співробітника. Це сприяє формуванню згуртованої та високоефективної команди, яка завжди орієнтована на досягнення видатних результатів.

1.3 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

Підприємство віднесене до II категорії надійності електропостачання. Детальну інформацію про електричні навантаження та площу цехів представлено у Таблиці 1.1

В табл. 1.1 показано відомості про електричні навантаження ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор».

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор»

№	Цех	Р _н , кВт
1	Виробничий цех	346
2	Склади	51
3	Пакувальний цех	32
4	Інструментальний цех	38
5	Зварювальний цех	244
6	Адміністративний корпус	100
7	Прохідна	20
8	Ремонтно-механічний цех	254
9	Заготівельний цех	264
10	Склади	101

Генеральний план заводу представлений на рисунку 1.2.

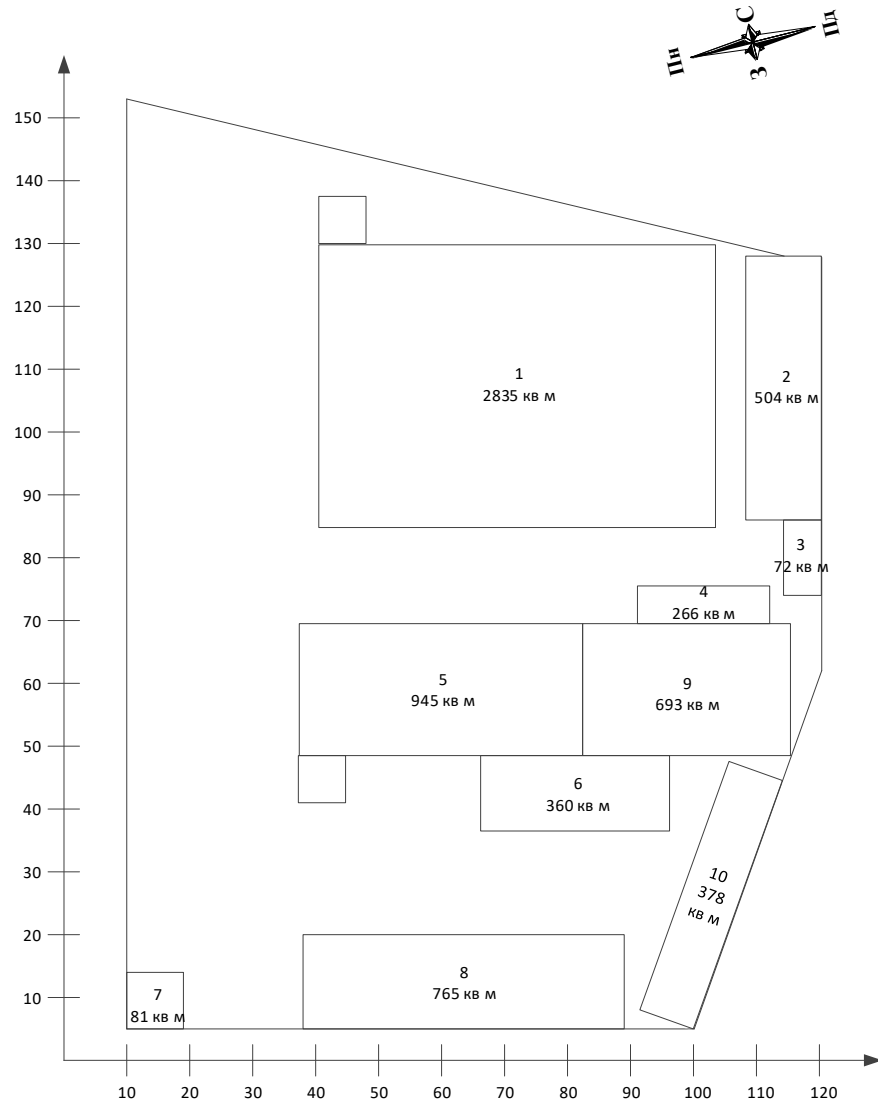


Рисунок 1.2 – Генеральний план ТОВ «ВП «Радіатор»

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

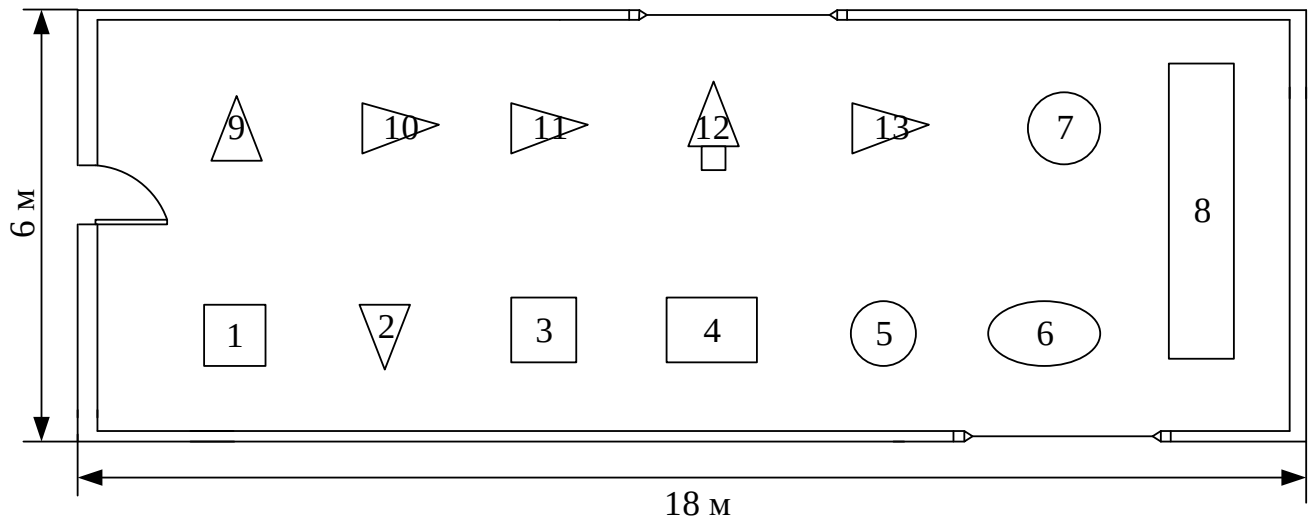


Рисунок 1.3 – План цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричне навантаження цеху

№ на плані	Назва електроприймача	Рн, кВт
1	Кривошипний прес	24
2	Вертикально-сверлильний станок	12
3	Кривошипний прес	18
4	Гідропрес	18
5	Горизонтально-фрезерний станок	12
6	Фрезерний станок	12
7	Станок горизонтально фрезерний	12
8	Токарно-револьверний станок	12
9	Шліфувальна лінія	84
10	Токарно-гвинтовий станок	18
11	Станок токарно-гвинтовий	6

1.4 Короткий опис технологічних процесів ТОВ «ВП «Радіатор»

Рушникосушки виготовляються з нержавіючої сталі. Труби з цього матеріалу вирізняються значними перевагами завдяки їхнім високим антикорозійним якостям, міцності та вогнестійкості. Термін експлуатації труб з нержавіючої сталі практично необмежений. У виробництві зварних труб з нержавіючої сталі застосовуються наступні методи зварювання:

- TIG(Tungset Inert Gas, вольфрамовим електродом в інертному газі, без присадного металу, так званий тиговий шов);

- Плазмова зварка (у поєднанні з TIG);
- HF (струмами високої частоти);
- Laser (лазерне) яке гарантує високий рівень якості, не дивлячись на значні первинні капіталовкладення, отримує все більш широке використання);
- Electron beam (електронно-променеве застосовується нерегулярно унаслідок складності технологічного процесу, який припускає наявність установок глибокого вакууму в процесі всього циклу зварки).

У технології зварювання нержавіючих труб для рушникосушарок ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор» використовує метод TIG. Цей метод дозволяє досягти коефіцієнта міцності та герметичності зварювального шва, рівного одиниці.

В процесі виготовлення кожної труби обов'язково проводиться ультразвукове сканування шва. Після цього кожна окремо виготовлена труба проходить перевірку випробувальним тиском понад 150 атмосфер. Ця продукція ідеально підходить для систем водопостачання з агресивним хімічним складом води та різкими перепадами тиску.

Рушникосушарки виробляються відповідно до стандарту якості ТУ У 28.7-33801896-001:2006 [1, 2, 3].

Трубна нарізка на рушникосушарках виконується згідно з ГОСТ 6357 (клас точності В), а метрична різьба – згідно з ГОСТ 9150 та ГОСТ 24705.

На останньому етапі, для поліпшення споживчих якостей, рушникосушарки проходять перевірку випробувальним тиском 2.2 МПа (22 атмосфери)

Рушникосушарка «Радіатор» — це міцна зварна конструкція з нержавіючих труб. Вона складається з двох стояків (вертикальні елементи) з різьбою G ½ для підключення до системи опалення, та ребер (горизонтальні елементи), які з'єднані між собою зварюванням згідно з ГОСТ 14771-76.

Серед ключових переваг рушникосушарок «Радіатор» варто відзначити легкість установки та надзвичайно низьке споживання електроенергії, що не

перевищує вартості використання звичайної електричної лампочки розжарювання.

Основні характеристики продукції ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор» детально представлені в Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри та розміри рушникосушарок

Параметр	Од. вим.	Норма		
		Виконання І	Виконання ІІ	Виконання ІІІ
1. Висота (Н)	мм	700	900	1200
2. Ширина по центрам	мм	400	400	500
3. Ширина, не більше	мм	530	530	630
4. Об'єм заповнюваної рідини	дм ³	1,76	2,26	3,31
5. Площа бічної поверхні	дм ³	34,7	48,8	71,0
6. Маса, не більше	кг	3,42	4,36	6,33
7. Теплова потужність при 90/70/20	Вт	281	366	533

Матеріали та сировина, що використовуються у виробництві продукції ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор», представлені у Таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Матеріали та сировина, що застосовуються у виробництві рушникосушарок «Радіатор»

Деталь	Матеріал
Стояк	Труба Ø 30x1,5 ГОСТ 11068-81
Ребро	Труба Ø 20x1,0 Сталь 08x18Н10 ГОСТ 5632-72
Гільза	Труба Ø 14x1,5 Сталь 08x18Н10 ГОСТ 5632-72
Ніжка	Труба Ø 10x1,0 Сталь 08x18Н10 ГОСТ 11068-81

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Загальне навантаження підприємства розраховуємо методом коефіцієнта попиту [2].

Метод коефіцієнта попиту (K_p) застосовується для розрахунку навантажень у системах електропостачання. Він дозволяє врахувати мінливість споживання електроенергії різними споживачами.

Основні кроки:

1. Визначення максимальної встановленої потужності (P_n). Це сумарна потужність всього електричного обладнання та пристроїв, наявних на об'єкті.

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

3. Розрахунок розрахункового навантаження (P_p). Розрахункове навантаження отримується шляхом множення максимальної встановленої потужності на коефіцієнт попиту.

$$P_p = K_p \cdot P_{уст}, \quad (2.1)$$

$$P_p^C = 0,7 \cdot 346 = 242,2 \text{ (кВт)}$$

Для освітлення цехів використовуємо світильники типу ДРЛ. Навантаження освітлювальної мережі в такому випадку розраховується за формулою:

$$P_p^O = P_{пит} \cdot K_{пра} \cdot K_{по} \cdot F, \quad (2.2)$$

$$P_p^0 = 0,015 \cdot 2835 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 40,82 (\text{кВт})$$

$$Q_p^0 = P_p^0 \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.3)$$

$$Q_p^0 = 40,82 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,85)) = 25,3 (\text{кВАр}),$$

Повна потужність силового навантаження визначемо за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (2.4)$$

$$P_{p\Sigma} = P_{pc\Sigma} + P_{po\Sigma} = 242,2 + 40,82 = 283,02 (\text{кВт})$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{pc\Sigma} + Q_{po\Sigma} = 150,1 + 25,3 = 175,4 (\text{кВАр})$$

$$S_p = \sqrt{283,02^2 + 175,4^2} = 332,97 (\text{кВА})$$

Ці розрахунки є типовими, тому для решти цехів наведемо лише кінцеві результати, об'єднавши їх у таблиці 2.1.

Розрахункова активна потужність всього підприємства визначиться як[2]:

$$P_{p\Sigma} = K_0 \cdot P_p + P_p^0, \quad (2.5)$$

$$P_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 741 + 62,55 = 804,87 (\text{кВт})$$

Реактивна потужність усього підприємства визначається аналогічним чином.

$$Q_{p\Sigma} = K_0 \cdot Q_p + Q_p^0, \quad (2.6)$$

$$Q_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 572,2 + 62,55 = 606,14 \text{ (квар)}$$

Розрахункове повне навантаження всього підприємства буде:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{804,87^2 + 606,14^2} = 1007,59 \text{ (кВА)}.$$

Таблиця 2.1 – Інформація до розрахунку електричних навантажень підприємства

№	Найменування будівлі/споруди	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження								Сумарне навантаження				Ко = 0,95
		Рн, кВт	Кп	cosφ	tanφ	РрС, кВт	QpС, квар	F, м^2	Кп0	Рпит, кВт/м^2	Кпра	cosφ	tanφ	Рр0, кВт	Qp0, квар	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А	СПИТ, кВА/м^2
1	Виробничий цех	346	0,7	0,85	0,62	242,20	150,10	2835	0,8	0,015	1,2	0,85	0,62	40,82	25,30	283,02	175,40	332,97	505,89	0,12
2	Склади	51	0,3	0,8	0,75	15,30	11,48	504	0,4	0,012	1,2	0,85	0,62	2,90	1,80	18,20	13,27	22,53	34,23	0,04
3	Пакувальний цех	32	0,5	0,8	0,75	16,00	12,00	72	0,8	0,02	1,2	0,85	0,62	1,38	0,86	17,38	12,86	21,62	32,85	0,30
4	Інструментальний цех	38	0,4	0,6	1,33	15,20	20,27	126	0,8	0,02	1,2	0,85	0,62	2,42	1,50	17,62	21,77	28,00	42,55	0,22
5	Зварювальний цех	244	0,8	0,8	0,75	195,20	146,40	945	0,8	0,02	1,2	0,85	0,62	18,14	11,24	213,34	157,64	265,27	403,03	0,28
6	Адміністративний корпус	100	0,4	0,85	0,62	40,00	24,79	360	0,6	0,016	1,2	0,85	0,62	4,15	2,57	44,15	27,36	51,94	78,91	0,14
7	Прохідна	20	0,3	0,85	0,62	6,00	3,72	81	0,6	0,016	1,2	0,85	0,62	0,93	0,58	6,93	4,30	8,16	12,39	0,10
8	Ремонтно-механічний цех	254	0,4	0,7	1,02	101,60	103,65	765	0,8	0,02	1,2	0,85	0,62	14,69	9,10	116,29	112,76	161,98	246,10	0,21
9	Заготівельний цех	264	0,3	0,8	0,75	79,20	59,40	693	0,8	0,02	1,2	0,85	0,62	13,31	8,25	92,51	67,65	114,60	174,12	0,17
10	Склади	101	0,3	0,6	1,33	30,30	40,40	378	0,4	0,012	1,2	0,85	0,62	2,18	1,35	32,48	41,75	52,89	80,36	0,14
	Всього по підприємству	1450				741,00	572,20	6759						100,92	62,55	804,87	606,14	1007,59	1530,87	0,15

2.2 Визначення потужності трансформаторів ТП і місці їх встановлення

Потужність трансформаторів підстанцій (ТП) визначається з урахуванням потужності всіх підключених споживачів. Головна мета цього розрахунку — забезпечити стабільне та безперебійне електропостачання для всіх користувачів.

Основні кроки визначення потужності трансформаторів:

Аналіз споживчих вимог: Цей етап передбачає детальну оцінку того, яка електрична потужність та які навантаження будуть потрібні всім споживачам, підключеним до трансформаторної підстанції. Ми розраховуємо сумарну потребу в електроенергії, щоб забезпечити безперебійне та ефективне електропостачання.

Підбір потужності трансформаторів: Щоб забезпечити стабільне електропостачання, необхідно правильно підібрати потужність трансформаторів. Цей вибір залежить від двох основних аспектів: сумарної електричної потужності, яку споживатимуть усі підключені об'єкти, та пропускної здатності самої мережі. Як правило, встановлюють трансформатори з потужністю, більшою за сумарне навантаження споживачів, щоб мати резерв для пікових навантажень або можливого розширення.

Відповідно до методики, представленої у [2], для визначення потужності трансформаторних підстанцій застосовується метод густини навантаження. Першим кроком є розрахунок повної розрахункової потужності та встановлення площі цехів:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}, \quad (2.7)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{804,87^2 + 606,14^2} = 1007,59 \text{ (кВА)},$$

Загальна площа цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i; , \quad (2.8)$$

$$F_{\Sigma} = 6759 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначемо економічну густину навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} , \quad (2.9)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{1007,59}{6759} = 0,15 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

Відповідно до рекомендацій, наведених у [2] та враховуючи визначену густину навантаження, доцільно застосовувати трансформаторні підстанції, оснащені трансформаторами потужністю 630 кВА.

Визначимо кількість трансформаторних підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.ТР}} \cdot K_3} , \quad (2.10)$$

де $K_3 = 0,75 \dots 0,8$ – коефіцієнт завантаження трансформаторів двох трансформаторної підстанції.

$$N_{\text{ек}} = \frac{1007,59}{2 \cdot 630 \cdot (0,75 \dots 0,8)} = 1,07 \dots 1 \text{ (шт)}, .$$

Враховуючи розташування та потужність цехів, ми розподілимо їх між двотрансформаторною підстанцією.

Розрахуємо фактичний коефіцієнт завантаження даної трансформаторної підстанції.

$$N_{ek} = \frac{1007,59}{2 \cdot 630} \cdot 100\% = 79,97 \text{ (\%)},$$

Щоб визначити оптимального місця для встановлення трансформаторної підстанції (ТП), побудуємо картограму електричних навантажень. Картограма являє собою графічне представлення навантажень цехів, де розмір круга пропорційний величині навантаження конкретного цеху, як це описано в [2]:

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2, \quad (2.11)$$

Визначимо масштаб побудови картограми:

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}, \quad (2.12)$$

де r – радіус круга, що прийняли, м.

Тоді масштаб картограми для інструментального цеху буде:

$$m_p = \frac{283,02}{\pi \cdot 20^2} = 0,23 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо $m_p = 0,3 \text{ кВт/м}^2$ і розрахуємо радіус круга при вже знайденому масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{283,02}{3,14 \cdot 0,3}} = 17,33 \text{ (м)} \quad (2.13)$$

Сектор освітлювального навантаження для цеху складає:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{mo}}{P_{p1}} = \frac{360^\circ \cdot 40,82}{283,02} = 51,93^\circ \quad (2.14)$$

Подібні розрахунки виконуємо для кожного з цехів, результати зведені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати визначення координат цехів для побудови картограми навантажень

№	Найменування будівлі/споруди	X.м	У.м	Рр. кВт	г. м	α°
1	Виробничий цех	73	108	283,02	17,33	51,93
2	Склади	115	108	18,20	4,40	57,41
3	Пакувальний цех	119	80	17,38	4,30	28,63
4	Інструментальний цех	102	73	17,62	4,32	49,43
5	Зварювальний цех	60	59	213,34	15,05	30,62
6	Адміністративний корпус	82	43	44,15	6,85	33,82
7	Прохідна	15	9	6,93	2,71	48,45
8	Ремонтно-механічний цех	64	13	116,29	11,11	45,47
9	Заготівельний цех	99	59	92,51	9,91	51,78
10	Склади	103	27	32,48	5,87	24,13

Визначаємо координати центру навантажень:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (2.15)$$

$$X = \frac{283,02 \cdot 73 + \dots + 32,48 \cdot 103}{283,02 + \dots + 32,48} = 74,94 \text{ (м)},$$

де $P_{p,i}$ – значення розрахункової активної потужності окремого цеху, кВт;
 X_i – відстань до окремого цеху по осі абсцис, м.

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (2.16)$$

$$Y = \frac{283,02 \cdot 108 + \dots + 32,48 \cdot 27}{283,02 + \dots + 32,48} = 68,42 \text{ (мм)},$$

де Y_i – відстань до окремого цеху по осі ординат, м.

Отже, координати центру електричних навантажень становлять: $X=74,94$ м, $Y=68,42$ м.

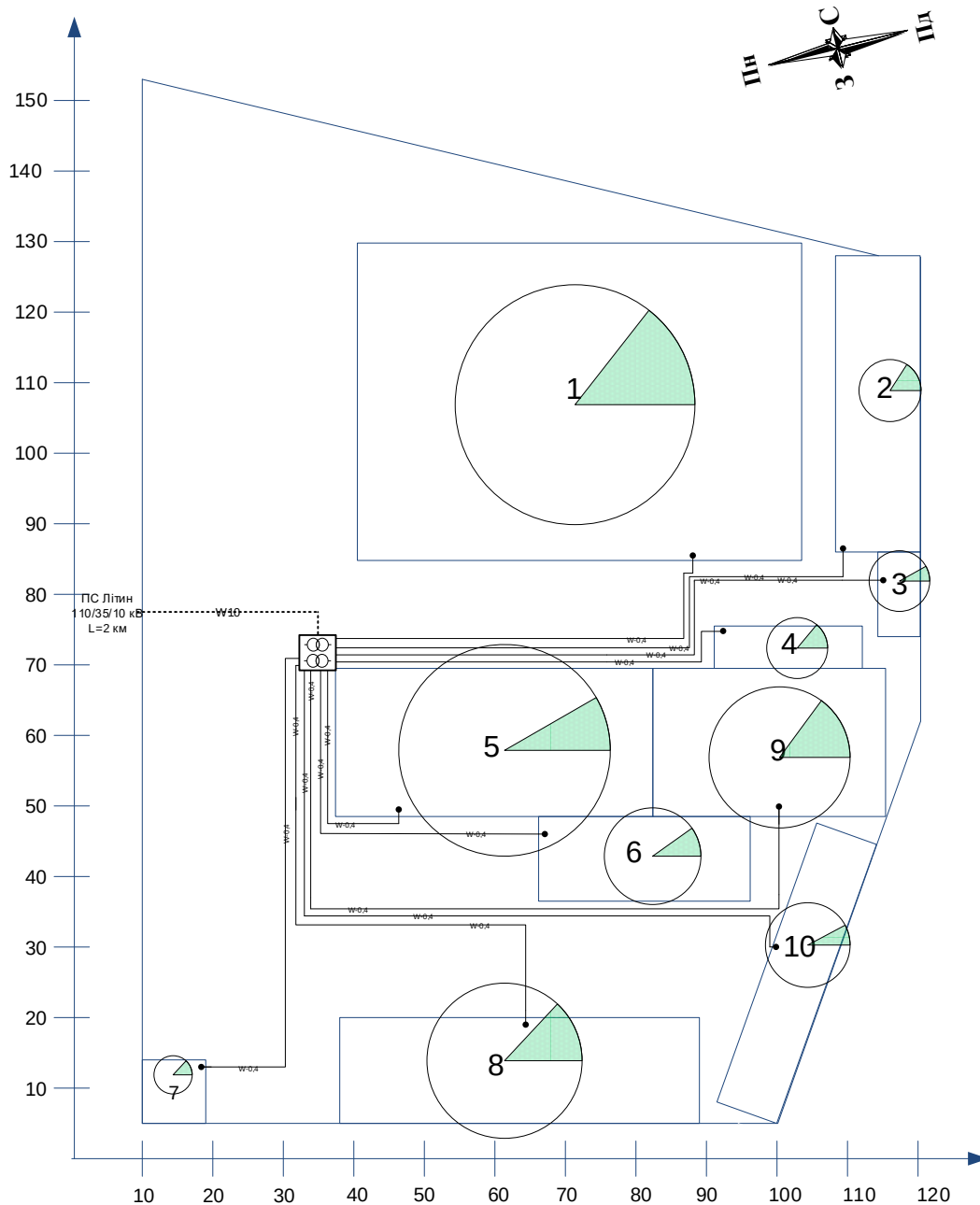


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень з розташування інженерних мереж

2.3 Вибір елементів заводської мережі

Підприємство живиться від ПС «Літин» 110/35/10 кВ.

Відстань від ПС до території заводу 2 км.

Вимикачі, згідно [9], вибираються за $U_{ном}$ та $I_{ном.в}$:

$$U_{\text{ном.в}} \leq U_{\text{ном. мережі}}, \quad (2.17)$$

$$I_{\text{ном.в}} \leq I_{\text{м.ав}}, \quad (2.18)$$

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{1007,59}{\sqrt{3} \cdot 10} = 58,17 \text{ (A)};$$

На основі цього в живлячій лінії 10 кВ приймаємо до встановлення вимикач ВРС-10-20/630 У2 з $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{м.ав}}$ та часом спрацювання 0,04с.

Зовнішню лінію живлення виконаємо кабелем силові з алюмінієвими струмопровідними жилами, з просоченою паперовою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці, броньовані сталевими стрічками [9].



Рисунок 2.2 – Будова та характеристики кабелів

Визначаємо розрахунковий допустимий струм кабеля для живлення ТП:

$$I_{\text{розр.}} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.19)$$

$$58,17 \leq 1,04 \cdot 0,97 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 110$$

$$58,17(\text{A}) \leq 104,75(\text{A}).$$

Вибираємо кабель ААБл-10 перерізом $3 \times 35 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}} = 104,75 \text{ A}$.

Крім того, ми перевіримо обраний провідник на відповідність допустимим втратам напруги. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), ці втрати не повинні перевищувати 5% :

$$\Delta U\% = \frac{P_p \cdot R_0 + Q_p \cdot X_0}{U_{\text{ном}}^2} \cdot l \cdot 100\%; \quad (2.20)$$

$$\Delta U1\% = \frac{804,87 \cdot 1000 \cdot 0,868 + 606,14 \cdot 1000 \cdot 0,095}{10000^2} \cdot 2 \cdot 100\% = 1,512\%,$$

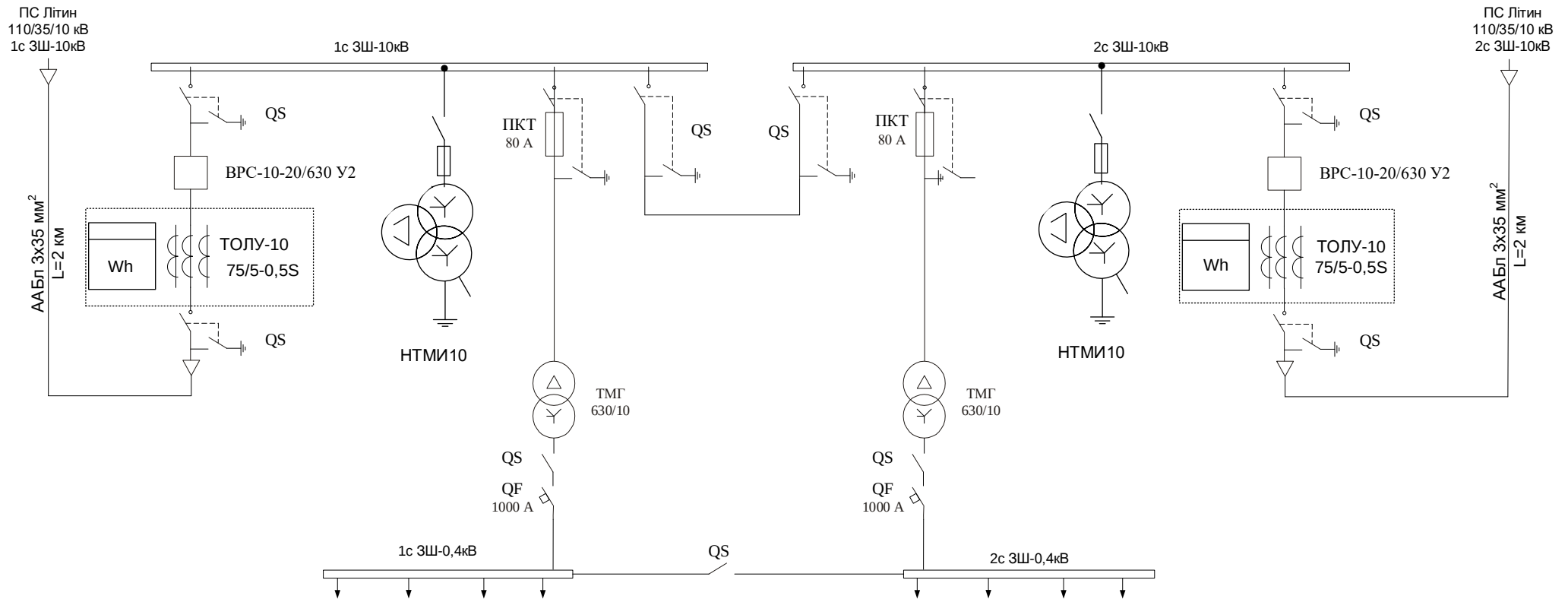


Рисунок 2.3 – Однолінійна схема підприємства

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1 Схема електропостачання 0,4 кВ

Для живлення електроприймачів цеху приймаємо радіальну схему.

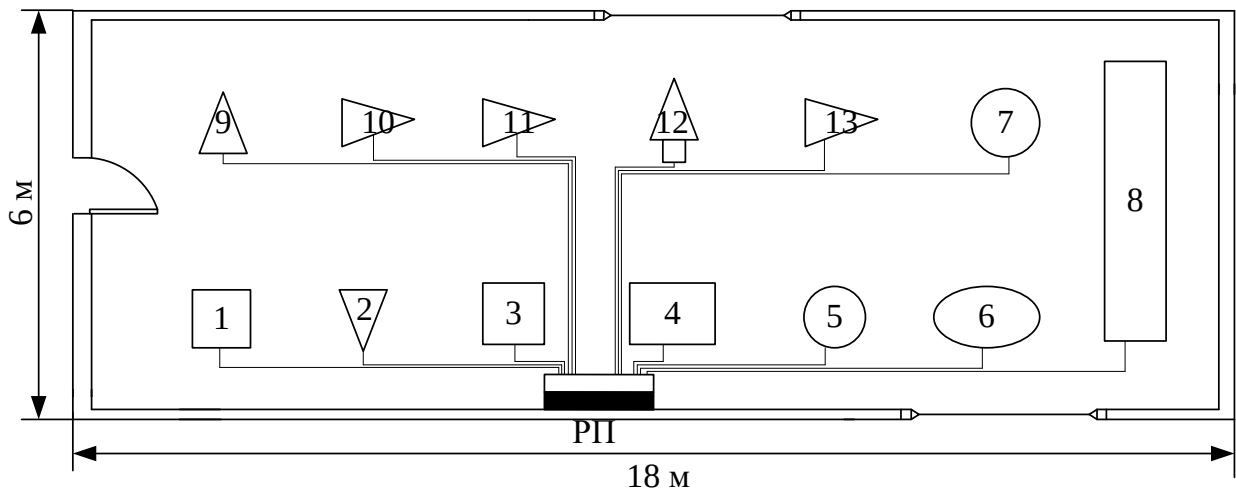


Рисунок 2.4 - План заготівельного цеху з схемою електропостачання.

2.4.2 Визначення розрахункових електричних навантажень цехової мережі

Проведемо розрахунок навантажень цеху методом упорядкованих діаграм. [2].

Визначимо потужність електроприймача №1 (ЕП-1):

$$P_n = n \cdot p_n \quad (2.21)$$

$$P_n = 1 \cdot 24 = 24 (\text{кВт})$$

Визначимо середні потужності ЕП:

$$P_{\text{смі}} = k_{\text{вн}} \cdot P_{\text{ні}} = 0,4 \cdot 24 = 9,6 (\text{кВт}); \quad (2.22)$$

$$Q_{\text{смі}} = P_{\text{смі}} \cdot \text{tg}\varphi = 9,6 \cdot 0,48 = 4,65 (\text{квар}); \quad (2.23)$$

Визначимо коефіцієнт використання для групи електроприймачів.:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{bi} \cdot P_{hi}}{\sum_{i=1}^n P_{hi}} = \frac{114}{264} = 0,43; \quad (2.24)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n n \cdot P_{hi}^2} = \frac{264^2}{10008} = 6,96 \text{ приймаємо } n_e = 7. \quad (2.25)$$

Відповідно до розрахованих значень з таблиці яка приведена в [2] розрахунковий коефіцієнт на шинах низької напруги цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів становить 0,94.

Визначимо розрахункові потужності:

$$P_p = K_p \cdot \sum P_{CMi} = 0,94 \cdot 114 = 107 \text{ (кВт)}; \quad (2.26)$$

Обчислимо розрахункову реактивну потужність для РП:

Якщо ефективна кількість електроприймачів перевищує 10, то у формулі для визначення розрахункової реактивної потужності замість коефіцієнта 1,1 слід використовувати коефіцієнт 1,0.

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum Q_{CMi} = 1,1 \cdot 61,76 = 67,93 \text{ (кВар)}.$$

Тоді повна потужність складе:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{107^2 + 67,93^2} = 126,88 \text{ (кВА)}; \quad (2.27)$$

Розрахуємо розрахункове значення струму для РП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{126,88}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 192,77 \text{ (А)}. \quad (2.28)$$

Наступні розрахунки проводимо аналогічно та заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантажень інструментального цеху

Найменування ЕП	п, шт	P_H , кВт	P_H^2 , кВт	$n \cdot P_H$, кВт	K_B	$\cos(f)$	$\operatorname{tg} \varphi$	$n \cdot P_H \cdot K_B$, кВт	$n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \varphi$, квар	$n \cdot P_H^2$	η_e	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
Кривошипний прес	1	24	576	24	0,4	0,9	0,48	9,6	4,65	576						
Вертикально-сверлильний станок	1	12	144	12	0,6	0,9	0,48	7,2	3,49	144						
Кривошипний прес	1	18	324	18	0,4	0,86	0,59	7,2	4,27	324						
Гідропрес	1	18	324	18	0,4	0,9	0,48	7,2	3,49	324						
Горизонтально-фрезерний станок	1	12	144	12	0,6	0,9	0,48	7,2	3,49	144						
Фрезерний станок	1	12	144	12	0,4	0,86	0,59	4,8	2,85	144						
Станок горизонтально фрезерний	1	12	144	12	0,4	0,9	0,48	4,8	2,32	144						
Токарно-револьверний станок	1	12	144	12	0,6	0,9	0,48	7,2	3,49	144						
Шліфувальна лінія	1	84	7056	84	0,4	0,86	0,59	33,6	19,94	7056						
Токарно-гвинтовий станок	1	18	324	18	0,4	0,9	0,48	7,2	3,49	324						
Станок токарно-гвинтовий	1	6	36	6	0,6	0,9	0,48	3,6	1,74	36						
Станок токарний з ЧПУ	1	18	324	18	0,4	0,86	0,59	7,2	4,27	324						
Універсальний заточний станок	1	18	324	18	0,4	0,86	0,59	7,2	4,27	324						
Всього РП	13	264	10008	264	0,43			114,00	61,76	10008	6,96	0,94	107,16	67,93	126,88	192,77

2.4.3 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури в мережах 0,4 кВ

Відповідно до умов вибору автоматичних вимикачі:

$$I_{н.розч} \leq K_{відс} \cdot I_p \quad (2.29)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n \quad (2.30)$$

Розглянемо порядок розрахунку та вибору комутаційного апарату – автомату, що буде використаний для захисту ЕП:

Використовуючи дані з таблиці 2.3 визначимо величину струму споживача:

$$I_M = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} \quad (2.31)$$

$$I_M = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 40,52(A).$$

Струм для пуску електродвигуна визначається за типом останнього і для асинхронного двигуна буде складати:

$$I_n = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 40,52 = 202,58 (A). \quad (2.32)$$

Використаємо автоматичні вимикачі компанії ETI:

$$I_{н.розчп} \geq 1 \cdot 40,52 = 40,52 (A);$$

$$I_{с.відс} \geq 2,1 \cdot 202,58 = 425,42 (A).$$

На основі отриманих даних, було прийнято рішення встановити автоматичний вимикач EB2 125/3S 50A 3p (джерело [10]). Цей пристрій

характеризується номінальним струмом 50 А, струмом розчеплювача 50 А та струмом відсічки 500 А.

З метою захисту лінії ТП-РП приймаємо автоматичний вимикач типу EB2 250/3S 200А 3р. Цей вимикач обладнаний напівпровідниковим розчеплювачем, а його струм розчеплювача становить 200 А.

Для вибору кабельно-провідникової продукції необхідно врахувати, що кабель повинен задовольняти такі вимоги [3]:

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_{\text{М}} - \text{нормальні приміщення;} \\ 1,25 \cdot I_{\text{М}} - \text{вибухонебезпечні приміщення.} \end{cases}$$

За значенням $I_{\text{М}}=40,52$ А (струм, що протікає по лінії РП-1 – ЕП-1) вибираємо кабель АВВГ перерізом 4×16 мм² з допустим струмом з $I_{\text{доп}}=57$ А.

Дані вибору автоматичних вимикачів та ліній живлення цеху наводимо в таблиці 2.4. Розрахунково монтажна таблиця рисунок 2.5.

Таблиця 2.4 – Вибір провідникового матеріалу

Найменування ЕП	I _p	I _п	I _{розч}	I _{с.від}	Тип АВ	I _н	I _{н.розч}	I _{с.від}	Тип ЖЛ	S, мм ²	Спос. Прок	Ідоп, А
Кривошипний прес	40,52	202,58	40,52	425,42	EB2 125/3S 50A 3р	50	50	500	АВВГ	4х16	в повітрі	57
Вертикально-сверлильний станок	20,26	101,29	20,26	212,71	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Кривошипний прес	31,80	159,00	31,80	333,90	EB2 125/3S 50A 3р	50	50	500	АВВГ	4х16	в повітрі	57
Гідропрес	30,39	151,93	30,39	319,06	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Горизонтально-фрезерний станок	20,26	101,29	20,26	212,71	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Фрезерний станок	21,20	106,00	21,20	222,60	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Станок горизонтально фрезерний	20,26	101,29	20,26	212,71	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Токарно-револьверний станок	20,26	101,29	20,26	212,71	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Шліфувальна лінія	148,40	742,00	148,40	1558,21	EB2 160/3S 160A 3р	160	160	1600	АВВГ	4х95	в повітрі	175
Токарно-гвинтовий станок	30,39	151,93	30,39	319,06	EB2 125/3S 32A 3р	32	32	320	АВВГ	4х10	в повітрі	43
Станок токарно-гвинтовий	10,13	50,64	10,13	106,35	EB2 125/3S 20A 3р	20	20	200	АВВГ	4х4	в повітрі	25
Станок токарний з ЧПУ	31,80	159,00	31,80	333,90	EB2 125/3S 50A 3р	50	50	500	АВВГ	4х16	в повітрі	57
Універсальний заточний станок	31,80	159,00	31,80	333,90	EB2 125/3S 50A 3р	50	50	500	АВВГ	4х16	в повітрі	57
Всього РП	192,77	875,41	192,77	1838,37	EB2 250/3S 200A 3р	200	200	2000	АВВГ	4х120	в землі	201

ТП	Захист				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ			№ РП	п шт	ЗАХИСТ				ЖИВЛЕННЯ ЛІНІЇ		СПОЖИВАЧІ		НАЗВА ЕП	
	Тип вимикача	Іном А	Іном роз А	Іс.в. А	Провід		Ім А			Тип вимикача	Іном А	Ін.роз А	Іс.роз кА	Іс.А	Марка кабелю	Ідоп А	Ім А		№ на плані
					Марка кабелю	Ідоп А													
	ЕВ 250/35 200А 3р	200	200	2000	АВВГ 4х120	201	192.77	РП	1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	40,52	1	Кривошипний прес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	2	Вертикально-сверлильний станок
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	3	Кривошипний прес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	30,39	4	Гідропрес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	5	Горизонтально-фрезерний станок
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	21,2	6	Фрезерний станок
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	7	Станок горизонтально фрезерний
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	8	Токарно-револьверний станок
									1	ЕВ2 160/35 160А 3р	160	160	36	1600	АВВГ 4х95	175	148,4	9	Шліфувальна лінія
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	30,3 9	10	Токарно-гвинтовий станок
									1	ЕВ2 125/35 20А 3р	20	20	36	200	АВВГ 4х4	24,8	10,13	11	Станок токарно-гвинтовий
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	12	Станок токарний з ЧПУ
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	13	Універсальний заточний станок

Рисунок 2.5 – Розрахунково-монтажна таблиця

2.5 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

2.5.1 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою понад 1000 В

У електричних системах нерідко виникають короткі замикання (КЗ), що призводять до різкого зростання струму. Тому все електрообладнання, яке застосовується у таких системах, повинно бути здатним витримувати ці струми, і його вибір здійснюється саме з урахуванням цієї здатності. Головними причинами КЗ є: пошкодження ізоляції окремих елементів, помилки обслуговуючого персоналу, а також перекриття струмоведучих частин.

Для забезпечення правильного вибору вимикачів та кабелів потрібно розрахувати струми короткого замикання. Цей розрахунок передбачає визначення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент часу $I_{\text{ПО}}$, періодичної та аперіодичної складових струму в момент розходження контактів, ударного струму КЗ і теплового імпульсу B_K .

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.6).

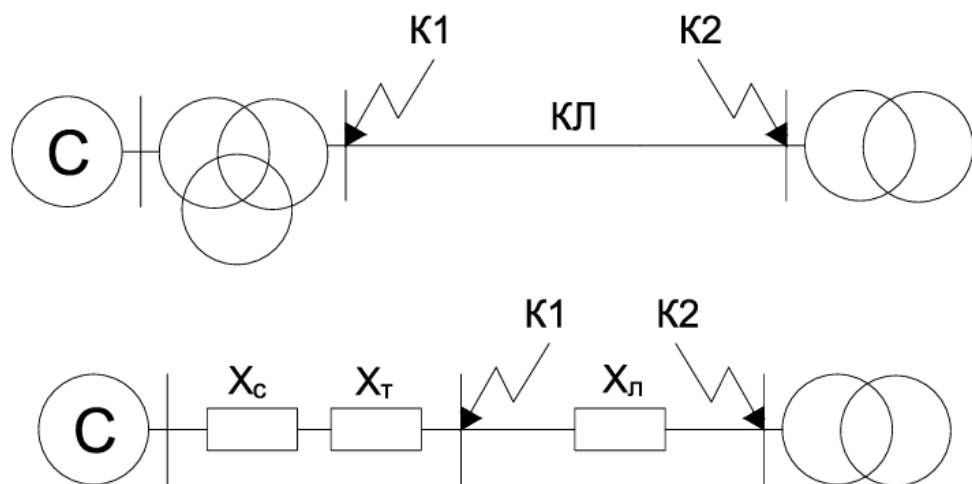


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Підприємство живиться від ПС 110/35/10 «Літин» Значення струму КЗ на шинах 110 кВ ПС Літин становить 2,2 кА.

Визначимо опір системи та опір трансформатора на стороні 110 кВ.

Опір системи:

$$X_C = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 2,2} = 30,18 \text{ (Ом)}. \quad (2.33)$$

Опір автотрансформатора:

$$U_{kB\%} = 0,5 \cdot (U_{kB-H\%} + U_{kB-C\%} - U_{kC-H\%}), \quad (2.34)$$

$$U_{kH\%} = 0,5 \cdot (U_{kB-H\%} + U_{kC-H\%} - U_{kB-C\%}), \quad (2.35)$$

$$U_{kB\%} = 0,5 \cdot (17 + 10,5 - 6,5) = 10,5 \text{ (\%)},$$

$$U_{kH\%} = 0,5 \cdot (17 + 6,5 - 10,5) = 6,5 \text{ (\%)},$$

$$X_{TB} = \frac{U_{kB\%}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{6,3} = 220,42 \text{ (Ом)}, \quad (2.36)$$

$$X_{TH} = \frac{U_{kH\%}}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{6,3} = 136,45 \text{ (Ом)}, \quad (2.34)$$

Сумарний опір приведений до сторони 10 кВ від системи до точки К1

$$X_{\Sigma_{K1}} = \frac{X_C + X_{TB} + X_{TH}}{K_T^2} = \frac{30,18 + 220,42 + 136,45}{\left(\frac{115}{10,5}\right)^2} = 3,23 \text{ (Ом)}. \quad (2.35)$$

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ в точці К:

$$I_{по.с1} = \frac{U_{с.н}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma_{K1}}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,23} = 1,88 \text{ (кА)}. \quad (2.36)$$

Розрахуємо тепловий імпульс [3]:

$$B_k = I_{\text{по.с}}^2 \cdot (t_{\text{від}} + T_{\text{асх}}) \quad (2.37)$$

$$B_k = 1,88^2 \cdot (0,05 + 0,03) = 0,28 \text{ (кА}^2\text{с)}.$$

Перевіримо живлячу лінію за умовою термічної стійкості [3]:

$$S_{\text{ек}} \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \cdot 10^3, \quad (2.38)$$

де $C_T = 90 \cdot A \cdot C^{0,5} / \text{мм}^2$ – для алюмінієвих кабелів,

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{0,28 \cdot 10^3}}{90} = 5,91 \text{ мм}^2$$

$$35 \text{ мм}^2 > 5,91 \text{ мм}^2.$$

Умова виконується, отже живлячі кабелі ААБл 3х35 з $I_{\text{доп}} = 104,75 \text{ А}$ вибраний вірно.

Проведемо розрахунок КЗ в точці К2 для перевірки вибраних вимикачів

Розрахуємо опір у точці К2:

$$X_{\text{л}} = X_{\text{пит.л}} \cdot 1 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2}, \quad (2.39)$$

$$X_{\text{л}} = 0,095 \cdot 2 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,72 \text{ (в.о.)}$$

$$X_{\Sigma \text{ К2}} = X_{\Sigma \text{ К2}} + X_{\text{л}} = 3,23 + 1,72 = 4,95 \text{ (Ом)}. \quad (2.40)$$

Початкове діюче значення струму КЗ в точці К2:

$$I_{\text{по.с2}} = \frac{U_{\text{с.н}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma \text{ К2}}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 4,95} = 1,22 \text{ кА} \quad (2.41)$$

Розрахуємо розрахунковий час початку розмикання [3]:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{рз.мін}} + t_{\text{B.B}} \quad (2.42)$$

$$t_{\text{від}} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ (с)}.$$

Постійна часу аперіодичної складової [3]:

$$T_{\text{ac}} = 0,03 \text{ (с)}$$

Аперіодична складова струму КЗ при $\tau = 0,05 \text{ с}$ [1]:

$$i_{\text{ат_с}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{но.с}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ac}}}} \quad (2.43)$$

$$i_{\text{ат_с1}} = \sqrt{2} \cdot 1,88 \cdot e^{-\frac{0,05}{0,03}} = 0,5 \text{ (кА)}$$

$$i_{\text{ат_с2}} = \sqrt{2} \cdot 1,22 \cdot e^{-\frac{0,05}{0,03}} = 0,33 \text{ (кА)}$$

Ударний струм КЗ [3]:

$$i_{\text{уд.с}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{но.с}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ac}}}} \right) \quad (2.44)$$

$$i_{\text{уд.с1}} = \sqrt{2} \cdot 1,88 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 4,56 \text{ (кА)}$$

$$i_{\text{уд.с2}} = \sqrt{2} \cdot 1,22 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 2,96 \text{ (кА)}$$

Згідно з ДСТУ EN 62271-100:2016, високовольні вимикачі необхідно тестувати на їхню здатність до комутації, динамічну стійкість та термічну стійкість до струмів короткого замикання. [3].

Так як ми встановлюємо вакуумний вимикач типу ВРС-10-20/630 У2 для захисту від короткого замикання у точках К1 та К2, перевірку проводимо для найбільших розрахункових значень.

Перевірку обраних вимикачів і провідників ми продемонструємо на прикладі вибраного вакуумного вимикача ВРС-10-20/630 У2. Дані занесені у таблицю 3.2.

Таблиця 2.5 – Перевірка вакуумного вимикача ВРС-10-20/630 У2

Умови вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунків
$I_{H.відк} \geq I_{пт}$	$I_{H.відк} = 20 \text{ (кА)}$	$I_{пт} - I_{пт.с1} = 0,5 \text{ (кА)}$
$\sqrt{2}I_{H.відкл} \geq I_{пт.с} + I_{ат.с}$	$\sqrt{2}I_{H.відкл} = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,3 \text{ (кА)}$	$\sqrt{2} \cdot 0,5 = 0,71 \text{ (кА)}$
$I_{дин} \geq I_{уд}$	$I_{дин} = 52 \text{ (кА)}$	$I_{уд} = I_{уд.с1} = 4,56 \text{ (кА)}$
$I_{дин} \geq I_{по}$	$I_{дин} = 52 \text{ (кА)}$	$I_{п0} = I_{п0.с1} = 1,88 \text{ (кА)}$
$B_k = I_{по}^2 \cdot t_{по}$	$I_{по}^2 \cdot t_{по} = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$B_{к1} = 0,28 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

Умова виконується, отже кабелі вибрані вірно.

2.5.2 Розрахунок струмів кз в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання виконується для того, щоб перевірити захисні апарати на їхню комутаційну здатність.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-7. Для цього складемо розрахункову схему, як показано на рисунку 2.7.

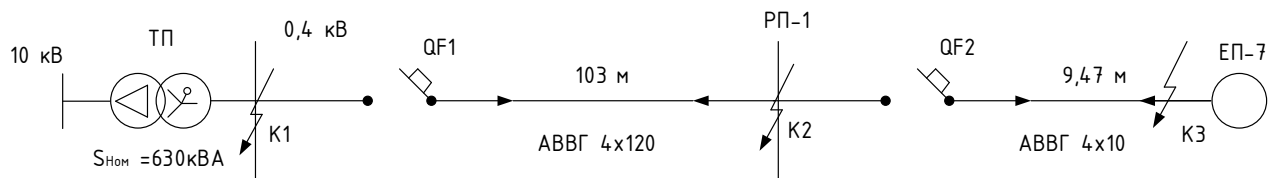


Рисунок 2.7 – Схема електропостачання ЕП-7

Розрахунок опору приведений до 0,4 кВ

Опір трансформатора:

$$R_T = 3,4 \text{ (мОм)}, \quad X_T = 13,5 \text{ (мОм)}, \quad Z_T = 42 \text{ (мОм)}, \quad (2.45)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$X = X_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.46)$$

$$X_1 = 0,0602 \cdot 157 = 9,45 \text{ (мОм)},$$

$$X_2 = 0,073 \cdot 9,47 = 0,691 \text{ (мОм)},$$

$$R = R_{\text{пит}} \cdot L; \quad (2.47)$$

$$R_1 = 0,253 \cdot 157 = 39,72 \text{ (мОм)},$$

$$R_2 = 3,08 \cdot 9,47 = 29,168 \text{ (мОм)},$$

Вихідні дані для розрахунку струмів короткого замикання (КЗ) та коефіцієнта чутливості представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R, мОм	X, мОм	Z _{ф-0} , мОм
ТМ 630/10/0.4	-	3,4	13,5	-
Л1	157	0,253	0,0602	1,05
Л2	9,47	3,08	0,073	9,88

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою:

- для точки К1

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T^2 + X_T^2)}}; \quad (2.48)$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3,4^2 + 13,5^2)}} = 16,55 \text{ (кА)},$$

- для точки К2

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T + R_{Л1})^2 + (X_T + X_{Л1})^2}}; \quad (2.49)$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3,4 + 39,72)^2 + (13,5^2 + 9,45^2)}} = 4,72 \text{ (кА)},$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\Phi H}}{\frac{Z_{T1}}{3} + Z_{\Phi 01}}; \quad (2.50)$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 1,05} = 14,62 \text{ (кА)},$$

- для точки КЗ

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi H}}{\frac{Z_{T1}}{3} + Z_{\phi 01} + Z_{\phi 02}}; \quad (2.48)$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 1,05 + 9,88} = 8,82 \text{ (кА)},$$

Здійснюємо перевірку вибраних вимикачів на їхню комутаційну здатність.:

$$I_{H.відк} > I_{K.max}^{(3)}; \quad (2.49)$$

QF1: EB2 250/3S 3P 200A з $I_{H.відк} = 36(\text{кА})$

$$I_{H.відк} = 36 \text{ (кА)} > I_{K.max1}^{(3)} = 16,55 \text{ (кА)},$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

QF2: EB2 125/3S 32A 3р з $I_{H.відк} = 36(\text{кА})$.

$$I_{H.відк} = 36 \text{ (кА)} > I_{K.max2}^{(3)} = 4,72 \text{ (кА)},$$

Для точки К2 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

Виконаємо перевірку селективності дії захисту.

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{H.розч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (2.50)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП:

$$I_{H.RO3Ч} = 200 \text{ (A)} \leq \frac{I_{K2}^{(1)}}{3} = \frac{14617,94}{3} = 4872,65 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП- ЕП-7:

$$I_{H.RO3Ч} = 32 \text{ (A)} \leq \frac{I_{K3}^{(1)}}{3} = \frac{8824,71}{3} = 2941,57 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

Перевіримо, наскільки селективно спрацює захист. Для цього ми оцінимо селективність автоматичних вимикачів, виходячи з таких умов:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B1}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t \end{cases}; \quad (2.51)$$

Зробимо перевірку селективності вимикачів, що захищають ділянку РП - ЕП-7. Необхідні дані про ці вимикачі можна знайти в таблиці 2.4.

$$I_{c.B1} = 200 \text{ (A)} > (1,3..1,5) \cdot 32 = 42...48 \text{ (A)}.$$

Оскільки вимикачі вищого ступеня вибрано селективним $t_{c.B1} = 0,1 \text{ с}$ то умови селективності по часу теж забезпечується.

3 ВПРОВДЖЕННЯ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Загальні відомості

ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор» підключає власну електрогенеруючу установку в рамках своєї дозволеної потужності. Це дозволить компанії стати «активним споживачем», тобто вони зможуть не лише використовувати вироблену електроенергію для власних потреб, а й продавати її надлишки в електричну мережу операторів систем розподілу (ОСР) та їхніх користувачів.

Встановлювати та підключати генеруючі установки у власних електричних мережах мають право:

1) Активні споживачі – це власники генеруючих установок (включно з установками, що належать третім особам), загальна потужність яких не перевищує ліміт, встановлений законом. Вони мають право продавати надлишки виробленої електроенергії в мережі операторів систем розподілу, їхніх користувачів та операторів малих систем розподілу;

2) Споживачі – це ті, хто використовує електроенергію, вироблену власними генеруючими установками, але без можливості продавати її надлишки в електричну мережу операторів систем розподілу, їхніх користувачів або операторів малих систем розподілу. Їхні установки працюють виключно для власного споживання.

Потужність генеруючих установок, що можуть відпускати електроенергію в мережу, має обмеження. Сумарна встановлена потужність таких установок у точці розподілу не може бути більшою, ніж дозволена до споживання потужність, зазначена у вашому договорі про розподіл електроенергії для цієї ж точки.

Для активних споживачів (крім побутових та малих непобутових), які використовують механізм самовиробництва, діє обмеження на відпуск електроенергії в мережу.

Сумарна потужність всіх генеруючих установок та систем зберігання енергії, включно з тими, що належать третім особам, не може одночасно перевищувати 50% від загальної дозволеної потужності електроустановок споживача, призначених для власного споживання.

Вимоги для приєднання (підключення) генеруючої установки із можливістю відпуску електричної енергії, виробленої такою генеруючою установкою, в електричну мережу ОСП, ОСР та їх користувачів, ОМСР:

- виконання налаштувань параметрів обладнання (інвертора) у межах, визначених державними стандартами;

- улаштування технічних засобів та/або проведення відповідного налаштування обладнання (інвертора) для забезпечення автоматичного відключення УЗЕ і генеруючої електроустановки від електричної мережі ОСП, ОСР та їх користувачів, ОМСР у разі раптового зникнення в ній напруги та унеможливлення подачі напруги в електричну мережу у разі відсутності в ній напруги;

- улаштування технічних засобів для недопущення відпуску в електричну мережу ОСП, ОСР та їх користувачів, ОМСР електричної енергії, параметри напруги якої не відповідають визначеним державними стандартами;

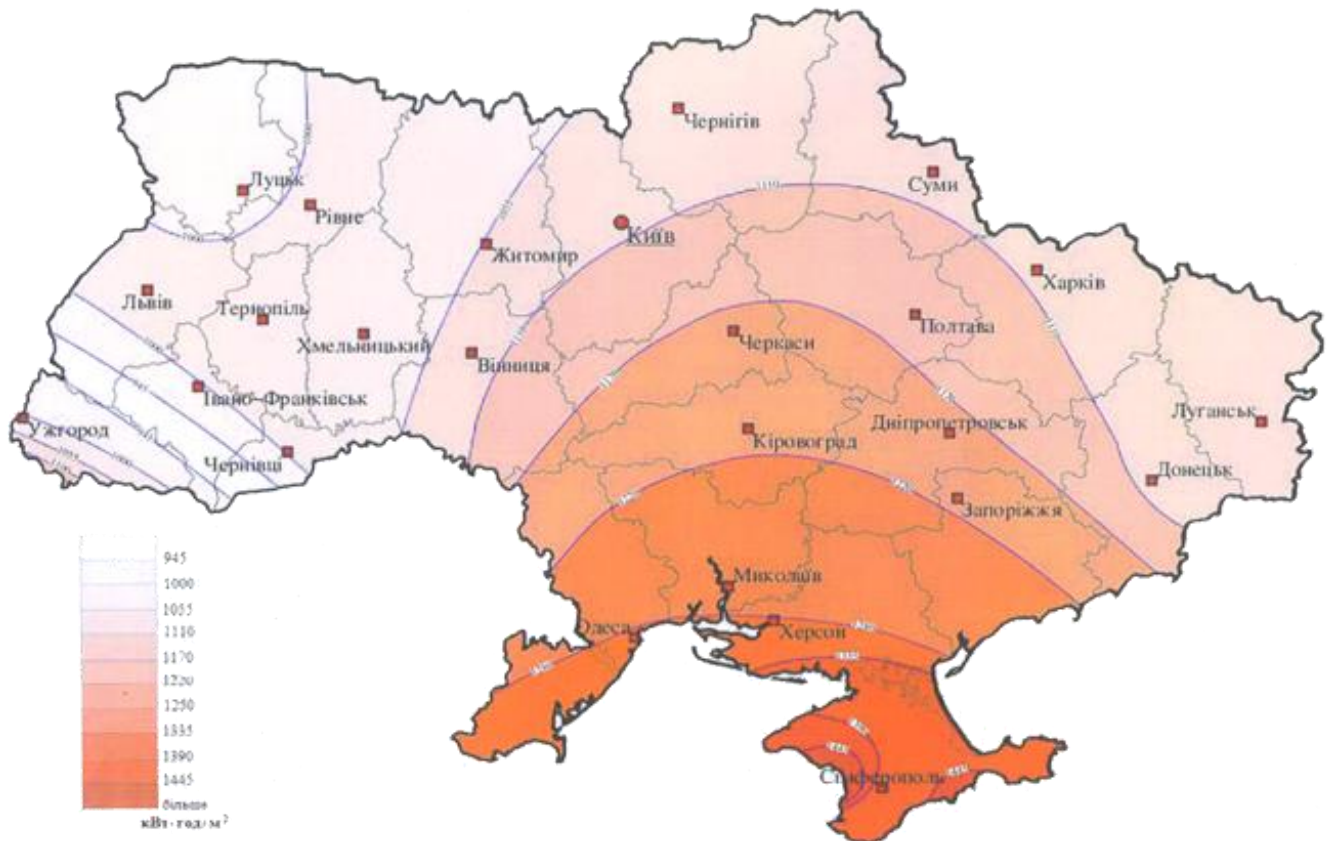
- забезпечення місць для опломбування встановлених на виконанням технічних вимог засобів захисту, блокувань, захисної автоматики, контролю;

- забезпечення комерційного обліку електричної енергії відповідно до вимог Кодексу комерційного обліку.

3.2 Кліматичні умови

Влаштування сонячної електростанції, планується за координатами $49^{\circ} 20' 21,7''$ с. ш. північної широти і $28^{\circ} 04' 02,3''$ східної довготи.

Кліматичні умови в Україні, враховуючи середньомісячні значення інтенсивності і години сонячного випромінювання наведені з глобальної системи PVGIS та представлені на рис. 3.1.



Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року

Рисинук 3.1 – Інтенсивність сонячного випромінювання в Україні.

Середній місячний рівень сонячної радіації Вінницькій наведено в таблиці 1.

Таблица 3.1 - Середній місячний рівень сонячної радіації в (кВт*год/м.кв./місяць).

Місто/місяць	Січ	Лю т	Бер	Кві	Тра	Чер	Ли п	Сер	Вер	Жов	Лис	Гр	Середньорічне значення
Вінницька область	0,77	1,41	2,69	4,27	5,63	5,92	5,95	4,94	3,50	2,11	0,94	0,53	3,11

Клімат міста Вінницької області помірно – континентальний. Переважає сонячна погода з помірною вологістю та слабкими вітрами. Весна іноді буває затяжною. Літо завжди тепле, але не жарке. Осінь здебільшого суха, зима — м’яка з частими відлигами. Середня річна температура становить $+7^{\circ}$, липня $+18,8^{\circ}$, січня $-5,7^{\circ}$. Кількість опа-дів — 480—550 мм на рік.

3.3 Основні рішення

Кількість встановлених модулів на підприємстві становитиме 720 штук. Їх розташування можна побачити на рисунку 3.2 та рисунку 3.3.

Відповідно до рекомендацій, для дахової сонячної станції коефіцієнт завантаження становить 1.24. З урахуванням встановленої потужності фотогальванічних модулів, яка складає 446.4 кВт, приймаємо до встановлення трьох інверторів потужністю по 100 кВт типу SUN2000-100KTL-M2. Їх розташування можна побачити на рисунку 3.4.

Таблиця 3.2 – Основні дані.

№ п/п	Найменування		Одини ці вим.	Показник
1	Сонячний модуль	виробник		Longi Solar
		марка		LR5-72HTH-620M
		потужність, од	Вт	620
2	Загальна кількість фотоелектричних модулів		шт.	720
3	Сумарна модульна потужність сонячної електростанції		кВт	446,4
4	Мережевий інвертор	Виробник		Huawei
		Марка		SUN2000-100KTL-M2
5		Кількість	шт.	3
6	Сумарна потужність інверторів		кВт	300

Характеристики фотоелектричних модулів та інверторів дивитися на рисунках 3.5 та 3.6.

Прогнозовану генерацію сонячної станції дивитися на рисунку 3.7

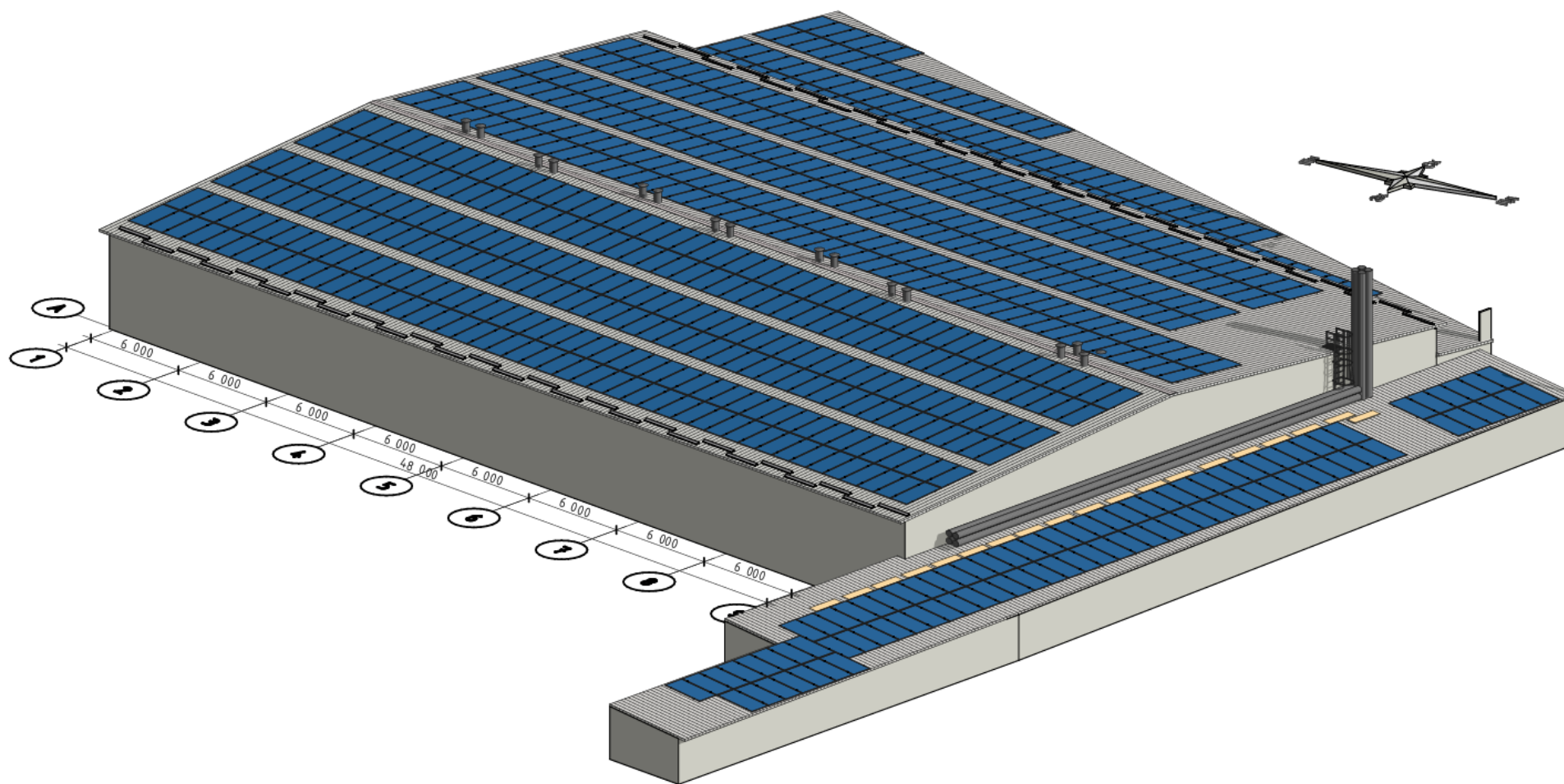


Рисунок 3.2 – Аксонометрична схема виробничого цеху із розміщенням фотоелектричних модулів на покрівлі

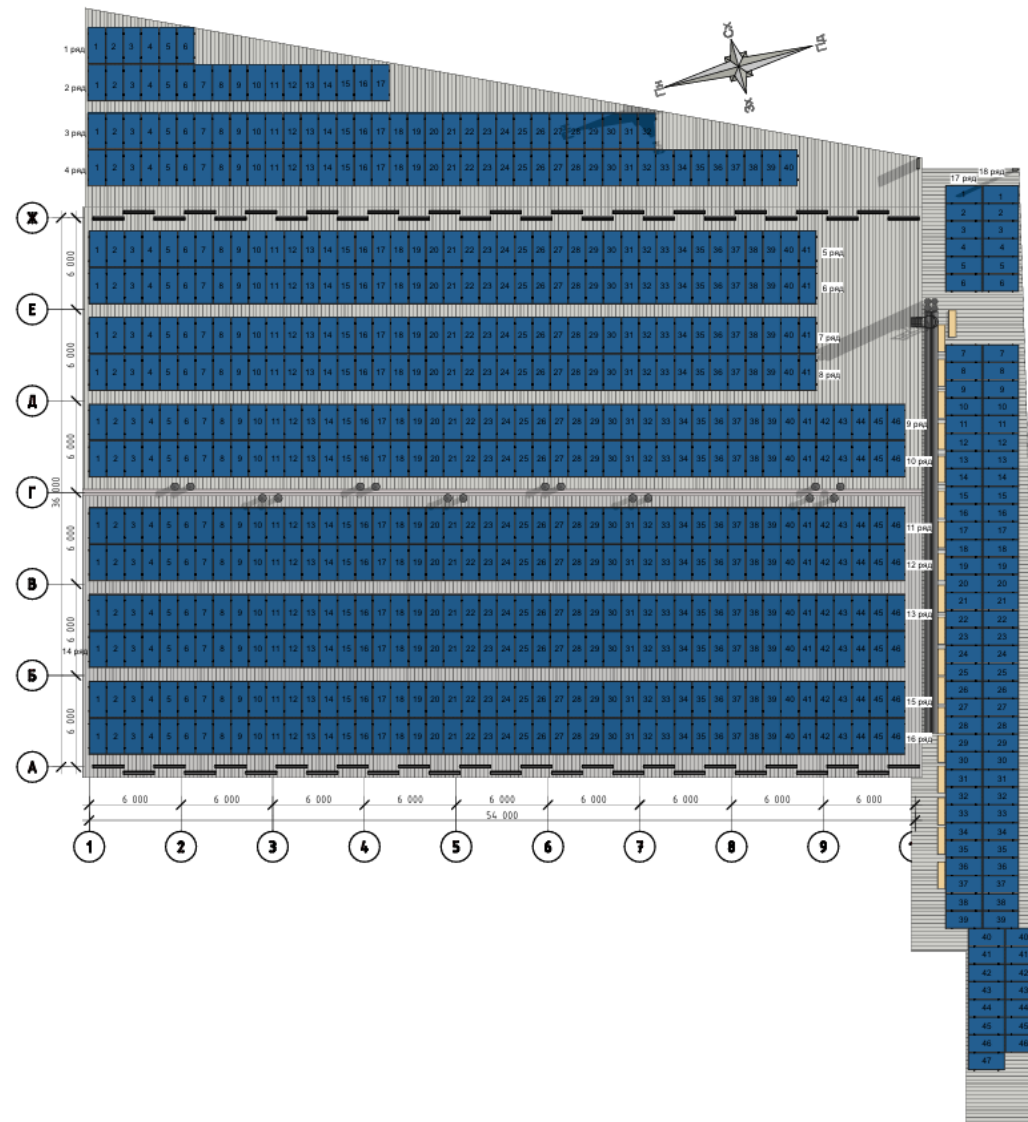


Рисунок 3.3 – План покрівлі із розміщенням фотоелектричних модулів

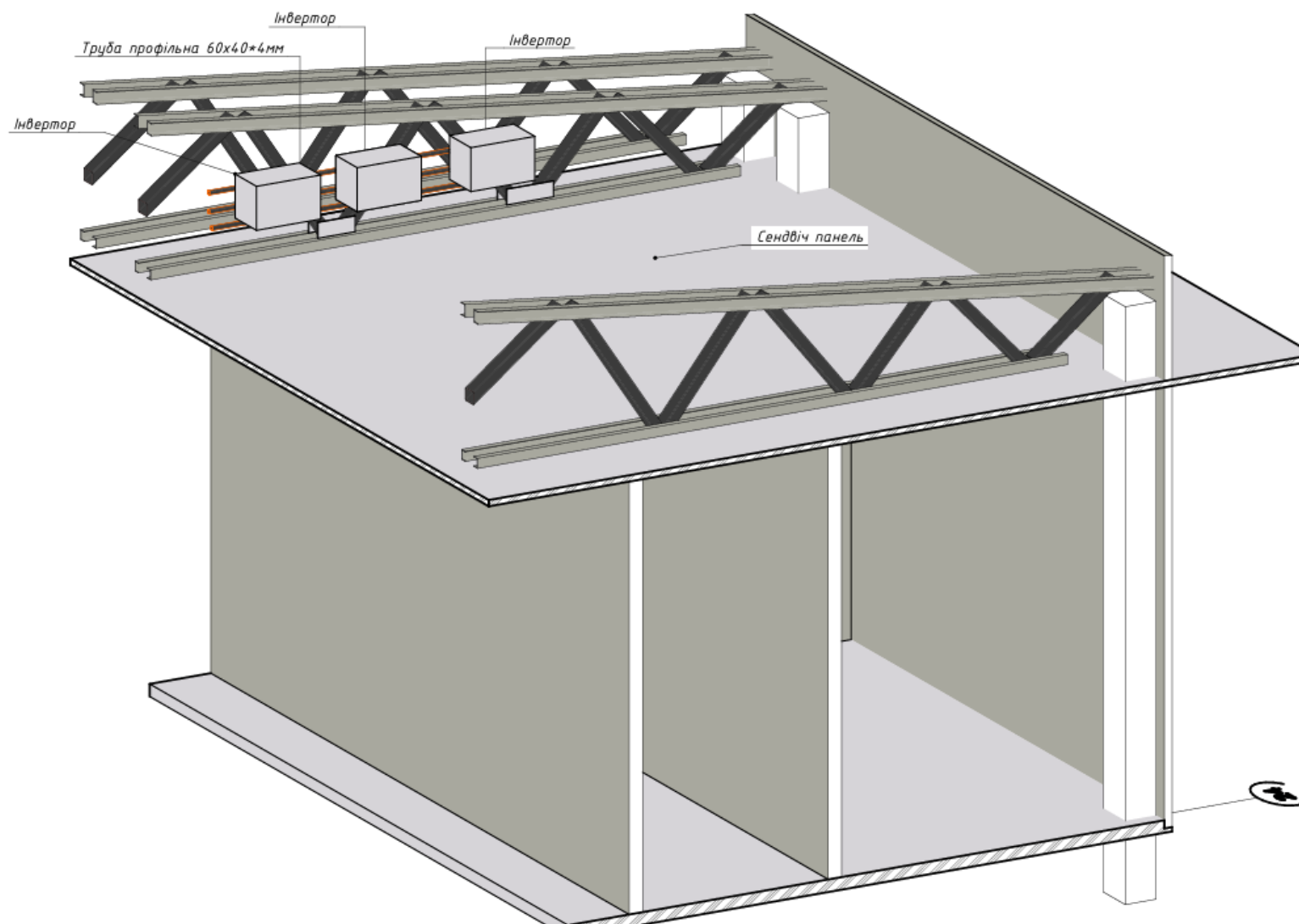


Рисунок 3.4 – Аксонометрична схема встановлення інверторів

Hi-MO 6Max

Попередньо

LR7-72HTH 590~630M

23.3%

МАКСИМАЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ
МОДУЛЮ

0~3%

ДОПУСК
ПОТУЖНОСТІ

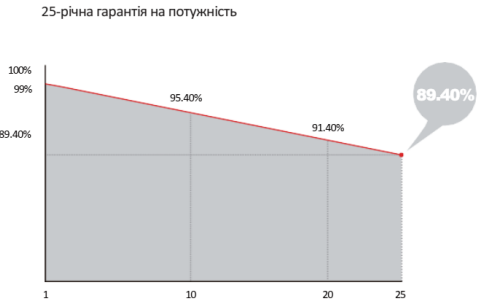
<1%

ДЕГРАДАЦІЯ ПОТУЖНОСТІ
В ПЕРШИЙ РІК

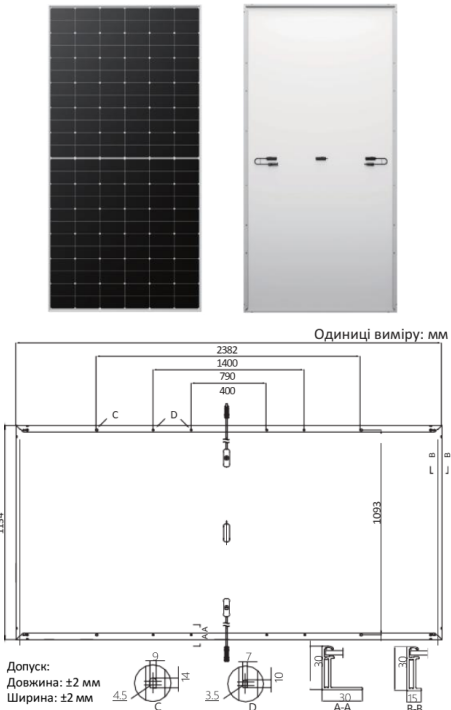
0.40%

2-25 РОКИ
ДЕГРАДАЦІЯ ПОТУЖНОСТІ

Додаткова ефективність



Механічні параметри	
Тип сонячних елементів	144 (6×24)
Розподільна коробка	IP68, три діоди
Вихідний кабель	4 мм², +400, -200мм/±1400мм довжини можна налаштувати
Скло	Одинарне загартоване скло з покриттям 3,2 мм
Рама	Анодований алюмінієвий сплав
Вага	28.5 кг
Розмір	2382×1134×30мм
Упаковка	36шт на піддоні / 180шт по 20'GP P / 720шт по 40'HC



Електричні характеристики STC: AM1.5 1000Вт/м² 25°C NOCT: AM1.5 800Вт/м² 20°C 1м/с Невизначеність випробувань для Pmax: ±3%.

Тип модуля	LR7-72HTH-590M		LR7-72HTH-595M		LR7-72HTH-600M		LR7-72HTH-605M		LR7-72HTH-610M		LR7-72HTH-615M		LR7-72HTH-620M		LR7-72HTH-625M		LR7-72HTH-630M	
Умови тестування	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Максимальна потужність (Pmax/W)	590	440.9	595	444.7	600	448.4	605	452.1	610	455.9	615	459.6	620	463.4	625	467.1	630	470.8
Напруга холостого ходу (Voc /В)	51.82	48.65	51.97	48.79	52.12	48.93	52.27	49.17	52.42	49.22	52.57	49.36	52.72	49.59	52.87	49.64	53.02	49.78
Струм короткого замикання (Isc/A)	14.53	11.74	14.60	11.79	14.68	11.85	14.74	11.91	14.80	11.59	14.87	12.01	14.93	12.06	15.01	12.12	15.07	12.17
Напруга на макс. потужності (Vmp /В)	43.58	39.77	43.73	39.91	43.88	40.04	44.03	40.18	44.18	40.32	44.33	40.46	44.48	40.59	44.63	40.73	44.78	40.87
Струм при макс. потужності (Imp /А)	13.54	11.08	13.61	11.15	13.68	11.20	13.75	11.26	13.81	11.31	13.88	11.36	13.94	11.42	14.01	11.47	14.07	11.52
Ефективність модуля (%)	21.8		22.0		22.2		22.4		22.6		22.8		23.0		23.1		23.3	

Робочі параметри	
Робоча температура	-40°C ~ +85°C
Допуск на вихідну потужність	0 ~ 3%
Максимальна напруга системи	DC1500V (IEC/UL)
Макс. номінальний струм запобіжника	25A
Номінальна робоча температура	45±2°C
Клас захисту	Клас II
Ступінь вогнестійкості	UL тип 1 або 2 IEC клас C

Механічне навантаження	
Максимальне статичне навантаження на передню сторону	5400 Па
Максимальне статичне навантаження на задню сторону	2400 Па
Тест на град	25 мм град зі швидкістю 23 м/с
Температурні характеристики (STC)	
Температурний коефіцієнт Isc	+0.050%/°C
Температурний коефіцієнт Voc	-0.230%/°C
Температурний коефіцієнт Pmax	-0.280%/°C

Рисунок 3.5 – Характеристики фотоелектричних модулів Longi Solar LR5-72HTH-620M

SUN2000-100KTL-M2
Technical Specification

Technical Specification		SUN2000-100KTL-M2
Efficiency		
Max. efficiency		98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
European efficiency		98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V
Input		
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input ³		20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V - 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Number of MPP trackers		10
Max. input number per MPP tracker		2
Output		
Nominal AC Active Power		100,000 W
Max. AC Apparent Power		110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		110,000 W
Nominal Output Voltage		380 V / 400 V / 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current		160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%
Protection		
Input-side Disconnection Device		Yes
Anti-islanding Protection		Yes
AC Overcurrent Protection		Yes
DC Reverse-polarity Protection		Yes
PV-array String Fault Monitoring		Yes
DC Surge Arrester		Type II
AC Surge Arrester		Type II
DC Insulation Resistance Detection		Yes
Residual Current Monitoring Unit		Yes
Arc Fault Protection		Yes
Smart String Level Disconnect		Yes
Communication		
Display		LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485		Yes
USB		Yes
Smart Dongle-4G		Smart Dongle - 4G / WLAN (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)		Yes (isolation transformer required)
General Data		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)		93 kg
Operating Temperature Range		-25°C - 60°C
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 - 100%
DC Connector		Amphenol Helios H4
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless
Nighttime Power Consumption		< 3.5 W
Standard Compliance (more available upon request)		
Certificate		EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards		VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
³ Single-string access.

Рисунок 3.6 – Характеристики інверторів Huawei SUN2000-100KTL-M2

Відповідно до встановленої потужності фотогальванічних модулів 446,4 кВт та інверторного обладнання 300 кВт, з розташуванням модулів 49,34° північної широти та 28,07° східної довготи, а також кутом нахилу 6°, розрахуємо річну генерацію електроенергії в PVsyst.[13]


PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
23/03/25 15:54
with v7.3.1

Project: Lityn East is west Project

Variant: New simulation variant

Project summary			
Geographical Site		Situation	Project settings
Lityn		Latitude	49.34 °N
Ukraine		Longitude	28.07 °E
		Altitude	278 m
		Time zone	UTC+2
			Albedo 0.20
Meteo data			
Lityn			
Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic			

System summary			
Grid-Connected System		Tables on a building	
PV Field Orientation		Near Shadings	User's needs
Fixed planes	3 orientations	Linear shadings	Unlimited load (grid)
Tilts/azimuths	6 / -90 °		
	6 / 90 °		
	6 / 0 °		
System information			
PV Array		Inverters	
Nb. of modules	720 units	Nb. of units	3.6 units
Pnom total	446 kWp	Pnom total	330 kWac
		Pnom ratio	1.240

Results summary			
Produced Energy	453330 kWh/year	Specific production	1071 kWh/kWp/year
		Perf. Ratio PR	86.95 %

Рисунок 3.7 – Розрахунок в PVsyst

Відповідно до розрахунку, прогнозована річна генерація становить 453330 кВт/рік, як показано на рисунку 3.7.

3.4 Улаштування вузла обліку електричної енергії на Генеруючу установку та розробка електричної частини СЕС

Відповідно до Кодексу системи розподілу, для підтвердження гарантії походження електричної енергії необхідно встановити додаткову систему обліку на генеруючу одиницю.

Розрахунок параметрів

Для визначення типу лічильника електричної енергії та вибору схеми включення визначаємо необхідні параметри:

Параметри напруги приєднання: $U = 0,38$ кВ.

Параметри струму:

Генеруюча установка

$P_n = 300$ кВт – відпуск

$P_{nmin} = 30$ кВт

Для режиму відпуск (виробіток), $\cos \phi = 0,96$;

Розрахунковий струм первинної обмотки визначаємо:

$$I_{p1} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi}; \quad (3.1)$$

в максимальному режимі (відпуск):

$$I_{p1} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,96} = 474,79 \text{ (A)};$$

в мінімальному режимі відпуск (0,1 I_{p1}):

$$I_{p1min} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,96} = 47,48 \text{ (A)};$$

Приймаємо трансформатори струму ТШ-0,66-1 500/5 клас точності 0.5s.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики ТШ-0,66-1 500/5 кл.т. 0,5s

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна робоча напруга, кВ	0,38
Найбільша робоча напруга, кВ	0,66
Номинальний первинний струм, А	500
Номинальний вторинний струм, А	5
Номинальна частота, Гц	50
Клас точності вторинних обмоток:	
– для захисту	-
– для вимірювання	-
– для обліку	0,5S

Виконаємо перевірку трансформаторів струму:

По номінальній напрузі:

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.ТC}} &\geq U_{\text{ном.М}}; \\ 0,38\text{кВ} &\geq 0,38\text{кВ}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

де $U_{\text{ном.ТC}}$ – номінальна робоча напруга трансформаторів струму, кВ;

$U_{\text{мах.М}}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

По найбільшій робочій напрузі:

$$\begin{aligned} U_{\text{мах.ТC}} &\geq U_{\text{мах.М}}; \\ 0,66\text{кВ} &\geq 0,38\text{кВ}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

де $U_{\text{мах.ТC}}$ – максимальна робоча напруга трансформаторів струму, кВ;

$U_{\text{мах.М}}$ – максимальна напруга мережі, кВ.

За максимальним робочим струмом:

$$\begin{aligned} I_{\text{мах.ТC}} &\geq I_{\text{мах.М}}; \\ 500 \text{ (А)} &\geq 474,79 \text{ (А)}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Вимоги до лічильника електричної енергії

- Лічильники електроенергії внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, що допущені до застосування в Україні.
- Класи точності лічильників відповідають вимогам «Кодексу комерційного обліку електроенергії».
- Конструкція лічильника електричної енергії виключає можливість несанкціонованого впливу на результати вимірів.
- Міжповірочний інтервал – не менш 6 років. Термін служби – не менш 10 років.
- Лічильники електричної енергії забезпечують вимірювання у прямому й зворотному напрямку активної енергії.
- Лічильники електричної енергії ведуть архів наступних даних профілю навантаження за кожен 30-хвилинний інтеграційний період:
- Перелік параметрів даних профілю навантаження

№ П/П	НАЙМЕНУВАННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ	РОЗМІРНІСТЬ
1	Активна потужність, споживання, +А	kW
2	Активна потужність, генерація, –А	kW
3	Покази активної енергії, споживання	kWh
4	Покази активної енергії, генерація	kWh

- Глибина зберігання цих архівних даних становить не менш ніж 45 діб.
- Лічильники електричної енергії ведуть Журнал подій про всі випадки програмування й позаштатні події. В Журналі подій реєструється: мітка часу, статусне слово, покази реєстрів енергії, та код події:
- Лічильники електроенергії мають електричний послідовний інтерфейс даних RS-485.
- Лічильники електроенергії функціонують при наявності однієї фазної або лінійної напруги основного живлення у вимірювальних колах напруги.
- Лічильники електроенергії мають можливість зовнішньої синхронізації ходу внутрішнього календарного годинника.

- Похибка ходу календарного таймера і внутрішнього годинника лічильника не більше $\pm 0,5$ секунди на добу.
- Лічильники електроенергії автоматично виконують перехід внутрішнього годинника при зміні сезонів часу «літо»-«зима» за розкладом згідно чинного законодавства України (Постанова КМУ № 509 від 13.05.1996: щорічно в останній тиждень березня (в неділю) в 3 години за київським часом здійснюється перехід часу на 1 годину вперед й в останній тиждень жовтня (в неділю) в 4 години за київським часом здійснюється перехід часу на 1 годину назад).
- Переведення часу внутрішнього годинника при зміні сезонів часу «літо»-«зима» не змінює (зрушує) мітки часу в архівних даних профілю навантаження й іншої архівної пам'яті лічильника.
- При зміні законодавства щодо переходу «літо»-«зима», або відміні переходу на території України, лічильники підлягають перепрограмуванню.

Приймаємо лічильник електричної енергії типу GAMA 300 G3B 147.240.F47.B2.P4.C311.A3.L1

Параметри струму для одного інвертора розрахуємо за формулою (3.1)

$$I_{p1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,96} = 158,26 \text{ (A)};$$

Оберемо кабель від інверторів ПВ5 4(1x50) з допустимим струмом 215 А та автоматичний вимикач ETIBREAK EB2 250/3L 3p 200A.

Для розрахованого вище максимального струму генерації буде використано кабель ПВ5 8(1x95) з допустимим струмом 550 А та автоматичним вимикачем ETIBREAK EB2 630/3LE 3p 630A.

Однолінійну схему приєднання дахової СЕС з влаштованим обліком дивіться на рисунку 3.8.

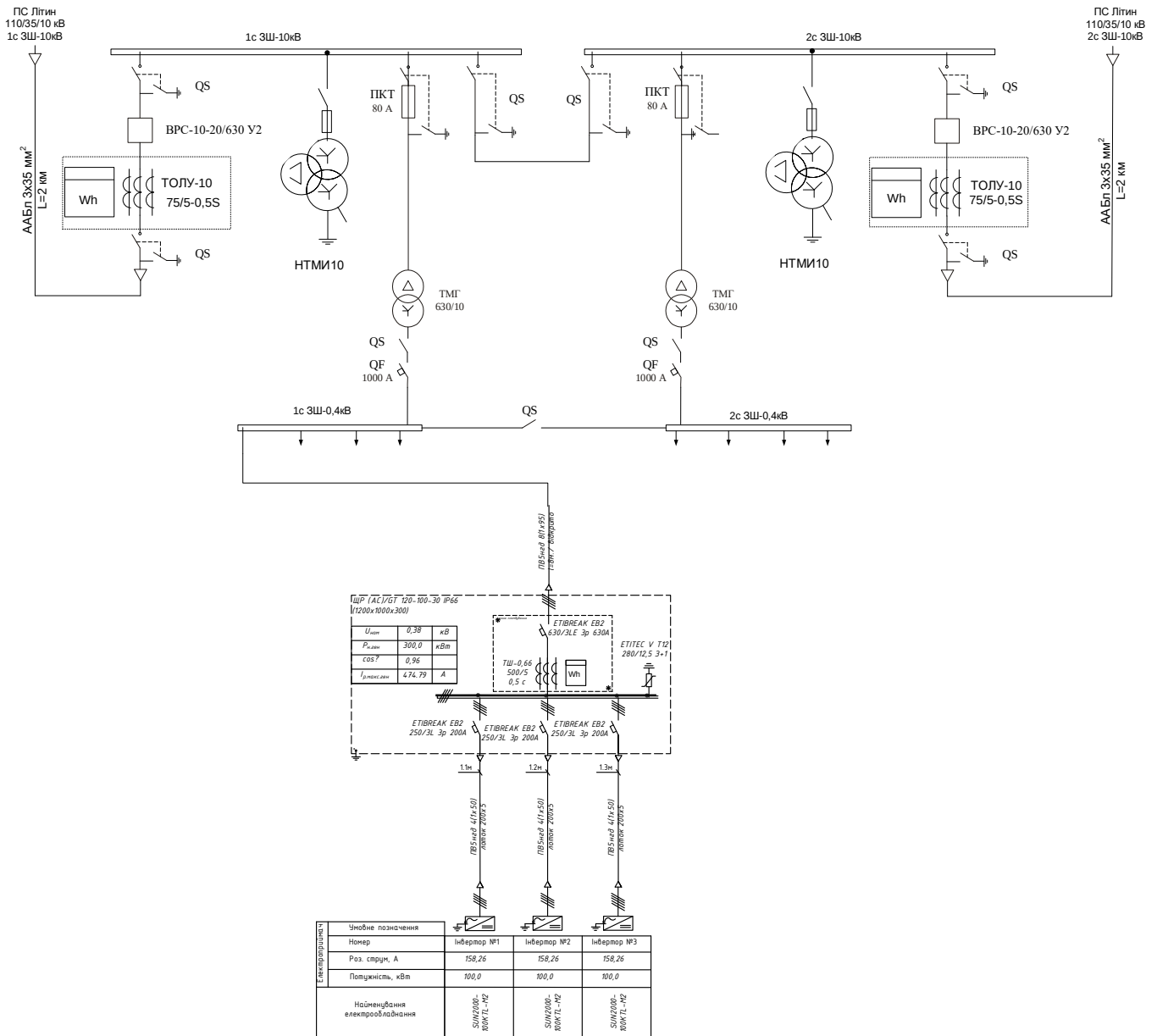


Рисунок 3.8 – Однолінійну схему приєднання дахової СЕС з влаштованим обліком

3.5 Техніко-економічний розрахунок

Для техніко-економічного розрахунку побудуємо два графіки навантаження: один графік робочого дня та другий — вихідного дня. Дивіться рисунки 3.9 та 3.10. На рисунках зеленим позначено споживання електроенергії, а синім — генерація. Дані для побудови графіків візьмемо з Таблиць 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Споживання на власні потреб та генерування електричної енергії для графіку робочого дня

Години	Споживання	Генерація	Різниця
1	40	0	40
2	40	0	40
3	40	0	40
4	40	0	40
5	40	10	30
6	20	30	-10
7	20	60	-40
8	20	90	-70
9	20	110	-90
10	200	180	20
11	650	230	420
12	804	300	504
13	650	300	350
14	400	230	170
15	600	180	420
16	804	110	694
17	650	90	560
18	400	60	340
19	20	30	-10
20	20	10	10
21	20	6	14
22	40	0	40
23	40	0	40
24	40	0	40

Таблиця 3.5 – Споживання на власні потреб та генерування електричної енергії для графіку вихідного дня

Години	Споживання	Генерація	Різниця
1	40	0	40
2	40	0	40
3	40	0	40
4	40	0	40
5	40	10	30
6	35	30	5
7	30	60	-30
8	25	90	-65
9	20	110	-90
10	15	180	-165
11	15	230	-215
12	15	300	-285
13	15	300	-285
14	15	230	-215
15	15	180	-165
16	15	110	-95
17	15	90	-75
18	15	60	-45
19	20	30	-10
20	25	10	15
21	30	6	24
22	40	0	40
23	40	0	40
24	40	0	40

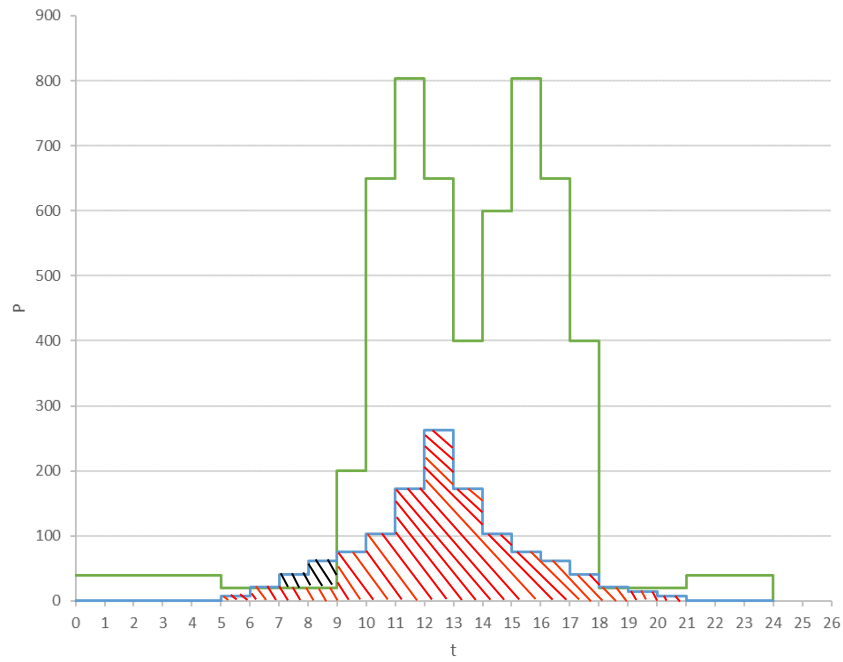


Рисунок 3.9 – Графік навантаження робочого дня.

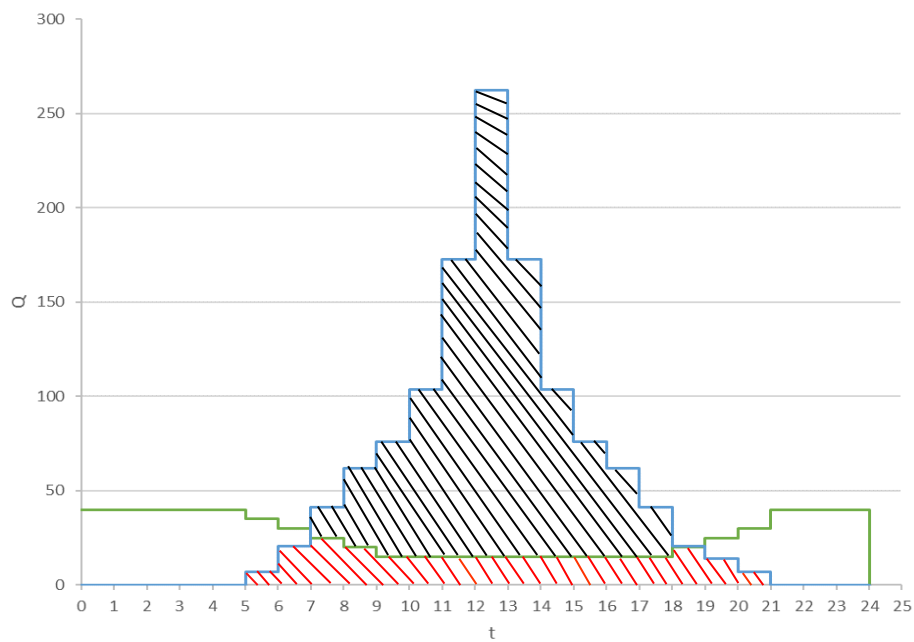


Рисунок 3.10 – Графік навантаження вихідного дня.

Виходячи з цього, розрахуємо співвідношення покриття генерації на власні потреби та відпуску електроенергії в мережу.

$$K_{\text{ген.на.вл.потр}} = \frac{P_{\text{ген.на.вл.потр}}}{P_{\text{ген.тиж}}} = \frac{6126}{8694} = 70 (\%); \quad (3.4)$$

$$K_{\text{ген.мережу}} = \frac{P_{\text{ген.мережу}}}{P_{\text{ген.тиж}}} = \frac{2568}{8694} = 30 \text{ (\%)} . \quad (3.5)$$

Приймаючи середній тариф на продаж електроенергії згідно РДН 2,25 грн/кВт·год та тариф підприємства для купівлі електроенергії 8,25 грн/кВт·год. Орієнтовна вартість станції 7,56 (млн грн). Виходячи з цього, розрахуємо орієнтовний термін окупності сонячної станції.

$$T_{\text{ок}} = \frac{7560000}{0,7 \cdot 453330 \cdot 8,25 + 0,3 \cdot 453330 \cdot 2,25} = 2,59 \text{ (роки)} . \quad (3.6)$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі випускної бакалаврської дипломної робот розробляються заходи з охорони праці під час експлуатації системи електропостачання ТОВ «ВП «РАДІАТОР». Відповідно, на оперативно-ремонтний персонал, що здійснює монтаж і експлуатацію системи електропостачання бази матеріально-технічного забезпечення, впливають такі шкідливі виробничі фактори [1, 2]: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час експлуатації системи електропостачання бази матеріально-технічного забезпечення виникає потреба у проведенні вимірювань електричних параметрів. Вимірювання електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами в установках напругою понад 1000 В мають проводити дві особи: одна з групою IV, інші — з групою III. Ремонтниками вимірювання проводиться за нарядом, оперативними працівниками — за

розпорядженням. В електроустановках напругою до 1000 В працювати з електро-вимірювальними кліщами може одна людина, що має групу III.

Для вимірювань слід застосовувати кліщі з амперметром, що встановлений на їх робочій частині. Використання кліщів з винесеним амперметром не допускається. Вимірювання в електроустановках напругою понад 1000 В необхідно проводити в діелектричних рукавичках і калошах (або стоячи на ізолювальній основі), в захисних окулярах. Кліщі необхідно тримати у висячому положенні. Забороняється нагинатися до амперметра під час відрахунку показників.

Під час проведення вимірювань забороняється торкатися приладів, проводів і вимірювальних трансформаторів. Вимірювання можна проводити лише на ділянках шин, конструктивне виконання яких, а також відстань між струмовідними частинами різних фаз і між ними та заземленими частинами виключають можливість електричного пробоя між фазами або на землю через зменшення ізоляційних відстаней за рахунок робочої частини кліщів.

На кабелях напругою понад 1000 В користуватися для вимірювання електровимірювальними кліщами дозволяється лише в тих випадках, коли жили кабелю ізолювані і відстань між ними не менша 250 мм. Вимірювання електровимірювальними кліщами на шинах напругою до 1000 В слід виконувати, стоячи на підлозі або на спеціальних підмостках.

Під час вимірювань струмів пофазно з допомогою кліщів в установках напругою до 1000 В у разі горизонтального розташування фаз необхідно перед проведенням вимірювань обгородити кожен фазу ізолювальною прокладкою. Вказані операції проводяться в діелектричних рукавичках.

Підніматися на конструкцію або телескопічну вежу для проведення робіт слід без штанги. Піднімати штангу необхідно за допомогою канату, утримуючи її в вертикальному положенні робочою частиною догори. Застосовувати металеві канати для піднімання штанги забороняється. Під час піднімання не допускається розгойдувати штангу і вдаряти нею об тверді

предмети. Під час піднімання на незначну висоту дозволяється передавати штанги з рук в руки. Забороняється проводити роботи з вимірювальними штангами під час грози, туману, дощу або мокрого снігу. Під час роботи з штангою слід витримувати нормовані відстані від струмопровідних частин до працівника.

Вимірювання на опорах ПЛ напругою до 1000 В може проводити одна особа, стоячи на кігтях (лазах) і надійно прикріпившись стропом запобіжного паска до опори. Забороняється виконувати вимірювання на ПЛ, стоячи на драбині. Забороняється проведення вимірювань на повітряних лініях з опор, які мають заземлювальні спуски.

4.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання заводу та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як роботи виконуються назовні приміщень.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує

електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена справність вимикача та машини на холостому ході; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмоцування (помости); нагляд за експлуатацією

ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	16-27	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	15-21	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

4.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та цемент, який використовується на будівництві Дністровської ГЕС, їх ГДК наведено в таблиці 4.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Цемент	6		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

4.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт під час експлуатації електрообладнання – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	б	малий	середній	-	200	3	1,8

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги

освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» (таблиця 4.4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху.

Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.5. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення ТОВ «ВП «РАДІАТОР». за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.5.

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7 (знаменник).

Таблиця 4.7 - Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

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

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В проектуваному приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

На території ТОВ «ВП «РАДІАТОР» встановлено 56 вогнегасників ВП-5.

ВИСНОВОК

У цій бакалаврській роботі було вирішено низку завдань, спрямованих на створення ефективної та надійної системи електропостачання для ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор". Зокрема, розглядалися такі аспекти:

У першому розділі ми докладно описали ключові характеристики підприємства, такі як обсяг виробництва, типи продукції та особливості технологічного процесу. Також було проведено аналіз енергетичних потреб, враховуючи режими роботи обладнання та графіки навантаження.

У другому розділі ми спроектували систему електропостачання підприємства. Для живлення заводу було обрано двоколову кабельну лінію 10 кВ марки ААБл 3х35. Також ми визначили потребу у встановленні однієї двотрансформаторної підстанції з трансформаторами 630 кВА. При цьому, ми розробили схеми підключення та розташування обладнання, враховуючи всі вимоги до надійності та безпеки електропостачання.

У третьому розділі розглянуто впровадження концепції активного споживача на підприємстві. Проаналізовано поточну структуру енергоспоживання та визначено можливості для підвищення енергоефективності. Особливу увагу приділено застосуванню автоматизованих систем обліку та керування енергоспоживанням, інтеграції відновлюваних джерел енергії та оптимізації внутрішніх процесів споживання електроенергії. Запропоновано низку технічних і організаційних рішень, спрямованих на зменшення витрат та підвищення гнучкості енергоспоживання підприємства. Також, було проведено техніко-економічний розрахунок, який показав, що термін окупності складатиме 2,59 роки.

У четвертому розділі ми зосередились на заходах із забезпечення охорони праці на підприємстві. Було проведено аналіз потенційних ризиків, пов'язаних з експлуатацією електроустановок, і на його основі розроблено комплекс заходів для їх мінімізації. Особливу увагу приділено навчанню

персоналу, розробці інструкцій з техніки безпеки та створенню належних умов праці.

У результаті виконання дипломної роботи було розроблено комплексну систему електропостачання ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор", яка відповідає сучасним вимогам енергоефективності, надійності та безпеки. Запропоновані заходи дозволяють оптимізувати витрати на електроенергію та забезпечити безперебійну роботу підприємства.

Література

- [1] Інтернет джерело: Офіційна сторінка ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор", Точка доступу: <https://mario.com.ua> (09.06.2025).
- [2] Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків : Навчальний посібник з дисципліни “Електропостачання”. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 140 с.
- [3] Бурбело М.Й. Розрахунок систем електропостачання. Вінниця: ВНТУ, 2017. 193 с.
- [4] Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 204 с.
- [5] ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
- [6] ДБН А.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення.
- [7] ПУЕ 2017. Правила улаштування електроустановок.
- [8] НПАОП 40.1-1.01:1997 Правила безпечної експлуатації електроустановок.
- [9] Інтернет джерело: Офіційна сторінка ПАТ «Південкабель», Точка доступу: <https://yuzhcable.com.ua/about-company-ukr/> (09.06.2025).
- [10] Інтернет джерело: Рівненський завод високовольтної апаратури, Точка доступу: <http://www.rzva.ua> (09.06.2025).
- [11] Інтернет джерело: Сайт виробника комутаційної апаратури, Точка доступу: <https://www.eti.ua> (09.06.2025).
- [12] ДСТУ ISO 9001: 2001. Системи управління якістю. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2001. 24 с. (Інформація та документація).
- [13] Інтернет джерело: Офіційна сторінка PVSyst, Точка доступу: <https://www.pvsyst.com/> (09.06.2025)

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

[15] ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

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

[17] ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

[18] НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[29] Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А – Вихідна дані

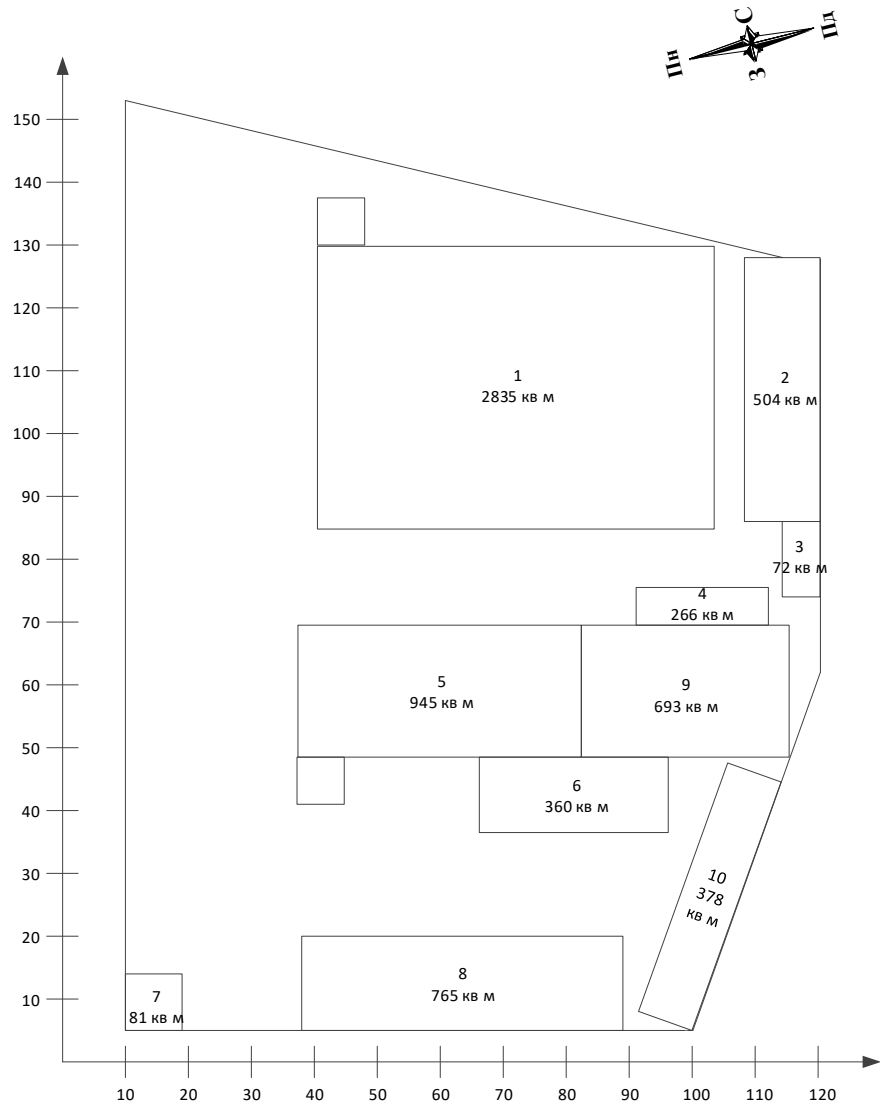


Рисунок А.1 - Генплан ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор"

Таблиця А.1- Відомості про електричні навантаження підприємства

№	Цех	Рн, кВт
1	Виробничий цех	346
2	Склади	51
3	Пакувальний цех	32
4	Інструментальний цех	38
5	Зварювальний цех	244
6	Адміністративний корпус	100
7	Прохідна	20
8	Ремонтно-механічний цех	254
9	Заготівельний цех	264
10	Склади	101

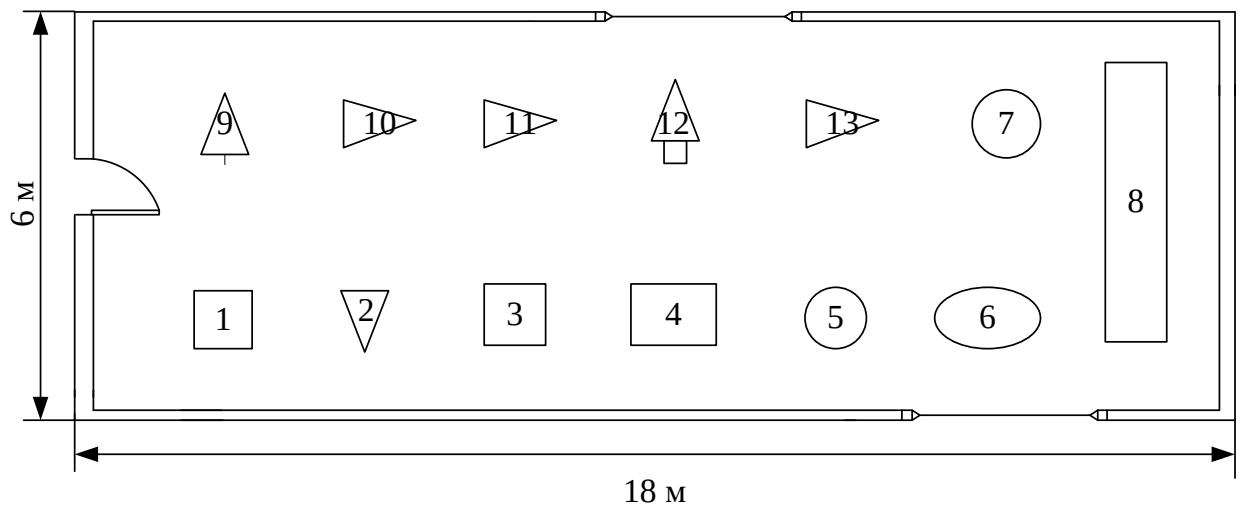
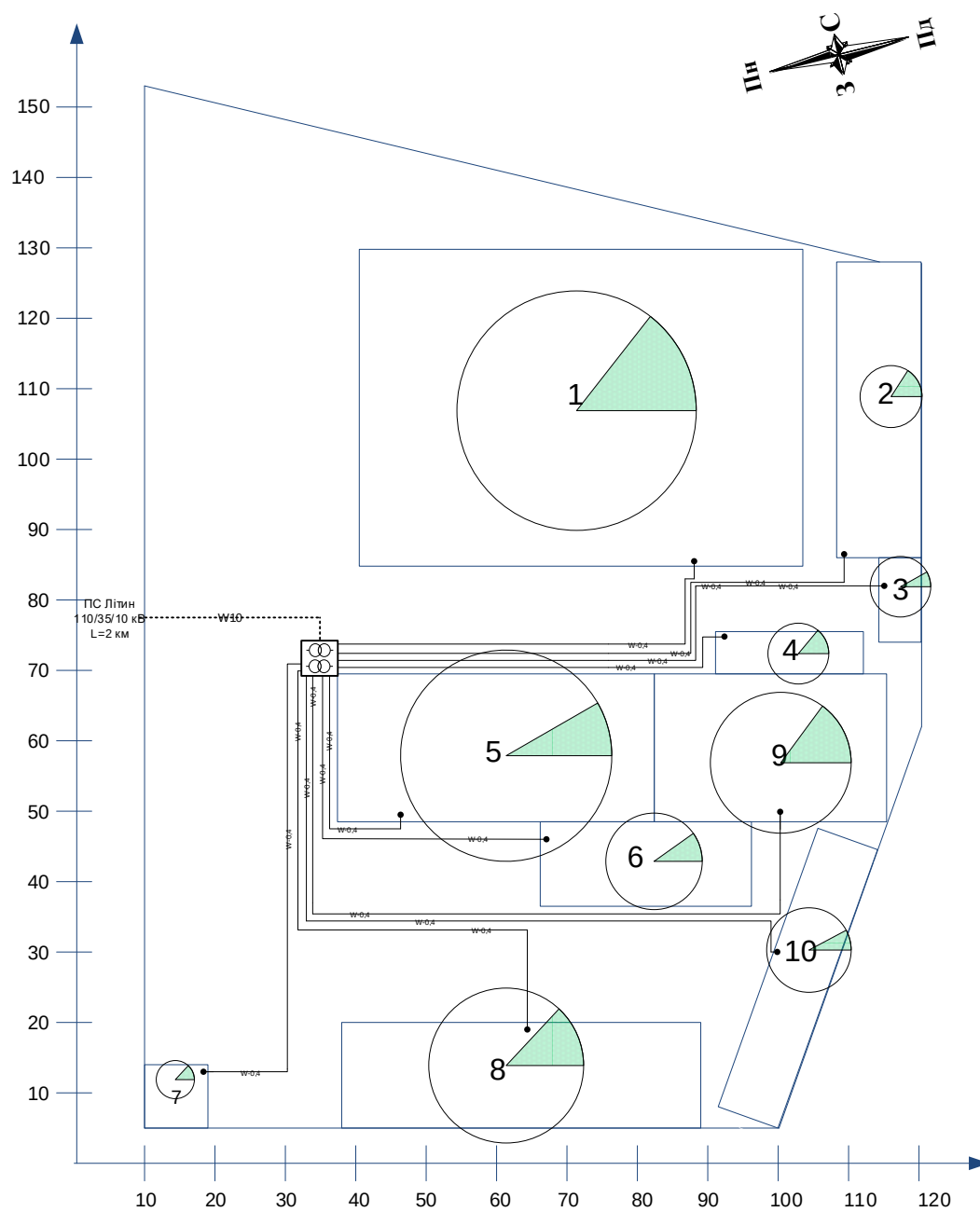


Рисунок А.2 – План інструментального цеху

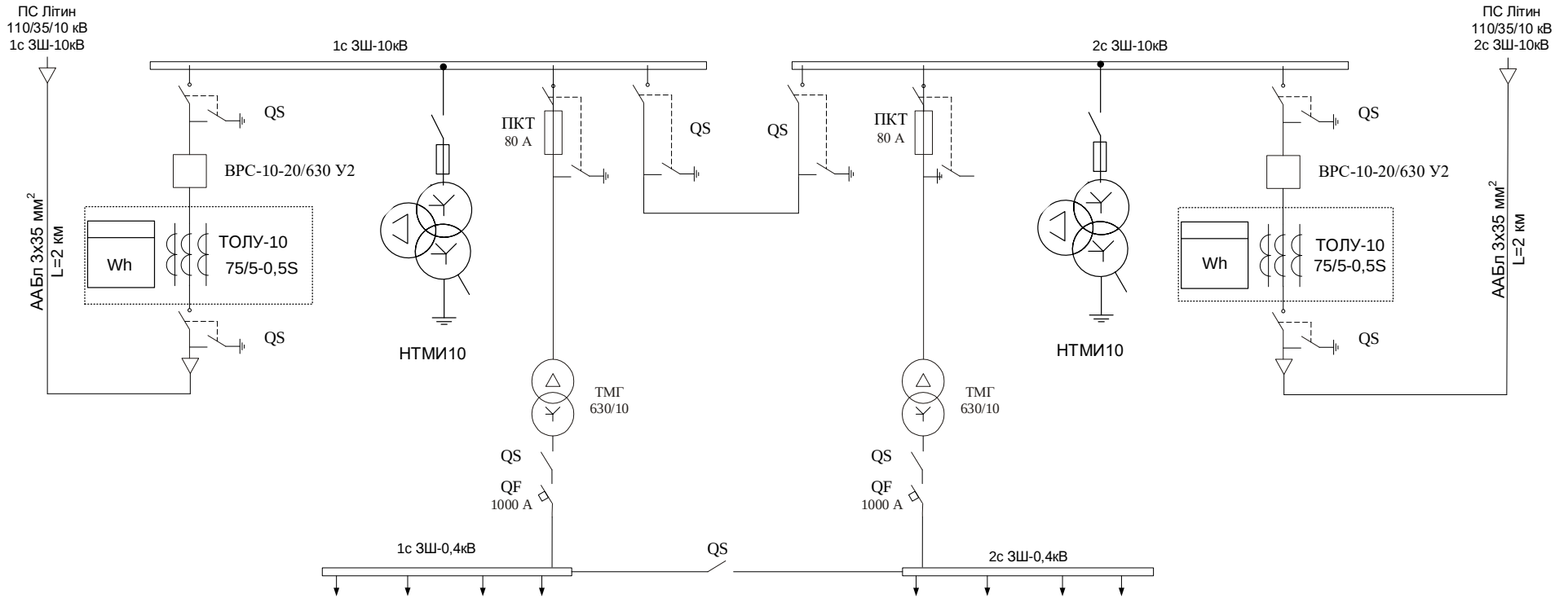
Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва електроприймача	Рн, кВт
1	Кривошипний прес	24
2	Вертикально-сверлильний станок	12
3	Кривошипний прес	18
4	Гідропрес	18
5	Горизонтально-фрезерний станок	12
6	Фрезерний станок	12
7	Станок горизонтально фрезерний	12
8	Токарно-револьверний станок	12
9	Шліфувальна лінія	84
10	Токарно-гвинтовий станок	18
11	Станок токарно-гвинтовий	6

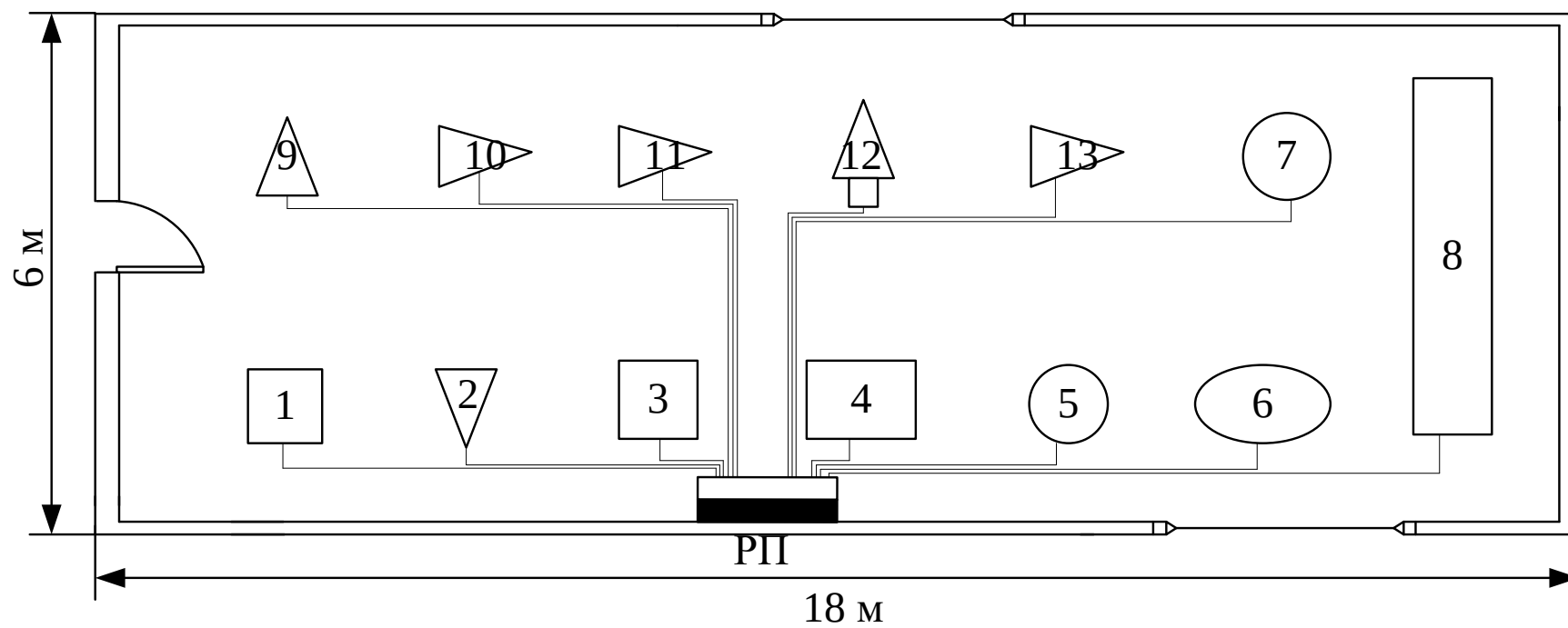
Додаток Б – Картограма навантажень підприємства



Додаток В – Однолінійна схема підприємства



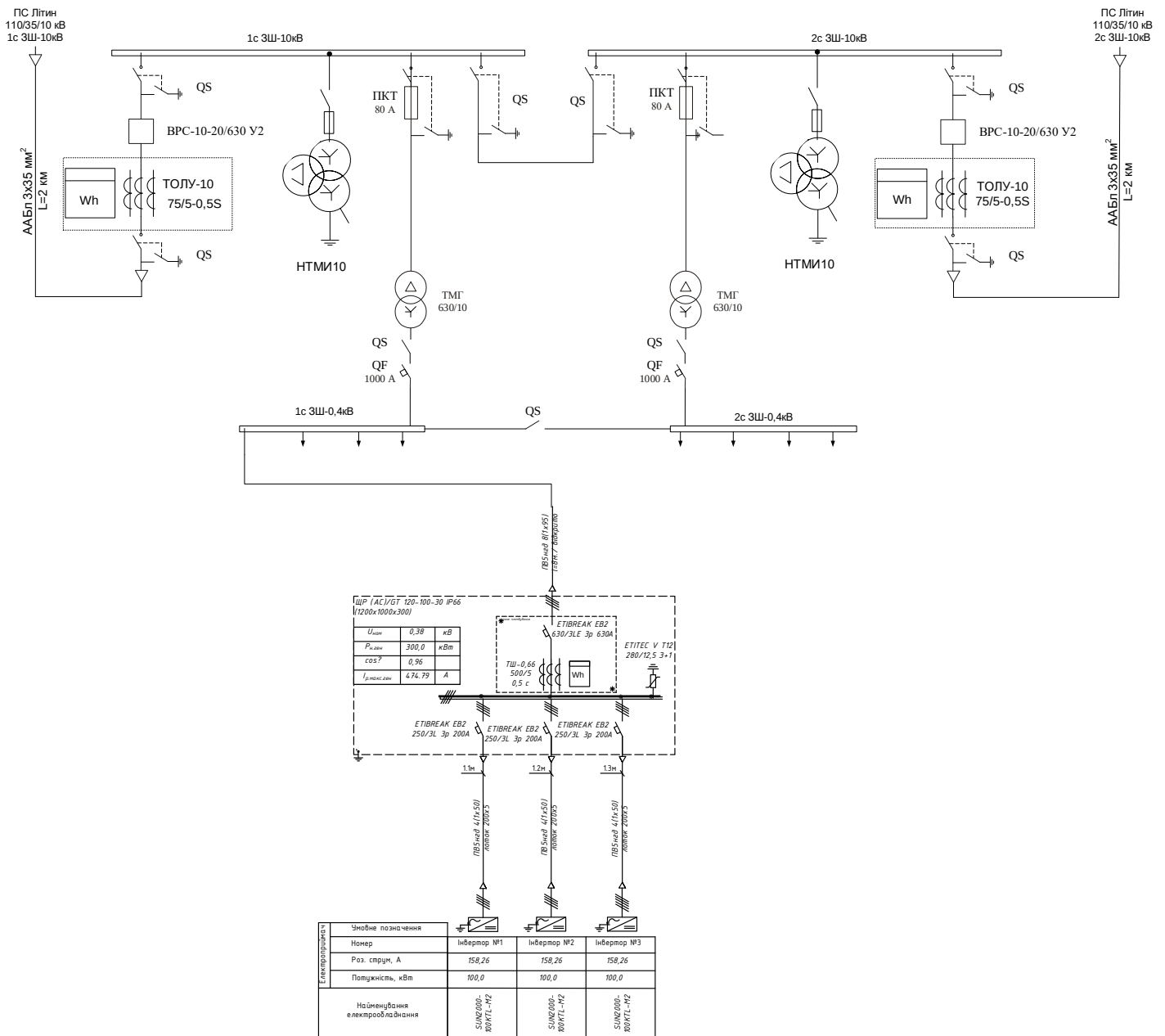
Додаток Г – План цеху



Додаток Д – Розрахунково-монтажна таблиця

ТП	Захист				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ			№ РП	п шт	ЗАХИСТ					ЖИВЛЕННЯ ЛІНІЇ		СПОЖИВАЧІ		НАЗВА ЕП
	Тип вимикача	Іном А	Іном роз А	Іс.л. А	Провід		Ім А			Тип вимикача	Іном А	Ін.роз А	Іс.мод. кА	Іс. А	Марка кабелю	Ідоп А	Ім А	№ на плані	
					Марка кабелю	Ідоп А													
	ЕВ 250/35 200А 3р	200	200	2000	АВВГ 4х120	201	192.77	РП	1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	40,52	1	Кривошипний прес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	2	Вертикально-сверлильний станок
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	3	Кривошипний прес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	30,39	4	Гідропрес
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	5	Горизонтально-фрезерний станок
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	21,2	6	Фрезерний станок
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	7	Станок горизонтально фрезерний
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	20,26	8	Токарно-револьверний станок
									1	ЕВ2 160/35 160А 3р	160	160	36	1600	АВВГ 4х95	175	148,4	9	Шліфувальна лінія
									1	ЕВ2 125/35 32А 3р	32	32	36	320	АВВГ 4х10	43,2	30,3 9	10	Токарно-гвинтовий станок
									1	ЕВ2 125/35 20А 3р	20	20	36	200	АВВГ 4х4	24,8	10,13	11	Станок токарно-гвинтовий
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	12	Станок токарний з ЧПУ
									1	ЕВ2 125/35 50А 3р	50	50	36	500	АВВГ 4х16	57	31,8	13	Універсальний заточний станок

Додаток Е – Однолінійну схему приєднання дахової СЕС з влаштованим обліком



Додаток Є

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Виробниче підприємство «РАДІАТОР»

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

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, ЕЕ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 10 %

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:

<u>Бурбело М. Й., завідувач кафедри ЕСЕМ</u>	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)
<u>Бабенко О. В., доцент кафедри ЕСЕМ</u>	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____	<u>Лобода Ю. В.</u>
(підпис)	(прізвище, ініціали, посада)
Здобувач _____	<u>Джумський Д. О.</u>
(підпис)	(прізвище, ініціали)

Додаток Ж – Презентаційні матеріали

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

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю
"Виробниче підприємство "Радіатор"

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 – Електроенергетика
електротехніка та електромеханіка
Джумський Д. О.

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕМ
Лобода Ю. В.

Вінниця – 2025 року

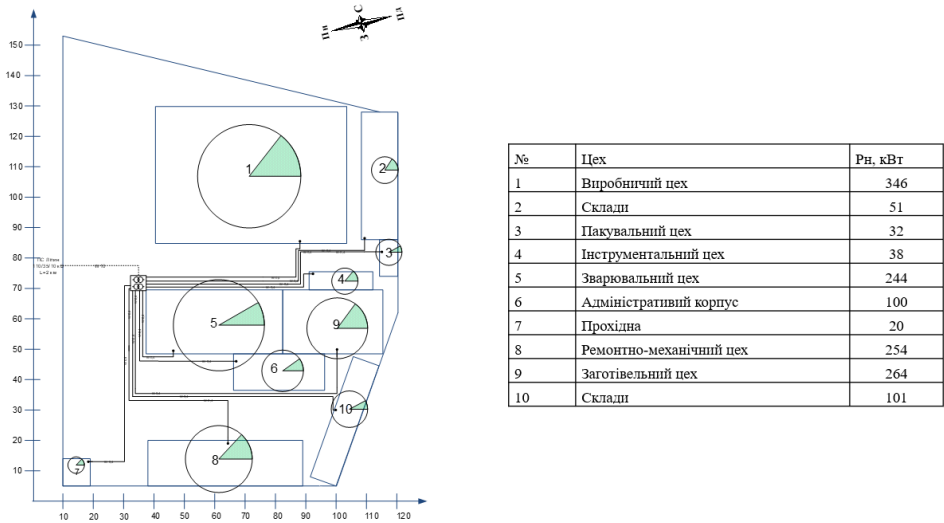
Актуальність роботи. Надійне та ефективне електропостачання є одним із ключових чинників стабільної роботи будь-якого виробничого підприємства. В умовах стрімкого розвитку технологій і впровадження сучасного обладнання виникає потреба у високоякісному, безпечному та стабільному живленні. ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор», яке спеціалізується на виготовленні рушникосушарок і дизайнерських радіаторів з нержавіючої сталі, застосовує інноваційні технології та високотехнологічне обладнання з метою забезпечення високої якості продукції. Для досягнення стабільності виробництва та підвищення ефективності його процесів необхідно розробити оптимальну систему електропостачання.

Метою бакалаврської роботи є розробити ефективну та надійну систему електропостачання для ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор», яка відповідатиме сучасним вимогам щодо безпеки, енергоефективності та безперебійного живлення виробничих процесів.

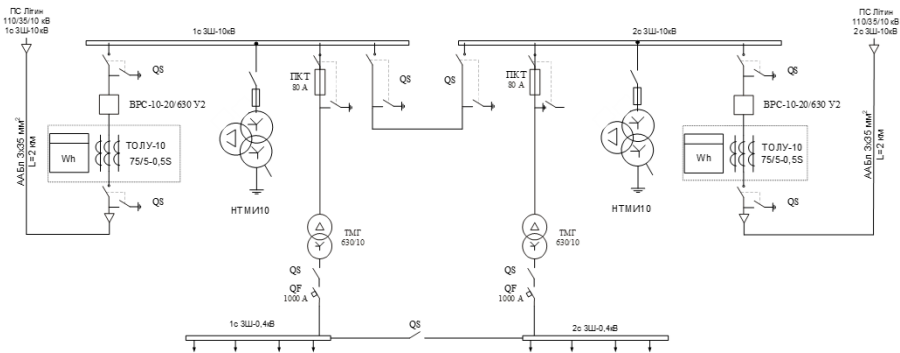
Об’єкт дослідження даної роботи є система електропостачання ТОВ «Виробниче підприємство «Радіатор».

Предмет дослідження даної дипломної роботи є система електропостачання ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор", вибір відповідного обладнання, розрахунок електричних навантажень, а також розробка заходів для підвищення її надійності, безпеки та енергоефективності.

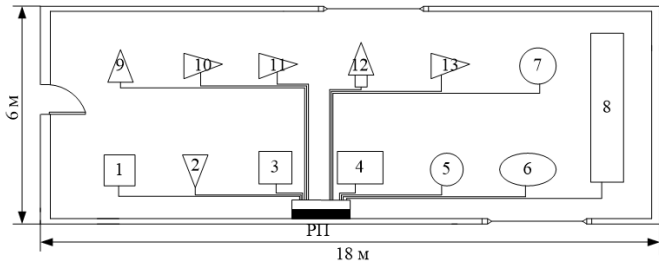
Картограма навантажень з розташування інженерних мереж



ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА



План заготівельного цеху з схемою електропостачання



№ на плані	Назва електроприймача	Рн, кВт
1	Кривошипний прес	24
2	Вертикально-сверильний станок	12
3	Кривошипний прес	18
4	Гідропрес	18
5	Горизонтально-фрезерний станок	12
6	Фрезерний станок	12
7	Станок горизонтально фрезерний	12
8	Токарно-револьверний станок	12
9	Шліфувальна лінія	84
10	Токарно-гвинтовий станок	18
11	Станок токарно-гвинтовий	6

Розрахунково-монтажна таблиця

III	Загальні дані				ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ				№ ПП	R	ЗАМІСТ				ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ				СТОКОУВАЧ				НАЗВА ЕП
	Тип приймача	Електро потужність кВт	Електро потужність кВА	Електро потужність кВА	Матеріал обробки	Тип А	к. А	Тип А			Електро потужність кВт	Електро потужність кВА	Електро потужність кВА	Електро потужність кВА	Матеріал обробки	Тип А	к. А	Тип А	Електро потужність кВт	Електро потужність кВА	Електро потужність кВА		
	ВР 250/35 2500 Вт	200	200	2000	АВВВ 4x120	200	192.77	PII		1	ВР 125/35 1250 Вт	50	50	500	АВВВ 4x120	57	46.52	1				Кривошипний прес	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	29.26	2				Вертикально-сверильний станок	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	50	50	500	АВВВ 4x120	57	31.8	3				Кривошипний прес	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	16.39	4				Гідропрес	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	20.26	5				Горизонтально-фрезерний станок	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	21.2	6				Фрезерний станок	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	20.26	7				Станок горизонтально фрезерний	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	20.26	8				Токарно-револьверний станок	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	160	160	1600	АВВВ 4x120	175	148.4	9				Шліфувальна лінія	
										1	ВР 125/35 1250 Вт	52	52	520	АВВВ 4x120	43.2	30.3	10				Токарно-гвинтовий станок	
										1	ВР 125/35 250 Вт	20	20	200	АВВВ 4x120	24.8	19.13	11				Станок токарно-гвинтовий	
										1	ВР 125/35 500 Вт	50	50	500	АВВВ 4x120	57	31.8	12				Станок токарний : ЧПУ	
										1	ВР 125/35 500 Вт	50	50	500	АВВВ 4x120	57	31.8	13				Універсальний заточний станок	

Розрахунок в PVsyst



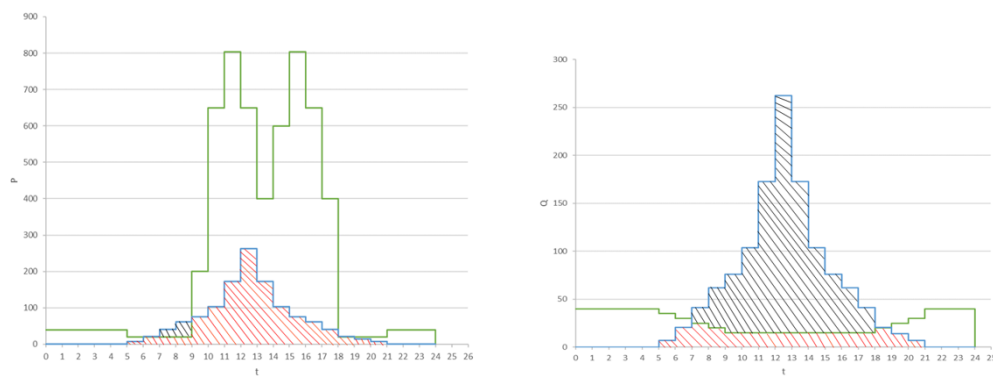
PVsyst V7.3.1
VC0, Simulation date:
23/03/25 15:54
with v7.3.1

Project: Lityn East is west Project

Variant: New simulation variant

Geographical Site				Situation		Project settings	
Lityn		Ukraine		Latitude	49.34 °N	Albedo	0.20
				Longitude	28.07 °E		
				Altitude	278 m		
				Time zone	UTC+2		
Meteo data							
Lityn							
Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic							
System summary							
Grid-Connected System				Tables on a building			
PV Field Orientation				Near Shadings		User's needs	
Fixed planes		3 orientations		Linear shadings		Unlimited load (grid)	
Tilts/azimuths		6 / -90 °					
		6 / 90 °					
		6 / 0 °					
System information							
PV Array				Inverters			
Nb. of modules		720 units		Nb. of units		3.6 units	
Prom total		446 kWp		Prom total		330 kWac	
				Prom ratio		1.240	
Results summary							
Produced Energy		453330 kWh/year		Specific production		1071 kWh/kWp/year	
				Perf. Ratio PR		86.95 %	

Графіки навантаження робочого дня та вихідного дня



Висновки

У цій бакалаврській роботі було вирішено низку завдань, спрямованих на створення ефективної та надійної системи електропостачання для ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор". Зокрема, розглядалися такі аспекти:

У першому розділі ми докладно описали ключові характеристики підприємства, такі як обсяг виробництва, типи продукції та особливості технологічного процесу. Також було проведено аналіз енергетичних потреб, враховуючи режим роботи обладнання та графіки навантаження.

У другому розділі ми спроєктували систему електропостачання підприємства. Для живлення заводу було обрано двотрансформаторної підстанції з трансформаторами 630 kVA. При цьому, ми розробили схеми підключення та розташування обладнання, враховуючи всі вимоги до надійності та безпеки електропостачання.

У третьому розділі **розділі** розглянуто впровадження концепції активного споживача на підприємстві. Проаналізовано поточну структуру енергоспоживання та визначено можливості для підвищення енергоефективності. Особливу увагу приділено застосуванню автоматизованих систем обліку та керування енергоспоживанням, інтеграції відновлюваних джерел енергії та оптимізації внутрішніх процесів споживання електроенергії. Запропоновано низку технічних і організаційних рішень, спрямованих на зменшення витрат та підвищення гнучкості енергоспоживання підприємства. Також, було проведено техніко-економічний розрахунок, який показав, що термін окупності складатиме 2,59 роки.

У четвертому розділі ми зосередились на заходах із забезпечення охорони праці на підприємстві. Було проведено аналіз потенційних ризиків, пов'язаних з експлуатацією електроустановок, і на його основі розроблено комплекс заходів для їх мінімізації. Особливу увагу приділено навчанню персоналу, розробці інструкцій з техніки безпеки та створенню належних умов праці.

У результаті виконання дипломної роботи було розроблено комплексну систему електропостачання ТОВ "Виробниче підприємство "Радіатор", яка відповідає сучасним вимогам енергоефективності, надійності та безпеки. Запропоновані заходи дозволяють оптимізувати витрати на електроенергію та забезпечити безперебійну роботу підприємства.