

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

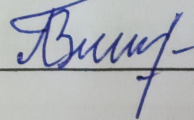
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

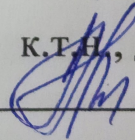
Підвищення ефективності електропостачання
Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт»
з використанням дахової сонячної електростанції

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)



Латюк В.В.
(прізвище та ініціали)

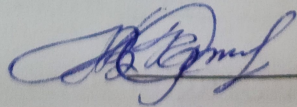
Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ



Бабенко О.В.
(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2024 р.

Опонент:

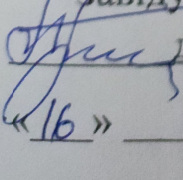


к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ
(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ



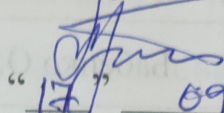
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

«16» грудня 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“17” 09 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Латюку Василю Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції

керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” вересня 2024 року № 310

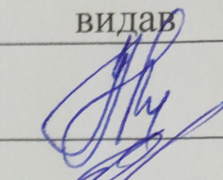
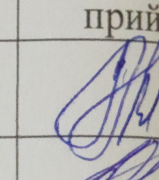
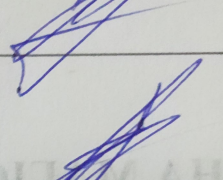
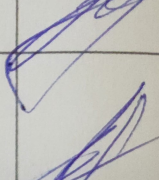
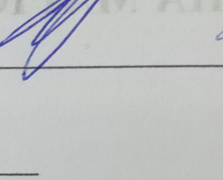
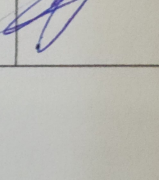
2. Термін подання студентом роботи “10” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика споживачів підприємства. Характеристика сонячних електричних станцій. Проектування дахової сонячної електростанції. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням). Однолінійна Проект електропостачання виробничого приміщення. Однолінійна електропостачання підприємства. Капіталовкладення в спорудження СЕС конфігурації. Повна схема підключення СЕС 15,4 кВт. Основні та економічні показники системи електропостачання.

6. Консультанти розділів роботи

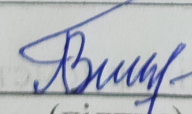
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Спеціальна частина	Бабенко О.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		

7. Дата видачі завдання 01.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	При
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	01.09-30.09	Вик
2	Синтез зовнішньої СЕП	01.10-12.10	Вик
3	Науково дослідна частина	13.10-21.10	Вик
4	Синтез результатів наукової роботи	22.10-30.10	Вик
5	Економічна частина	31.10-10.11	Вик
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	11.11-20.11	Вик
7	Графічна частина	20.11-10.12	Вик

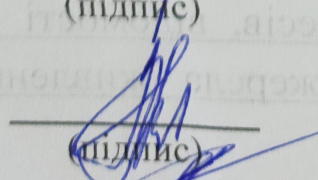
Студент


(підпис)

Латюк В.В.

(прізвище та ініціали)

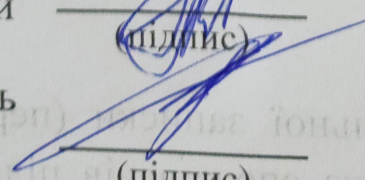
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


(підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

Латюк Василь Васильович. Підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2024 – 102 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо підвищення ефективності електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції.

Магістерська робота розроблена на основі фактичного матеріалу зібраного на даному підприємстві під час проходження переддипломної практики.

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються проектні рішення, як розрахунок навантажень підприємства, ліній живлення, релейного захисту та автоматики.

В другому розділі роботи було проведено дослідження проблем, що виникають під час розробки проектів сонячних електричних станцій, а також розглянуто склад основного обладнання, різні конфігурації фотоелектричних систем електропостачання та принципи вибору обладнання для реалізації сонячних електростанцій.

Третій розділ присвячений науково-дослідній роботі. Спроектовано СЕС потужністю 15,4 кВт на даху підприємства. Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

В четвертому розділі розраховано основні техніко-економічні показники для спроектованої СЕП.

У п'ятому розділі проаналізовано питання охорони праці.

Ключові слова: підстанція, якість електроенергії, електричні мережі.

ABSTRACT

Latyuk Vasyl Vasyliovych. Increasing the efficiency of electricity supply of the Vinnytsia municipal utility "Vinnytsiamisklift" using a rooftop solar power plant. MTW. Specialty 141 - Vinnytsia: VNTU, FEEM, ESEEM department, 2024 - 102 p.

In the master's qualification work, the issue of increasing the efficiency of the power supply of the Vinnytsiamisklift VMKP with the use of a rooftop solar power plant was considered.

The master's thesis was developed on the basis of actual material collected at this enterprise during pre-diploma practice.

In the first section of the qualification work, project solutions are considered, such as the calculation of enterprise loads, power lines, relay protection and automation.

In the second part of the work, a study of problems arising during the development of solar power plant projects was conducted, as well as the composition of the main equipment, various configurations of photovoltaic power supply systems and the principles of equipment selection for the implementation of solar power plants were considered.

The third section is devoted to research work. A SES with a capacity of 15.4 kW was designed on the roof of the enterprise. Mathematical modeling of the main operating modes of the station panels was carried out.

In the fourth section, the main technical and economic indicators for the designed SEP are calculated.

The fifth chapter analyzes the issue of labor protection.

Keywords: substation, quality of electricity, electrical networks.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1 Характеристика підприємства	10
1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства	11
1.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	15
1.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	19
1.5 Розробка та розрахунок системи освітлення.....	23
1.6 Визначення величини споживаного навантаження підприємством	32
1.7 Вибір потужності конденсаторних батарей	35
Висновки по розділу 1	37
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	38
2.1 Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій	38
2.2 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій.....	39
2.3 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання	42
Висновки по розділу 2	44
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	45
3.1 Практична реалізація дахової сонячної електростанції.....	45
3.2 Вибір основного обладнання для реалізації СЕС.....	46
3.3 Визначення оптимальної конфігурації схеми СЕС на підприємстві.....	48
3.4 Дослідження роботи сонячних панелей за допомогою цифрових моделей	53
3.5 Моделювання основних режимів роботи СЕС	54
Висновки по розділу 3	56
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	57
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	58
4.2 Розрахунок поточних витрат	60
4.2.1 Вибір системи освітлення	60

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	62
4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	64
4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	65
4.3 Розрахунок собівартості електроенергії.....	65
4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	65
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	70
5.1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації робочої зони.....	70
5.1.2 Електробезпека.....	72
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	74
5.2.1 Мікроклімат.....	74
5.2.2 Склад повітря робочої зони	75
5.2.3 Виробниче освітлення	76
5.2.4 Виробничий шум	77
5.2.5 Виробничі вібрації	78
5.2.6 Психофізичні фактори.....	79
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	80
5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	81
5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії електромагнітного імпульсу	83
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	85

ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
Додатки	91
Додаток А – Технічне завдання	92
Додаток Б – Вихідні дані	95
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	97
Додаток Г – Ілюстративна частина.....	98

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток технологій та динамічні зміни у сфері енергетики потребують нових підходів для забезпечення ефективного і стабільного електропостачання комунальних підприємств [1]. У цьому контексті реконструкція системи електропостачання є особливо актуальною, особливо для підприємств невеликої потужності, де необхідно забезпечити не тільки надійність, а й енергоефективність.

Відновлювані джерела енергії починають відігравати важливу роль у покращенні ситуації в енергетичному секторі. Сьогодні когенераційні установки, сонячні колектори, вітрогенератори та теплові насоси конкурують з традиційними видами енергії, а витрати на їх будівництво та експлуатацію знижуються.

У науково-дослідній частині роботи виконано аналіз можливостей встановлення сонячної електростанції на даху підприємства, враховуючи рівень сонячного випромінювання на даній локації, необхідний обсяг виробленої енергії, а також витрати на встановлення та обслуговування. Такий підхід сприятиме не лише раціональному використанню енергоресурсів, але й фінансовій вигоді проекту.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є аналіз системи електропостачання підприємства з використанням сучасних методів розрахунку для обґрунтування використання дахової сонячної електростанції, що дозволить підвищити ефективність електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт».

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- оптимізація СЕП шляхом визначення електричних навантажень та вибору основного обладнання для функціонування СЕП;
- розробка ефективної системи освітлення виробничого приміщення, яка буде відповідати нормам освітленості та надійності.
- спроектувати сонячну електростанцію на даху підприємства, потужність якої буде достатньою для забезпечення власних потреб підприємства.

Об'єкт дослідження – система електропостачання ВМКП «Вінницьяміськліфт».

Предмет дослідження – Предметом роботи є методи та засоби побудови ефективної СЕС на даху підприємства.

Методи досліджень. Для аналізу та вирішення поставлених завдань використовувалися загальноприйняті методи розрахунку та методи математичного моделювання.

Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є повний проект СЕС потужністю 15,4 кВт на даху підприємства з оптимальною конфігурацією СЕС та найбільш ефективними параметрами ключових елементів та режимів роботи СЕС. На підставі порівняння можливих варіантів обрано оптимальну конфігурацію станції яка дає змогу досягти максимального економічного ефекту від її встановлення. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту. Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

Практична цінність. В роботі наведені цифрові моделі СЕС. Використання даних цифрових моделей в організаціях, які здійснюють експлуатацію таких пристроїв дає змогу виконувати вибір параметрів обладнання, що буде оптимально задіяне в місцях його встановлення.

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ. За результатами опубліковані тези доповідей [40].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

Вінницьке міське комунальне підприємство (ВМКП) «Вінницяміськліфт» – це підприємство, яке займається технічним обслуговуванням, ремонтом, модернізацією та експлуатацією ліфтів у житлових і нежитлових будівлях. Підприємство забезпечує належний рівень безпеки, а також виконує профілактичні заходи, щоб уникати аварійних ситуацій та продовжувати строк експлуатації ліфтів.

Вінницьке міське комунальне підприємство «Вінницяміськліфт» являється юридичною особою, має самостійний баланс, розрахункові (поточні) та інші рахунки в установах банків, печатку та штампи зі своїм найменуванням та інші реквізити. Підприємство засноване на власності територіальної громади м. Вінниці, підзвітне та підконтрольне Вінницькій міській раді та її виконавчому комітету, підпорядковане міському голові та департаменту житлового господарства.

Код ЄДРПОУ юридичної особи: 36150849.

Юридична адреса: вул. А.Первозванного, буд. 17, м. Вінниця, 21030.

Фізична адреса: вул. Чорновола, буд. 14, м. Вінниця, 21009.

Контактні телефони приймальні 66-65-44.

Графік роботи: понеділок - четвер з 08:00 до 16:45; п'ятниця - з 08:00 до 16:00.

обідня перерва: понеділок - четвер з 12:00 до 12:30; п'ятниця - з 12:00 до 13:00;

вихідні: субота, неділя.

Основні види діяльності та послуги:

- Виконання робіт по монтажу і налагоджуванню, ремонту та технічному обслуговуванню ліфтів, підйомників та систем диспетчеризації на об'єктах промислового та житлового будівництва;

- Виготовлення запасних частин, вузлів, агрегатів ліфтового та диспетчерського обладнання;

- Розробка та перевірка проектно-кошторисної документації на монтажні, пусконаладжувальні та ремонтні роботи;

- Виготовлення технічних умов та проведення експертизи документації, розробленої іншими підприємствами та установами;
- Проведення експертної оцінки ліфтів та систем диспетчеризації;
- Навчання та атестація спеціалістів ліфтового господарства систем диспетчеризації;
- Реалізація матеріалів та запасних частин, необхідних для виконання ремонтних робіт та диспетчерських систем.

ВМКП «Вінницяміськліфт» силами власного виробництва виготовляє металеві купе кабіни ліфта, пульти наказу та інші запасні частини, а також проводить ремонт та відновлення деталей і механізмів ліфта, що значно здешевлює ремонт та обслуговування ліфтів.

Виконуючи програму енергозбереження, підприємство встановлює на відремонтованих ліфтах енергозберігаючі світильники з аварійним освітленням.

1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

В даному розділі роботи виконується поетапний розрахунок, електричних навантажень підприємства [4].

Вибір схеми мережі виробничого приміщення є важливим етапом проектування системи електропостачання. При виборі оптимальної схеми слід враховувати безліч факторів: тип навантаження, потужність, розташування пристроїв, надійність та економічність.

Розрахунок величин розрахункових навантажень електроприймачів напругою до 1000 В виконуємо за допомогою табличної форми (форма Ф636-92) згідно із [4] всі отримані результати занесено до таблиці 1.1.

Для живлення усіх електроприймачів (ЕП) виробничого приміщення буде використано головний розподільчий пункт ГРП, який приєднано до закритого розподільного пристрою (ЗРП) (рисунок 1.1).

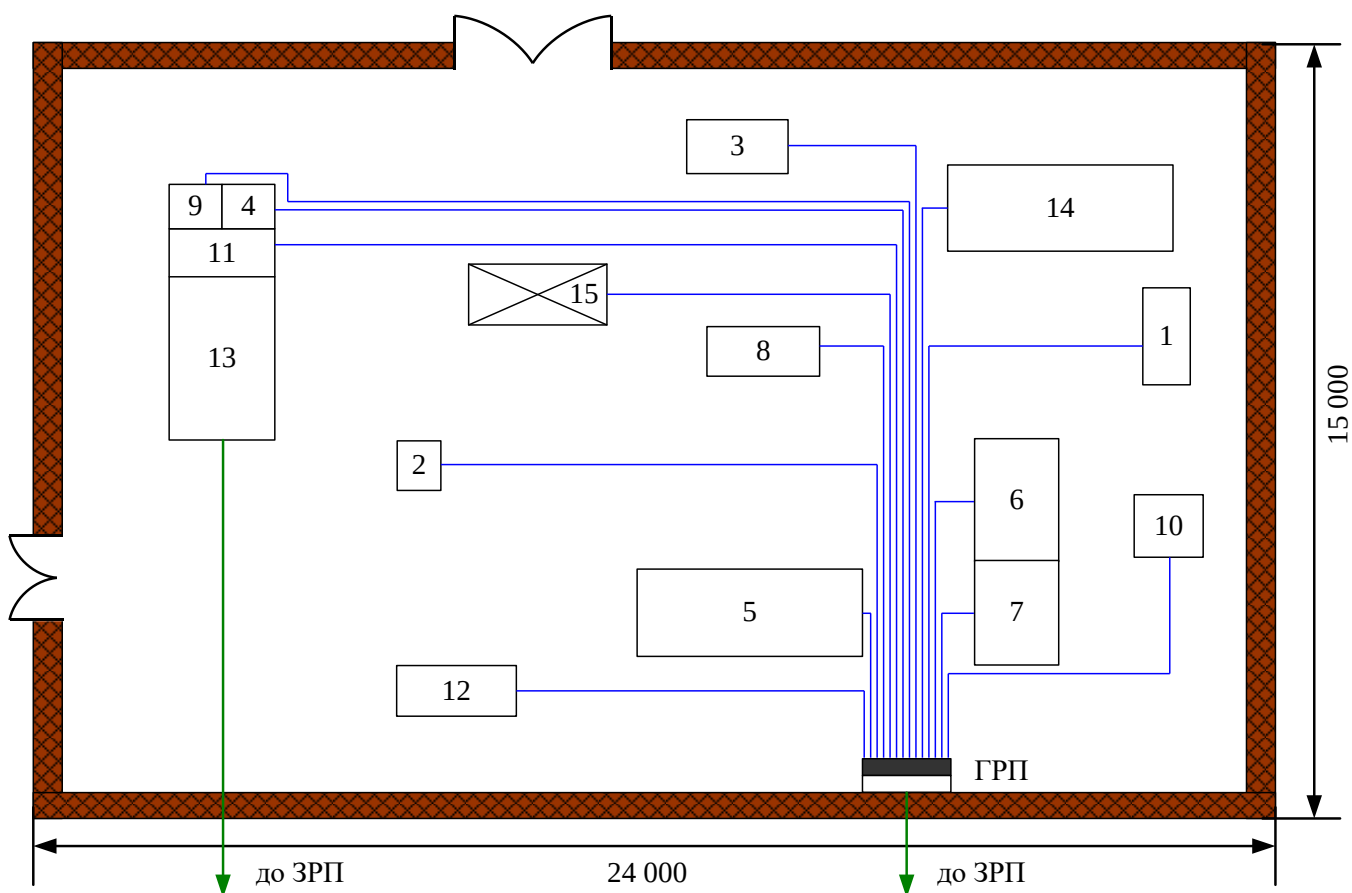


Рисунок 1.1 – План електропостачання виробничого приміщення

Розрахункові навантаження окремих груп:

$$P_p = P_H, \quad Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H; \quad (1.1)$$

де P_H - номінальна активна потужність ЕП, кВт;

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

Розрахункові навантаження:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}; \quad (1.2)$$

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (1.3)$$

Для магістральних шинопроводів:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} ; \quad (1.4)$$

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci} ; \quad (1.5)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму;

n_e - ефективне число ЕП;

Середні потужності:

$$P_C = K_B \cdot P_H ; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (1.6)$$

Коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} ; \quad (1.7)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} ; \quad (1.8)$$

Розрахункова потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (1.9)$$

Знаходимо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H}. \quad (1.10)$$

Розрахунок силового навантаження для ГРП:

$$K_{B, ГРП} = \frac{5,73}{33,12} = 0,17 ;$$

$$n_e = \frac{33,12^2}{154,93} = 7 \text{ (шт.)};$$

Із [4] знаходимо $K_{p, ГРП} = 1,61$, звідси:

$$P_{P, ГРП} = 1,61 \cdot 5,73 = 9,22 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{P, ГРП} = 1,1 \cdot 7,1 = 7,81 \text{ (квар)};$$

$$S_{P, ГРП} = \sqrt{9,22^2 + 7,81^2} = 12,08 \text{ (кВА)};$$

$$I_{P, ГРП} = \frac{12,08 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 18,36 \text{ (А)}.$$

Розрахунки електричних навантажень цехової мережі заносимо у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Вихідні дані							Розрахункові величини			n _е	K _р	Розрахункові навантаження			
Завдання технологів				Довідкові дані			n×K _в ×P _н кВт	Q _н квар	n×P ² _н			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , А
Найменування ЕП	n	P _н , кВт	n×P _н , кВт	K _в	cosφ	tgφ									
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Компресор рес-50,8атм,206л/хв	1	1	1	0,14	0,6	1,33	0,14	0,19	1,00						2,5
2 Токарний станок 1К62 б/в	1	3,5	3,5	0,23	0,6	1,33	0,81	1,07	12,2						8,9
3 Точило JBG10A 380В	1	0,75	0,75	0,11	0,65	1,17	0,08	0,10	0,56						1,8
4 Компресор СБ4/С-100.LB40	1	1	1	0,16	0,65	1,17	0,16	0,19	1,00						2,3
5 Листозгин ІГ 1428	1	7	7	0,15	0,65	1,17	1,05	1,23	49						16,4
6 Машина точкової контактної зварки МТ-501	1	1	1	0,2	0,55	1,52	0,20	0,30	1,00						2,8
7 Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	1	1,5	1,5	0,21	0,6	1,33	0,32	0,42	2,25						3,8
8 Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	1	5,6	5,6	0,17	0,65	1,17	0,95	1,11	31,3						13,1
9 Транспортна система ТС.040хх	1	0,35	0,35	0,15	0,75	0,88	0,05	0,05	0,12						0,7
10 Трубогіб-вальцовочний	1	0,22	0,22	0,16	0,7	1,02	0,04	0,04	0,05						0,5
11 Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1	0,5	0,5	0,18	0,65	1,17	0,09	0,11	0,25						1,2
12 Прес пневмогідравлічний 40т.	1	7	7	0,16	0,6	1,33	1,12	1,49	49						17,7
14 Станок порізки металу НК43214	1	2,2	2,2	0,22	0,7	1,02	0,48	0,49	4,84						4,8
15 Кран-балка	1	1,5	1,5	0,16	0,6	1,33	0,24	0,32	2,25						3,8
Всього ГРП	14		33,12	0,17			5,73	7,10	154,9	7	1,61	9,22	7,81	12,08	18,36
Установка для ручного нанесення порошкових фарб	1	32	32	0,23	0,65	1,17	7,36	8,60	1024						74,8
Всього виробничого приміщення	15		65,12	0,20			13,09	15,71	1178,9	3	2,31	30,23	17,28	34,82	

Розрахунок електричних навантажень цехової мережі є ключовим для забезпечення етапом для подальшого вибору ліній живлення, захисних апаратів та режимів роботи обладнання.

1.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

Враховуючи, що використання радіальних схем забезпечує високу надійність електропостачання та розташування ЕП в виробничого приміщення [2], то використовуємо радіальну схему для цехової мережі, що показано на рисунку 1.1.

Величину перерізу кожної окремої лінії живлення електроприймачів виробничого приміщення визначаємо за допустимим струмом.

Для забезпечення надійного захисту ліній електропостачання буде встановлено автоматичні вимикачі виробництва компанії ЕТІ моделей ЕВ та ЕВ2 [11]. Ці вимикачі призначені для ефективного відключення електричного кола у випадку перевантажень або коротких замикань, що дозволяє запобігти можливим аварійним ситуаціям та підвищити загальну безпеку електричних мереж. Вибір саме цих моделей обумовлений їхньою високою якістю, надійністю та відповідністю сучасним стандартам електробезпеки, що робить їх оптимальними для захисту різноманітних ліній у промислових та комерційних умовах.

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись наступні умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (1.12)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n. \quad (1.13)$$

$$I_{н.відк} \geq I_{к.макс}^{(3)}. \quad (1.14)$$

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ЕП-13.

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}; \quad (1.15)$$

$$I_p = \frac{32}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 74,8 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм визначимо наближено, в залежності від типу приводу:

$$I_n = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 74,8 = 374 \text{ (A)}. \quad (1.16)$$

Для захисту ЕП-13 приймаємо автоматичний вимикач з електронним розчіплювачем. Розрахуємо величину номінального струму розчіплювача та струму спрацювання відсічки для ЕП-13:

$$I_{н.розчип} \geq 1 \cdot 74,8 = 74,8 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} \geq 1,5 \cdot 374 = 560 \text{ (A)}.$$

За розрахованими значеннями струмів приймаємо ЕВ2 250/3L 125А Зр.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ГРП. При розрахунку групового навантаження розрахунковий струм ГРП склав $I_p = 18,36 \text{ А}$, дане значення менше суми струмів самих потужних ЕП приєднаних до ГРП, якими являються ЕП №5 (Листозгин ІГ 1428) та ЕП №12 (Прес пневмогідровлічний 40т), розрахунковий струм яких рівний $I_p = 16,4 + 17,7 = 34,1 \text{ А}$, тому в якості розрахункового струму ГРП приймаємо розрахунковий струм:

$$I_p = 34,1 \text{ (A)}.$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_{п} = I_p - K_B \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах}; \quad (1.17)$$

$$I_{п} = 34,1 - 0,16 \cdot 17,7 + 88,6 = 124,1 \text{ (A)}.$$

Вибираємо для захисту ГРП вимикач від виробника ЕТІ марки ЕВ2 100/3L 80А Зр. Номінальний струм розчіплювала та струм спрацювання відсічки для ГРП:

$$I_{н.розчип} = 80 \geq 1,1 \cdot 34,1 = 37,7 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} = 800 \geq 1,5 \cdot 124,1 = 186,2 \text{ (A)}.$$

В мережах напругою до 1000 В, КЛ вибирають за допустимим нагріванням.

$$I_{доп} \geq \begin{cases} I_p - \text{для не вибухонебезпечних приміщень,} \\ 1,25 \cdot I_p - \text{для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases} \quad (1.18)$$

Для лінії ЗРП – ГРП обираємо кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості АВВГзнг [6] прокладений у землі перерізом 3х25 з допустимим струмом $I_{доп} = 88 > I_p = 34,1 \text{ А}$.

АВВГзнг 3х4 (ож)-1 ТУ У 31.3-00214534-018-2003		
Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості		
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:		
Номинальна напруга	кВ	1
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²	3 х 4
Товщина фазної ізоляції	мм	1
Тривало допустимі струмові навантаження на змінному струмі промислової частоти *		
• при прокладанні у повітрі	А	29
• при прокладанні в ґрунті	А	37
Максимально допустима температура жили		
• тривало	°C	+70
• в аварійному режимі	°C	+90
• при короткому замиканні	°C	+160
Діапазон робочих температур	°C	-50 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	105
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	14
Маса кабелю (орієнтовно)	кг/км	190
Розрахункова будівельна довжина кабелю та маса бруто при постачанні на барабанах	м, т	# 10: 1210 • 0.3 # 12: 1670 • 0.4
Примітки:		

АВВГзнг 3х6 (ож)-1 ТУ У 31.3-00214534-018-2003		
Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості		
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:		
Номинальна напруга	кВ	1
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²	3 х 6
Товщина фазної ізоляції	мм	1
Тривало допустимі струмові навантаження на змінному струмі промислової частоти *		
• при прокладанні у повітрі	А	37
• при прокладанні в ґрунті	А	44
Максимально допустима температура жили		
• тривало	°C	+70
• в аварійному режимі	°C	+90
• при короткому замиканні	°C	+160
Діапазон робочих температур	°C	-50 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	112.5
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	15
Маса кабелю (орієнтовно)	кг/км	230
Розрахункова будівельна довжина кабелю та маса бруто при постачанні на барабанах	м, т	# 12: 1450 • 0.4
Примітки:		
При замовленні будівельну довжину виробу необхідно погоджувати з виробником		

Рисунок 1.2 – Конструкція кабелів АВВГзнг 3х4 та 3х6 які задіяні для живлення ЕП виробничого приміщення

АВВГзнг 3х25 (ож)-1 ТУ У 31.3-00214534-018-2003		
Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості		
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:		
Номинальна напруга	кВ	1
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²	3 х 25
Товщина фазної ізоляції	мм	1.2
Тривало допустимі струмові навантаження на змінному струмі промислової частоти *		
• при прокладанні у повітрі	А	87
• при прокладанні в ґрунті	А	102
Максимально допустима температура жили		
• тривало	°C	+70
• в аварійному режимі	°C	+90
• при короткому замиканні	°C	+160
Діапазон робочих температур	°C	-50 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	187.5
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	25
Маса кабелю (орієнтовно)	кг/км	720
Розрахункова будівельна довжина кабелю та маса бруто при постачанні на барабанах	м, т	# 14: 930 • 0.9
Примітки:		
При замовленні будівельну довжину виробу необхідно погоджувати з виробником		

Рисунок 1.3 – Конструкція кабелю АВВГзнг 3х25 за допомогою якого відбувається живлення ГРП

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-4, як найбільш віддаленого споживача:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_H} \cdot l; \quad (1.19)$$

$$\Delta U_{\text{ЗРП-ГРП}} = \frac{9,22 \cdot 2,4 + 7,81 \cdot 0,084}{380} \cdot 50 = 3 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ГРП-ЕП4}} = \frac{1 \cdot 9,61 + 1 \cdot 1,17 \cdot 0,098}{380} \cdot 24 = 0,61 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ЗРП-ЕП4}} = \Delta U_{\text{ТП-ЗРП}} + \Delta U_{\text{ЗРП-ЕП4}} = 3 + 0,61 = 3,61 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП15}} = \frac{3,61}{380} \cdot 100\% = 0,95. \quad (1.20)$$

Дана втрата напруги в лінії живлення являється допустимою. Для інших споживачів розрахунків виконуємо аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Захисна апаратура та провідники цехової мережі

Найменування ЕП	І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	І _{доп} , А
ГРП	18,36	104,1	ЕВ 100/3L 80А 3р	80	80	800	АВВГзнг	3х25+1х16	В землі	88
1 Компресор рес-50,8атм,206л/хв	2,5	12,7	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
2 Токарний станок 1К62 б/в	8,9	44,3	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
3 Точило JBG10A 380В	1,8	8,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
4 Компресор СБ4/С-100.LB40	2,3	11,7	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
5 Листозгин ІГ 1428	16,4	81,8	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
6 Машина точкової контактної зварки МТ-501	2,8	13,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
7 Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	3,8	19,0	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
8 Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	13,1	65,4	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
9 Транспортна система ТС.040хх	0,7	3,5	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
10 Трубогіб-вальцовочний	0,5	2,4	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
11 Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1,2	5,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
12 Прес пневмогідравлічний 40т.	17,7	88,6	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
13 Установка для ручного нанесення порошкових фарб	74,8	374	ЕВ2 250/3L 125А 3р	125	125	2500	АВВГзнг	3х50+1х25	В землі	143
14 Станок порізки металу НК43214	4,8	23,9	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
15Кран-балка	3,8	19,0	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	37

1.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться з метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [12].

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-5. Складемо розрахункову схему рисунок 1.4.

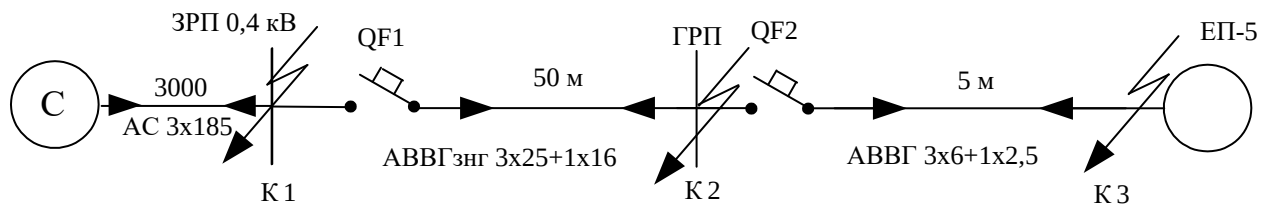


Рисунок 1.4 – Схема електропостачання ЕП-5

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 0,00101 \text{ (Ом)}. \quad (1.22)$$

де С - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга системи в точці з'єднання з мережею;

I_K'' – початкова сила струму КЗ.

Оскільки живлення здійснюється на напрузі 10 кВ то активний і реактивний опір системи знаходиться:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (мОм)}; \quad (1.23)$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ (мОм)}. \quad (1.24)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2, Л3:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,158 \cdot 3000 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,785 \text{ (мОм)}; \quad (1.26)$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,062 \cdot 3000 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,297 \text{ (мОм)}; \quad (1.27)$$

$$Z_{L2} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{2,4^2 + 0,084^2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 12,2 \text{ (мОм)};$$

$$Z_{L3} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{6,41^2 + 0,094^2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 32,1 \text{ (мОм)}.$$

Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Дані для розрахунку струмів КЗ та коефіцієнта чутливості

Ділянка кола	L, м	R0, мОм/м	X0, мОм/м	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	Zφ-0, мОм
Л1	3000	0,158	0,062	0,785	0,297	0,839	3,35
Л2	50	2,4	0,084			12,2	1,05
Л3	5	6,41	0,094			32,1	5,92

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (1.28)$$

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

- для точки КЗ

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 0,839 + 12,2 + 32,1)} = 4,75 \text{ (кА)}.$$

- для точки К2

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 0,839 + 12,2)} = 12,95 \text{ (кА)}.$$

- для точки К1

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 0,839)} = 35,49 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо вибрані вимикачі на комутаційну здатність:

$$I_{\text{cu}} > I_{\text{к.макс}}^{(3)}. \quad (1.29)$$

QF1: EB 100/3L 63A 3p з $I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 35,49 \text{ (кА)}.$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

QF2: EB 100/3L 25A 3p з $I_{\text{cu}} = 17,5 \text{ (кА)}$.

$$I_{cu} = 17,5 \text{ (кА)} > I_{к.мах}^{(3)} = 12,95 \text{ (кА)}.$$

Для точки К2 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

Виконаємо перевірку селективності дії захисту.

Визначимо струм однофазного КЗ в точці КЗ з урахуванням ПП:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l}; \quad (1.30)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ мОм – повний опір трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{ф-н}$ - питомий опір петлі фаза-ноль;

l – відстань до місця КЗ.

Розраховуємо струм однофазного КЗ на кінці лінії ТП-ГРП:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T} + 3 \cdot R_{пер})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7 + 3 \cdot 3,8)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 16,84 \text{ (мОм)}; \\ I_{к2}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{16,84}{3} + 1,05 \cdot 3} = 25,1 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (1.31)$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-11:

$$\begin{aligned} Z_T^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 10,29 \text{ (мОм)}; \\ I_{к3}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{10,26}{3} + 1,05 \cdot 3 + 5,92 \cdot 25} = 1,42 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (1.32)$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (1.33)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП – ГРП:

$$I_{H.ROЗЧ} = 63 \text{ (A)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{25100}{3} = 8366,7 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ГРП – ЕП-11:

$$I_{H.ROЗЧ} = 25 \text{ (A)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{1420}{3} = 473,3 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

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

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (1.34)$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП - ГРП(вимикач 1), ГРП - ЕП-5 (вимикач 2) (дані про вимикачі знаходяться в таблиці (1.2).

$$I_{c.B1} = 800 \text{ (A)} > (1,3..1,5)250 = 325...375 \text{ (A)}.$$

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

Карта селективності захисту зображена на рисунку 1.5.

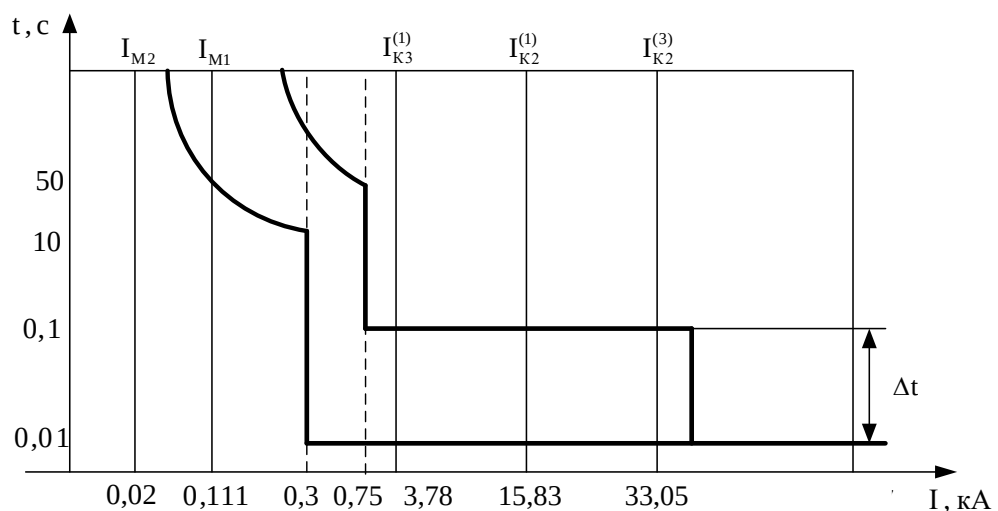


Рисунок 1.5 – Карта селективності захисту

1.5 Розробка та розрахунок системи освітлення

Виробничий цех має виробничу площу у 360 м². Висота цеху – 6 м, розміри – 24х15 м. Тривалість зміни – 8 годин. Розряд зорових робіт – III. Системи електропостачання виконана кабельними лініями та проводами в кабельних каналах. В цеху відсутнє природне освітлення.

Система освітлення, що проектується включатиме робоче та аварійне освітлення згідно рекомендацій наведених в [9].

Робоче освітлення створюватиме потрібну по нормам освітленість, забезпечуючи тим самим необхідні умови роботи при нормальному режимі експлуатації споруди. Аварійне освітлення створюватиме на поверхнях, що вимагають обслуговування, освітленість 5% від нормованої для загального освітлення.

В якості джерела освітлення цеху вибираються люмінесцентні лампами ЛБ–80. Паспортні дані ламп наведені у таблиці 1.4 [8].

Таблиця 1.4–Характеристики ламп

Марка, модель	Тип ламп	Електрична потужність, Вт	Світловий потік, лм	Термін експлуатації, год
ЛБ–80	люмінесцентна	80	6500	10000

Для освітлення цеху вибираються світильники: ЛДР, довжина світильника $L_{св} = 1,3$ м. Паспортні дані світильника наведені у таблиці 1.5 [10].

Таблиця 1.5 – Характеристики світильників

ступінь захисту:	IP20
кут розсіювання, град:	120
тип світильника:	вмонтовані
світлова ефективність, Лм/Вт:	70
розмір, мм:	1300x190x40мм
матеріал корпусу:	алюміній
температура кольору, К:	4000K/6000K
споживана потужність, Вт:	80 Вт
термін служби, год:	25000
напруга живлення, В:	110-240 В

Розташовуватися світильники будуть таким чином щоб забезпечити нормовану величину світлового потоку.

Метод коефіцієнта використання застосовується для розрахунку загального рівномірного освітлення світильниками будь-якого типу за відсутності затінюючого обладнання.

Число світильників у приміщенні визначають з умови найвигіднішої відносної відстані між ними по відомих параметрах приміщення: довжині, ширині і розрахунковій висоті [6].

Розрахунок проводиться на прикладі ділянки А. Розрахунки для ділянки Б будуть аналогічними.

Розрахункову висоту визначають за формулою:

$$h_p = H - (h_{rp} + h_c), \quad (1.35)$$

де H – висота даного цеху, м;

h_c – висота звісу світильника, м;

h_p – висота робочої поверхні від підлоги, м.

$$h_p = 6 - (1 + 0) = 5 \text{ (м)},$$

За таблицею 5-1 [5] приймаємо коефіцієнти відбивання поверхонь:

$$\rho_{\pi} = 50 \%, \rho_c = 30 \%, \rho_p = 10 \%,$$

де ρ_{π} , ρ_c , ρ_p – коефіцієнти відбивання стелі, стін і робочої поверхні відповідно.

За розмірами приміщення визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (1.36)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м.

$$i = \frac{24 \cdot 15}{5 \cdot (24 + 15)} \approx 1,846,$$

За знайденим індексом приміщення вибираємо коефіцієнт використання: $\eta = 52 \%$.

Враховуючи тип світильників, задається коефіцієнт запасу: $k_z = 1,5$ і коефіцієнт нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп $z = 1,1$.

Визначаємо необхідну кількість світильників ЛДР при розрахунковому світловому потоці люмінесцентних ламп ЛБ–80 $\Phi_{\text{л}} = 6500$ лм:

$$N_{\text{світ}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (1.37)$$

$E_{\text{н}}$ - нормована освітленість, для робіт високої точності III розряду зорової роботи та при штучному освітленні, $E_{\text{н}} = 300$ лк

де S – площа приміщення, м^2 ;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік люмінесцентних ламп;

n – кількість ламп.

$$N_{\text{світ}} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6500 \cdot 2 \cdot 0,51} = 26,9 = 28,$$

Розташуємо світильники в 4 рядів вздовж цеху таким способом, щоб в кожному ряді було по 7 світильників.

Загальна установлена потужність світильників:

$$P_{\text{уст}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} = 28 \cdot 2 \cdot 0,08 = 4,48 \text{ (кВт)}, \quad (1.38)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність лампи, Вт;

Розрахункова потужність з врахуванням ПРА:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{уст}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ПРА}} = 4,48 \cdot 1 \cdot 1,2 = 5,38 \text{ (кВт)}, \quad (1.39)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт попиту;

$k_{\text{ПРА}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі;

Аварійне освітлення повинно створювати на поверхнях, що вимагають обслуговування, освітленість 5% від нормованої для загального освітлення. Тому на дільницях норма аварійної освітленості становить:

$$E_{\text{а}} = E_{\text{н}} \cdot 5\% = 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ (лк)}.$$

Світильники аварійного освітлення переважно виділяються з числа світильників робочого освітлення.

Вибір світильників аварійного освітлення здійснюється аналогічно вибору світильників робочого освітлення. В якості світильників для аварійного освітлення механічного цеху вибираємо світильники ЛДР з люмінесцентними лампами ЛБ–80.

Визначаємо необхідну кількість світильників ЛДР для аварійного освітлення цеху при розрахунковому світловому потоці ламп ЛБ –80 ФЛ = 6500 лм:

$$N_{\text{світ}} = \frac{15 \cdot 24 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6500 \cdot 2 \cdot 0,51} = 1,34 = 2.$$

Розташуємо в трьох рядах по 1 аварійному світильнику.

Загальна установлена потужність світильників:

$$P_{\text{уст}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} = 2 \cdot 2 \cdot 0,08 = 0,32 \text{ (кВт)}.$$

Споживана потужність з врахуванням ПРА:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{уст}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ПРА}} = 0,32 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,384 \text{ (кВт)}.$$

Визначають контрольні точки на робочій поверхні з вірогідними мінімальними та максимальними значеннями освітленості.

Виконаємо перевірку правильності розрахунків за допомогою точкового методу, який не враховує відбиваючі складові і освітленість від віддалених світильників.

На плані цеху зображується розташування світильників (рисунк 1.6).

Лінії освітлення розбиваються на ділянки, що відсікаються площиною, що проходить перпендикулярно до ліній через розрахункову точку (на рис.1.6 показано чотири ділянки).

Для кожної i -ї ділянки визначаються відносні горизонтальні освітленості ε_i .

Для їх визначення необхідно попередньо знайти величини p'_i і L'_i для за формулами:

$$p'_i = \frac{p_i}{h}; \quad L'_i = \frac{L_i}{h},$$

де p_i – відстань від заданої точки на розрахунковій поверхні і проекції i -ї ділянки світильників на цю поверхню;

h – розрахункова висота;

L_i – довжина i -ї ділянки світильників.

$$p' = \frac{p}{h} = \frac{2,5}{5} = 0,5,$$

$$L' = \frac{L}{h} = \frac{18}{5} = 3,6,$$

Таблиця 1.6 - Результати розрахунки освітленості від освітлювальних ліній

№ ділянки	p_n м	$p_n^{\perp}$ в.о.	L_n м	$L_n^{\perp}$ в.о.	e м	Σe
1	2,2	0,5	18	3,6	95	460
2	2,2	0,5	7	1,4	90	
3	2,2	0,5	18	3,6	95	
4	2,2	0,5	7	1,4	90	
5	5	1,5	18	3,6	30	
6	5	1,5	7	1,4	30	
7	8,5	1,7	18	3,6	15	
8	8,5	1,7	7	1,4	15	

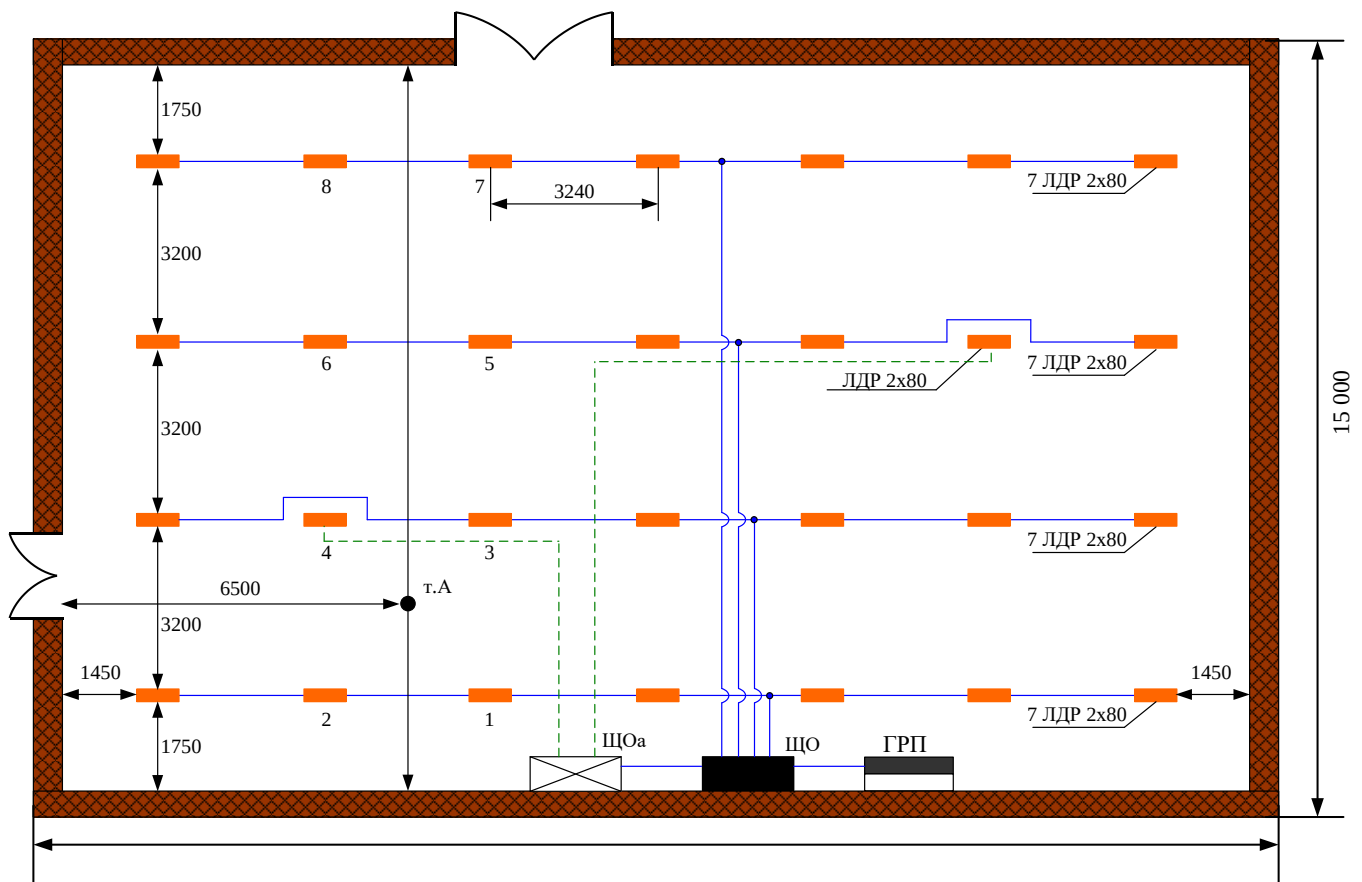


Рисунок 1.6 - Розрахунок системи освітлення точковим методом

Знаходимо світловий потік за формулою:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k \cdot h_p}{\mu \cdot \Sigma e} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 5}{1,1 \cdot 460} = 3647 \text{ (лм/м)}.$$

Повний світловий потік ламп в ряду:

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 3647 \cdot 24 = 87528 \text{ (лм)}.$$

Кількість світильників з двома лампами ЛБ-2х80 при розрахунковому світловому потоці лампи в ряду:

$$N_p = \frac{\Phi}{n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{87528}{2 \cdot 6500} = 6,73 = 7 \text{ (світ)}.$$

Сумарна кількість світильників у цеху:

$$N = n_{\text{св}} \cdot n_{\text{ряд}} = 7 \cdot 4 = 28 \text{ (шт)}.$$

Визначаємо відстань між центрами сусідніх світильників в ряду:

$$L_{\text{ц,св}} = \frac{\Phi_{\text{св}}}{\Phi'} = \frac{2 \cdot 6500}{3647} = 3,56 \text{ (м)}.$$

Отримані результати вказують на вірність проектних рішень. Спроектована система освітлення забезпечить нормований рівень освітленості робочих поверхонь.

Вибираємо до встановлення щиток марки ЩА-601 [8] з номінальним струмом 63 А, який має 6 відхідних автоматичних вимикачів (обираємо струм спрацювання відсічки 6 А).

Таблиця 1.7 – Розрахункові потужності по ЩО

Щиток освітлення	Р _р , кВт
ЩО	5,38
ЩОа	0,384

При розрахунку освітлювальних мереж для визначення ΔU можна використати наступну залежність: $\Delta U = \frac{M}{S \cdot C}$;

де M – момент навантаження; $M = P_p \cdot L_{\text{розр}}$;

S – переріз провідника лінії освітлення, мм²;

C – коефіцієнт, що рівний для трьохфазної мережі: для міді – 72, алюмінію – 44 – в мережі 380/220 В з нульовим провідником і 380 В без нульового провідника; для міді – 24, алюмінію – 14,7 – в мережі 220/127 В з нульовим провідником та 220

В без нульового провідника; для міді – 0,648, алюмінію – 0,396 – в мережах напругою 36 В.

Для двохпровідних мереж 380/220 В значення коефіцієнта С дорівнює: для міді – 32, алюмінію – 19,5, а для однофазної напругою 220 В він дорівнює: для міді – 12, алюмінію – 7,4 та для однофазної напруги 127 В: для міді – 4, алюмінію – 2,46.

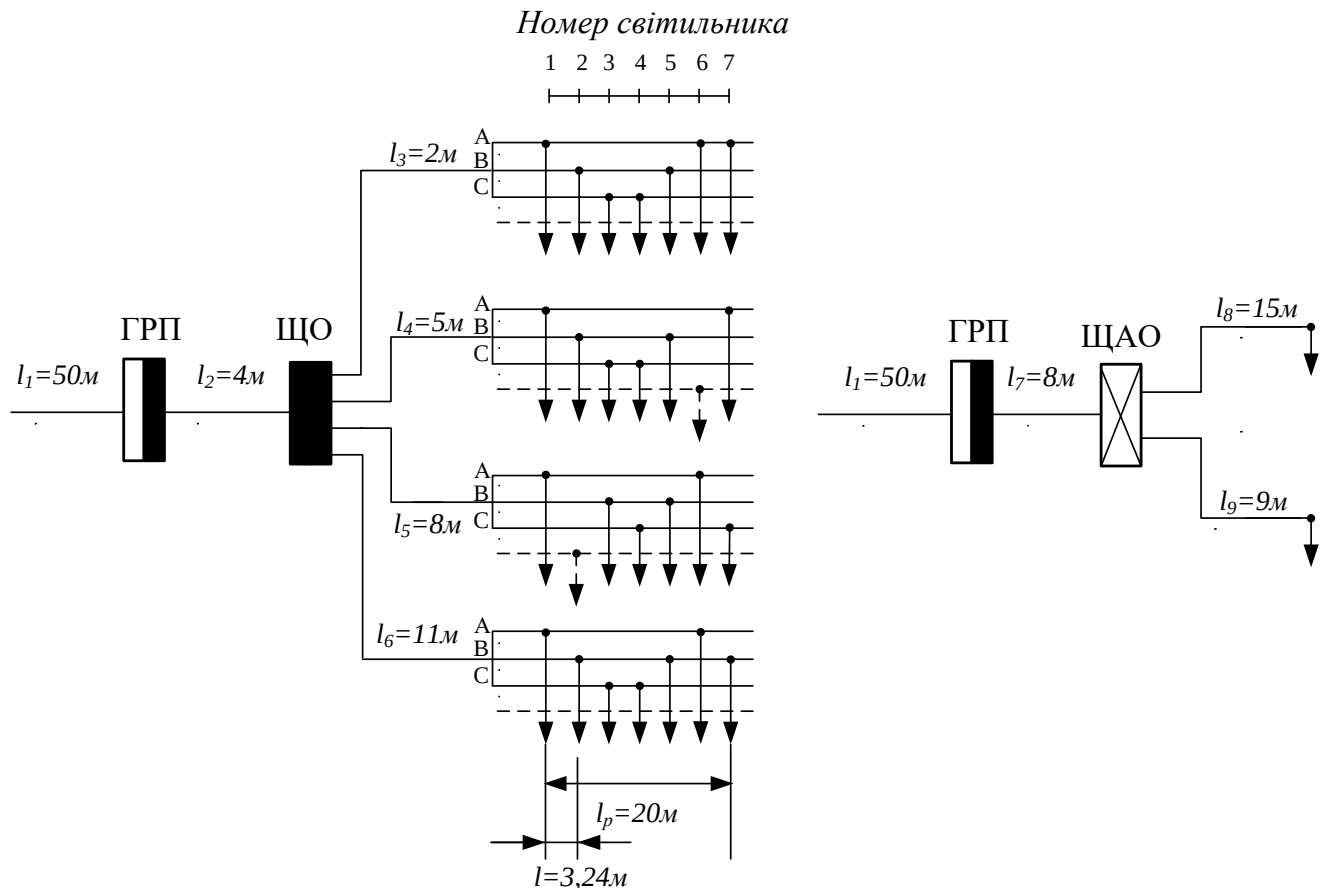


Рисунок 1.7 – Однолінійна схема живлення освітлювальної мережі

Розраховуємо освітлювальну мережу за допустимим нагрівом. Даний розрахунок полягає у визначенні розрахункового струму відповідної ділянки. Знаючи тип провідника і використовуючи довідковий матеріал, що містить допустимі струми, вибираємо переріз провідника ділянки.

Для чотирипровідної мережі розрахунковий струм визначається:

$$I_p = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi}, \quad (1.40)$$

де P_{po} - розрахункова потужність по ЩО;

$U_{л}$ – лінійна напруга мережі, дорівнює 380 В;

$\cos \varphi$ - для світлодіодних ламп дорівнює 1.

Визначимо струм для ЩО:

$$I_p = \frac{5,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 15,7 \text{ (A)},$$

Визначимо струм для ЩОа:

$$I_p = \frac{0,384 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 1,2 \text{ (A)},$$

Визначимо поперечний переріз провідників живлячих ліній.

Визначаємо момент навантаження для провідників робочого освітлення:

$$M_{L2} = P_{p.o.i} \cdot l_{\text{ЩО}} = 5,38 \cdot 4 = 21,52 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$P_{p.o.} = 2 \cdot 0,08 \cdot 1,2 = 0,2 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L3A} = Pl_3 + P(l_3 + 5l + 6l) = 2Pl_3 + 11lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 11 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 9,13 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L3B} = P(l_3 + l) + P(l_3 + 4l) = 2Pl_3 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 5,5 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L3C} = P(l_3 + 2l) + P(l_3 + 3l) = 2Pl_3 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 5,5 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L4A} = Pl_4 + P(l_4 + 6l) = 2Pl_4 + 6lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 6 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 5,89 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L4B} = P(l_4 + l) + P(l_4 + 4l) = 2Pl_4 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 5,24 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L4C} = P(l_4 + 2l) + P(l_4 + 3l) = 2Pl_4 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 5 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 5,24 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L5A} = Pl_5 + P(l_5 + 5l) = 2Pl_5 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 8 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 6,44 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L5B} = P(l_5 + 2l) + P(l_5 + 4l) = 2Pl_5 + 6lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 8 + 6 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 7,1 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L5C} = P(l_5 + 2l) + P(l_5 + 6l) = 2Pl_5 + 8lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 8 + 8 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 8,38 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L6A} = Pl_6 + P(l_6 + 5l) = 2Pl_6 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 11 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 7,64 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L6B} = P(l_6 + l) + P(l_6 + 4l + 6l) = 2Pl_6 + 11lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 11 + 11 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 11,53 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L6C} = P(l_6 + 2l) + P(l_6 + 3l) = 2Pl_6 + 5lP = 2 \cdot 0,2 \cdot 11 + 5 \cdot 0,2 \cdot 3,24 = 7,64 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

Визначаємо приведений момент навантаження:

$$M_{\text{пр}L2} = 21,52 + 1,85 \cdot (9,13 + 5,5 + 5,5 + 5,89 + 5,24 + 5,24 + 6,44 + 7,1 + 8,38 + 7,64 + 11,53 + 7,64) = 179,2 \text{ (кВт} \cdot \text{м)}.$$

$C = 77$ для трьохфазної мережі з мідними провідниками.

Визначаємо переріз другої ділянки::

$$s_2 = \frac{M_{\text{пр}}}{c \cdot \varepsilon_{\text{найб}}} = \frac{179,2}{77 \cdot 1} = 2,33 = 2,5 \text{ (мм}^2\text{)};$$

Приймаємо провід ПВЗ 4(1х2,5) для ЩО.

Визначаємо дійсне відхилення напруги на ділянках:

$$\Delta U = \frac{M_{L2}}{C \cdot S_2} = \frac{21,52}{77 \cdot 2,5} = 0,11 \text{ \%}.$$

Визначається переріз четвертої ділянки (для найбільш завантаженої фази):

$$s_6 = \frac{m_{6B}}{c(\varepsilon_{\text{найб}} - \varepsilon_2)} = \frac{11,53}{12,8 \cdot (1 - 0,111)} = 0,896 = 1,5 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$\Delta U = \frac{M_{L4}}{C \cdot S_4} = \frac{11,53}{12,8 \cdot 1,5} = 0,6 \text{ \%};$$

$$\Delta U = 0,111 + 0,6 = 0,611 \text{ \%};$$

Визначаємо момент навантаження для провідників аварійного освітлення першого, другого та третього світильників:

$$M_{L7} = P_{\text{а.о.}} \cdot l_{\text{ЩОа}} = 0,2 \cdot 2 \cdot 5 = 2 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L8} = P_{\text{а.о.}} \cdot l_{\text{ЩОа}} = 0,2 \cdot 15 = 3 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$m_{L9} = m_{L9} = P_{\text{а.о.}} \cdot l_{\text{ЩОа}} = 0,2 \cdot 9 = 1,8 \text{ (кВт} \cdot \text{м)};$$

$$M_{\text{пр}L7} = 2 + 1,85 \cdot (3 + 1,8) = 10,88 \text{ (кВт} \cdot \text{м)}.$$

$$S_{\text{розр(авар)}} = \frac{M}{C \cdot \Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{10,88}{12,8 \cdot 0,5} = 1,7 = 2,5 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$\Delta U = \frac{M_{L7}}{C \cdot S_7} = \frac{2}{12,8 \cdot 2,5} = 0,06\%;$$

$$s_8 = \frac{m}{c(\varepsilon_{\text{найб}} - \varepsilon)} = \frac{3}{12,8 \cdot (1 - 0,06)} \approx 0,25 \approx 1,5 \text{ (мм}^2\text{)};$$

Для освітлювальної мережі вибираємо наступні проводи:

ГРП-ЩО: ПВЗ 4(1х2,5) – відкрито; ГРП-ЩОа: ПВЗ 4(1х2,5) – відкрито; ЩО-1: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах; ЩО-2: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах; ЩО-3: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах; ЩО-4: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах; ЩОа-1: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах; ЩОа-2: ПВЗ 2(1х1,5) – в коробах.

1.6 Визначення величини споживаного навантаження підприємством

Підприємство «Вінницяміськліфт» працює в одну зміну з 08:00 до 16:00, 249 днів протягом року. Система освітлення розбита на робочі зони, і працює при необхідності освітлюючи окремий робочий простір відповідної секції.

Час використання максимального навантаження $T_m = 1992$ год/рік.

Час максимальних втрат дорівнює $\tau_m = 919,59$ год/рік.

Тариф за спожиту активну електроенергію $t = 6,649$ грн/кВт*год.

Споживачами електричної енергії на підприємстві являються електричні апарати у кількості 15 шт. та система освітлення.

У виробничому приміщенні відсутні джерела природного світла. Тому над робочими поверхнями завжди задіяно світло від системи освітлення.

Добовий графік споживання реактивного навантаження електроприймачами цеху без врахування системи освітлення наведено на рисунку 1.8.

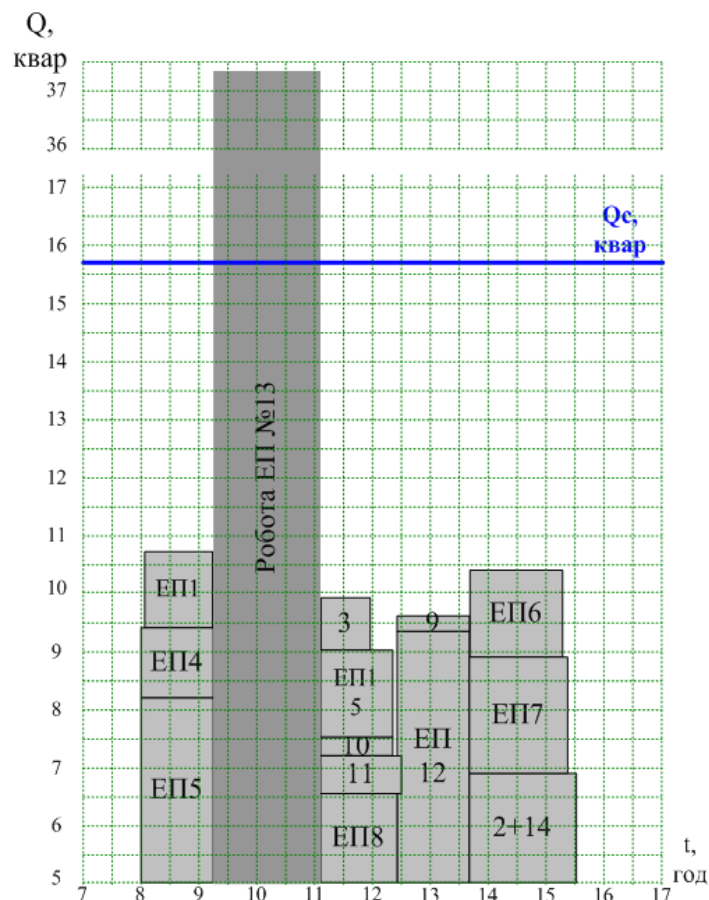


Рисунок 1.8 – Добовий графік реактивного навантаження підприємства

Добовий графік споживання активного навантаження підприємством без врахування навантаження системи освітлення наведено на рисунку 1.9.

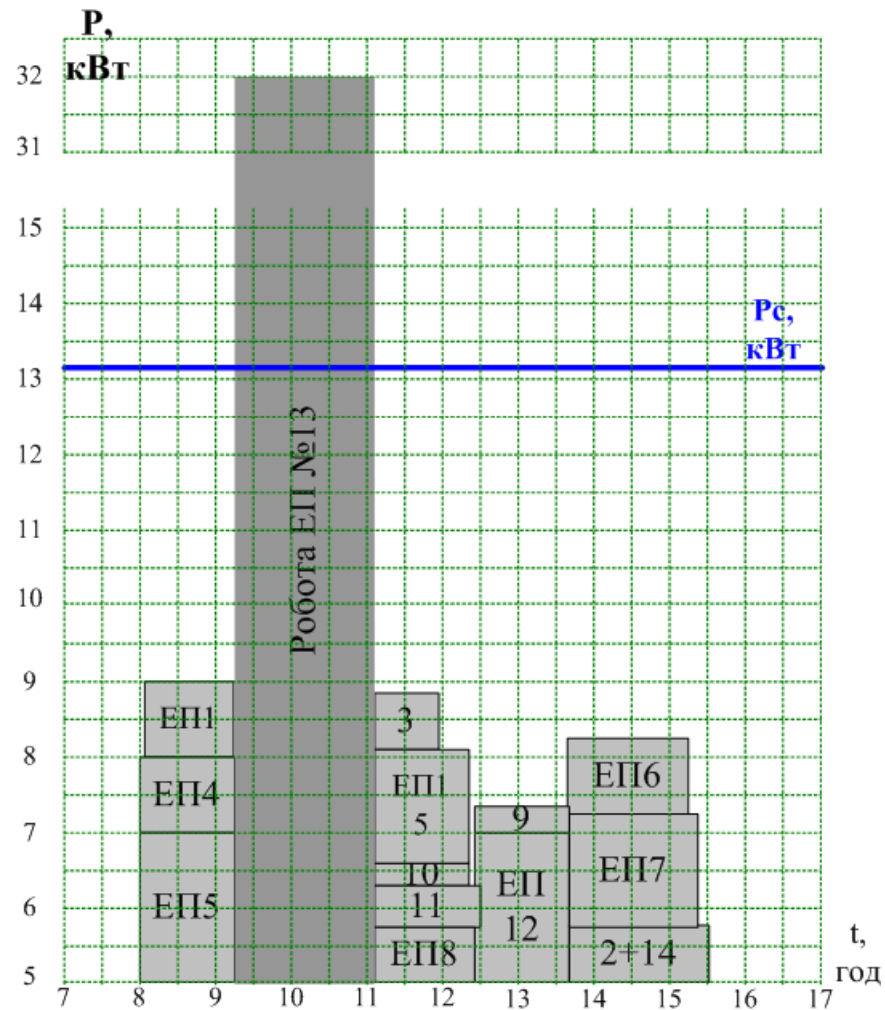


Рисунок 1.9 – Добовий графік активного навантаження підприємства

Визначення втрат активної енергії в лініях електропередачі підприємства здійснюємо в табличній формі використовуючи наступні формули:

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (1.41)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (1.42)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 10.25 [2]),

Таблиця 1.8 – Втрати активної енергії в лініях живлення

Лінія	Марка кабелю	Переріз	К-сть ліній	ІМ, А	L, м	R _{пит} , Ом/км	R, Ом	τ, год./рік	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт·год.
ЕП-1	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,5	15	9,61	0,14415	919,59	0,003	2,485
ЕП-2	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	8,9	15	9,61	0,14415	919,59	0,034	31,500
ЕП-3	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	1,8	15	9,61	0,14415	919,59	0,001	1,288
ЕП-4	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,3	24	9,61	0,23064	919,59	0,004	3,366
ЕП-5	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	16,4	5	6,41	0,03205	919,59	0,026	23,781
ЕП-6	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,8	8	9,61	0,07688	919,59	0,002	1,663
ЕП-7	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	3,8	6	9,61	0,05766	919,59	0,002	2,297
ЕП-8	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	13,1	10	6,41	0,0641	919,59	0,033	30,347
ЕП-9	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	0,7	24	9,61	0,23064	919,59	0,000	0,312
ЕП-10	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	0,5	10	9,61	0,0961	919,59	0,000	0,066
ЕП-11	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	1,2	24	9,61	0,23064	919,59	0,001	0,916
ЕП-12	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	17,7	10	6,41	0,0641	919,59	0,060	55,401
ЕП-13	АВВГзнг	3х50+1х25	1	74,8	50	0,769	0,03845	919,59	0,645	593,492
ЕП-14	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	4,8	14	9,61	0,13454	919,59	0,009	8,552
ЕП-15	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	3,8	16	9,61	0,15376	919,59	0,007	6,125
Разом									0,828	761,593

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (1.43)$$

Таблиця 1.9 – Річне споживання активної електроенергії

№	Назва цеху	К-сть змін	T _м , год.	cos φ	P _p , кВт	E _a , кВт·год./рік
1	Компресор рес-50,8атм,206л/хв	1	1992	0,6	0,14	186,05255
2	Токарний станок 1К62 б/в	1	1992	0,6	0,81	1076,4469
3	Точило JBГ10А 380В	1	1992	0,65	0,08	106,31574
4	Компресор СБ4/С-100.ЛВ40	1	1992	0,65	0,16	212,63149
5	Листозгин ІГ 1428	1	1992	0,65	1,05	1395,3941
6	Машина точкової контактної зварки МТ-501	1	1992	0,55	0,2	265,78936
7	Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	1	1992	0,6	0,32	425,26297
8	Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	1	1992	0,65	0,95	1262,4995
9	Транспортна система ТС.040хх	1	1992	0,75	0,05	66,44734
10	Трубогіб-вальцовочний	1	1992	0,7	0,04	53,157872
11	Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1	1992	0,65	0,09	119,60521
12	Прес пневмогідровлічний 40т.	1	1992	0,6	1,12	1488,4204
13	Установка для ручного нанесення порошкових фарб	1	1992	0,65	7,36	9781,0484
14	Станок порізки металу НК43214	1	1992	0,7	0,48	637,89446
15	Кран-балка	1	1992	0,6	0,24	318,94723
	Разом				13,090	17395,913

Розрахунок обсягу спожитої електроенергії системою освітлення здійснюємо враховуючи, що система освітлення розбита на робочі зони, і працює при необхідності освітлюючи окремий робочий простір відповідної секції, що приблизно дорівнює половині часу робочого дня:

$$E_{CO} = P_{CO} \cdot t_{\text{роб.дня}} \cdot 0,5 \cdot N_{\text{роб.дусд}} = 5,38 \cdot 8 \cdot 0,5 \cdot 249 = 5358,48 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + E_{oc} + \Delta E_{л}; \quad (1.44)$$

$$E = 17395,913 + 5358,48 + 761,593 = 23515,986 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Отже для забезпечення підприємства безперебійної роботи за допомогою живлення від джерела розсередженої генерації необхідно розробити фотоелектричну станцію такої потужності, яка буде взмозі генерувати 23516 кВт·год./рік. Для цього здійснимо необхідні розрахунки та проектні рішення, які будуть враховувати особливості об'єкта проектування.

Щоб спроектована СЕС змогла повністю задовільнити дені потреби підприємства її генерація повина складати 154,4 кВт·год./день. У вихідні дні а також у дні коли винникатиме надлишок генерації необхідно розробити умови для продажу надлишкової генерації в електричну мережу за зеленим тарифом.

Також розроблена СЕС має бути оснащена необхідними захисними апаратами які врахують особливості електроприймачів підприємства, для надійної роботи всієї спроектованої мережі.

1.7 Вибір потужності конденсаторних батарей

Найефективнішим способом зниження споживання реактивної потужності з мережі є застосування компенсаторів (БСК, СД, синхронні компенсатори). Вони підключаються до мережі, що дозволяє знизити втрати потужності та падіння напруги.

Для підприємств, що мають змінну потребу в реактивній потужності, постійно увімкнені конденсаторні батареї не підходять. У таких випадках батареї обладнують спеціальним контролером, комутаційними пристроями та захистом. Контролер автоматично підключає чи відключає ступінчасту батарею конденсаторів, якщо $\cos\varphi$ відхиляється від заданого значення. Використання централізованої компенсації має ту перевагу, що рівень ємності батареї відповідає поточній потребі у реактивній потужності, уникаючи надмірної або недостатньої компенсації.

На рисунку 1.10 зображено добовий графік реактивного навантаження для ТП. На графіку присутні години мінімальних та пікових навантажень.

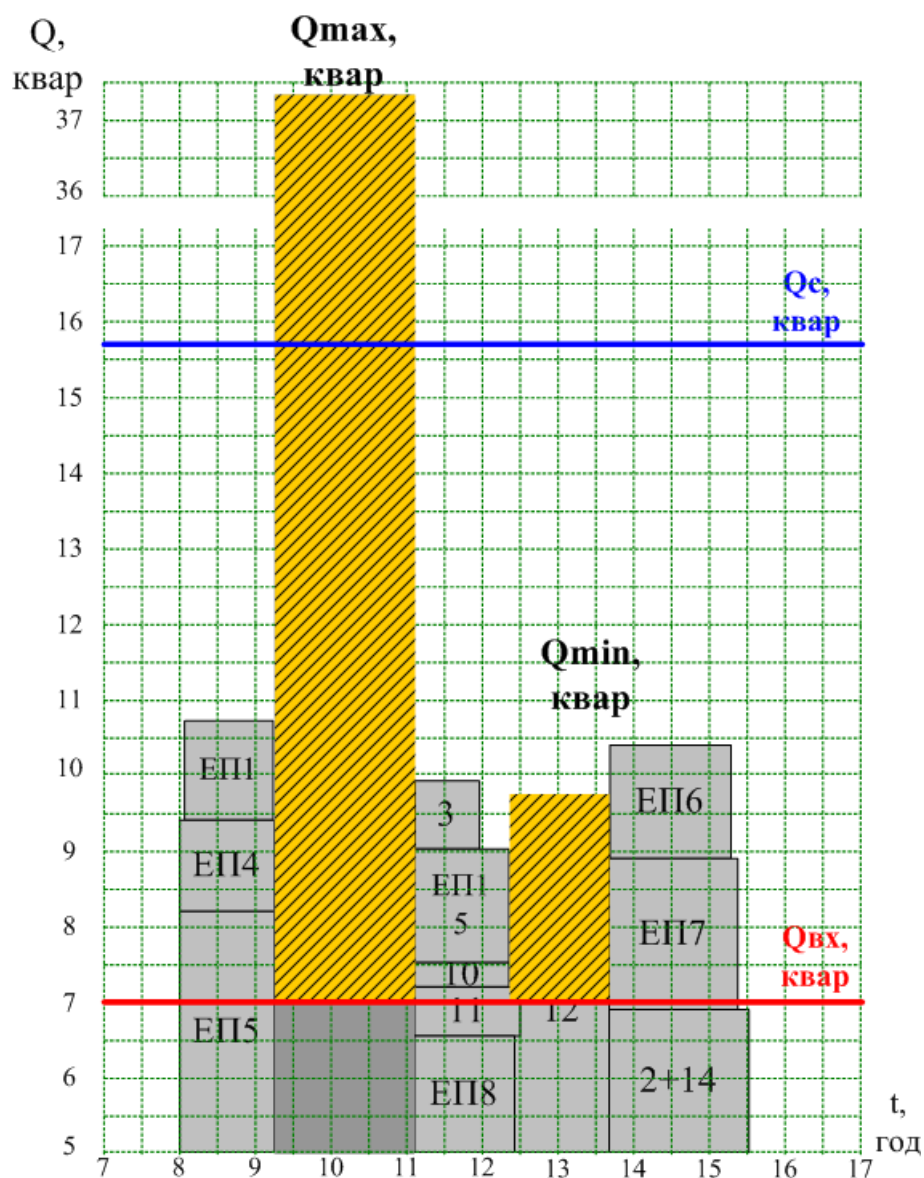


Рисунок 1.10 – Добовий графік реактивного навантаження до КРП для ТП

З добового графіку реактивного навантаження слідує що мінімальне значення яке необхідно скомпенсувати для дотримання величини вхідної реактивної потужності рівна 3 квар, а максимальне значення 30 квар.

Результат вибору показав що на підприємстві оптимально використати конденсаторну установку типу УКРМ-0,4-30/5 з кроком регулювання 2,5 квар.

Висновки по розділу 1:

1. Існуюча система електропостачання підприємства являється морально та технічно застарілою та потребує підвищення енергоефективності шляхом розробки нової системи електропостачання, яка буде реалізовано за допомогою сучасного високоефективного обладнання.

2. Важливі елементи електричної мережі можуть бути вдосконалені, що дозволить в свою чергу СЕП краще відповідати параметрам аварійного та післяаварійного режимів роботи.

3. Для підприємства актуальним є питання розробки та впровадження незалежного джерела генерації потужності, використання якого дозволить підприємству не залежати від електричної мережі та продовжувати свою роботу під час відключень світла.

4. Визначено потужність яку необхідно генерувати фотоелектричною станцією протягом року для забезпечення підприємства електричною енергією. Дана величина складає 23516 кВт·год./рік.

5. Зважаючи на наявні економічні та технічні параметри діючої СЕП ВМКП «Вінницяміськліфт» можна зробити висновок що оптимізація СЕП являється актуальною задачею для даного підприємства.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

2.1 Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій

Отже, для забезпечення безперебійної роботи підприємства за допомогою живлення від джерела розсередженої генерації необхідно розробити фотоелектричну станцію, здатну генерувати 23516 кВт·год./рік. Для цього слід врахувати кілька ключових факторів:

- Розташування та інсоляція: ефективність фотоелектричної станції залежить від кількості сонячного світла в конкретному регіоні. Наприклад, на території України середня річна інсоляція коливається від 1000 до 1400 кВт·год./м² [13], що потрібно врахувати для розрахунку площі панелей;

- Площа та кут нахилу панелей: для генерування заданої кількості електроенергії необхідно підібрати оптимальну площу сонячних модулів та визначити їх розташування під кутом, що максимізує ефективність протягом року;

- Тип і кількість фотоелектричних модулів [14]: вибір типу панелей (моно- або полікристалічні) і їх кількості залежить від необхідної потужності, яка має забезпечити встановлену генерацію. Наприклад, монокристалічні панелі можуть мати вищу ефективність, що дозволяє зменшити необхідну площу установки;

- Енергонакопичувальні системи: для забезпечення стабільного постачання енергії, особливо в періоди недостатньої сонячної активності (нічний час або похмурі дні), може знадобитися встановлення акумуляторів. Їх об'єм та потужність залежать від потреб підприємства у безперервності живлення;

- Інвертори та система моніторингу: для перетворення постійного струму від сонячних панелей у змінний, який використовується в мережі підприємства, необхідно встановити інвертори. Також доцільно передбачити систему моніторингу, яка дозволить відстежувати виробництво енергії в реальному часі та виявляти потенційні збої.

Оптимальна реалізація даних технічних аспектів СЕС забезпечать стабільну роботу підприємства, мінімізують залежність від зовнішнього живлення, а також сприятимуть економії витрат на електроенергію та зниженню екологічного навантаження.

2.2 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій

На рисунку 2.1 показано основні елементи сонячної електростанції, без яких процес перетворення сонячної енергії в електричну неможливий [15].

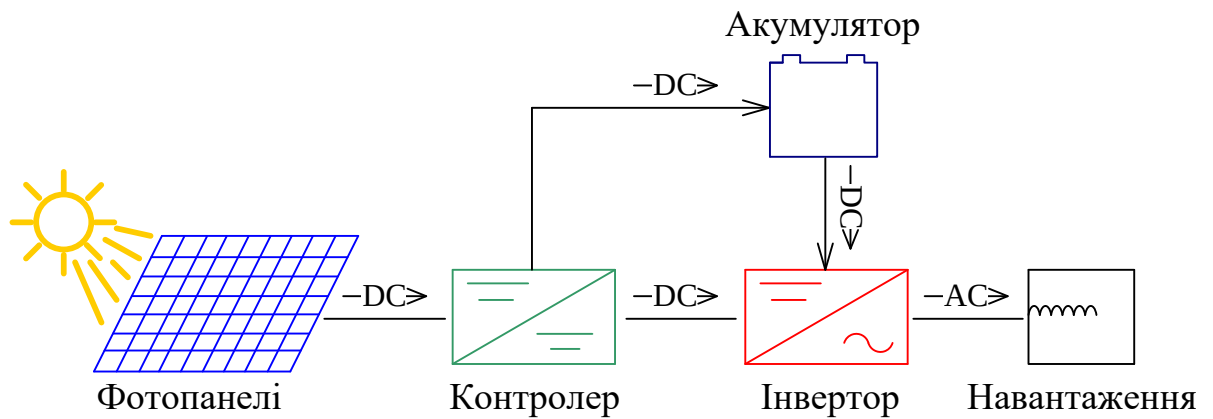


Рисунок 2.1 – Принципова схема реалізації СЕС

Основне обладнання сонячних електростанцій (СЕС) включає такі компоненти:

1. Сонячні панелі (фотоелектричні модулі) рис. 2.2:

Призначення: Перетворюють сонячну енергію на електричну завдяки ефекту, коли сонячне світло спричиняє рух електронів у напівпровідникових матеріалах (переважно кремній) [14].

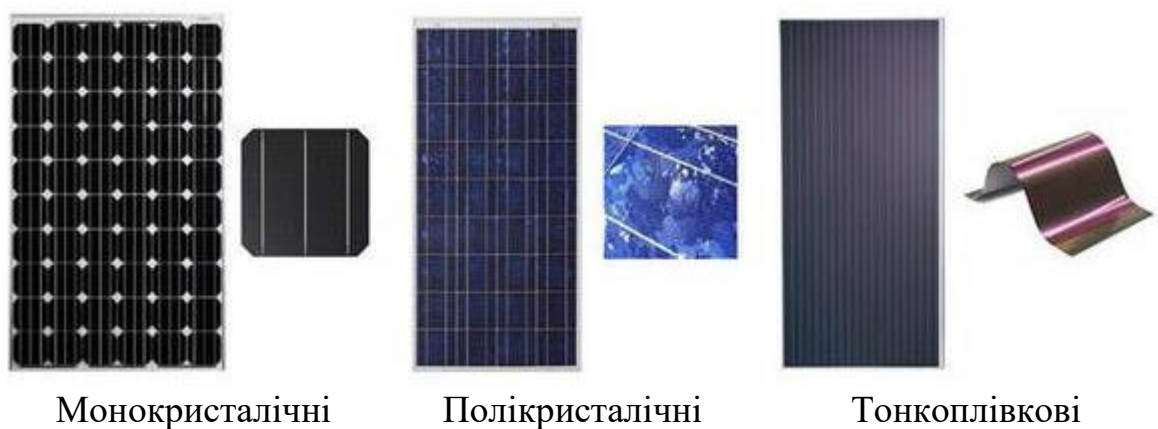


Рисунок 2.2 – Типи панелей

Типи панелей:

- Монокристалічні – забезпечують високу ефективність і добре підходять для територій з обмеженим простором, хоча мають вищу вартість;

- Полікристалічні – трохи дешевші, але менш ефективні, з підвищеним тепловим впливом;

- Тонкоплівкові – відрізняються меншою ефективністю, але краще працюють при розсіяному світлі;

Основні характеристики: Потужність, продуктивність у різних кліматичних умовах, ефективність та термін служби (переважно 20-30 років).

2. Інвертори. Призначення: Перетворюють постійний струм (DC), який виробляють сонячні панелі, на змінний струм (AC), що використовується в електромережі.

Типи інверторів:

- Стрінгові – підключаються до групи панелей (стрінгу) та є економічним варіантом для середніх за масштабом проєктів;

- Централізовані – використовуються для великих СЕС, де панелі об'єднуються в блоки;

- Мікроінвертори – підключаються до кожної панелі окремо, що забезпечує високу ефективність для систем з частковим затіненням.

Основні характеристики: ККД, сумісність з типами панелей, можливість роботи при різних умовах навколишнього середовища.

3. Акумуляторні батареї (для систем з накопиченням енергії). Призначення: Зберігають надлишкову енергію для використання в періоди [17], коли сонячне освітлення обмежене (ніч або похмурі дні).

Типи батарей:

- Літій-іонні – найбільш поширені, завдяки високій щільності енергії і довгому терміну служби;

- Свинцево-кислотні – дешевші, але менш довговічні і мають нижчу щільність енергії. ;

Основні характеристики: Ємність, тривалість циклу, рівень саморозряду, ефективність зарядки та розрядки.

4. Блок керування (контролер). Призначення: Забезпечує контроль і моніторинг станції в режимі реального часу, фіксуючи вироблення енергії, стан обладнання, температури та інших параметрів. Функціонал:

- Віддалене керування;
- Попередження про можливі несправності;
- Збір статистичних даних для оцінки ефективності системи.

Основні характеристики: Сумісність з іншими компонентами, інтеграція з хмарними сервісами, можливість сповіщень.

5 Кабелі та захисне обладнання. Призначення: З'єднують панелі, інвертори, акумулятори та інші компоненти, забезпечуючи безпеку й ефективність системи.

Основні компоненти:

- Кабелі DC і AC – для підключення панелей до інверторів і далі до мережі;
- Роз'єми, запобіжники та вимикачі – забезпечують безпечне відключення обладнання у випадку перевантажень або коротких замикань.

Основні характеристики: Пропускна здатність, ізоляція, стійкість до погодних умов та захист від коротких замикань.

6. Системи кріплень. Призначення: Фіксують панелі на дахах, фасадах або на землі. Типи:

- Фіксовані – кріплення з постійним нахилом, що підходять для спрощених систем з мінімальними вимогами до техобслуговування;
- Трекерні системи – дозволяють панелям слідкувати за рухом сонця, що підвищує вироблення електроенергії до 25-35%, проте вони більш дорогі і вимагають більше обслуговування.

Основні характеристики: Міцність, матеріал (зазвичай алюміній або сталь), стійкість до погодних умов.

Кожен компонент потребує правильного вибору та встановлення для забезпечення оптимальної продуктивності і тривалого терміну служби всієї сонячної станції.

2.3 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання

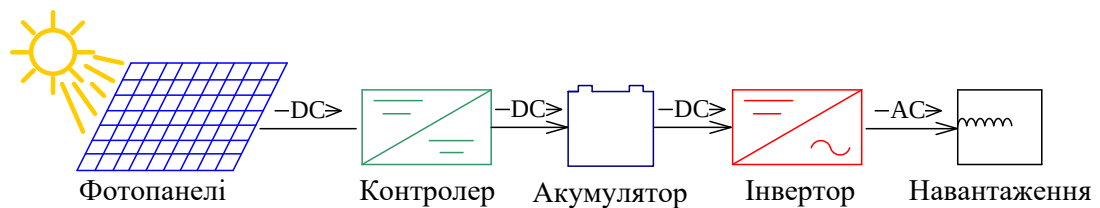
Сонячні фотоелектричні системи (СЕС) електропостачання мають кілька основних конфігурацій, які вибираються залежно від мети використання [15], необхідного рівня автономності та умов експлуатації. Найпоширеніші конфігурації включають автономні, мережеві (он-грид) і гібридні системи. Кожна з них має свої переваги, недоліки і специфічні компоненти. Порівняння даних конфігурацій СЕС представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Конфігурації сонячних фотоелектричних систем

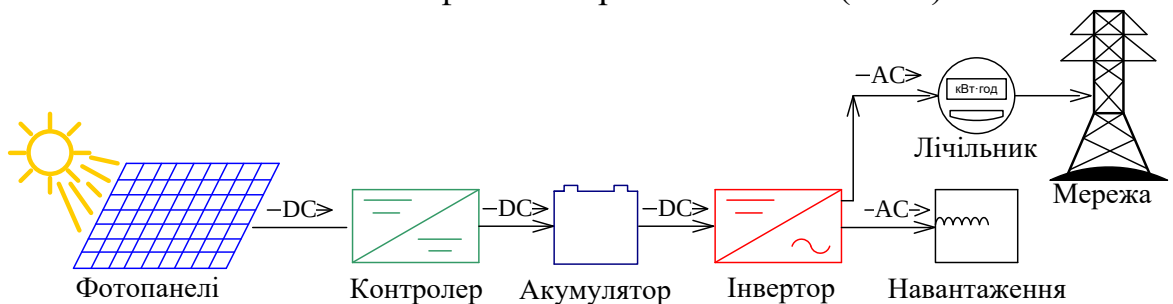
Назва конфігурації	Опис та призначення	Основні компоненти	Переваги	Недоліки	Де застосовується
Автономні системи (оф-грид)	Забезпечують повну незалежність від електромережі; підходять для віддалених місць без доступу до мережі.	Сонячні панелі, автономний інвертор, акумулятори, контролер заряду	Повна енергетична незалежність; стабільне електропостачання у віддалених місцях	Високі витрати на акумулятори; залежність від ємності акумуляторів	Віддалені будинки, ферми, дачні ділянки
Мережеві системи (он-грид)	Працюють паралельно з електромережею, дозволяють передавати надлишкову енергію в мережу, знижуючи витрати на електроенергію.	Сонячні панелі, мережевий інвертор	Відсутність акумуляторів знижує початкові витрати; можливість отримувати дохід від "зеленого тарифу"	Залежність від стабільності мережі; немає резервного живлення	Житлові будинки, підприємства, ферми
Гібридні системи	Поєднують автономні та мережеві системи, надаючи резервне живлення та можливість зберігання енергії для подальшого використання.	Сонячні панелі, гібридний інвертор, акумулятори, контролер заряду	Резервне живлення при аваріях; накопичення енергії для подальшого використання	Високі витрати на акумулятори та інвертори	Будинки з нестабільним електропостачанням, критичні об'єкти

Продовження таблиці 2.1

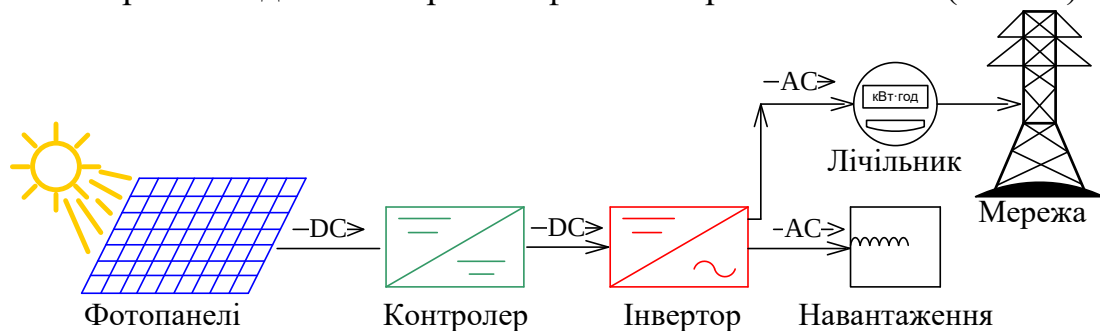
Назва конфігурації	Опис та призначення	Основні компоненти	Переваги	Недоліки	Де застосовується
Система з резервним генератором	Використовується для забезпечення безперебійного живлення у випадку довготривалої відсутності сонячного світла.	Сонячні панелі, інвертор, акумулятори, генератор	Зниження залежності від погоди; резервне живлення при несприятливих умовах	Додаткові витрати на генератор і паливо	Регіони з нестабільним сонячним освітленням, автономні будинки
Розподілені фотоелектричні системи	Забезпечують електропостачання для кількох об'єктів або великої території; підходять для мікрогридів.	Сонячні панелі, централізовані або багатоблокові інвертори, моніторингова система	Забезпечення енергією великих об'єктів; оптимізація управління енергією	Складність налаштувань; високі початкові інвестиції	Великі підприємства, мікрогриди, муніципальні об'єкти



Автономна фотоелектрична система (АФС)



Батарея з'єднана з мережею фотоелектрична система (БМФС)



Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею

Рисунок 2.3 – Основні види конфігурацій фотоелектричних систем

Висновки по розділу 2.

В даному розділі кваліфікаційної роботи було проведено дослідження проблем, що виникають під час розробки проектів сонячних електричних станцій, а також розглянуто склад основного обладнання, різні конфігурації фотоелектричних систем електропостачання та принципи вибору обладнання для реалізації сонячних електростанцій.

1. Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій показав, що ключовими перешкодами для розширення використання сонячної енергії є висока вартість обладнання, обмежена доступність ефективних акумуляторних рішень, а також залежність вироблення енергії від погодних умов. Особливе значення має правильне розміщення СЕС, оскільки неправильний вибір місця та кута нахилу панелей може значно зменшити продуктивність установки. Крім того, обслуговування та догляд за обладнанням вимагають додаткових витрат, що також враховувалося під час аналізу.

2. Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій дозволив визначити, що для ефективного функціонування СЕС необхідно використовувати якісні та надійні компоненти, зокрема сонячні панелі, інвертори, акумулятори (у випадках автономних та гібридних систем), контролери заряду та системи моніторингу. Вибір типу обладнання залежить від конкретних умов експлуатації, обсягу виробництва енергії та вимог до надійності системи.

3. Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання дозволяють обирати різні варіанти організації СЕС залежно від потреб користувача та доступності електричних мереж. Вибір оптимальної конфігурації та обладнання сприятиме підвищенню ефективності та стабільності СЕС, знижуючи загальні витрати на енергопостачання та сприяючи популяризації сонячної енергетики як сталого джерела.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Практична реалізація дахової сонячної електростанції

У першому розділі даної кваліфікаційної роботи було встановлено що для забезпечення підприємства безперебійної роботи за допомогою живлення від СЕС необхідно, щоб СЕС була такої потужності, щоб генерувати 154,4 кВт·год./день що свою чегру складе протягом року 23516 кВт·год./рік. Визначаємо необхідну потужність СЕС та кількість фотоелектричних елементів.

Обсяг енергії яку СЕС генерує протягом року:

$$W = P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{зв}} \cdot 365, \quad (3.1)$$

де $t_{\text{зв}}$ – зведений річний час при якому відбувається використання максимальної потужності СЕС для центрального регіону країни ($t_{\text{зв}} = 4,78$ год/добу).

Використовуючи формулу (3.1) визначаємо встановлену потужність СЕС:

$$P_{\text{вст}} = \frac{W}{t_{\text{зв}} \cdot 365} = \frac{23516}{4,78 \cdot 365} = 13,47 \text{ (кВт)}.$$

Отже загальна потужність СЕС має становити 13,47 кВт розраховуємо необхідну кількість фотомодулей для генерації даної потужності:

$$N_{\text{панелей}} = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{\text{панелі}}} = \frac{13,47 \cdot 10^3}{385} = 34,99 \approx 40 \text{ (панелей)},$$

$$P_{\text{вст}} = P_{\text{панелі}} \cdot N_{\text{панелей}} = 385 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 15,4 \text{ (кВт)}.$$

Отже потужність спроектованої СЕС буде становити 15,4 кВт (встановлена потужність не повинна перевищувати 30 кВт) для розміщення якої необхідна площа в 160 м² та складатиметься з 40 фотопанелей. СЕС буде споруджена на даху виробничого приміщення. Загальна площа простору даху на якому будуть розміщені панелі СЕС становить 15х24=360 м² при необхідних 160 м², що також дає змогу для подальшого збільшення потужності СЕС. Дах та має плоску поверню, що спрощує монтаж та експлуатацію СЕС, також перевагою плоского даху є відсутність північної (тіньової) сторони, що дає змогу використовувати усю площу будівлі.

3.2 Вибір основного обладнання для реалізації СЕС

В якості фотопанелей доцільно вибрати монокристалічні сонячні елементи вітчизняного виробника KNESS типу SNRG-385-FR72 [14]. Характеристики приведені на рисунку 3.1.

Характеристики SNRG-385-FR72	
Тип панелі	Монокристал
Макс. потужність, Вт	385
Розміри, мм	1956x992x35
Вага, кг	21,1
Ціна, грн.	5800

Рисунок 3.1 – Характеристика сонячних елементів

В якості контролера доцільно використати ENERSOL EMPPT-1260. Ціна контролера складає 4850 а основна інформація представлена на рисунку 3.2.

	Виробник:	LogicPower
	Модель:	MakeSkyBlue MPPT 12V
	Тип контролера:	MPPT 24V/36V/48V 60A
	Номінальна напруга, В:	12/24/36/48
	Струм навантаження, А:	60
	Максимальна потужність, Вт:	2800
	Захист від перенапруги:	є
	Дисплей:	LCD
	Наявність USB:	ні
	Робоча температура, °C:	-20 ~ +55
	Габарити, мм:	215x115x45
	Вага, г:	1200
	Клас захисту:	IP21

Рисунок 3.2 – Характеристика контролера

Для встановлення обираємо трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11 у кількості 3 одиниць. Характеристики яких приведені на рисунку 3.3.



AXIOMA Energy AXGRID-8/11	
Макс. потужність, Вт	8,0
ККД інвертора, %	98,3
Розміри, мм	480x420x180
Вага, кг	23
Діапазон напруги, В	300-850
Ціна, грн.	47900

Рисунок 3.3 – Характеристика трифазного інвертора

В якості АКБ вибираємо акумуляторний блок LG Chem Resu 7H це сучасна система зберігання енергії для сонячної електростанції. Високовольтний літій-іонний акумулятор LG Chem Ture-R має ємність 7 кВт×год, але корисна ємність складає 6,6 кВт×год. Ціна 154 тис.грн. а характеристики наведені на рисунку 3.4.



Назва моделі	CHEM RESU7H
Тип	Літій-іонний (Li-Ion)
Запас енергії	7 кВт*г
Номінальна напруга	350-450 В
Ємність модуля	63 Аг
Максимальний струм заряду/розряду	8.5 А при 420 В / 10.0 при 350В
Пікова потужність	5 кВт протягом 5 с
Ступінь захисту	IP55
Розмір одного блоку	744×692×206 мм
Вага одного блоку	75 кг
Температурний діапазон	-10...+45°C
Рекомендована глибина розряду	90%

Рисунок 3.4 – Характеристика LG Chem Resu 7H

У колі постійного струму встановлюється автоматичний вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10А С 500В DC Schneider Electric A9N101526. Ціна якого становить 1030 грн.

У колі змінного струму встановлюється трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА. Ціна якого становить 730 грн.

Спеціальні кабелі для фотоелектричних систем з подвійною кремнієвою ізоляцією, стійкою до ультрафіолетового випромінювання, і герметичними фотоелектричними роз'ємами використовуються для підключення фотомодулів до РП і до інвертора.

3.3 Визначення оптимальної конфігурації схеми СЕС на підприємстві

Для визначення оптимальної конфігурації схеми СЕС 15,4 кВт на підприємстві здійснюємо порівняльний аналіз між капіталовкладеннями в спорудження СЕС та досягнутою за допомогою СЕС економії на електроенергії.

Враховуємо що варіанти реалізації СЕС на ВМКП «Вінницяміськліфт» повинні задовольняти вимогам підприємства в генерації навантаження та характеру його споживання. А саме мати змогу накопичувати надлишкову генерацію тому варіанти які розглядаються повинні бути оснащені акумуляторними батареями.

Отже порівнюємо такі варіанти реалізації СЕС:

- Автономна фотоелектрична система (АФС);
- Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система (БМФС).

Дані про капіталовкладення заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капіталовкладення в спорудження СЕС

Комплектуючий елемент		Загальна сума, грн.	
		АФС	БМФС
Сонячна панель KNESS типу SNRG-385-FR72	Кількість	35	40
	Ціна, грн	5800	5800
	разом, грн.	203000	232000
Контролер заряду ENERSOL EMPPT-1260	Кількість	2	2
	Ціна, грн	4850	4850
	разом, грн.	9700	9700
Трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	Кількість	2	2
	Ціна, грн	47900	47900
	разом, грн.	95800	95800
Акумуляторні батареї ESS Dyness B3 48V 75Ah	Кількість	6	2
	Ціна, грн	154000	154000
	разом, грн.	924000	308000
Вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10A C 500B DC Schneider Electric A9N101526	Кількість	2	2
	Ціна, грн	1030	1030
	разом, грн.	2060	2060
Трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА	Кількість	2	2
	Ціна, грн	730	730
	разом, грн.	1460	1460
Трифазний лічильник активної енергії	Кількість	0	1
	Ціна, грн		3950
	разом, грн.	0	3950

Продовження таблиці 3.1

Кабельні зв'язки			
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	Довжина 1м	50	60
	Ціна, грн	32,1	32,1
	разом, грн.	1605	1926
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	Довжина 1м	80	100
	Ціна, грн	55,2	55,2
	разом, грн.	4416	5520
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ СЕС кабелем АВВГ перерізом 3х16+1х10 мм ²	Довжина 1м	100	100
	Ціна, грн	30	30
	разом, грн.	3000	3000
Підключення РП-0,4 кВ СЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3х50+1х25 мм ²	Довжина 1м	15	15
	Ціна, грн	123,3	123,3
	разом, грн.	1849,5	1849,5
Підключення РП-0,4 кВ СЕС до мережі повітряним проводом АС перерізом 4х25 мм ²	Довжина 1м	0	86
	Ціна, грн		14,2
	разом, грн.	0	1221,2
Капіталовкладення в обладнання	грн.	1246891	666487
Очікувана вартість введення СЕС в експлуатацію	грн.	124440,3	106638
Конфігурація СЕС		АФС	БМФС
Загальні капіталовкладення при введенні в експлуатацію	грн.	1371331	773125

В таблиці 3.1 враховано що система АФС має меншу генерацію але більш об'ємну систему накопичення, це пов'язано з тим, що вся надлишкова генерація від АФС повина бути закумульована так, як відсутня можливість передачі надлишкової генерації в мережу. Більша система накопичення необхідна для перекриття періодів з низькою генерацією таких як хмарність чи туман. В свою чергу система БМФС має дещо більшу генерацію але меншу за об'ємом систему накопичення енергії. Більша величина генерація покликана зкомпенсувати відсутність можливості накопичення надлишкової генерації електроенергії так як в такої конфігурації присутня можливість передачі надлишкової генерації в мережу.

Проведемо розрахунок терміну окупності.

Період окупності - це мінімальний період (від початку реалізації проекту), протягом якого інтеграційний ефект стає і залишається позитивним.

Величина енергії яку станція генерує протягом року:

$$W = P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{зв}} \cdot 365,$$

де $t_{\text{зв}}$ – зведений річний час при якому відбувається використання максимальної потужності СЕС для центрального регіону країни ($t_{\text{зв}} = 4,78$ год/добу [22]).

$$\text{АФС: } W_{\text{рік}} = 35 \cdot 0,385 \cdot 4,78 \cdot 365 = 23\,510 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)},$$

$$\text{БМФС: } W_{\text{рік}} = 40 \cdot 0,385 \cdot 4,78 \cdot 365 = 26\,868 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)},$$

$$\text{При необхідних: } 23\,516 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Знайдемо річний прибуток станції:

$$\Pi = W_{\text{рік}} \cdot c, \quad (3.2)$$

де c – тариф на електроенергію для підприємства.

для АФС уся згенерована потужність СЕС буде спожита підприємством:

$$\Pi_{\text{рік}} = 23\,510 \cdot 6,649 = 156\,318 \text{ (грн./рік)}.$$

для БМФС враховуємо що надлишкова генерація потужності буде продано у мережу за зеленим тарифом:

$$\Pi_{\text{рік}} = 23\,516 \cdot 6,649 + (26\,868 - 23\,516) \cdot 4,0959 = 170\,072 \text{ (грн./рік)}.$$

Віднімаємо експлуатаційні витрати протягом року, щоб визначити чистий прибуток від роботи СЕС:

$$\text{АФС: } \Pi_{\text{рік,чист.}} = 156\,318 - 156\,318 \cdot 0,21 = 123\,491 \text{ (грн./рік)},$$

$$\text{БМФС: } \Pi_{\text{рік,чист.}} = 170\,072 - 170\,072 \cdot 0,23 = 130\,955 \text{ (грн./рік)},$$

Визначимо термін окупності станції:

$$TO = V_{\text{загальна}} / \Pi_{\text{рік}} \quad (3.3)$$

$$\text{АФС: } TO = 1\,371\,331 / 123\,491 = 11,1 \text{ (роки)},$$

$$\text{БМФС: } TO = 773\,125 / 130\,955 = 5,9 \text{ (роки)}.$$

Отже оптимальним варіантом є спорудження СЕС за конфігурацією – Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система (рисунок 2.2).

Прибуток від встановленої СЕС буде складатися з двох складових. Перша складова економія на споживаній електричній енергії що становить 6,649 грн/кВт·год у робочі періоди. Друга складова прибуток від продажу надлишкової генерації електроенергії за зеленим тарифом що становить 4,0959 грн/кВт·год у не робочі періоди. Продавати надлишкову згенеровану потужність за зеленим тарифом у неробочий період підприємства буде більш доцільніше, а ніж накопичувати дану електроенергію за допомогою додаткових акумуляторних батарей для власного споживання.

На рисунку 3.5 представлений загальний принцип реалізації СЕС, яка буде спроектована на даху підприємства.

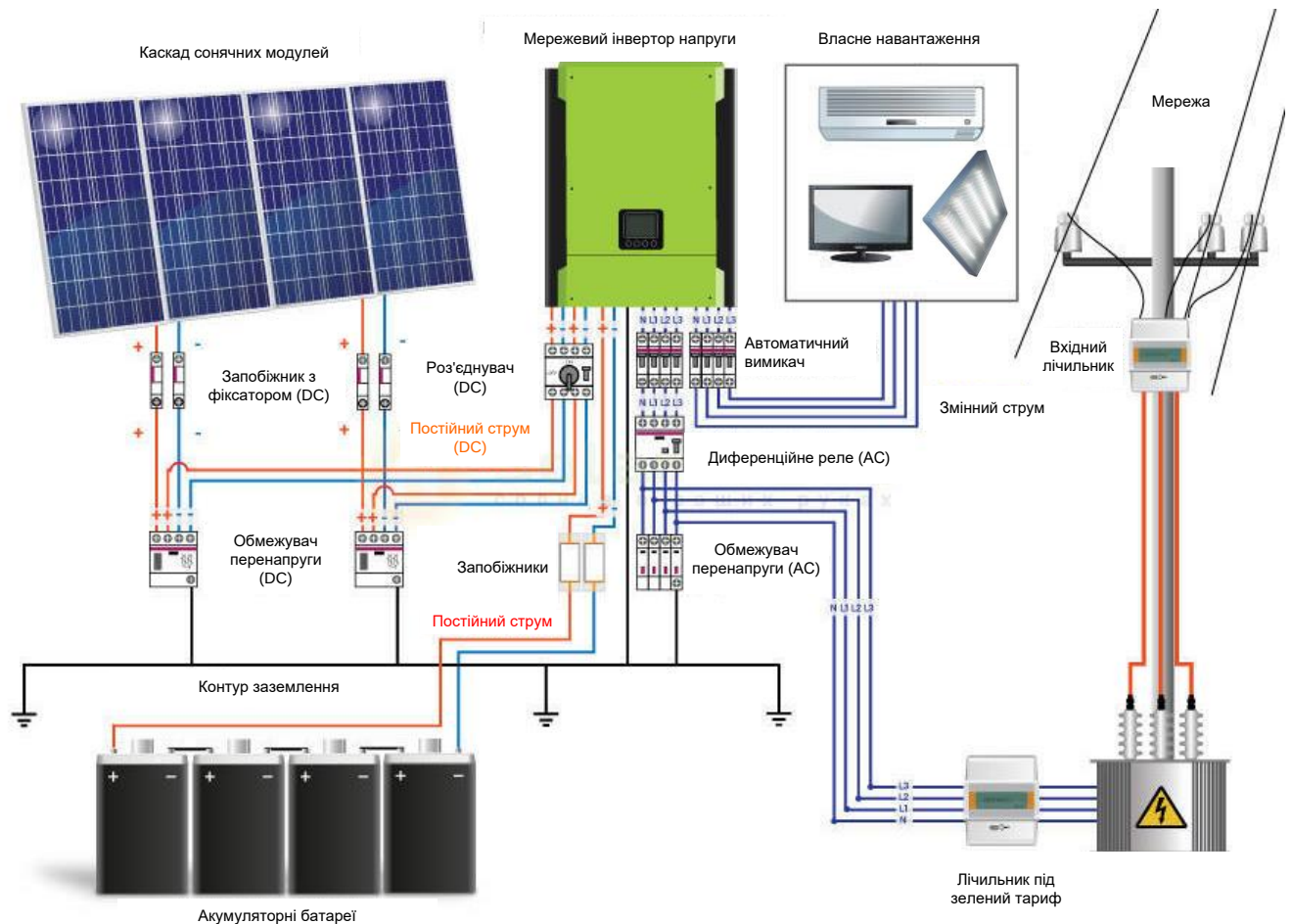


Рисунок 3.5 – Загальний принцип реалізації СЕС за конфігурацією –
Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система

На рисунку 3.6 представлена повна схема підключення СЕС 15,4 кВт з 40 фотопанелей по 385 Вт. СЕС конструктивно поділена на 2 окремі вузла, кожен з яких складається з 2 стрингів по 10 модулів.

Схема включає пристрої захисту для змінного та постійного струму, заземлення та інші елементи, необхідні для стабільної роботи системи.

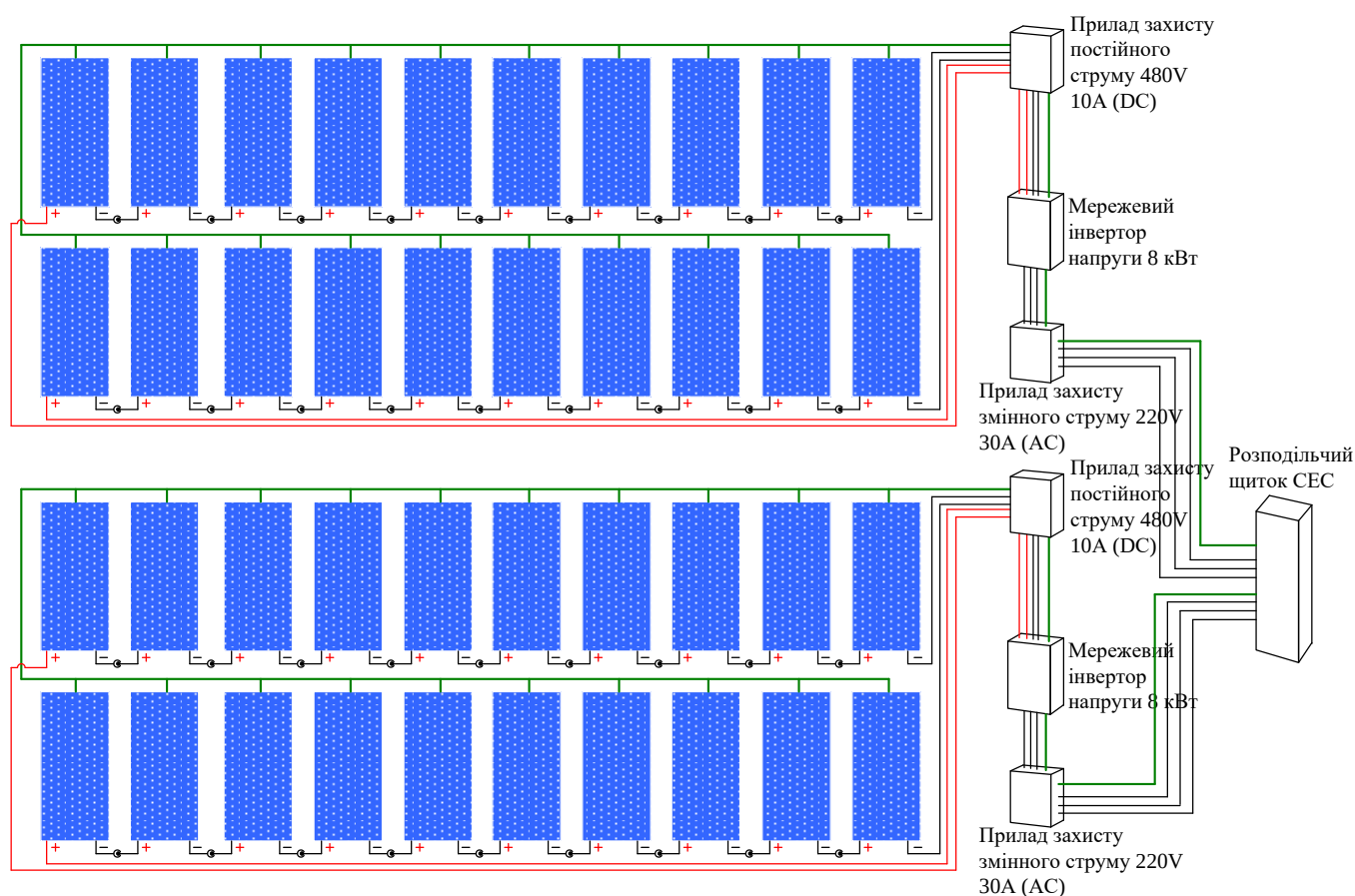


Рисунок 3.6 – Повна схема підключення СЕС 15,4 кВт

При встановленні на даху СЕС за конфігурацією БМФС потужністю 15,4 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 773 125 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження підприємства та у період надлишкової генерації на мережу. Визначено чистий річний прибуток який складає – 130 955 тис. грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію та прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом. Термін окупності даної СЕС – 5,9 роки.

3.4 Дослідження роботи сонячних панелей за допомогою цифрових моделей

Необхідність створення комп'ютерної моделі сонячної електростанції зумовлена потребою у вивченні характеристик фотоелектричних елементів у різноманітних режимах функціонування та для проведення розрахунків параметрів і проектування фотоелектричних компонентів. Використовуючи комп'ютерну модель, можна отримати характеристики фотоелектричного елемента, які дозволяють проаналізувати режими роботи СЕС при зміні вхідних параметрів. Завдяки комп'ютерному моделюванню можна детально описати об'єкт або процес у всіх можливих режимах роботи та за різних умов. Розробка математичної моделі СЕС реалізована в середовищі Simulink у складі комплексу MATLAB [18, 19].

Модель сонячного елемента у MATLAB/Simulink реалізована блоком PV Array, представленим на рисунку 3.7.

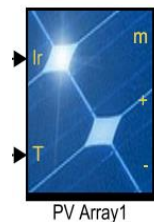


Рисунок 3.7 – Блок PV Array у MATLAB

Математично-комп'ютерна модель для дослідження СЕС представлено на рисунку 3.7. Розроблена модель містить елементи: сонячну панель блок PV Array, перетворювач постійного струму у змінний, а також навантаження.

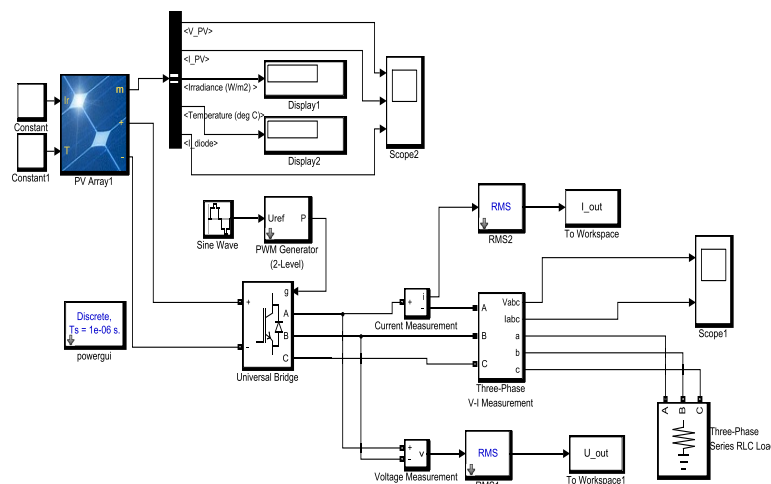


Рисунок 3.6 – Комп'ютерна модель СЕС

3.5 Моделювання основних режимів роботи СЕС

На рисунку 3.8 наведено осцилограми вихідного сигналу інвертора. На рисунку 3.9 показана зміна вихідного сигналу після фільтрації.

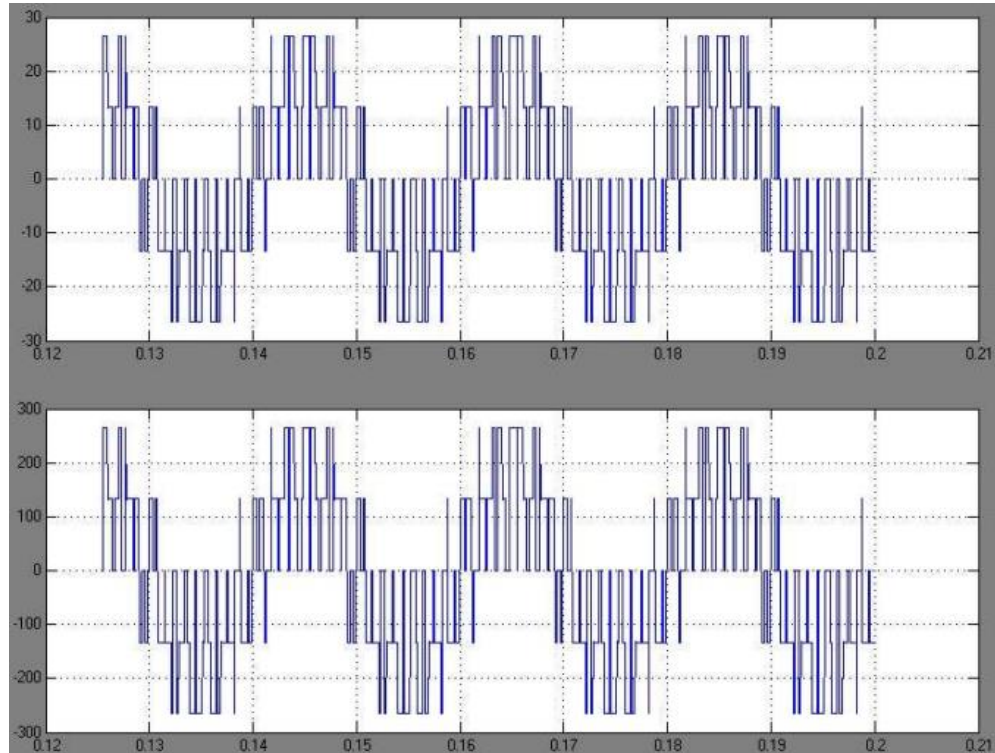


Рисунок 3.8 – Вихідний сигнал інвертора

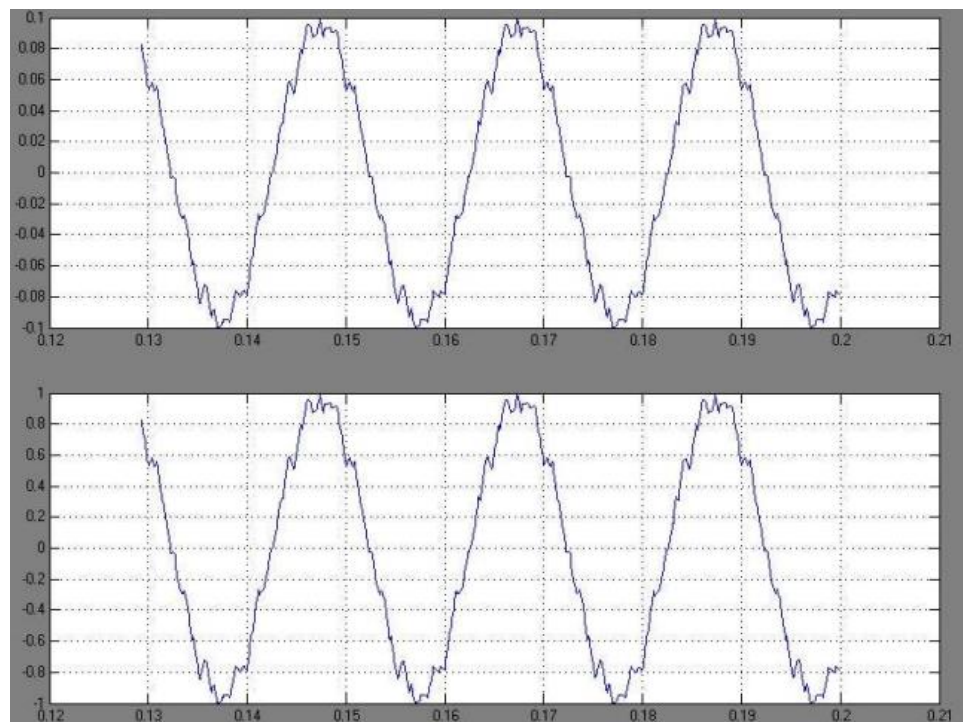


Рисунок 3.9 – Зміна вихідного сигналу після фільтрації

На комп'ютерній моделі було виконано дослідження впливу різних параметрів та характеристик навантаження на вихідну напругу сонячної електростанції (СЕС). Для цього були визначені зовнішні характеристики СЕС і проведено їх порівняння із зовнішніми характеристиками електромашинних джерел електроенергії, щоб краще зрозуміти взаємозв'язок між типами навантажень та поведінкою вихідної напруги. Зокрема, було побудовано графіки зовнішніх характеристик для навантажень з різними параметрами та типами, що наочно демонструє їхній вплив на СЕС (рисунок 3.10).

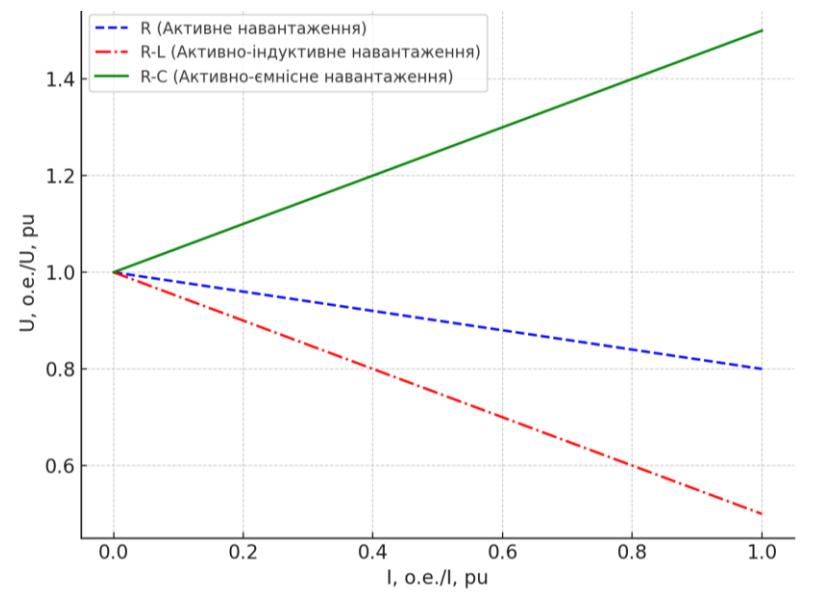


Рисунок 3.10 – Зовнішні характеристики СЕС при різних за величиною та характером навантаженнях

У процесі моделювання за допомогою MATLAB Simulink були отримані залежності між струмом фотоелектричного модуля та напругою при змінному навантаженні на всіх компонентах фотоелектричної системи. Як видно з графіків, отримані залежності демонструють фізичну картину зміни енергетичних характеристик у часі, що має ключове значення для проведення аналізу та налаштування оптимальних режимів роботи. Крім того, ця модель дозволяє визначати окремі втрати потужності на кожній частині системи, що забезпечує можливість більш точного управління енергоефективністю системи.

Висновки по розділу 3.

Даний розділ магістерської кваліфікаційної роботи був присвячений науково-дослідній роботі в ході якої було здійснено:

1. Розраховано параметри та обрано основне обладнання для реалізації проекту дахової сонячної електростанції. На підставі попередніх розрахунків потужності підприємства визначено необхідну потужність СЕС та параметрів її компонентів.

2. Проведено дослідження визначення оптимальної конфігурації схеми СЕС на підприємстві на підставі порівняння двох варіантів. Встановлено, що для даного підприємства оптимальним варіантом являється реалізація СЕС за конфігурацією Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система. Яка має оптимальні економічні параметри.

3. Розроблено повну схему підключення СЕС 15,4 та розраховано, що при встановленні на даху СЕС за конфігурацією БМФС потужністю 15,4 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 773 125 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження підприємства та у період надлишкової генерації на мережу. Визначено чистий річний прибуток який складає – 130 955 тис. грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію та прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом. Термін окупності даної СЕС – 5,9 років.

4. Проведено дослідження роботи сонячних панелей за допомогою цифрових моделей. Для цього у середовищі MATLAB/Simulink змодельовано роботу СЕС та досліджено різні режими роботи її компонентів та якості згенерованих сигналів напруги та струму. Дослідження показали допустиму якість електроенергії яка генерується СЕС.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1, та вихідних даних, приведених у табл. 4.1, 4.2, виконуємо усі необхідні розрахунки техніко-економічних показників спроектованої СЕП.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип	Кількість	Факт. потужність
ТП	ТМ-400	1	368

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії, м	Марка кабелю	К-сть
ПС-ТП	1000	ААШв 3х70	1
ТП-ГРП 0,4	50	АВВГзнг 4х16	1
ГРП-ЕП 0,4	25	АВВГзнг 4х6	1
ГРП-ЕП 0,4	170	АВВГзнг 4х4	1
ТП-ЕП13	50	АВВГзнг 4х50	1

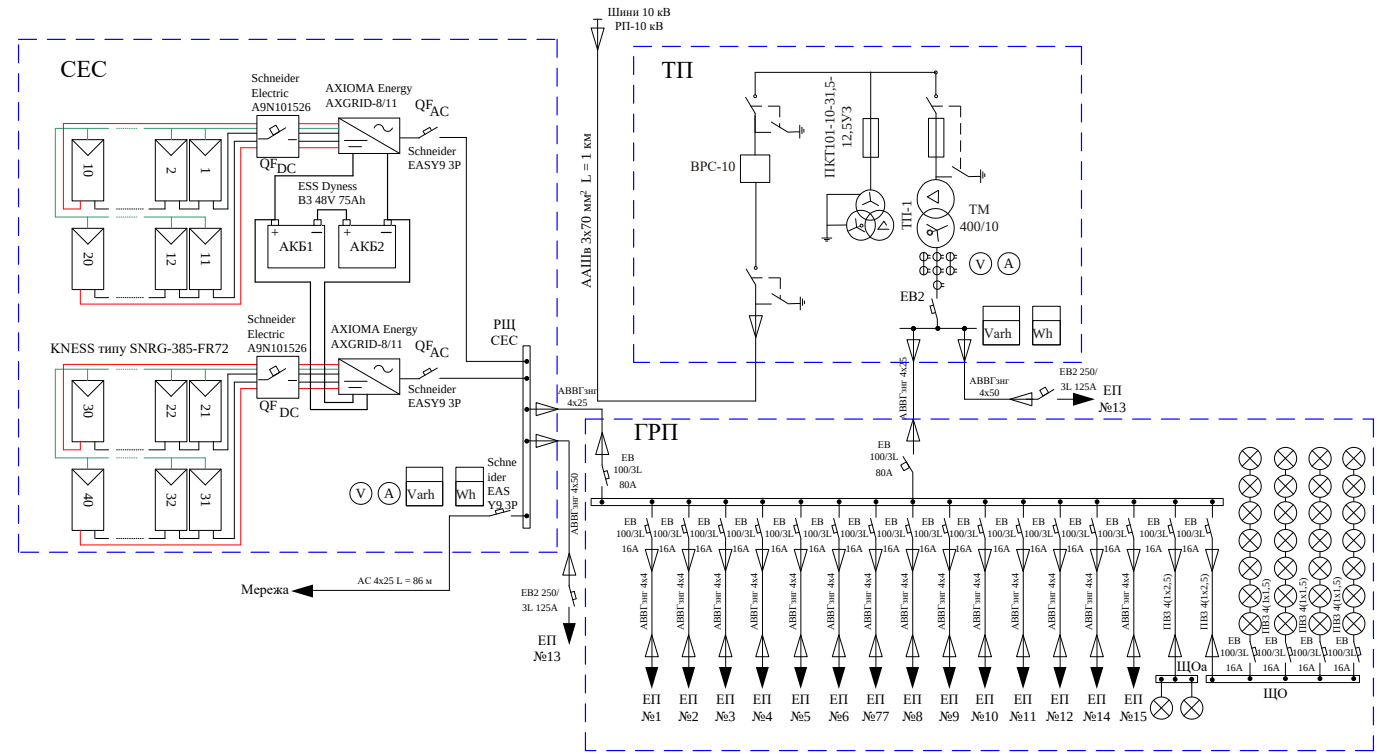


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередачі виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.3 і табл. 4.4 [5].

Капітальні вкладення для ліній електропередачі:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [5];

$K_{\text{прок}}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (1316 + 65,8) \cdot 1,0 = 1381,8 \text{ (тис.грн.)}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередачі

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ПС-ТП	ААШв 3х70	1	1,000	1316,00	65,800	1381,80
ТП-ГРП 0,4	АВВГзнг 4х16	1	0,050	346,00	17,300	18,17
ГРП-ЕП 0,4	АВВГзнг 4х6	1	0,025	64,19	3,210	1,68
ГРП-ЕП 0,4	АВВГзнг 4х4	1	0,170	51,14	2,557	9,13
ТП-ЕП13	АВВГзнг 4х50	1	0,050	875,93	43,796	45,99
Всього						1456,76

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. [5];

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП-1:

$$K_{\text{пс1}} = 361,6 + 772,32 = 433,92 \text{ (тис.грн),}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
КТП	ТМ-400	1	361,6	72,32	433,92

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів.

Тип вимикача	кількість, шт.	ціна за одиницю	вартість
ВРС-10	1	68950	68951
ЕВ 100/3L 80А 3р	2	4170	8340
ЕВ 100/3L 16А 3р	11	1860	20460
ЕВ 100/3L 25А 3р	3	2370	7110
ЕВ2 250/3L 125А 3р	2	5840	11680
Разом			116541

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 116,541 \text{ (тис. грн.),} \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 433,92 + 116,541 \text{ (тис.грн.),} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 1456,76 + 550,46 = 2007,23 \text{ (тис.грн.).} \quad (4.9)$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [5];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до таблиці 3.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [5];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	n, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на оди-ницю облад-нання рем/рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудоміст-кість люд.-год.	К-сть на оди-ницю облад-нання огл./рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудо-міст-кість люд.-год.
Вимикач 10кВ	1	1	16	16	12	1	12
ТМ-400	1	0,33	100	33	12	20	240
Кабельна лінія 70 мм², км	1	1	46	46	1	11,5	11,5
Кабельні лінії 4,6,16,50 мм², км	0,295	1	30	8,85	1	10,5	3,0975
Разом:				103,85			266,597

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудоміст-кість обслу-говування люд.-год.
		Змін-ність робо-ти	Коеф. склад. ремонтів К _{ср}	К-сть міся-ців в році	Загал. трудо-місткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	1	2	0,1	12	38,4	50,4
ТМ-400	1	2	0,1	12	240	480
Кабельна лінія 70 мм², км	1	2	0,1	12	110,4	121,9
Кабельні лінії 4,6,16,50 мм², км	0,295	2	0,1	12	21,24	24,3375
Разом:					410,04	676,637

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{676,6375}{1900 \cdot 1,05} = 0,4. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{103,85}{1900 \cdot 1,1} = 0,05. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол.

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_{\text{е}} = H_{\text{обс}} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [5];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{\text{r.i}}}{\Phi_{\text{н}}}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 8000 \cdot 1/176 = 45,45 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 45,45 = 55,682 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_{\text{е}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 55,682 \cdot 1900 = 190431,82 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_{\text{р}} = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [5].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 45,45 = 59,77 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 103,85 \cdot 59,77 = 6207,4 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ - тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 190431,82 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 239944,09 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 6207,4 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 8131,69 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 275935,7 \cdot 1,15 = 375272,56 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 9351,44 \cdot 1,15 = 12717,96 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 275935,7 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 375272,56 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 9351,44 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 12717,96 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Тип обладнання	Вартість обладнання, грн.
ТМ-400	264000
КЛ	2740

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{м} = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{oi} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування ТП,

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{\text{мпр}} = 7498,79$ (грн/рік); і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{\text{мто}} = 108965,08$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 375272,56 + 108965,08 = 484237,63 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 12717,96 + 7498,79 = 20216,75 \text{ (грн/рік).}$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 2007225,793 = 120433,547 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

де $\beta_{\text{іп}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (484237,63 + 20216,75 + 120433,547) = 156221,98 \text{ (грн/рік).}$$

4.3. Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх

електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії

№	Назва цеху	К-сть змін	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
1	Компресор рес-50,8атм,206л/хв	1	1992	0,6	0,14	186,05255
2	Токарний станок 1К62 б/в	1	1992	0,6	0,81	1076,4469
3	Точило JBГ10А 380В	1	1992	0,65	0,08	106,31574
4	Компресор СБ4/С-100.ЛВ40	1	1992	0,65	0,16	212,63149
5	Листозгин ІГ 1428	1	1992	0,65	1,05	1395,3941
6	Машина точкової контактної зварки МТ-501	1	1992	0,55	0,2	265,78936
7	Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	1	1992	0,6	0,32	425,26297
8	Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	1	1992	0,65	0,95	1262,4995
9	Транспортна система ТС.040хх	1	1992	0,75	0,05	66,44734
10	Трубогіб-вальцовочний	1	1992	0,7	0,04	53,157872
11	Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1	1992	0,65	0,09	119,60521
12	Прес пневмогідровлічний 40т.	1	1992	0,6	1,12	1488,4204
13	Установка для ручного нанесення порошкових фарб	1	1992	0,65	7,36	9781,0484
14	Станок порізки металу НК43214	1	1992	0,7	0,48	637,89446
15	Кран-балка	1	1992	0,6	0,24	318,94723
	Система освітлення		996		5,38	5358,48
	Разом				18,47	22754,39

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_L = 3 \cdot n \cdot I_M^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де I_M – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 10.25 [2]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{1992}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 919,59 \text{ (год)}, \quad (4.34)$$

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	Переріз	К-сть ліній	Im, А	L, м	Rпит, Ом/км	R, Ом	τ, год./рік	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт·год.
ЕП-1	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,5	15	9,61	0,14415	919,59	0,003	2,485
ЕП-2	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	8,9	15	9,61	0,14415	919,59	0,034	31,500
ЕП-3	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	1,8	15	9,61	0,14415	919,59	0,001	1,288
ЕП-4	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,3	24	9,61	0,23064	919,59	0,004	3,366
ЕП-5	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	16,4	5	6,41	0,03205	919,59	0,026	23,781
ЕП-6	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	2,8	8	9,61	0,07688	919,59	0,002	1,663
ЕП-7	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	3,8	6	9,61	0,05766	919,59	0,002	2,297
ЕП-8	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	13,1	10	6,41	0,0641	919,59	0,033	30,347
ЕП-9	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	0,7	24	9,61	0,23064	919,59	0,000	0,312
ЕП-10	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	0,5	10	9,61	0,0961	919,59	0,000	0,066
ЕП-11	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	1,2	24	9,61	0,23064	919,59	0,001	0,916
ЕП-12	АВВГзнг	3х6+1х2,5	1	17,7	10	6,41	0,0641	919,59	0,060	55,401
ЕП-13	АВВГзнг	3х50+1х2,5	1	74,8	50	0,769	0,03845	919,59	0,645	593,492
ЕП-14	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	4,8	14	9,61	0,13454	919,59	0,009	8,552
ЕП-15	АВВГзнг	3х4+1х2,5	1	3,8	16	9,61	0,15376	919,59	0,007	6,125
Разом									0,828	761,593

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{kz} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{kz} і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 1 \cdot 0,95 \cdot 8760 \cdot \left(\frac{34,82}{400} \cdot 100\right) + (1/1) \cdot 5,9 \cdot \left(\frac{34,82}{400}\right)^2 \cdot 919,59 = 873,31 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	ш	ΔР _х ,	ΔР _к ,	S _p ,	S _н ,	ΔЕ _т ,
КТП-1	ТМ-400	1	0,95	5,9	34,82	400	873,31

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{т}}; \quad (4.37)$$

$$E = 22754 + 761,59 + 873,31 = 24389,3 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію на напрузі 10 кВ:

$$\Pi_1 = 6,649 \cdot 24389,3 = 162164,43 \text{ (грн.)}; \quad (4.38)$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.39)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.40)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.41)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 484237,63 + 20216,75 + 120433,547 = 781109,91 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 162164,4319 + 781109,91 = 943274,35 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{943274,35 \cdot 100}{22754,39} = 806,14 \text{ (коп./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	22754,39	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	24389,30	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	162164,4319	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.енергії	С _π	781109,91	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	943274,35	грн.
Собівартість ел.енергії	S	806,14	коп/кВт·год.

В даному розділі дипломної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії яка склала 806,14 коп/кВт·год.

Собівартість електроенергії для даного підприємства на 141,24 коп/кВт·год більша за дійсний тариф, що свідчить про актуальність розглянутою в науково-дослідній роботі теми підвищення ефективності електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції.

Розробка власного джерела генерації потужності дозволить підприємству підвищити ефективність за рахунок економії на платі за спожиту електроенергію.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі розробляються заходи з підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції [28].

На оперативний персонал, який запроваджує заходи з мінімізації втрат електричної енергії в системі електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74 [27]:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення диспетчерського приміщення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В) [29].

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з можливістю одночасного дотику до металевих корпусів

електрообладнання та механізмів, що мають зв'язок з землею. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізолювані струмовідні 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.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту [29]. 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.

5.1.2 Технічні рішення з безпечного обслуговування електрообладнання

При виконанні персоналом ОВБ робіт, пов'язаних із доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ" [28].

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізолюваним проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

Підготовка робочих місць і допуск до проведення робіт можуть провадитись тільки з дозволу оперативних працівників, а на підприємствах, де таких працівників немає, - з дозволу особи, яка видала наряд чи розпорядження за узгодженням з особою, відповідальною за електрогосподарство [30].

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

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

якщо вони мають права на оперативні перемикання в даній електроустановці. Підготовку робочого місця може виконувати один працівник, крім встановлення переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В і виконання перемикань, що здійснюються на двох і більше приєднаннях в електроустановках понад 1000 В, що не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій [28].

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

В цьому разі допускач має:

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

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

Без проведення інструктажу допуск бригади забороняється. Проведення інструктажу і допуску оформляються підписами допускача і керівника робіт (наглядача) в таблиці 3 наряду із зазначенням дати і часу. Допуск оформлюється в

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [31] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	17-29	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		15-24	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [32].

Таблиця 5.2 - Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

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

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.

Планувати прибирання так щоб вони приходилось на час, коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення. В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n) [33]. КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Характеристика зорової роботи при виконанні - роботи високої точності;

Розряд - III;

Підрозряд зорової роботи - б;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - темний;

Бокове КЕО, %:

- природне 2,0;

- суміщене 1,2.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО) [33]. Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_N = e_H + m_N. \quad (5.1)$$

де m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,85$.

Природне $e_N = 2,0 \cdot 0,85 = 1,7\%$.

Сумісне $e_N = 1,2 \cdot 0,85 = 1,0\%$.

Штучне освітлення. Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве [34]. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк: загальне - 300 лк; комбіноване – 1000 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі [35]:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (5.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньо геометричною частотою 1000 Гц, прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. [36] Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 5.2- 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

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища [37], важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. СЕП є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи систем електропостачання, особливо заводів воєнного призначення [30].

Вплив радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища тощо. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем електропостачання. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і вигорання обмоток чи загорання трансформаторів.

Після опромінення системи електропостачання в елементах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробною і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Особливо велику загрозу для систем управління СЕП має вплив

електромагнітного імпульсу, який може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також внести серйозні порушення в роботу цифрових і контрольних пристроїв. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання [30]. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві та вибухів. Ці вторинні фактори надто небезпечні при виникненні на воєнному заводі. Саме тому є необхідність запобіганню дії цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕП.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Для визначення граничного значення дози опромінення $D_{грі}$, для елементів системи, при яких виникають незворотні зміни [30]. Отримані дані заносимо в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП

№ п/п	Системи	Блок	Елементи РЕА	$D_{грі}, Р$	$D_{гр}, Р$
1	Пульт Керування	Блок живлення $U_{ж} = 12(V)$	Транзистор IRF7640	10^3	10^3
			Конденсатор E5R101M12B	10^7	
			Діод SMBJ12CA	10^4	
2	Система збору і Обробки даних	Блок пам'яті $U_{ж} = 12(V)$	Мікросхема REF5025CA	10^4	
			Мікросхема LM27313XMF	10^3	
			Транзистор IRFB3207Z	10^5	
3	Система аварійного вимикання	Блок захисту $U_{ж} = 9(V)$	Діод DALC208SC6	10^6	
			Транзистор IRLML6401TRPBF	10^4	
			Фотоелемент DIR10	10^4	

Проаналізувавши дані таблиці 5.6, визначили, що самим уразливими елементами системи електропостачання з мінімальною дозою $D_{грі} = 10^3 Р$ є такі мікросхеми та діоди. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, \quad (5.4)$$

де P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1 = 5,22$ Р/год);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 131400$ год (5 років));

t_n – час початку опромінення ($t_n = 1$ год).

$K_{осл}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{осл} = 1$).

$$D_m = \frac{2 \cdot 5,22 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{1} = 3773,97 \text{ (Р)}.$$

Оскільки $D_{грi} > D_m$, то дана система електропостачання може вважатися стійкою до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах з:

$$t_d = \frac{D_{гр} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.5)$$

$$t_d = \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 5,22 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,22} = 958,85 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази $D_m = 3773,97$ Р, а допустима - 10^4 Р. Отже, система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 958,85 год. при рівні радіації 5,22 Р/год.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $E_B = 10,33$ кВ/м. $U_{ж} = 220$ В; 5В.

Оцінка стійкості роботи системи електропостачання ведеться в послідовності:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_r = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 10,33 \cdot 10^3 = 10,33 \text{ (В/м)};$$

2. Система електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» ділиться на окремі функціональні вузли, зокрема: система живлення, мікропроцесорний блок [30].

На кожній ділянці визначається максимальна довжина вертикальної і

горизонтальної струмопровідної частини l_b і l_r

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини $l_{b,ж}=0,13$ м, $l_{r,ж} = 0,11$ м. На ділянці мікропроцесорного блоку $l_{b,м}=0,017$ м, $l_{r,м}=0,021$ м.

3. Для кожної ділянки визначаються напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{b,ж}=E_r \cdot l_{b,ж}=10,33 \cdot 0,13=1,343 \text{ (В)};$$

$$U_{r,ж}= E_b \cdot l_{r,ж}=10,33 \cdot 10^3 \cdot 0,11=1136,3 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{b,м}=E_r \cdot l_{b,м}=10,33 \cdot 0,017=0,176 \text{ (В)};$$

$$U_{r,м}= E_b \cdot l_{r,м}=10,33 \cdot 10^3 \cdot 0,021=216,9 \text{ (В)}.$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{b,ж}=E_r \cdot l_{b,ж}=10,33 \cdot 0,13=1,34 \text{ (В)};$$

$$U_{r,ж}= E_b \cdot l_{r,ж}=10,33 \cdot 10^3 \cdot 0,11=1136,3 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{b,м}=E_r \cdot l_{b,м}=10,33 \cdot 0,017=0,176 \text{ (В)};$$

$$U_{r,м}= E_b \cdot l_{r,м}=10,33 \cdot 10^3 \cdot 0,021=216,9 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме коливання напруги живлення

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж} \cdot N}{100} \text{ (В)},$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{дж} = U_{ж} + \frac{U_{ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{дм} = U_{м} + \frac{U_{м} \cdot N}{100} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,2 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{бв} = 20 \cdot \lg \frac{U_{д}}{U_{в}}, \quad K_{бг} = 20 \cdot \lg \frac{U_{д}}{U_{г}}.$$

Для ділянки живлення

$$K_{бвж} = 20 \cdot \lg \frac{U_{дж}}{U_{вж}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ГЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$K_{БВМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ВМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 Результати розрахунків коефіцієнтів безпеки елементів СЕП

Дільниця СЕП	U _д , В	E _в , В/м	E _г , В/м	U _в , В	U _г , В	K _{БВ} , дБ	K _{БГ} , дБ
Блок живлення	231	10330	10,33	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорний блок	5,2	10330	10,33	0,272	336	33,31	-28,6

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновки.

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому дільниці вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначається перехідне гасіння енергії електричного поля екраном (А, дБ). Для сталого екрану визначається за допомогою формули [30]:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, \text{ (дБ)};$$

де t - товщина стінки екрану, см;

f – частота f=15000 Гц.

Для дільниці живлення

$$A_{ГЖ} = 40 - (-17,63) = 47,63 \text{ (дБ)};$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2 \sqrt{f}} = \frac{47,63}{5,2 \sqrt{15000}} = 0,074 \text{ (см)}.$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$A_{ГМ}=40-(-28,6)=68,6 \text{ (дБ)};$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{68,6}{5,2\sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)}.$$

В умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнт безпеки СЕП для вертикальних струмопровідних частин дільниці живлення системи був більший за 40 дБ, в цьому випадку СЕП стійка. Для горизонтальних струмопровідних частин коефіцієнт безпеки був менший за 40 дБ. Після застосування сталевих екранів коефіцієнт безпеки став не менше 40 дБ, а тому система електропостачання є стійкою до ЕМІ і може працювати без суттєвих збоїв.

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку курування з використанням екрану товщиною 0,140 см зі сталі, система керування буде стійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,102 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Отже, після проведених розрахунків визначено, що робота системи електропостачання при заданому рівні радіації 5,22 Р/год буде досить стійка. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування блоків СЕП суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 10,33 кВ/м. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали радіотехнічні схеми на період впливу ЕМІ.

Висновки: З'ясувалося, що об'єкт нестійкий до дії іонізуючих випромінювань. Для підвищення стійкості роботи ОГД розробляється режим радіаційного захисту персоналу, а саме використовується робота скороченими змінами. РЕА, що використовується на ОГД, є стійкими до дії іонізуючих випромінювань.

РЕА нестійка до дії ЕМІ. Тому для підвищення стійкості об'єкту доцільно розмістити плати РЕА у вертикальній площині, та використати захисне екранування.

ВИСНОВКИ

Дана магістерська кваліфікаційна робота була присвячена питанням підвищення ефективності електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт». В ході виконання дослідження були отримані наступні практичні та теоретичні положення:

1. Вияснено, що існуюча система електропостачання підприємства являється морально та технічно застарілою та потребує підвищення енергоефективності шляхом розробки нової системи електропостачання, яка буде реалізовано за допомогою сучасного вискоефективного обладнання. Важливі елементи електричної мережі можуть бути вдосконалені, що дозволить в свою чергу СЕП краще відповідати параметрам аварійного та післяаварійного режимів роботи.

2. Показано, що для підприємства актуальним є питання розробки та впровадження незалежного джерела генерації потужності, використання якого дозволить підприємству не залежати від електричної мережі та продовжувати свою роботу під час відключень світла. Визначено потужність яку необхідно генерувати фотоелектричною станцією протягом року для забезпечення підприємства електричною енергією. Дана величина складає 23516 кВт·год./рік.

3. Проведено дослідження загального аналізу проблем, що виникають під час розробки проектів сонячних електричних станцій. Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій показав, що ключовими перешкодами для розширення використання сонячної енергії є висока вартість обладнання, обмежена доступність ефективних акумуляторних рішень, а також залежність вироблення енергії від погодних умов. Особливе значення має правильне розміщення СЕС, оскільки неправильний вибір місця та кута нахилу панелей може значно зменшити продуктивність установки. Крім того, обслуговування та догляд за обладнанням вимагають додаткових витрат, що також враховувалося під час аналізу.

4. Розраховано параметри та обрано основне обладнання для реалізації проекту дахової сонячної електростанції. На підставі попередніх розрахунків потужності підприємства визначено необхідну потужність СЕС та параметрів її компонентів.

5. Проведено дослідження визначення оптимальної конфігурації схеми СЕС на підприємстві на підставі порівняння двох варіантів. Встановлено, що для даного підприємства оптимальним варіантом являється реалізація СЕС за конфігурацією Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система. Яка має оптимальні економічні параметри.

6. Розроблено повну схему підключення СЕС 15,4 та розраховано, що при встановленні на даху СЕС за конфігурацією БМФС потужністю 15,4 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 773 125 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження підприємства та у період надлишкової генерації на мережу. Визначено чистий річний прибуток який складає – 130 955 тис. грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію та прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом. Термін окупності даної СЕС – 5,9 років.

7. Проведено дослідження роботи сонячних панелей за допомогою цифрових моделей. Для цього у середовищі MATLAB/Simulink змодельовано роботу СЕС та досліджено різні режими роботи її компонентів та якості згенерованих сигналів напруги та струму. Дослідження показали допустиму якість ЕЕ яку генерує СЕС.

8. В роботі було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕС підприємства та розраховано собівартість електричної енергії яка склала 806,14 коп/кВт·год. Собівартість електроенергії для даного підприємства на 141,24 коп/кВт·год більша за дійсний тариф, що свідчить про актуальність розглянутою в науково-дослідній роботі теми підвищення ефективності електропостачання ВМКП «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції. Розробка власного джерела генерації потужності дозволить підприємству підвищити ефективність за рахунок економії на платі за спожиту електроенергію.

9. У п'ятому розділі були проаналізовані стандарти ОП та електробезпеки. Проведено аналіз стабільності роботи бота на робочому місці підприємства під впливом іонізуючого випромінювання та електромагнітних імпульсів.

Виконані розрахунки дозволять забезпечити підвищення ефективності електропостачання даного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
2. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
3. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
4. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.
5. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.
6. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info> (дата звернення: 17.10.2024).
7. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго" : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.10.2021).
8. Каталог ламп та світильників. URL: <http://avtonom.com.ua/osveshchenie/diodnye-lampy> (дата звернення: 17.10.2024).
9. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
10. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
11. Промислові автоматичні вимикачі EB та EB2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).

12. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).

13. Лежнюк П. Д. Особливості роботи відновлюваних джерел енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, В. В. Кулик // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011.– С. 42–46.

14. Офіційний сайт групи компаній KNESS. URL: <https://kness.energy/> (дата звернення: 15.05.2024).

15. Пундєв В. О., Шевчук В. І., Шейко І. О. Шляхи підвищення ефективності й терміну експлуатації фотоелектричних модулів і фотоелектричних станцій / Інститут відновлюваної енергетики НАН України – Київ, 2021. – с. 39-41

16. Возняк О. Т. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні / О. Т. Возняк, М. Є. Янів // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. Політехніка". Теорія і практика буд-ва. – 2010. – № 664.

17. Які нюанси роботи сонячної електростанції в зимовий період [Режим доступу]: <https://prel.prom.ua/n234221-yaki-nyuansi-roboti.html>

18. MATLAB – високорівнева мова технічних розрахунків: веб-сайт. URL: <http://matlab.products/matlab> (дата звернення: 06.05.2023)

19. Simulink – моделювання і симуляція динамічних систем: веб-сайт. URL: <http://matlabproducts/simulink> (дата звернення: 06.05.2023)

20. Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018. [Режим доступу]: <https://strategycouncil.com/files/research/en/38.pdf>

21. Сонячні батареї: типи та принцип роботи [Режим доступу]: <https://comfortsellers.com.ua/sonyachni-batareyi-typy-ta-pryntsyyp-roboty/>

22. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 "Теплоенергетика"

/Уклад: В.І Шкляр, В.В. Дубровська, – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 52 с

23. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

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

25. 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->.

26. 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.

27. 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.

28. 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>.

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

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

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

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

ta-infravzuku-nor4878.html.

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

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

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

36. 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>.

37. 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.

38. 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.

39. 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>.

40. Ключові фактори, що впливають на проектування сонячних електричних станцій [Електронний ресурс] / О.В. Бабенко, В.В. Латюк., В.В. Захаров // LIV Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2025) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22806/18835>

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” _____ 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції

08-22.МКР.006.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ-23м

Латюк В.В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 310 від 17.09.24р.

Дата початку роботи 14.10.24р.

Дата закінчення роботи 07.12.24р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об'єкта); план цеха (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.

3.2. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

3.3 Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

3.4 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	14.10	20.10
4.2 Проведення дослідних розрахунків	20.10	20.11
4.3 Розробка робочих креслень	20.11	22.11
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	22.11	10.12

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б – Вихідні дані

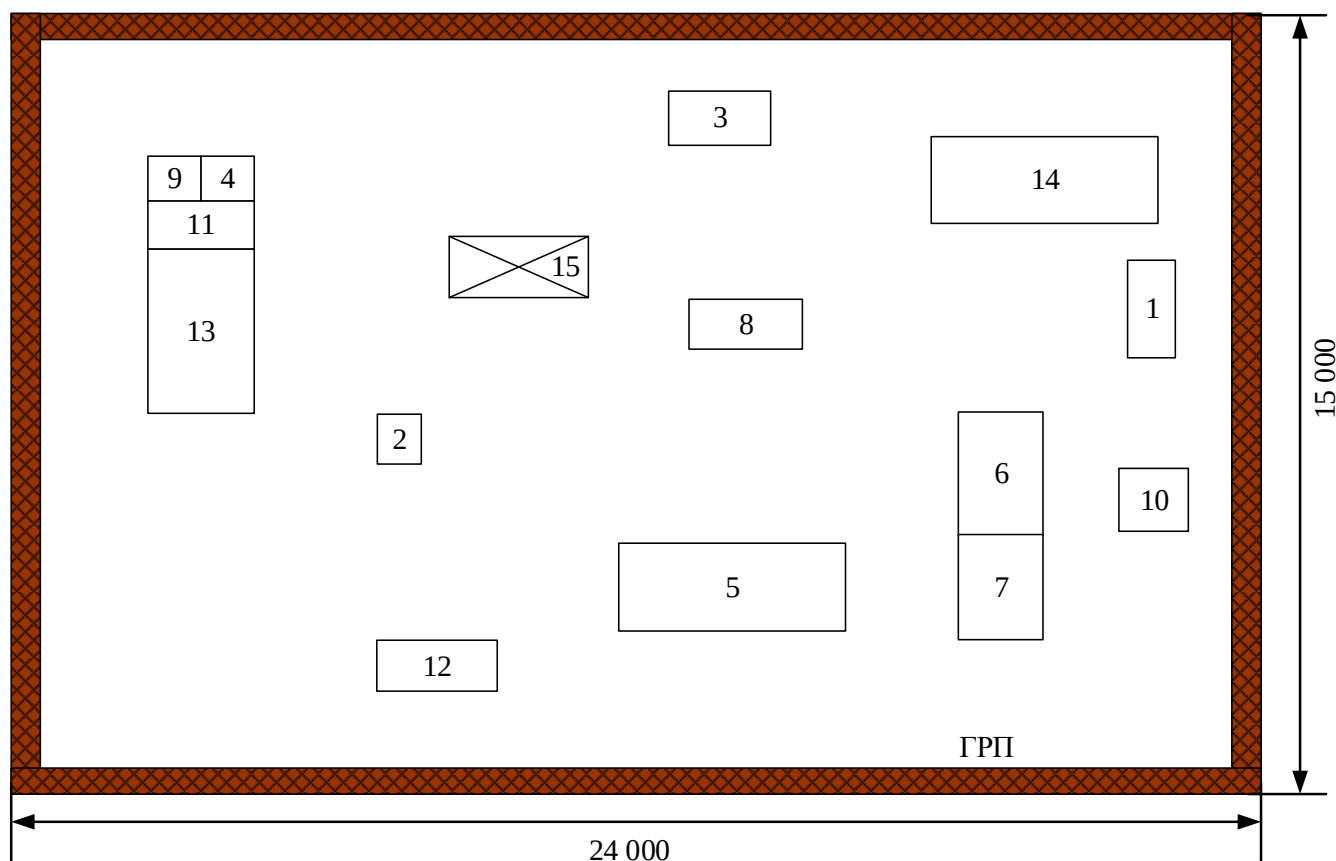


Рисунок Б.1 – План електропостачання виробничого приміщення

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження виробничого приміщення

	Найменування ЕП	n	P_H , кВт
1	2	3	4
1	Компресор рес-50,8атм,206л/хв	1	1
2	Токарний станок 1К62 б/в	1	3,5
3	Точило JBG10A 380В	1	0,75
4	Компресор СБ4/С-100.LB40	1	1
5	Листозгин ІГ 1428	1	7
6	Машина точкової контактної зварки МТ-501	1	1
7	Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	1	1,5
8	Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	1	5,6
9	Транспортна система ТС.040хх	1	0,35

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
10	Трубогіб-вальцовочний	1	0,22
11	Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1	0,5
12	Прес пневмогідровлічний 40т.	1	7
14	Станок порізки металу НК43214	1	2,2
15	Кран-балка	1	1,5
16	Установка для ручного нанесення порошкових фарб	1	32

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності електропостачання Вінницького міського комунального підприємства «Вінницяміськліфт» з використанням дахової сонячної електростанції

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність	86
Схожість	14

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи _____ Латюк В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток Г – Ілюстративна частина

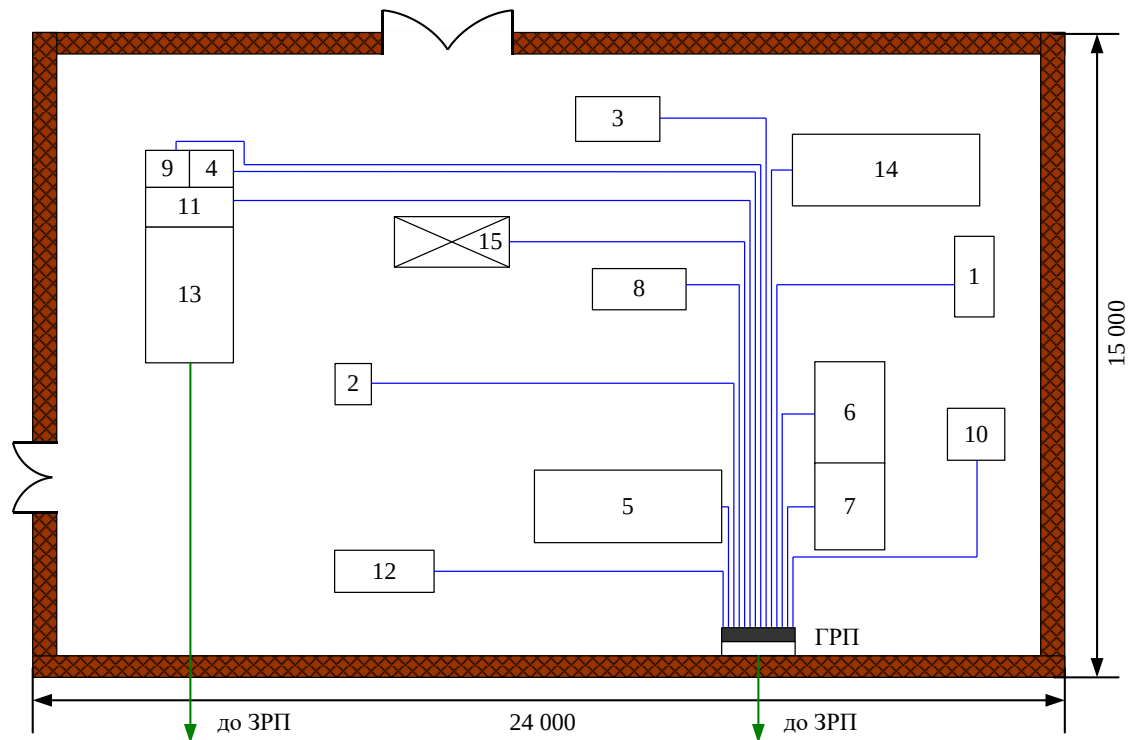


Рисунок Г.1 – План електричної мережі виробничого приміщення

Таблиця Г.1 – Захисна апаратура та провідники цехової мережі

Найменування ЕП	І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	І _{доп} , А
ГРП	18,36	104,1	ЕВ 100/3L 80А 3р	80	80	800	АВВГзнг	3х25+1х16	В землі	88
1 Компресор рес-50,8атм,206л/хв	2,5	12,7	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
2 Токарний станок 1К62 б/в	8,9	44,3	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
3 Точило JBG10A 380В	1,8	8,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
4 Компресор СБ4/С-100.LB40	2,3	11,7	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
5 Листозгин ІГ 1428	16,4	81,8	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
6 Машина точкової контактної зварки МТ-501	2,8	13,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
7 Напівавтомат інверторний ССВА-270-Р-06-1,2мм	3,8	19,0	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
8 Прес однокривошипний КД2320 б/у (1972)	13,1	65,4	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
9 Транспортна система ТС.040хх	0,7	3,5	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
10 Трубогіб-вальцовочний	0,5	2,4	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
11 Трубостатичний порошковий розпилювач ТСПР УН.025.00	1,2	5,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
12 Прес пневмогідравлічний 40т.	17,7	88,6	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
13 Установка для ручного нанесення порошкових фарб	74,8	374	ЕВ2 250/3L 125А 3р	125	125	2500	АВВГзнг	3х50+1х25	В землі	143
14 Станок порізки металу НК43214	4,8	23,9	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	29
15 Кран-балка	3,8	19,0	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	37

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

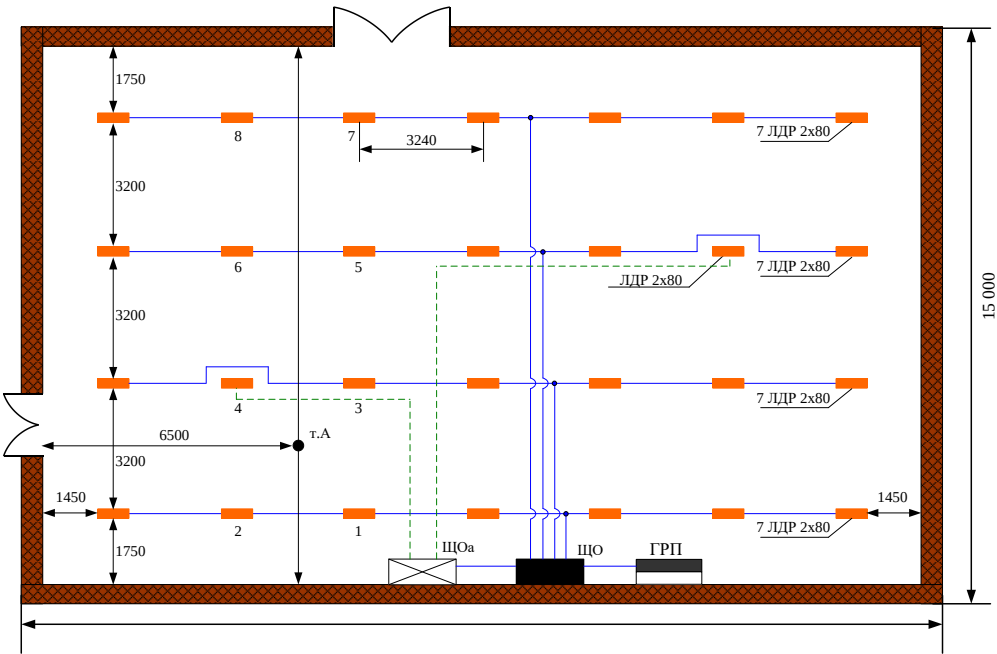


Рисунок Г.2 – План освітлювальної мережі

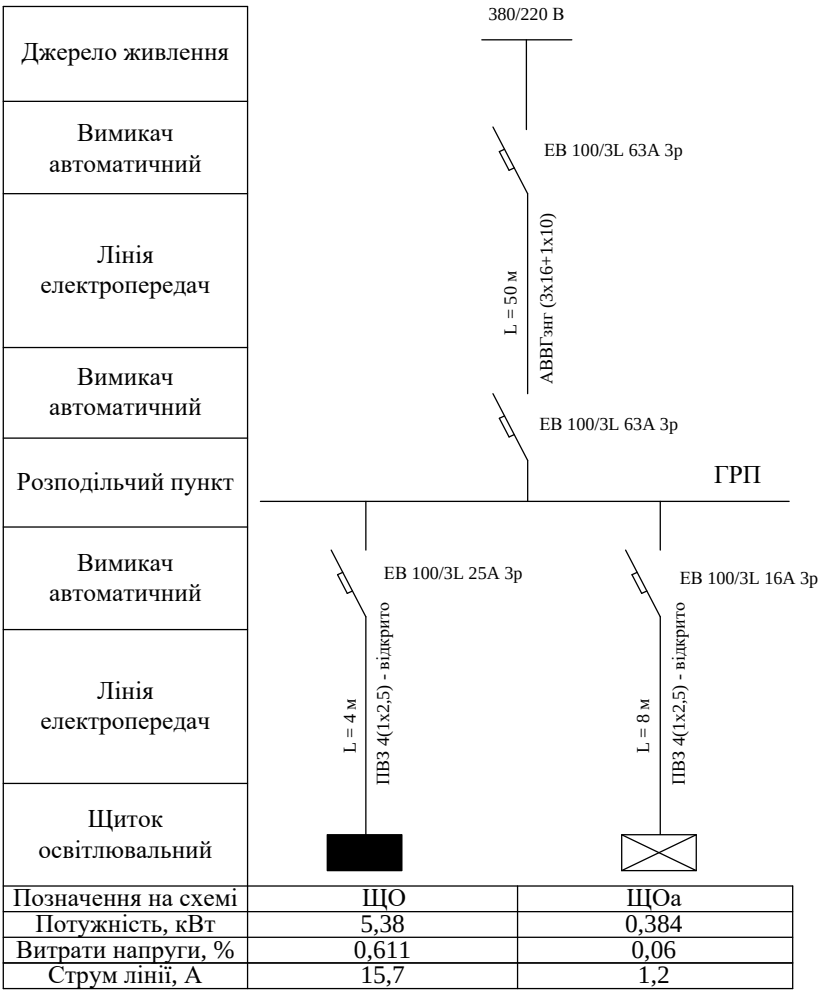


Рисунок Г.3 – Принципова схема живлячої мережі

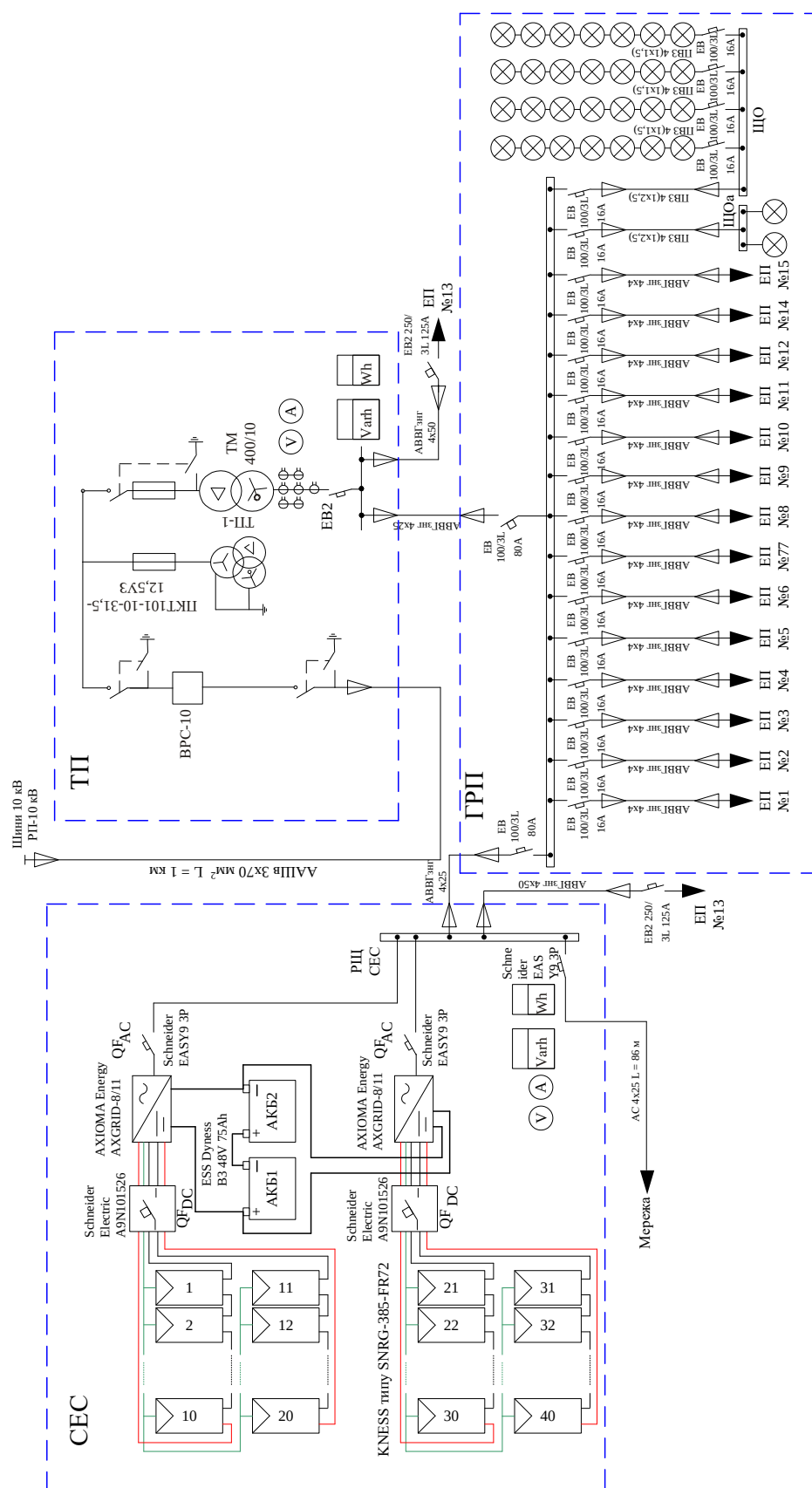


Рисунок Г.4 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

Таблиця Г.2 – Капіталовкладення в спорудження СЕС різної конфігурації

Комплектуючий елемент		Загальна сума, грн.	
		АФС	БМФС
Сонячна панель KNESS типу SNRG-385-FR72	Кількість	35	40
	Ціна, грн	5800	5800
	разом, грн.	203000	232000
Контролер заряду ENERSOL EMPPT-1260	Кількість	2	2
	Ціна, грн	4850	4850
	разом, грн.	9700	9700
Трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	Кількість	2	2
	Ціна, грн	47900	47900
	разом, грн.	95800	95800
Акумуляторні батареї ESS Dyness B3 48V 75Ah	Кількість	6	2
	Ціна, грн	154000	154000
	разом, грн.	924000	308000
Вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10A C 500B DC Schneider Electric A9N101526	Кількість	2	2
	Ціна, грн	1030	1030
	разом, грн.	2060	2060
Трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА	Кількість	2	2
	Ціна, грн	730	730
	разом, грн.	1460	1460
Трифазний лічильник активної енергії	Кількість	0	1
	Ціна, грн		3950
	разом, грн.	0	3950
Кабельні зв'язки			
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	Довжина 1м	50	60
	Ціна, грн	32,1	32,1
	разом, грн.	1605	1926
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	Довжина 1м	80	100
	Ціна, грн	55,2	55,2
	разом, грн.	4416	5520
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ СЕС кабелем АВВГ перерізом 3х16+1х10 мм ²	Довжина 1м	100	100
	Ціна, грн	30	30
	разом, грн.	3000	3000
Підключення РП-0,4 кВ СЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3х50+1х25 мм ²	Довжина 1м	15	15
	Ціна, грн	123,3	123,3
	разом, грн.	1849,5	1849,5
Підключення РП-0,4 кВ СЕС до мережі повітряним проводом АС перерізом 4х25 мм ²	Довжина 1м	0	86
	Ціна, грн		14,2
	разом, грн.	0	1221,2
Капіталовкладення в обладнання	грн.	1246891	666487
Очікувана вартість введення СЕС в експлуатацію	грн.	124440,3	106638
Конфігурація СЕС		АФС	БМФС
Загальні капіталовкладення при введенні в експлуатацію	грн.	1371331	773125

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

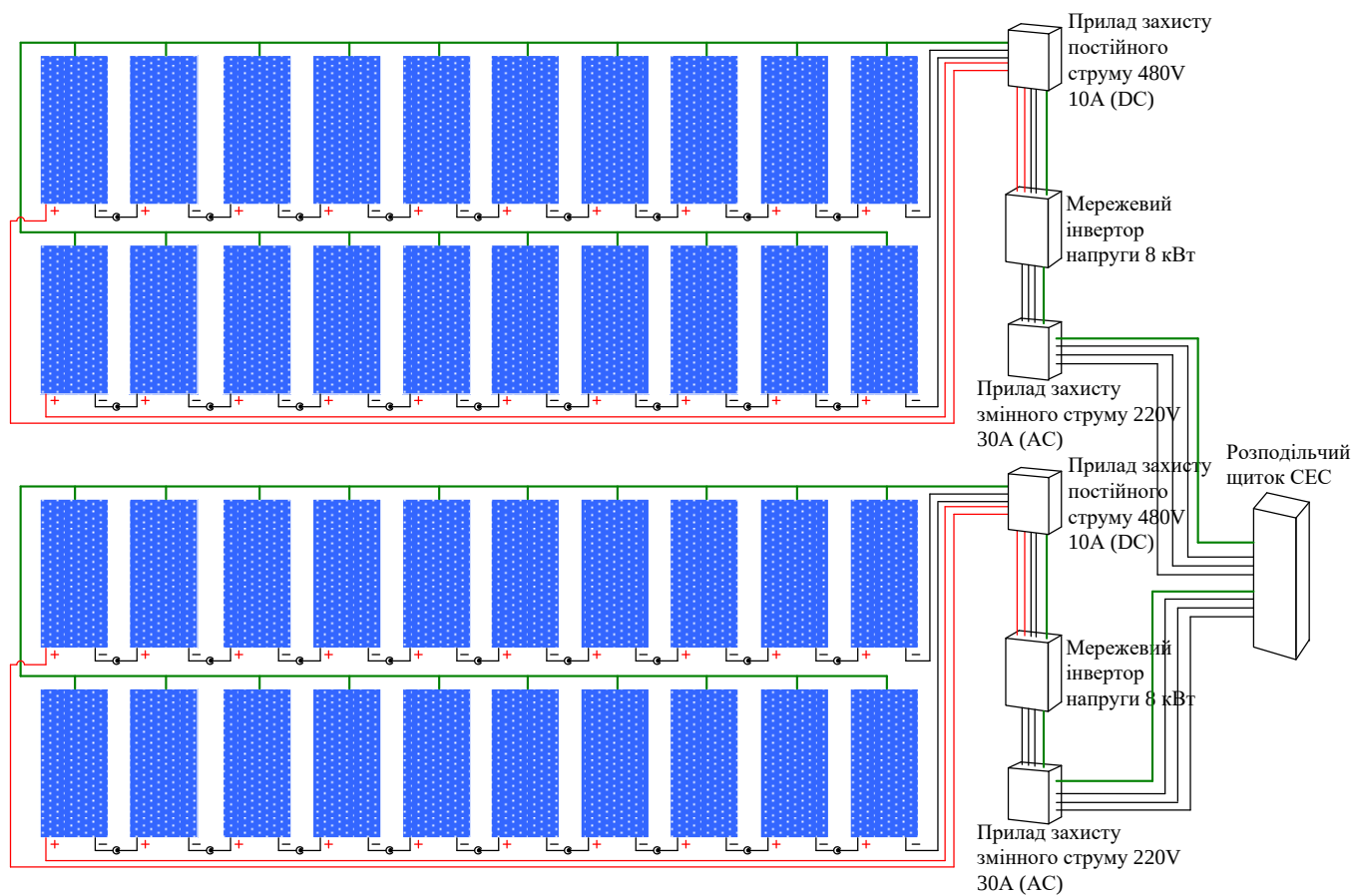


Рисунок Г.5 – Повна схема підключення СЕС 15,4 кВт

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

Основні техніко економічні показники системи електропостачання

Підсумкова таблиця

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Ea	22754,39	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із витратами	E	24389,30	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	162164,4319	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C _а	781109,91	грн.
Сумарні витрати під-ва	C _{сум}	943274,35	грн.
Собівартість ел.енергії	S	806,14	коп/кВт·год.

Таблиця кошторису річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Рн, кВт
Витрати по експлуатації обладнання	484237,63	61,99
Витрати на поточний ремонт	20216,75	2,59
Витрати на амортизацію	120433,55	15,42
Інші витрати	156221,98	20,00
Разом	781109,91	100



Сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства	2007,23 тис грн
Загальна потреба підприємства в електроенергії	24389,3 кВт*год/рік
Тариф	6,649 грн/кВт*год
Оплата за спожиту електроенергію	162164,43 грн
Собівартість спожитої електроенергії	806,14 грн/кВт*год

Гістограма кошторису річних поточних витрат

