

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:

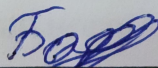
Модернізація системи електропостачання
товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ»
за рахунок встановлення сонячної електростанції

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
Освітня програма: «Електротехнічні системи
електроспоживання»

(назва ОП)

спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Бондарчука В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ

Лобода Ю.В.

(прізвище та ініціали)

«10» 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«16» жовтня 2024 р.

Опонент:

«К.т.н., доц. каф. аер. ВСС»

(прізвище та ініціали)

«19» 12 2024 р.

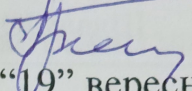
Винищевський с.я.

Вінниця – 2024 року

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
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“19” вересня 2024 року

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

Бондарчуку Владиславу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції

керівник роботи Лобода Юрій Васильович Ph. D. доцент каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» вересня 2024 року, №310

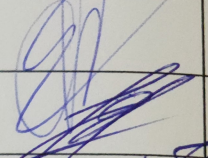
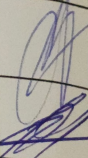
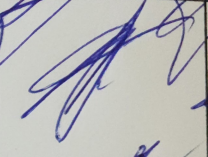
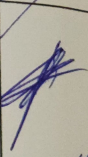
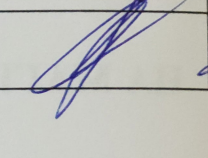
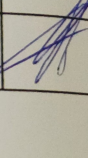
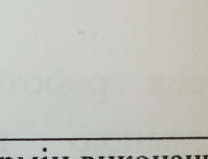
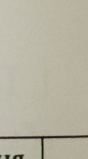
2. Термін подання студентом роботи “10” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; 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 сонячної електростанції. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).
 Об'єм споживаного навантаження протягом року. Порівняльний аналіз моделей інверторів 50 фотоелектричних панелей. Порівняльний аналіз моделей інверторів 50 Розміщення СЕС 50 кВт на даху складу. Повна схема підключення СЕС 50 Капіталовкладення в спорудження СЕС.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Лобода Ю.В., Ph. D., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Нормконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання 17 вересня.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Прізвище та ініціали
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.24	Бондарчук В.В.
2	Синтез зовнішньої СЕП	10.10.24	Лобода Ю.В.
3	Науково дослідна частина	25.10.24	Шулє Ю.А.
4	Економічна частина	22.11.24	Войтюк Ю.П.
5	Охорона праці	29.11.24	Войтюк Ю.П.
6	Графічна частина	04.12.24	Войтюк Ю.П.

Студент

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Опонент

(підпис)

Бондарчук В.В.
(прізвище та ініціали)

Лобода Ю.В.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Бондарчук В.В. Модернізація системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2024 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо модернізації системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції згідно проекту, який має оптимальні параметри при роботі в СЕП компанії.

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

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглядається розрахунок навантажень підприємства, ліній живлення та освітлювальних мереж.

В другому розділі роботи було проведено дослідження основного обладнання для виконання проектів сонячних електричних станцій. Здійснено аналіз інверторів, які використовуються для оптимальної роботи СЕС.

Третій розділ присвячений науково-дослідній роботі. Спроектовано СЕС потужністю 50 кВт на даху підприємства.

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

У п'ятому розділі проаналізовано питання охорони праці.

Ключові слова: фотоелектрична панель, інвертор, сонячна електростанція.

ABSTRACT

Bondarchuk V.V. Modernization of the power supply system of the limited liability company "COMPANY "MAKOSH" by installing a solar power plant. MTW. Specialty 141 - Vinnytsia: VNTU, FEEM, ESEEM department, 2024 - 90 p.

The master's qualification work considers the issue of modernizing the power supply system of LLC "COMPANY "MAKOSH" by installing a solar power plant according to the project, which has optimal parameters when working in the company's SEP.

The master's work is developed on the basis of actual material collected at this enterprise during the pre-graduate internship.

The first section of the qualification work considers the calculation of the enterprise's loads, power lines and lighting networks.

In the second section of the work, a study of the main equipment for implementing solar power plant projects was conducted. An analysis of inverters used for optimal operation of the SEP was carried out.

The third section is devoted to research work. A SEP with a capacity of 50 kW was designed on the roof of the enterprise.

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

In the fifth section, the issue of labor protection was analyzed.

Keywords: photovoltaic panel, inverter, solar power plant.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	9
1.1 Характеристика підприємства.....	9
1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства.....	10
1.3 Розрахунок потужності системи освітлення.....	15
1.4 Визначення величини споживаного навантаження підприємством.....	16
1.5 Висновки по розділу 1.....	19
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	20
2.1 Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій.....	20
2.2 Аналіз обладнання сонячних електричних станцій.....	21
2.3 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання.....	27
2.4 Висновки по розділу 2.....	29
3 ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	30
3.1 Визначення основних параметрів СЕС.....	30
3.2 Вибір місця розміщення СЕС.....	32
3.3 Вибір основного обладнання для реалізації СЕС.....	33
3.4 Визначення об'єму генерації СЕС.....	39
3.5 Висновки по розділу 3.....	44
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	45
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	45
4.2 Оцінка ефективності інвестицій.....	46
4.3 Методика визначення оптимальних параметрів ФЕС.....	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	57
5.1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації робочої зони.....	57
5.1.2 Електробезпека.....	59
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	61
5.2.1 Мікроклімат.....	61
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	62

5.2.3 Виробниче освітлення	63
5.2.4 Виробничий шум	64
5.2.5 Психофізичні фактори.....	65
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» в умовах надзвичайних ситуацій	67
5.3.1 Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» в умовах впливу іонізуючих випромінювань	68
5.3.2 Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» в умовах дії електромагнітного імпульсу	69
5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	71
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
Додатки.....	79
Додаток А – Технічне завдання	82
Додаток Б – Графічний матеріал	85
Додаток В – Протокол перевірки на наявність текстових запозичень	91
Додаток Г – Ілюстративний матеріал.....	93

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність розвитку та модернізації системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» полягає у забезпеченні надійного, безперервного та енергоефективного енергопостачання, що є ключовим фактором для підтримки бізнес-процесів і конкурентоспроможності [1]. У сучасному середовищі, де зростає залежність від технологій і електронного обладнання, стабільне енергопостачання дозволяє уникнути простоїв, збитків і порушень у роботі [2].

Застосування сучасних підходів, таких як альтернативні джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни), розумні системи управління електроенергією (Smart Grid) і засоби енергоефективності, дозволяє компаніям зменшити витрати, оптимізувати споживання електроенергії та зменшити негативний вплив на довкілля [3]. Особливо актуальним є впровадження безперервних систем енергопостачання, які підвищують енергетичну незалежність компанії, мінімізують ризики від перебоїв в центральних мережах і сприяють довгостроковій стабільності.

Для підприємства критично важливим є створення безперебійного джерела живлення споживачів електроенергії компанії, що дозволить забезпечити повну незалежність від центральної електромережі та стабільність роботи навіть у разі відключень.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є модернізація системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» [4] з використанням сонячної електростанції. Здійснити аналіз системи електропостачання підприємства на основі існуючих найбільш енергоефективних методів розрахунку, визначити необхідний обсяг споживаної підприємством потужності. Розрахувати проект СЕС яка буде оптимальною по своїм параметрам при роботі в СЕП компанії.

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 – СЕС ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ».

Предмет дослідження – методи та засоби для проектування СЕС на даху підприємства.

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

Наукова новизна. Розроблено повну схему підключення СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення споживачів електроенергії підприємства.

Практичне значення одержаних результатів: полягає у зменшенні дефіциту потужності електричної енергії за рахунок використання в системі електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» джерел альтернативної енергетики та використання розроблених практичних рекомендацій, що можуть бути розповсюдженні на аналогічні підприємства.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» – це українське підприємство, що спеціалізується на постачанні мінеральних добрив та розробці агрономічних рішень для ефективного землеробства [4]. Воно відоме як постачальник якісних добрив європейського виробництва, які використовуються для покращення врожайності та забезпечення збалансованого живлення рослин.

Основні товари та послуги, які надаються підприємством:

- Постачання мінеральних добрив (азотних, фосфорних, калійних, комплексних);
- Консультаційні послуги з оптимізації живлення рослин.
- Гранульовані добрива, які використовуються для базового удобрення полів;
- Рідкі добрива, які застосовуються для листового підживлення;
- Комплексні добрива, які містять усі необхідні елементи для культур.

ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» співпрацює з провідними європейськими виробниками добрив, такими як Yara, EuroChem, та іншими.

З моменту свого заснування ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» пройшла вагомий шлях становлення, невпинно розширюючи свої можливості та покращуючи якість послуг. Завдяки впровадженню інноваційних рішень і дотриманню високих стандартів, компанія здобула лідерські позиції на ринку рослинного живлення. Ключовою складовою її діяльності є орієнтація на потреби клієнтів, що сприяє зміцненню довіри та формуванню лояльності серед аграріїв.

ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» має у своєму складі 60 працівників [4], які здійснюють свою діяльність як в головному офісі так і на об'єктах основних замовників. За останні роки було створено понад 20 нових робочих місць, і їх кількість постійно збільшується, поповнюючись молодими фахівцями. Підприємство за власні кошти здійснює підготовку молодих кадрів та навчання працівників суміжних професій.



Рисунок 1.1 – Вид головного офісу ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ»

Згідно офіційної інформації на сьогодні складська площа ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» становить понад 17 300 м² розташованих у 7 областях України [4], що сприяє оптимальному покриттю ринку та забезпеченню своєчасної доставки продукції, що дозволяє зберігати понад 50 тисяч тонн продукції. Потужність завантаження складає до 3000 тонн за робочий день, що забезпечує оперативне обслуговування клієнтів та високу ефективність логістики.

1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

В даному розділі роботи виконується поетапний розрахунок, електричних навантажень головного офісу ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» [5].

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

На рисунку 1.2 представлено план підприємства. Навантаження системи електропостачання включає в себе 5 поверхів офісного приміщення, склад та систему освітлення.

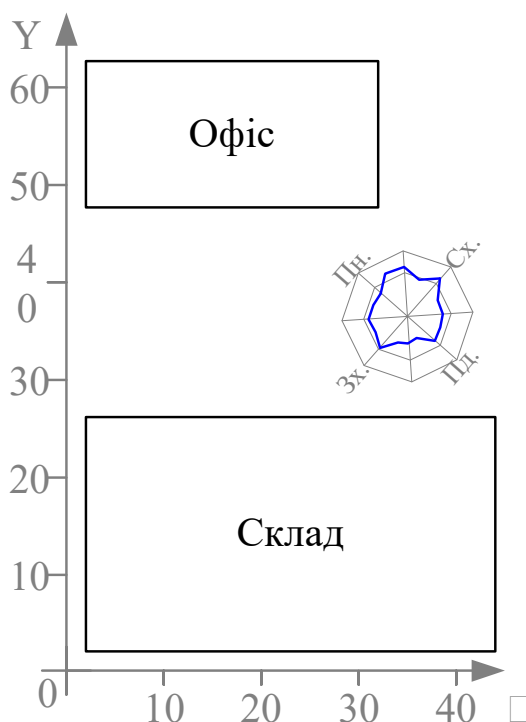


Рисунок 1.2 – План ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ»

Таблиця 1.1 Назва навантажент

№ п/п	Назва	Рн, кВт
1	Офіс Поверх №1	10,5
2	Офіс Поверх №2	6,8
3	Офіс Поверх №3	6,7
4	Офіс Поверх №4	6,6
5	Офіс Поверх №5	6,4
	Ліфт	10,4
	Насос	1,2
	Кондиціонери 10 шт.	12
6	Склад	8

Коефіцієнт використання електричного обладнання – це показник, що відображає частку часу, протягом якого обладнання (наприклад, комп'ютери, освітлення, кондиціонери) працює відносно загального доступного часу. Він вимірюється у дробах і залежить від графіку роботи офісу, енергоефективності

обладнання, режимів споживання електроенергії, а також сезонних коливань (наприклад, використання опалення чи кондиціонування). Оптимізація цього коефіцієнта сприяє зменшенню енергоспоживання і витрат.

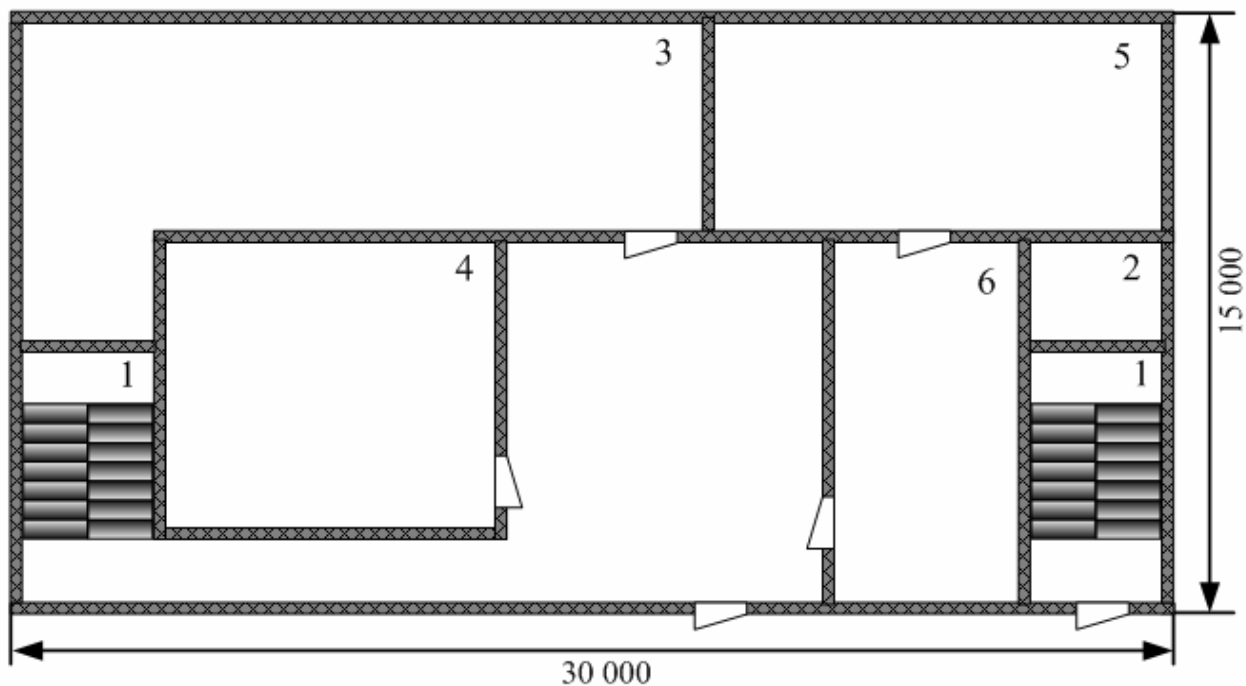


Рисунок 1.3 – План першого поверху на ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ»

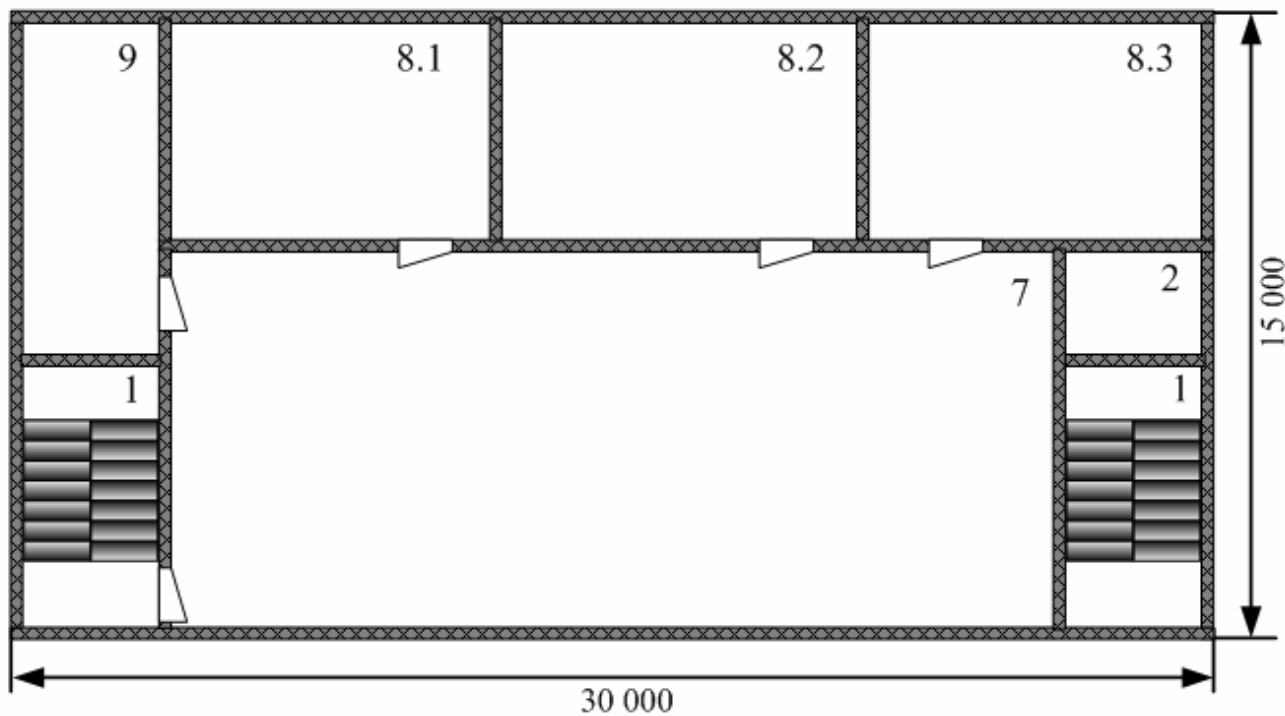


Рисунок 1.4 – План 2-5 поверхів на ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ»

Таблиця 1.2 – Назва приміщень головного офісу

№ п/п	Назва	Рн, кВт
1	Сходи	
2	Ліфт	10,4
3	Гаражне приміщення	3,5
4	Серверна, щитова, веб-установки	10
5	Побутове приміщення	1,5
6	Прохідна	0,5
7	Офісна зона	3,2
8 (1, 2, 3)	Кабінет	1
9	Побутове приміщення	3

Офісне електричне обладнання включає різноманітні пристрої, що використовуються для виконання робочих задач у сучасних офісах.

Основні категорії та короткі характеристики офісного обладнання:

Комп'ютери та ноутбуки: використовуються для роботи з документами, електронною поштою, інтернет-серфінгу, а також для спеціалізованих програм.

Принтери та копіювальні машини: для друку та копіювання документів, можуть мати функції сканування та факсування.

Мобільні пристрої: смартфони та планшети для швидкого доступу до інформації, комунікацій та організації робочого процесу.

Кондиціонери та обігрівачі: для підтримки комфортної температури в офісі.

Електричні розетки та подовжувачі: для підключення різних пристроїв до джерела електричної енергії.

Ці пристрої сприяють підвищенню ефективності роботи та забезпечують комфортні умови для співробітників.

Електрична мережа офісних приміщень виконується із застосуванням провідників та обладнання, які відповідають вимогам безпеки, надійності та зручності обслуговування [6].

Для електроприймачів офісних приміщень та розеткових груп доцільно використати мідні провідники, наступних параметрів:

ВВГ (вініл-вініл-гнучкий): Найпоширеніший кабель для прокладання стаціонарної проводки в офісах. Використовується для освітлення, розеткових груп та живлення пристроїв. Має плоску або круглу форму з подвійною ізоляцією.

Для освітлення: 1,5 мм².

Для розеткових груп: 2,5 мм².

Для пристроїв з високим навантаженням (кондиціонери, обігрівачі): 4-6 мм².

Автоматичні вимикачі, які використовуються в офісах для захисту відповідної лінії живлення обладнання:

10 А — для ліній освітлення.

16 А — для розеткових груп.

20-25 А — для пристроїв із підвищеним енергоспоживанням (сервери, кондиціонери).

Диференціальні автомати (ПЗВ з автоматом):

Використовуються для розеткових ліній, особливо там, де підключаються комп'ютери або побутова техніка.

Номінальний струм: 16-25 А.

Диференційний струм спрацьовування: 10-30 мА.

Найчастіше використовують обладнання таких виробників, як Schneider Electric, ABB, Legrand, Eaton, Hager.

Коректний вибір січення провідників та номіналів автоматів забезпечує безпечну, ефективну та довговічну роботу електричної мережі [6].

Електрообладнання для офісного приміщення повинно відповідати ряду вимог, включаючи енергоефективність (відповідність класу не нижче А+), безпеку (відповідність стандартам захисту, наприклад IP20 або IP44 для специфічних зон), сумісність із навантаженнями та стабільністю мережі, ергономічність у використанні (зручне розташування розеток і вимикачів), а також відповідність нормам електромагнітної сумісності, щоб уникнути перешкод іншим пристроям. Крім того, важливі вимоги до резервного живлення (ДБЖ), захисту від перенапруг і зручності технічного обслуговування.

Електробезпека в офісних приміщеннях забезпечується за рахунок правильного проектування електромережі, використання якісних ізольованих провідників, встановлення автоматичних вимикачів і пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ), а також систем заземлення для захисту від ураження

електрострумом. Важливими заходами є захист від стрибків напруги через реле, чітке маркування обладнання, регулярний технічний огляд мережі та дотримання правил експлуатації електроприладів. Особлива увага приділяється запобіганню перевантаженню мережі, коротким замиканням і забезпеченню безпечної роботи персоналу з урахуванням потенційних ризиків.

1.3 Розрахунок потужності системи освітлення

Рівень освітленості в офісному приміщенні має відповідати нормам, які забезпечують комфортну та безпечну роботу. Для робочих зон, де виконуються зорові завдання (наприклад, робота за комп'ютером), освітленість повинна становити не менше 300–500 люкс, залежно від виду діяльності. Освітлення має бути рівномірним, без мерехтіння та відблисків, а температура світла повинна знаходитись у межах 4000–5000 К для створення нейтрального білого світла, сприятливого для концентрації. Крім того, важливо враховувати поєднання природного і штучного освітлення для забезпечення енергоефективності та збереження зорового здоров'я працівників.

Потужність системи освітлення визначає енергоспоживання всієї освітлювальної установки приміщення і залежить від кількості та характеристик світильників. Її розраховують, враховуючи необхідний рівень освітленості (люкс), площу приміщення та ефективність світильників (люмени на ват). Для досягнення оптимальної освітленості без перевитрат енергії важливо використовувати світлодіодні джерела світла, що забезпечують високий світловий потік при мінімальному споживанні електроенергії. Загальна потужність визначається як сума потужностей усіх джерел світла, що використовуються в приміщенні.

Приміщення кожного поверху головного офісу підприємства поділено стінами та перегородками на окремі робочі зони різного розміру і площі.

В таблиці 1.3 представлено відомості про електричне навантаження освітлювальної мережі компанії «Макош». Освітлення компанії включає в себе освітлювальні мережі офісних робочих зон з нормованою освітленістю 300 лк. Освітлення гаражу, складу та сходів – 200 лк. Систему вуличного освітлення 150 лк.

Таблиця 1.3 – Потужність освітлювальних мереж компанії

Назва приміщень	нормована освітленість, лк	площа м ²	Тип лампи	Потужність ламп, Вт	шт.	Кв	Рос, кВт
Офісні приміщення	300	1845	Philips CorePro LEDtube T8	32	450	0,45	6,48
Аварійне освітлення	300		Philips CorePro LEDtube T8	32	25	0,05	0,04
Гараж	200	117	SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,4	0,6
Сходи	200	60	Philips CorePro LEDtube T8	32	20	0,65	0,416
Склад	200	1008	SON-T 250Вт Philips E40	250	20	0,3	1,5
Вулиця	150		SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,6	0,9
Разом							9,936

На основі специфіки приміщення та умов роботи було обрано тип освітлювальної системи, що забезпечує оптимальну освітленість робочих зон і зони проходів. Враховувалися вимоги до рівномірності розподілу світла, відсутність засліплення та інші аспекти, що впливають на комфорт і продуктивність працівників.

1.4 Визначення величини споживаного навантаження підприємством

Головний офіс ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» працює в одну зміну з 09:00 до 18:00, 249 днів протягом року. Система освітлення розбита на робочі зони, і працює при необхідності освітлюючи окремий робочий простір відповідної секції.

Час використання максимального навантаження $T_m = 2000$ год/рік.

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

Тариф за спожиту активну електроенергію $t = 7,824$ грн/кВт*год.

Режим роботи офісних приміщень протягом року зазвичай залежить від графіка компанії та характеру її діяльності. У зимовий період може збільшуватися використання освітлення та опалення, а в літній – кондиціонування. Окремі компанії можуть адаптувати графік залежно від сезонності бізнесу або інших факторів.

Споживачами електроенергії на підприємстві являються електричні апарати, електронні пристрої та система освітлення дані яких наведені в табл. 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.4 – Відомості про електричні навантаження

Назва обладнання	Кількість	P_n , Вт	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	K_p	P_c , кВт	Q_c , квар	S_c , кВА
Комп'ютери	36	140	0,95	0,33	0,85	4,284	1,41372	4,511
Монітори	36	55	1	0	0,85	1,683	0	1,683
Принтери	8	480	0,9	0,48	0,25	0,96	0,4608	1,065
Кондиціонери	10	1200	0,85	0,62	0,65	7,8	4,836	9,178
Ліфт	1	10400	0,8	0,75	0,3	3,12	2,34	3,900
Роутери та мережеве обладнання	5	100	1	0	1	0,5	0	0,500
Кухонне обладнання	5	1300	0,9	0,48	0,3	1,95	0,936	2,163
Сервери	2	1000	0,95	0,33	1	2	0,66	2,106
Інше офісне обладнання	5	250	0,9	0,48	0,35	0,4375	0,21	0,485
Насос	1	1200	0,75	0,8	0,1	0,12	0,096	0,154
Обладнання складського приміщення		8	0,85	0,62	0,3	0,0024	0,00149	0,003
Разом						22,8569	10,954	25,346

Визначаємо середнє навантаження протягом одного робочого дня як суму навантаження обладнання та системи освітлення.

$$P_c = P_{c.\text{обладнання}} + P_{c.\text{освітлення}} = 22,8569 + 9,936 = 32,8 \text{ (кВт)}.$$

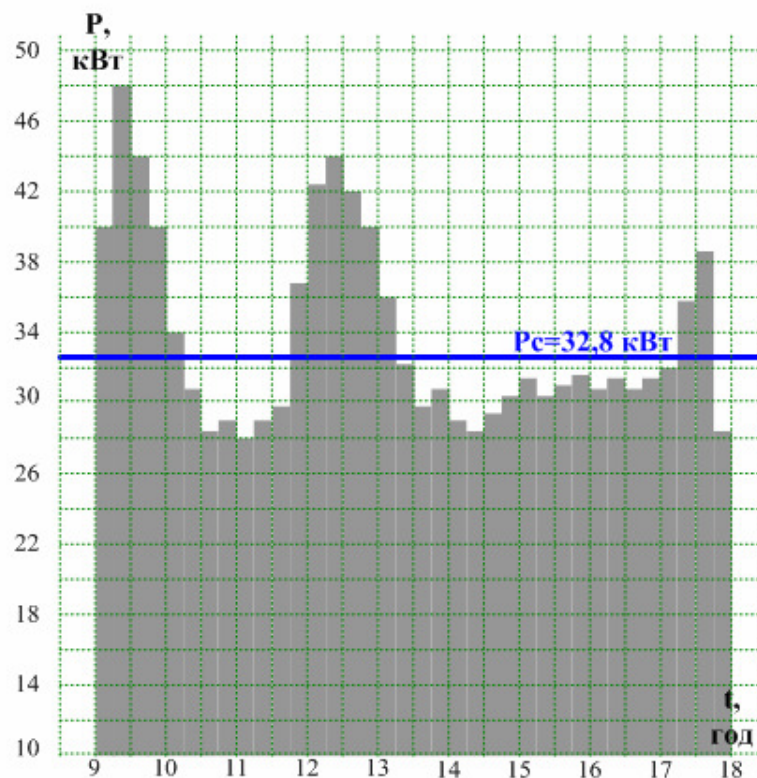


Рисунок 1.5 – Добовий графік навантаження підприємства протягом дня

На рисунку 1.5 представлено добовий графік навантаження підприємства. З графіку видно що система живлення повинна забезпечувати пікову генерацію у розмірі 48 кВт.

Розрахунок обсягу спожитої електроенергії системою освітлення:

$$E_O = P_{C.O} \cdot t_{\text{роб.дня}} \cdot N_{\text{роб.днів}} = 9,936 \cdot 9 \cdot 249 = 22266,6 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Розрахунок обсягу спожитої електроенергії технікою:

$$E_T = P_{TC} \cdot t_{\text{роб.дня}} \cdot N_{\text{роб.днів}} = 22,8569 \cdot 9 \cdot 249 = 51222,3 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

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

$$E = E_a + E_{oc}; \quad (1.7)$$

$$E = 22266,6 + 51222,3 = 73489 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Для забезпечення підприємства безперебійною роботою за рахунок генерації енергії від фотоелектричної станції необхідно розробити проект, який передбачатиме встановлення сонячної електростанції достатньої потужності для генерації 73489 кВт·год./рік. Це дозволить повністю покрити потреби компанії в енергії, зменшити залежність від зовнішніх джерел живлення та підвищити енергетичну незалежність. У рамках проекту будуть виконані детальні розрахунки та розроблені технічні рішення з урахуванням специфіки місця встановлення СЕС.

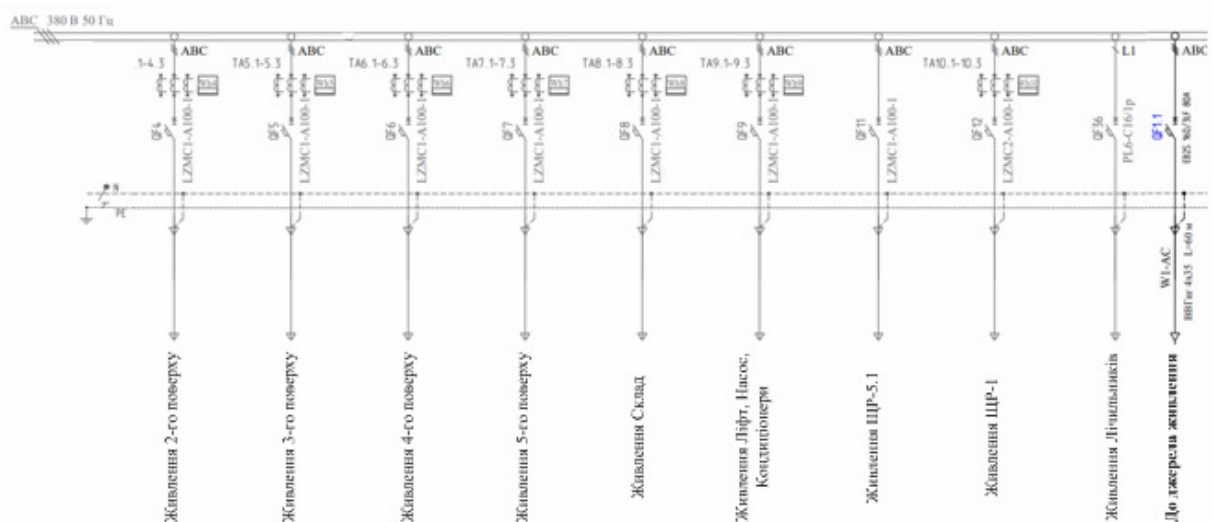


Рисунок 1.6 – Однолінійна схема живлення підприємства

Висновки по розділу 1:

1. Актуальність розвитку системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» полягає у забезпеченні надійного, безперервного та енергоефективного енергопостачання, що є ключовим фактором для підтримки бізнес-процесів і конкурентоспроможності. У сучасному середовищі, де зростає залежність від технологій і електронного обладнання, стабільне енергопостачання дозволяє уникнути простоїв, збитків і порушень у роботі.

2. Застосування сучасних підходів, таких як альтернативні джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни), розумні системи управління електроенергією (Smart Grid) і засоби енергоефективності, дозволяє компаніям зменшити витрати, оптимізувати споживання електроенергії та зменшити негативний вплив на довкілля. Особливо актуальним є впровадження безперебійних систем енергопостачання, які підвищують енергетичну незалежність компанії, мінімізують ризики від перебоїв в центральних мережах і сприяють довгостроковій стабільності.

3. Для підприємства критично важливим є створення безперебійного джерела живлення споживачів електроенергії, що дозволить забезпечити повну незалежність від центральної електромережі та стабільність роботи навіть у разі відключень.

4. Розробка сонячної електростанції, яка зможе генерувати 73489 кВт·год на рік, стане основою для безперервного енергозабезпечення, що покриє потреби підприємства в електроенергії та забезпечить безперебійність усіх операцій. Впровадження такої системи дозволяє підприємству досягти енергетичної незалежності та підвищити стійкість до зовнішніх факторів.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

2.1 Аналіз проблематики розробки сонячних електричних станцій

Проектування сонячної електростанції потужністю 30-50 кВт передбачає врахування низки факторів [9], які впливають на ефективність, довговічність і рентабельність системи. Основні аспекти:

Вибір технології панелей:

- Монокристалічні панелі мають вищу ефективність, але дорожчі;
- Полікристалічні – більш доступні, але з трохи нижчим ККД.

Площа розміщення. Для установки станції такої потужності потрібно орієнтовно 150-450 м² площі на даху або на землі.

Орієнтація та кут нахилу [10]. Максимальна генерація досягається при правильному виборі кута нахилу панелей (залежно від географічної широти) і їх орієнтації на південь.

Інверторна система. Потужність інверторів повинна відповідати характеристикам станції для забезпечення стабільного перетворення енергії постійного струму у змінний.

Первісні інвестиції:

- Вартість обладнання, монтажу та підключення;
- Можливість отримання державних грантів або компенсацій;
- Термін окупності. У середньому становить від 5 до 8 років залежно від регіону та ефективності роботи станції;
- Експлуатаційні витрати. Періодичне технічне обслуговування, очищення панелей від пилу та бруду.

Географічні та кліматичні умови [11]:

- Інтенсивність сонячної радіації. У середньому для України річна генерація складає 1 000–1 400 кВт·год на 1 кВт потужності панелей;
- Погодні умови. Частота хмарності, рівень забруднення повітря, кількість опадів та сезонні зміни освітленості;

– Температурний режим. Панелі втрачають ефективність при високих температурах, тому необхідно врахувати вентиляцію систем.

Мережеві підключення. Чи є можливість підключення до електромережі для продажу надлишків електроенергії.

Розробка проекту потребує комплексного підходу, врахування усіх цих факторів та співпраці з фахівцями для оптимізації роботи СЕС.

2.2 Аналіз обладнання сонячних електричних станцій

Аналіз основного обладнання для реалізації проекту СЕС представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз основного обладнання СЕС

Обладнання	Призначення	Основні характеристики	Типи	Особливості
Сонячні панелі	Перетворення сонячного світла на електричну енергію	Ефективність (15–23%), потужність (100–600 Вт), термін служби (20–30 років), температура роботи (-40°C до +85°C)	Полікристалічні, монокристалічні, тонкоплівкові	Монокристалічні мають високу ефективність, але дорожчі; полікристалічні дешевші, але менш ефективні. Тонкоплівкові легкі, гнучкі, але з низькою ефективністю.
Інвертори	Перетворення постійного струму, виробленого панелями, на змінний струм, придатний для використання в електромережі	ККД (95–99%), вихідна потужність (0,5–500 кВт), рівень шуму, можливість роботи в мережі чи автономному режимі	Центральні, стрінгові, мікроінвертори	Центральні використовуються для великих станцій, стрінгові – для середніх і малих, мікроінвертори – для оптимізації роботи окремих панелей.
Акумуляторні батареї	Збереження надлишкової енергії для використання вночі або у випадках недостатньої генерації	Ємність (кВт·год), напруга (12–48 В), кількість циклів заряду/розряду, термін служби	Літій-іонні, свинцево-кислотні, твердотільні	Літій-іонні мають високу енергоемність і довговічність; свинцево-кислотні дешевші, але швидше зношуються; твердотільні – інноваційні з високою безпекою.
Кабелі та роз'єми	Передача енергії між панелями, інверторами, акумуляторами та мережею	Опір, перетин (4–10 мм ²), стійкість до ультрафіолету, водонепроникність	Кабелі для постійного струму, змінного струму	Високоякісні кабелі забезпечують мінімальні втрати енергії та довговічність.
Контролери заряду	Регулювання подачі струму від панелей до акумуляторів для уникнення перезаряду чи глибокого розряду	Типи (PWM, MPPT), напруга (12–48 В), струм (10–100 А)	PWM (широкоімпульсна модуляція), MPPT (відстеження точки максимальної потужності)	MPPT ефективніші, особливо при змінних умовах освітлення, але дорожчі за PWM.

В таблиці 2.2 представлено порівняльний аналіз найбільш популярних на Європейському ринку типів панелей сонячних електростанцій [12].

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз моделей фотоелектричних панелей

Параметр	JA Solar JAM60S20	LONGi LR4-60HPH	Jinko Solar Tiger Pro	Trina Solar Vertex S	Risen Energy RSM120-6	LONGi Solar LR5-72HPH540 M	JA Solar JAM72S30 525-550/MR
Тип	Монокристалічна	Монокристалічна PERC	Монокристалічна Half-Cell	Монокристалічна Multi-Busbar	Монокристалічна Half-Cell	Монокристалічна PERC	Монокристалічна PERC
Потужність (Вт)	365–385	370–450	400–450	400–450	365–400	540	525–550
ККД (%)	~20	20–22	~21	~21.5	~20	~21.9	~21.6
Технологія	PERC	Half-Cell	Half-Cell, Multi-Busbar	Multi-Busbar	Half-Cell	Half-Cell	Half-Cell
Рівень деградації (% на рік)	0,55%	0,45%	0,40%	0,50%	0,50%	0,40%	0,45%
Ціна за одиницю (грн)	~5 600–6 400	~6 000–6 800	~6 400–7 600	~6 400–7 200	~5 600–6 400	~8 000	~7 200
Габарити панелі (мм)	1776×1052×35	1755×1038×35	1840×1020×35	1762×1040×35	1756×1039×35	2256×1133×35	2285×1134×35
Особливості	Ефективна при слабкому освітленні, доступна ціна	Підвищена продуктивність у затінку, висока механічна стійкість	Надійна робота в умовах високих навантажень, інноваційна технологія	Висока ефективність, низькі втрати через нагрівання	Хороше співвідношення ціни та якості, стійкість до PID-ефекту	Висока продуктивність, зменшена деградація	Оптимальна ціна та потужність для великих проєктів

В таблиці 2.3 представлено порівняльний аналіз найбільш популярних на Європейському ринку гібридних інверторів потужністю 50 кВт сонячних електростанцій.

Гібридні інвертори потужністю 50 кВт для сонячних електростанцій повинні відповідати низці вимог для забезпечення ефективної та безпечної роботи. Вони повинні мати кілька MPPT (максимум потужності на точці передачі) для оптимізації вироблення енергії від сонячних панелей в умовах різної освітленості, а також

підтримувати широкий діапазон вхідної напруги (від 200 до 1000 В) для адаптації до різних типів панелей. Інвертори повинні мати високу ефективність (не менше 98%), що дозволяє зменшити втрати енергії при перетворенні. Важливою вимогою є наявність захисту від перенапруги, короткого замикання і перегріву, а також клас захисту IP65 для забезпечення надійної роботи на відкритому повітрі. Інтерфейси для моніторингу (WiFi, LAN, GPRS) повинні дозволяти дистанційне управління і контроль за роботою системи. Крім того, інвертори повинні підтримувати інтеграцію з акумуляторними системами для зберігання енергії та підключенням до дизельних генераторів для резервного живлення.

Таблиця 2.3 – Порівняльний аналіз моделей інверторів 50 кВт

Модель інвертора	MPPT	Ефективність	Діапазон вхідної напруги	Клас захисту	Інтерфейси для моніторингу	Гарантія	Ціна (USD)	Можливість підключення дизельного генератора
Huawei SUN2000-50KTL-M3	4	98,50%	200-1000 В	IP65	WiFi, Ethernet	5 років	\$12,000	Так
Solis S5-GC50K	5	98,70%	180-1000 В	IP66	WiFi, LAN, GPRS	5 років	\$10,500	Так
Deye SUN-50K-G	4	98%	200-1000 В	IP65	WiFi, Ethernet	5 років	\$11,000	Так
GoodWe GW50KN-MT	4	98,60%	200-1000 В	IP65	WiFi, LAN	5 років	\$11,500	Так
Fronius Symo 50.0-3-M	4	98%	200-1000 В	IP65	WiFi, Ethernet	5 років	\$12,500	Так

За способом підключення до сонячної станції, споживачам та акумуляторам інвертори поділяються на:

- мережеві;
- автономні;
- гібридні.

Мережеві моделі з позначенням on grid працюють від сонячної електростанції на навантаження громадської електричної мережі. Вони найбільше використовуються в системах із потужностями, що перевищують 10 кВт.

Автономні інвертори позначають off grid [9]. Їх підключають до домашніх побутових споживачів, а заживлюють від акумуляторних батарей, що заряджаються сонячними модулями через контролери.

Гібридні конструкції використовують обидва методи підключення. Вони добре поєднуються зі схемами джерел безперебійного живлення, можуть за допомогою автоматики контролера працювати від акумуляторної батареї та/або сонячного модуля за необхідності.

З точки зору технічної реалізації, існує безліч варіантів побудови інверторних схем. Раніше інвертори були механічними, але з розвитком технологій їх замінили напівпровідникові інвертори та схеми. В принципі, існує три основні типи систем підключення інверторів:

- мостовий ІН без використання трансформатора. Область застосування такого ІН це джерела безперебійного живлення потужністю 500 ВА, або установки високої напруги рисунок 2.1 (від 220 до 360 В).

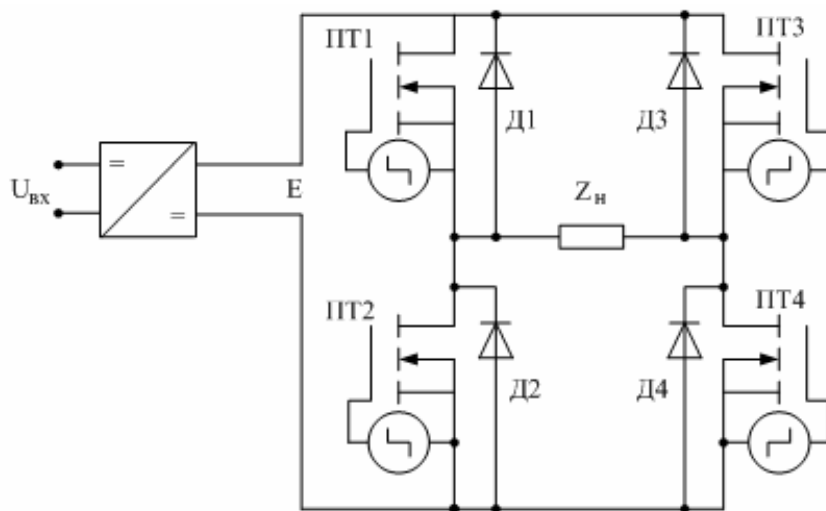


Рисунок 2.1 – Мостовий інвертор без використання трансформатора

- з нульовим виведенням трансформатора. Найчастіше комп'ютерні джерела безперебійного живлення потужністю від 250 до 500 ВА, також інвертори для пересувних систем радіозв'язку (рисунок 2.2).

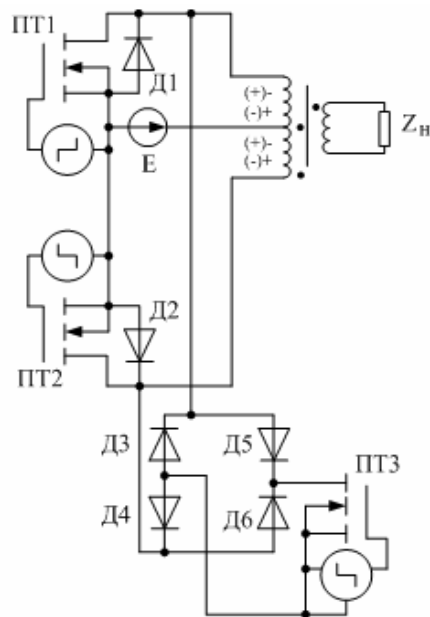


Рисунок 2.2 – Інвертор з нульовим виведенням трансформатора

- схема з трансформатором. Використання пристроями безперебійного живлення з досить широким діапазоном потужностей (рисунок 2.3).

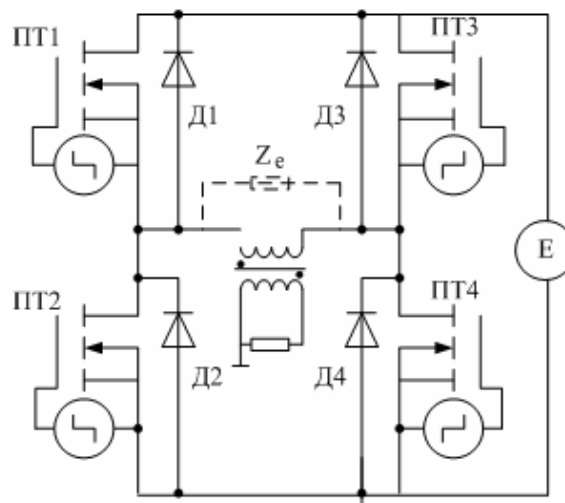


Рисунок 2.3 – Мостова схема інвертора з трансформатором

Інвертор прийнято вважати генератором періодичної напруги, яка за формою дуже близька до синусоїдальних гармонік або значно відрізняється від нього формою вихідного сигналу [3].

За структурними принципами інвертори можна розділити на наступні категорії:

- з прямокутною формою вихідної величини напруги;

- перетворювачі напруги зі ступінчастою формою вихідного сигналу;
- з синусоїдальною формою напруги на виході інвертора;

У режимі запуску інвертор може видавати надлишкову потужність протягом короткого періоду часу. Цей режим зазвичай з'являється при вмиканні холодильників, пральних і посудомийних машин.

Інвертори є одним з основних елементів систем реалізації СЕС. Оскільки ККД сонячних панелей не перевищує 20-30%, використання інверторів з низьким ККД знижує ефективність СЕС і робить її нерентабельною. Інвертори напруги можуть використовуватися як автономне обладнання або як частина джерела безперебійного живлення чи джерела змінного струму.

На рисунку 2.4 представлено типи підключення панелей до інверторів на СЕС:

- Використовується для встановлення потужністю понад 10 кВт.
- Використовується в установках середньої потужності від 3 до 10 кВт.
- Використовується у малопотужних установках від 50 до 400 Вт.

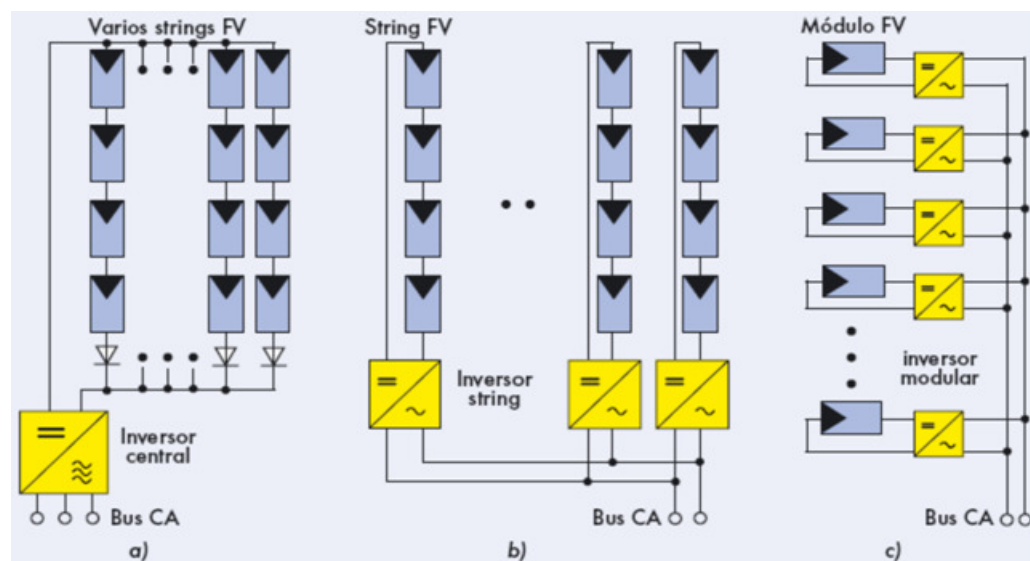


Рисунок 2.4 – Типи підключення панелей до інверторів

Існує три основні типи підключення сонячних панелей до інверторів, кожен із яких підходить для різних конфігурацій систем та їх вимог:

1. **Послідовне підключення (серійне).** Панелі з'єднуються в ланцюг, утворюючи послідовну схему, де напруга кожної панелі додається, а струм залишається сталим.

Підходить для невеликих систем або тих, що працюють у стабільних умовах без затінення.

2. Паралельне підключення. Усі панелі з'єднуються паралельно, що збільшує загальний струм системи, тоді як напруга залишається на рівні однієї панелі. Великі сонячні станції або системи з можливістю затінення.

3. Комбіноване підключення (послідовно-паралельне). Панелі з'єднуються в кілька ланцюгів, які потім паралельно підключаються до інвертора. Великі системи з різноманітними умовами освітлення або нерівномірним розташуванням панелей.

Правильний вибір схеми підключення залежить від умов розташування, потужності системи та економічних факторів.

2.3 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання

Сонячні фотоелектричні системи 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.

Конфігурація СЕС, яка забезпечує роботу за допомогою сонячних панелей, акумуляторних батарей і дизельного генератора для заряду акумуляторів, включає кілька ключових компонентів. Сонячні панелі генерують електричну енергію, яка використовується для живлення споживачів і для заряджання акумуляторів. Акумулятори зберігають надлишкову енергію для використання вночі або в похмурі дні, коли генерація від сонячних панелей недостатня. Дизельний генератор підключається до системи як резервне джерело енергії для заряджання акумуляторів, коли рівень заряду падає нижче встановленого порогу або в разі тривалого відключення сонячної генерації. Інвертор керує перетворенням постійного струму (DC) від панелей і акумуляторів у змінний струм (AC) для живлення обладнання, а також інтегрує генератор у систему для підзарядки

акумуляторів. Це дозволяє забезпечити безперервне електроживлення навіть за відсутності сонячного випромінювання.

Таблиця 2.4 – Конфігурації сонячних фотоелектричних систем

Назва конфігурації	Опис та призначення	Основні компоненти	Переваги	Недоліки	Де застосовується
Автономні системи	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	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

Оптимальна конфігурація сонячної електростанції (СЕС) повинна включати інтеграцію сонячних панелей, акумуляторних батарей і дизельного генератора для забезпечення безперервного електропостачання. Така конфігурація дозволяє забезпечити стабільну роботу системи навіть за екстремальних погодних умов, знижуючи залежність від зовнішніх джерел енергії та забезпечуючи автономність у випадку відключення мережі.

Висновки по розділу 2.

В даному розділі кваліфікаційної роботи було проведено дослідження основного обладнання для виконання проектів сонячних електричних станцій.

1. Аналіз проблем розробки сонячних електростанцій показав, що основними викликами для розширення використання сонячної енергії залишаються висока вартість обладнання, нестача доступних і ефективних рішень для зберігання енергії, а також залежність генерації від погодних умов. Особливу роль відіграє правильне планування розташування СЕС: невдалий вибір місця чи кута нахилу панелей суттєво знижує ефективність роботи системи. Також до проблематики належать витрати на обслуговування й догляд за обладнанням, які впливають на загальну економічну доцільність проекту.

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. Правильний вибір інвертора є ключовим фактором для ефективної роботи сонячної електростанції, оскільки він відповідає за перетворення постійного струму, що генерується панелями, у змінний струм, придатний для побутового або промислового використання. Від типу, потужності та якості інвертора залежить стабільність енергопостачання, максимальне використання виробленої енергії, а також здатність системи адаптуватися до змінних умов, таких як часткове затінення або нерівномірна робота панелей. Крім того, інвертори з функцією моніторингу та захисту забезпечують безпеку системи та спрощують її обслуговування, що позитивно впливає на загальну ефективність і довговічність станції.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Визначення основних параметрів СЕС

Для того, щоб забезпечити ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» безперебійним живленням електроенергією за допомогою СЕС необхідно генерувати 295,2 кВт·год/добу, що еквівалентно 73489 кВт·год/рік що було показано у першому розділі даної кваліфікаційної роботи. Визначення кількості панелей та їхньої потужності є критично важливим етапом проектування, що безпосередньо залежить від вказаних обмежень.

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 регіону встановлення ($t_{\text{зв}} = 3,78$ год/добу).

Використовуючи формулу (3.1) визначаємо встановлену потужність СЕС:

$$P_{\text{вст}} = \frac{W}{t_{\text{зв}} \cdot 365} = \frac{73489}{3,78 \cdot 365} = 53,3 \text{ (кВт)}.$$

Отже встановлена потужність СЕС має становити 53,3 кВт розраховуємо необхідну кількість фотомодулей для генерації даної потужності:

$$N_{\text{панелей}} = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{\text{max}}} = \frac{53,3 \cdot 10^3}{403,3} = 132 \text{ (панелі)},$$

Приймаємо проектне рішення згідно якого СЕС буде складатися з 136 фотомодулей поділених на 8 стрінгів по 17 фотомодулей. А встановлена потужність СЕС 50 кВт.

Дана встановлена потужність СЕС 50 кВт в змозі забезпечувати середнє навантаження споживачів підприємства, але не в змозі забезпечувати необхідну генерацію для споживання в години пікового споживання (рис. 1.6). Для забезпечення підприємства безперебійного живлення передбачаємо використання акумуляторних батарей. АКБ беремо такого об'єму заряду, який буде в змозі забезпечити живлення підприємства в періоди пікового навантаження.

З аналізу рисунка 1.5 встановлюємо що для добового навантаження підприємства характерним є наявність трьох періодів пікового навантаження:

- ранковий, який триває 1 годину та 15 хвилин, який викликаний роботою: ліфта, систем освітлення гаража та сходів, побутових приладів та кондиціонерів. Протягом даного періоду споживається на 11,5 кВт·год більше середнього значення:

$$\begin{aligned} W_{\text{ранок}} &= P_{\text{с}} \cdot t_{\text{зв}} + P_{\text{max}} \cdot t_{\text{max}} = 32,8 \cdot 1,25 + \\ &+ (7,2 \cdot 0,25 + 15,2 \cdot 0,25 + 11,2 \cdot 0,25 + 1,2 \cdot 0,25) = \\ &41 + 8,7 = 52,5 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \end{aligned}$$

- Обідній який триває 1 годину та 30 хвилин, який викликаний роботою: ліфта, систем освітлення гаража та сходів, побутових приладів. Протягом даного періоду споживається на 8,45 кВт·год більше середнього значення:

$$\begin{aligned} W_{\text{ранок}} &= P_{\text{с}} \cdot t_{\text{зв}} + P_{\text{max}} \cdot t_{\text{max}} = 32,8 \cdot 1,5 + \\ &+ (4,2 \cdot 0,25 + 8 \cdot 0,25 + 11,2 \cdot 0,25 + 7,2 \cdot 0,25 + 3,2 \cdot 0,25) \\ &49,2 + 8,45 = 57,7 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \end{aligned}$$

Згідно [10] для забезпечення підприємства безперебійним живленням на період відсутності генерації СЕС доцільно обрати систему АКБ такого об'єму, щоб вона була в змозі забезпечити роботу усього навантаження підприємства протягом 2 годин.

Визначаємо середнє споживання навантаження підприємством протягом 2 годин:

$$W_{\text{сер.}} = P_{\text{с}} \cdot t_{\text{роб}} = 32,8 \cdot 2 = 65,6 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Розраховуємо дане значення таким чином, що на 2 години протягом яких відсутня генерація від СЕС припадав період ранкового пікового навантаження з 09:00 до 11:00 годин:

$$\begin{aligned} W_{\text{ранок}} &= P_{\text{спож}} \cdot t_{\text{роб}} = 0,25 \cdot (40 + 48 + 44 + \\ &+ 40 + 34 + 31 + 27 + 28) = 73 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \end{aligned}$$

Також розраховуємо дане значення таким чином, що на 2 години протягом яких відсутня генерація від СЕС припадав період обіднього пікового навантаження з 11:45 до 13:45 годин:

$$W_{\text{обід}} = P_{\text{спож}} \cdot t_{\text{роб}} = 0,25 \cdot (37 + 43 + 44 + 42 + 40 + 36 + 31 + 29) = 75,45 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Отже для забезпечення підприємства безперебійного живлення спроектована СЕС повинна бути оснащена системою АКБ яка в змозі акумулювати потужність об'ємом 75,45 кВт·год.

3.2 Вибір місця розміщення СЕС

Попередні розрахунки показали, що на ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» доцільно встановити СЕС встановленою потужністю 50 кВт. Для цього необхідно задіяти 136 фотомодулей поділених на 8 стрінгів по 17 фотомодулей. Можливий спосіб розміщення СЕС на даху складу показано на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Розміщення СЕС 50 кВт на даху складу

На рисунку 3.2 представлено приклад підключення фотомодулей в стринги, з подальшим під'єднанням групи фотомодулей до гібридного інвертора.

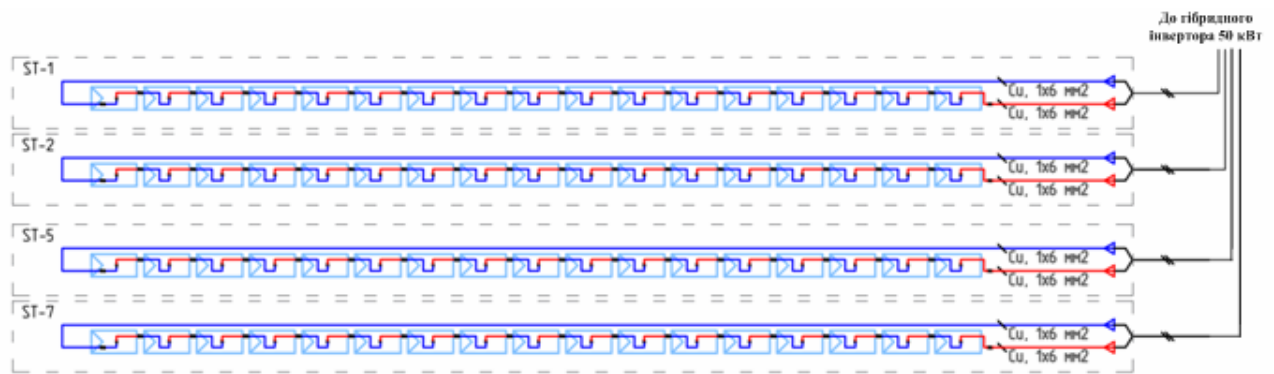


Рисунок 3.2 – Підключення фотомодулей в стринги

Отже спроектовану СЕС 50 кВт доцільно розмістити на даху Складу. Станція складатиметься зі 136 фотомодулей та конструктивно поділена на 8 стрингів по 17 фотомодулей.

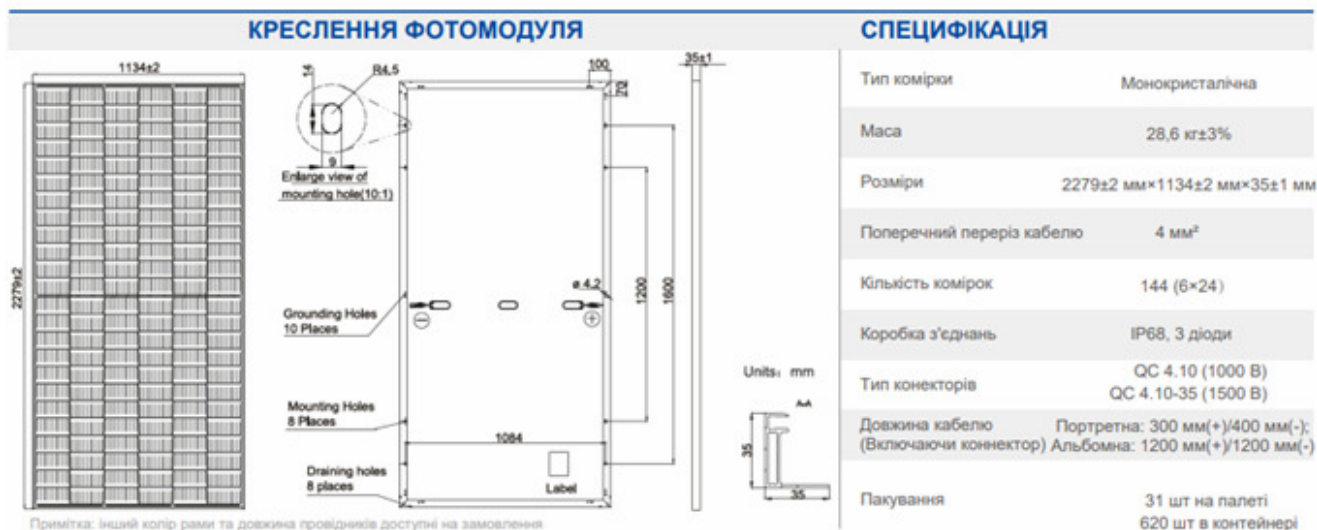
3.3 Вибір основного обладнання для реалізації СЕС

В якості фотомодулів пропонується до встановлення JAM72S30 540 MR, одиничною потужністю 540 Вт (компанія JA Solar). Приведемо їх характеристики на рисунку 3.3. А основна інформація подана в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основна інформація JAM72S30 540 MR

№ п/п	Найменування показника	JAM72S30 540 MR
1	Максимальна потужність, Рм	540 Вт
2	Струм короткого замикання, Ік	13,86 А
3	Напруга розімкнутого кола (Voc)	49,60 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, Ump	41,64 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, Imp	12,97 А
6	Габаритні розміри (Д, Ш, Т), мм	2279x1134x35
7	Вага	28,6 кг
8	Відносне значення ефективності	20,90%

Дані фотомодулі були порівняні з іншими найбільш популярними фотомодулями в таблиці 2.2 даної кваліфікаційної роботи.

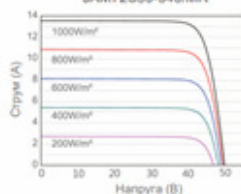
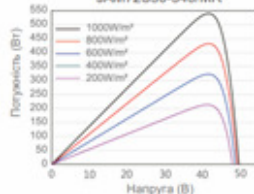
**ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИ STC**

МОДЕЛЬ	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Максимальна потужність (P _{max}) [Вт]	525	530	535	540	545	550
Напруга розімкнутого кола (V _{oc}) [В]	49,15	49,30	49,45	49,60	49,75	49,90
Напруга точки максимальної потужності (V _{mp}) [В]	41,15	41,31	41,47	41,64	41,80	41,96
Струм короткого замикання (I _{sc}) [А]	13,65	13,72	13,79	13,86	13,93	14,00
Струм точки максимальної потужності (I _{mp}) [А]	12,76	12,83	12,90	12,97	13,04	13,11
Ефективність модуля [%]	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3
Відхилення номінальної потужності	0~+5 Вт					
Температурний коефіцієнт по струму (α _{Isc})	+0.045%/°C					
Температурний коефіцієнт по напрузі (β _{Voc})	-0.275%/°C					
Температурний коефіцієнт по потужності (γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Інсоляція 1000 Вт/м², температура комірки 25°C, AM1,5G					

Рисунок 3.3 – Характеристика фотомодулів Longi Solar JAM72S30

Додаткові характеристики фотомодулів Longi Solar JAM72S30 на рис 3.4

ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИ NOCT							УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
МОДЕЛЬ	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	Максимальна напруга системи	1000В/1500В DC
Максимальна потужність (P _{max}) [Вт]	397	401	405	408	412	416	Робоча температура	-40°C~+85°C
Напруга розімкнутого кола (V _{oc}) [В]	46,05	46,18	46,31	46,43	46,55	46,68	Макс. струм запобіжника	25А
Напруга точки МП (V _{mp}) [В]	38,36	38,57	38,78	38,99	39,20	39,43	Макс. стат. навантаження, фронт.	5400Па
Струм короткого замикання (I _{sc}) [А]	10,97	11,01	11,05	11,09	11,13	11,17	Макс. стат. навантаження, тильн.	2400Па
Струм точки МП (I _{mp}) [А]	10,35	10,39	10,43	10,47	10,51	10,55	NOCT (нормальна робоча темп.)	45±2°C
NOCT	Інсоляція 800Вт/м², температура навколишнього середовища 20°C, швидкість вітру 1м/с, AM1,5G						Клас застосування	Class II
							Пожежостійкість	UL Type 1

ХАРАКТЕРИСТИКИВАХ фотомодуля при різних інсоляціях
JAM72S30-540/MRPV-характеристика при різних інсоляціях
JAM72S30-540/MR

ВАХ в залежності від температури JAM72S30-540/MR

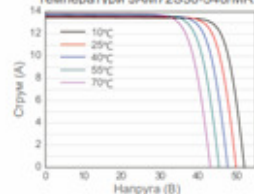
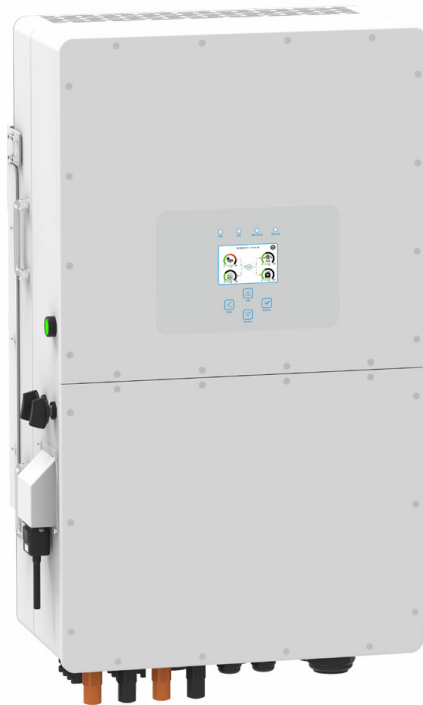


Рисунок 3.4 – Додаткові характеристики фотомодулів Longi Solar JAM72S30

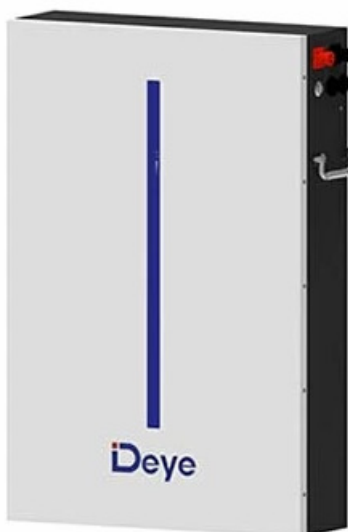
Для встановлення обираємо трифазний гібридний інвертор потужністю 50 кВт Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4. Ціна 300 000 грн. за одиницю. Характеристики якого приведені на рисунку 3.5.



Виробник:	Deye
Модель:	SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4
Країна - виробник:	Китай
Тип інвертора:	гібридний
Кількість фаз:	3
Кількість MPPT :	4/2
ККД, %:	97.6
Інтерфейс:	RS485,CAN, WIFI/GPRS
Вхідні характеристики сонячного поля	
Номінальна потужність, Вт:	50000
Максимальна потужність, Вт:	52000
Діапазон вхідної напруги, В:	150~850
MPPT діапазон напруги, В:	150~850
Максимальна напруга, В:	1000
Вхідний струм, А:	36+36+36+36
Максимальний струм MPPT трекера, А:	55+55+55+55
Вхідні характеристики від мережі	
Номінальна вихідна потужність в режимі інвертора:	50000
Номінальна вхідна напруга:	380
Максимальна вхідна напруга змінного струму:	500
Максимальний вхідний струм змінного струму:	45,5

Рисунок 3.5 – Характеристика трифазного гібридного інвертора

В якості АКБ вибираємо Deye RW-M6.1, LiFePO₄, 6.14 це сучасна система зберігання енергії для сонячної електростанції. Акумулятор Deye RW-M6.1, LiFePO₄, 6.14 має ємність 6,14 кВт·год, з яких використовується 5,53 кВт·год. Ціна за одиницю 75 000 грн. а характеристики наведені на рисунку 3.6.



Хімія батареї: LiFePO ₄
Ємність (Ah) 120
Максимальна масштабованість, макс. 32 штук паралельно (196 кВтгод)
Номінальна напруга (В) 51.2
Робоча напруга (В) 43.2~57.6
Енергія (кВт/год) 6.14
Використовувана енергія (кВтгод) 5.53
Струм заряду/розряду (A) Recommend 60(A)/Max.100(A)(Peak(2mins,25°C) 120(A))
Рекомендована глибина розряду: 90%
Розміри: (Ш/В/Г, мм) 475*720*145
Вага: (кг) 58
Індикатор: LED 5LED(SOC:20%~SOC100%),3LED (working, alarming, protecting)
Захист: IP65
Робоча температура: Charge 0 ~ 55°C / Discharge:-20°C ~ 55°C
Температура зберігання: 0°C ~ 35°C
Життєвий цикл ≥6000(25°C±2°C,0.5C/0.5C,70%EOL)
Установка Wall-Mounted, Floor-Mounted
Порт зв'язку: t CAN2.0, RS485
Термін експлуатації 10 років +
Потужність енергії 20MWh@70%EOL
Сертифікація UN38.3, IEC62619, CE, CEI 0-21

Рисунок 3.6 – Характеристика Deye RW-M6.1, LiFePO₄

Для АКБ Deye RW-M6.1 величина використовуваного об'єму потужності рівна 5,53 кВт·год. Для встановлення буде використано 12 паралельно з'єднаних АКБ. Загальна потужність буде складати $5,53 \cdot 12 = 66,36$ кВт·год.

В якості дизельного генератора 50 кВт приймаємо генератор типу Matari MB 50. Зовнішній вигляд та технічні характеристики якого наведені на рисунку 3.7 а закупівельна ціна рівна 700 000 грн..



Виконання	У кожусі
Резервна потужність (кВт):	55 кВт
Номінальна потужність, кВт	50 кВт
Тип альтернатора:	Синхронний
Кількість фаз	Трифазний (380В)
Напруга:	220/380 В
Частота:	50 Гц
Автоматика	АВР є
Охолодження:	Рідинне
Лічильник мотогодин:	є

Рисунок 3.7 – Характеристики ДГУ Matari MB 50

Додаткові параметри ДГУ Matari MB 50 представлені на рисунку 3.8.

Двигун	Baudouin 4M10G70/5
Тип двигуна:	Дизельний генератор
Обсяг паливного бака (л):	145 л
Витрати палива при 60% навантаженні (л/год):	7 л/год
Частота обертання (об/хв):	1500 об/хв
Емність масла в двигуні (л)	13 л
Тип запуску	Електростарт
Габаритні розміри (ДхШхВ мм):	2550x1050x1300
Маса, кг	1300 кг
Рівень шуму (дБА):	68 дБа
Гарантія	24 місяці

Рисунок 3.8 – Характеристики ДГУ Matari MB 50

Використання даного ДГУ 50 кВт не передбачає розробки додаткової системи АВР. Адже даний ДГУ має тип запуску – електростарт та оснащений вбудованою системою АВР.

У колі змінного струму встановлюється трифазний автоматичний вимикач EB2S 160/3LF 80A. Ціна якого становить 3500 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.

На рисунку 3.9 представлена загальний принцип реалізації СЕС на підприємстві. Схема показує взаємозв'язок ключових компонентів для забезпечення підприємства безперебійним живленням.

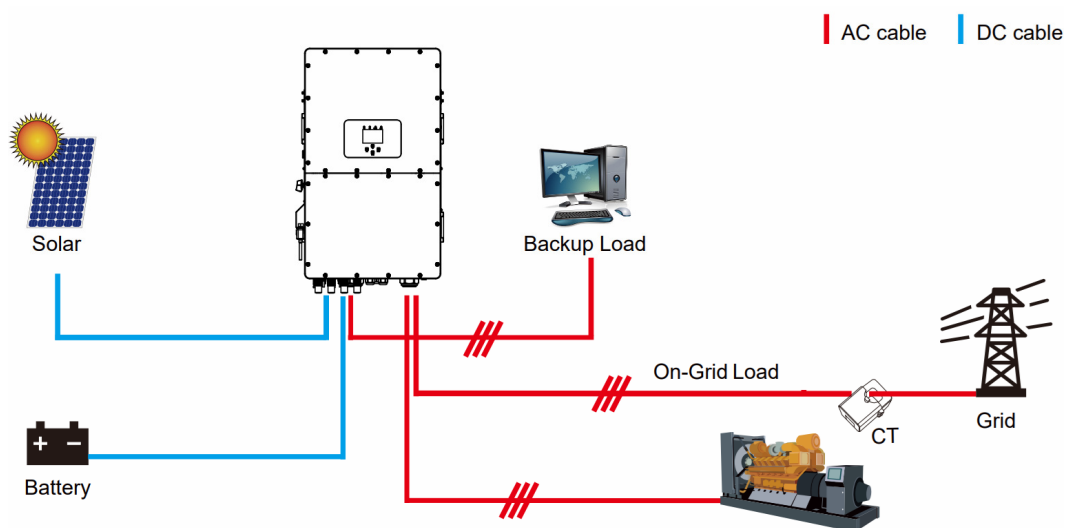


Рисунок 3.9 – Загальний принцип реалізації СЕС на підприємстві

Для забезпечення підприємства в періоди відключення електроенергії безперебійною роботою розглянемо два варіанти реалізації резервного джерела живлення:

- на основі гібридного інвертора та системи АКБ об'єм яких достатній для роботи підприємства протягом 2 годин;
- на основі використання ДГУ.

Проводимо економічне порівняння, який з даних варіантів є більш економічно доцільний. Для цього визначаємо капіталовкладення та витрати на функціонування даних систем живлення.

Для визначення необхідних капіталовкладень у реалізацію систем безперебійного живлення складаємо табличну форму в яку заносимо всі необхідні дані про необхідні апарати та елементи їх кількість та ціну та здійснюємо необхідні розрахунки (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Визначення капіталовкладень проектів 1 та 2 варіантів

Комплектуючий елемент	Варіант №1 ГІ+АКБ			Варіант №2 ДГУ		
	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000			
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000			
Комплектуючі матеріали	1	100000	100000	1	50000	50000
ДГУ Matari MB 50				1	700000	700000
Разом			1300000			750000

Таж при порівнянні варіантів потрібно врахувати вартість спожитої електричної енергії від кожної із систем живлення. Для цього протягом року визначаємо прогнозований термін відключення живлення від мережі та спожитий підприємством протягом цього часу об'єм електричної енергії.

Прогнозується, що протягом року час відключення складе 16% від усього часу роботи підприємства. Тоді вартість даного об'єму електроенергії від кожної із систем живлення складе:

Для гібридної установки враховуємо що ККД інвертора 97,6% а також додаткові втрати в інших компонентах установки у розмірі 7,2% що збільшує ціну тарифу на електроенергію:

$$\begin{aligned}
 B_{W.I+AKB} &= W_{\text{рік}} \cdot t_{\text{час.відключ.}} \cdot c_{EE} \cdot (\eta_{\text{інв.}} + \eta_{\text{компон.}}) = \\
 &= 73489 \cdot 0,16 \cdot 7,824 \cdot (1 + (0,024 + 0,072)) = 100828 \text{ (грн./ рік)}.
 \end{aligned}$$

Тариф на електричну енергію при живленні від мережі для підприємства складає 7,824 грн./ кВт·год. Проте врахувавши втрати в інверторі 2,4% та в інших компонентах 7,2% собівартість електричної енергії складе 8,575 грн./ кВт·год.

Для ДГУ враховуємо вартість витрати дизельного палива на генерацію електроенергії:

$$B_{\text{ДГУ}} = W_{\text{рік}} \cdot t_{\text{час.відключ.}} \cdot c_{\text{ББ}} = 73489 \cdot 0,16 \cdot 20 = 235165 \text{ (грн. / рік)}.$$

Як видно з результатів розрахунку гібридна установка являється дорожчою з точки зору капіталовкладень та вигіднішою з точки зору собівартості електроенергії. Визначимо термін окупності додаткових капіталовкладень для гібридної установки.

$$TO = \frac{K_1 - K_2}{B_2 - B_1} = \frac{1300000 - 750000}{235165 - 100828} = 4,1 \text{ (рік)}.$$

Отже з розрахунків видно що додаткові капіталовкладення в гібридну установку будуть окуплені впродовж 4,1 років. Дане значення менше нормованого для установок даного типу. Тому приймаємо рішення, що з точки зору техніко-економічного порівняння реалізація резервної системи живлення на базі гібридної установки для забезпечення підприємства безперебійним живленням є більш доцільною чим використання ДГУ.

Також необхідно врахувати нерівномірність графіка електричного навантаження підприємства (рис 1.4) і той факт що відсутність живлення може бути в період пікового навантаження. І те що об'єм системи АКБ 66,36 кВт·год не в змозі забезпечити необхідний об'єм електроенергії в період пікового навантаження підприємства яке рівне 75,45 кВт·год що показав розрахунок раніше. Для покриття даного дефіциту генерації передбачено встановлення резервного джерела живлення яким виступить дизельний генератор потужністю 50 кВт.

СЕС перцюватиме таким чином:

- Генерація потужності СЕС споживається підприємством та накопичується системою АКБ;
- В періоди відсутності генерації СЕС живлення споживачів підприємства здійснюється від системи АКБ загальним об'ємом 66,36 кВт·год, якої вистачає на забезпечення живлення підприємства протягом майже 2 годин;

– В періоди коли відсутня генерація СЕС, а об'єм заряду системи АКБ опускається до критичного значення – спрацьовує система АВР яка здійснює живлення від мережі від мережі;

– В періоди коли відсутня генерація СЕС, а об'єм заряду системи АКБ опускається до критичного значення і відсутнє живлення від мережі – спрацьовує система АВР яка включає дизельний генератор для заряду системи АКБ.

Дане виконання системи живлення допомагає досягти надійної безперервної роботи СЕП підприємства.

На рисунку 3.6 представлена схема підключення основного обладнання до гібридного інвертора СЕС 50 кВт.

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

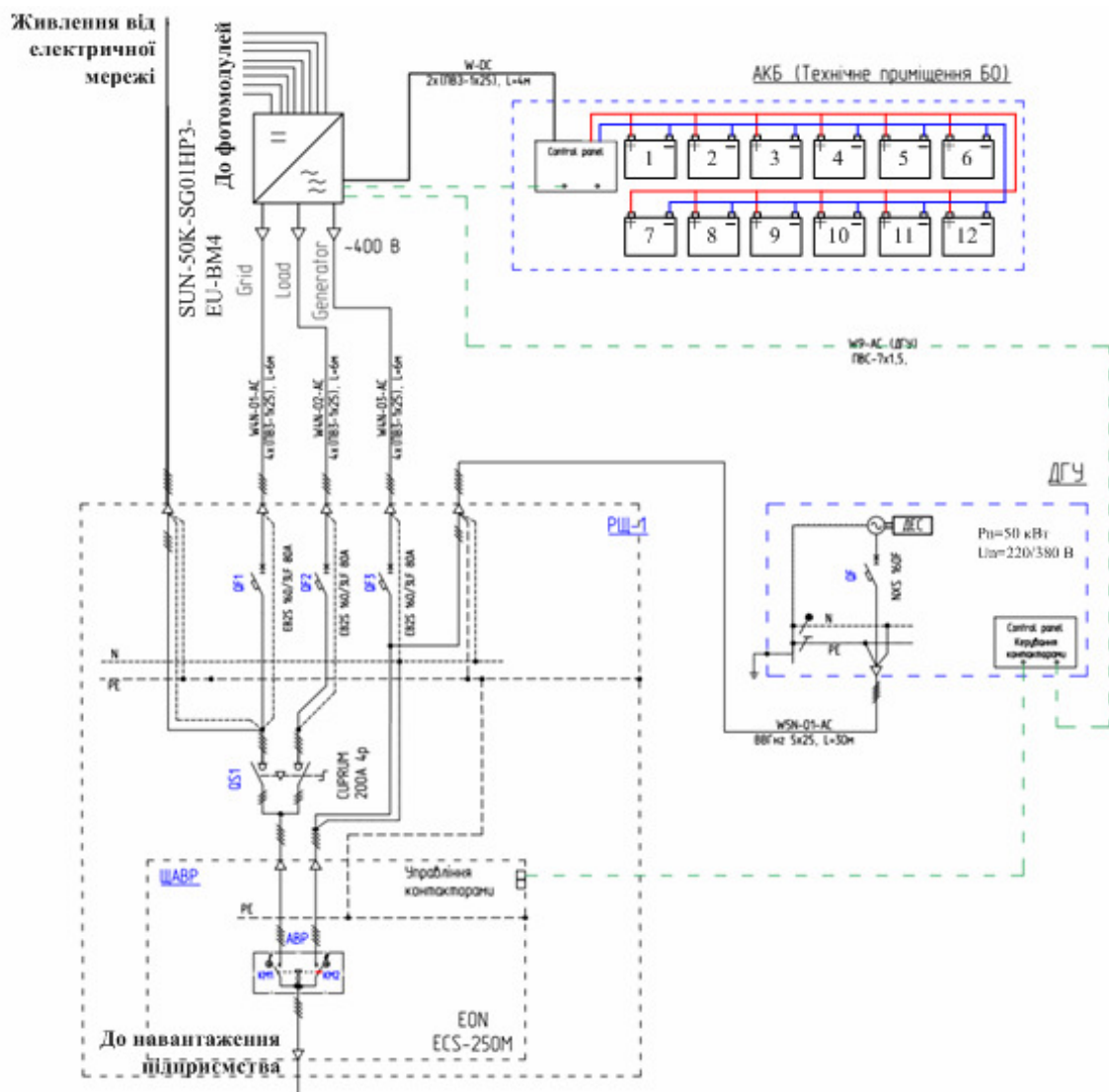


Рисунок 3.8 – Схема підключення основного обладнання СЕС до інвертора

Сонячна електростанція (СЕС) підприємства забезпечує живлення шляхом генерації енергії для споживачів та накопичення її в системі акумуляторних батарей (АКБ) ємністю 66,36 кВт·год, якої вистачає майже на 2 години роботи; у разі відсутності генерації СЕС та критичного розряду АКБ система автоматичного введення резерву (АВР) перемикає живлення на мережу, а за її відсутності запускається дизельний генератор для підзарядки АКБ, що гарантує надійну та безперебійну роботу енергосистеми підприємства.

Запропонована система живлення для підприємства забезпечує безперебійну роботу завдяки поєднанню генерації від СЕС, використання акумуляторної системи загальною ємністю 66,36 кВт·год, що покриває майже 2 години споживання навантаження підприємством, та резервного ДГУ на 50 кВт. У періоди пікового споживання або відсутності генерації АКБ підтримує живлення, а при критичному розряді автоматично запускається дизельний генератор.

3.4 Визначення об'єму генерації СЕС

Для цього використаємо калькулятор PVWatts® NREL [16]. Даний продукт оцінює генерування енергії фотовольтаїчних (PV) енергетичних систем по всьому світу, які під'єднані до електромереж. Він дозволяє власникам приватних будинків, власникам невеликих будинків, монтажникам та виробникам легко розраховувати потенційну продуктивність фотовольтаїчних систем. Введемо вихідні дані для розрахунку генерації в даний калькулятор. Введемо необхідні дані для розрахунку.

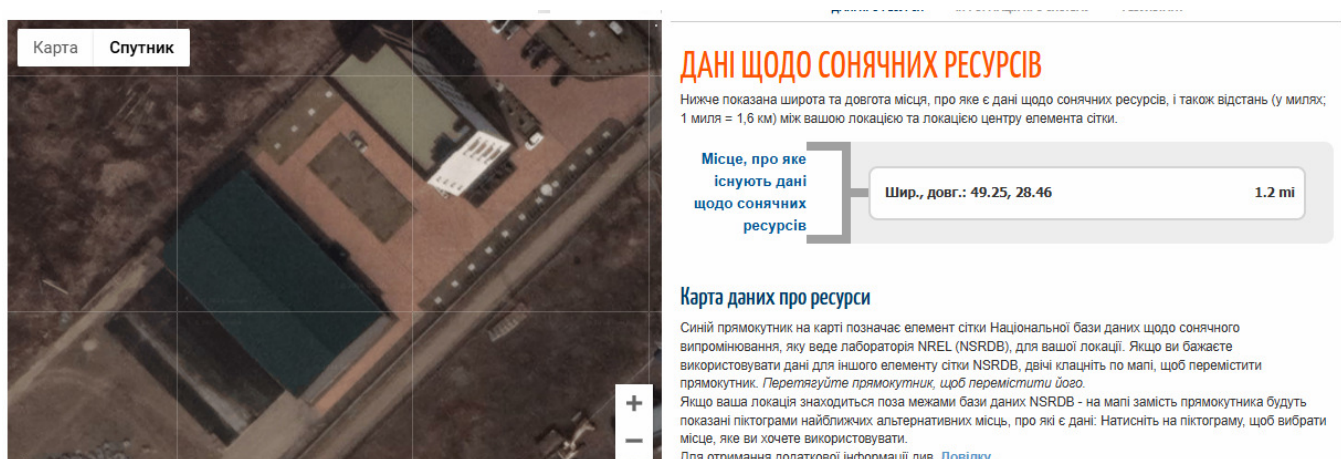


Рисунок 3.7 – Інформація про розташування СЕС

Розмір системи постійного струму (кВт):	50	i	Розширені параметри	
Тип панелі:	Преміум	i	Коефіцієнт співвідношення постійного та змінного струму:	1.2
Тип масиву:	Нерухома система (віді	i	Ефективність інвертора (%):	97.6
Втрати системи (%):	14.08	i	Коефіцієнт покриття землі:	0.4
Нахил (градус):	20	i	Альbedo:	З файлу про погоду
Азимут (градус):	180	i	Двосторонній:	Ні

Рисунок 3.8 – Інформація про систему для розрахунку

На рисунку 3.9 представлено об'єм виробленої енергії СЕС протягом року.

РЕЗУЛЬТАТИ

Надрукувати результати

62,696 кВт-год/рік*

Місяць	Сонячне випромінювання (кВт-год / м ² / день)	Енергія змінного струму (кВт-год)
Січень	0.99	1,487
Лютий	2.18	3,002
Березень	3.41	5,077
Квітень	4.94	6,893
Травень	6.19	8,631
Червень	6.41	8,444
Липень	6.40	8,676
Серпень	5.86	7,993
Вересень	4.19	5,604
Жовтень	2.98	4,300
Листопад	1.18	1,683
Грудень	0.61	906
За рік	3.78	62,696

Рисунок 3.9 – Результати розрахунку

Для визначення необхідних капіталовкладень у проект СЕС складаємо табличну форму в яку заносимо всі необхідні дані про необхідні апарати та елементи їх кількість та ціну та здійснюємо необхідні розрахунки (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Визначення капіталовкладень проекту

Комплектуючий елемент	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Сонячна панель JAM72S30 540 MR	136	8200	1115200
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000
Трифазний автоматичний вимикач EB2S 160/3LF 80A	4	3500	14000
Кабельні зв'язки	L, м	Ціна за м, грн	
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	310	36,2	11222
Підключення стрингів до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	80	64	5120
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем ВВГнг 4х35 мм ²	60	51,6	3096
Разом			2 348 638

Проведемо розрахунок терміну окупності.

Період окупності є одним з найбільш часто використовуваних показників при аналізі інвестиційних проектів.

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

Іншими словами, це період часу (вимірюється в місяцях, кварталах або роках), доки початкові інвестиції та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, не будуть покриті загальними доходами від його реалізації.

Очікувана вартість монтажу та введення в експлуатацію СЕС, а також оформлення необхідної документації для можливості використання зеленого тарифу спеціалізованою компанією становитиме:

$$V_{\text{введ.}} = 0,1 \cdot V_{\text{ел.}}, \quad (3.1)$$

$$V_{\text{доп.}} = 0,1 \cdot 2\,348\,638 = 234\,864 \text{ (грн.)}.$$

Розрахуємо загальну вартість станції:

$$V_{\text{загальна}} = V_{\text{ел.}} + V_{\text{введ.}} = 2\,348\,638 + 234\,864 = 2\,583\,500 \text{ (грн.)}.$$

Знайдемо річний прибуток станції:

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

де c – тариф на електроенергію для підприємства.

$$\Pi_{\text{рік}} = 62\,696 \cdot 7,824 = 490\,533 \text{ (грн./рік)}.$$

Віднімаємо експлуатаційні витрати протягом року:

$$\Pi_{\text{рік.чист.}} = 490\,533 - 490\,533 \cdot 0,15 = 416\,953 \text{ (грн./рік)}.$$

Визначимо термін окупності станції:

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

$$TO = 2\,583\,500 / 416\,953 = 6,2 \text{ (років)}.$$

При встановленні на даху СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Даний термін є доцільним з інвестиційного погляду. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється не економія на платі за електроенергію, а можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення електричних споживачів підприємства. Що дозволяє уникнути простоїв в роботі компанії.

Повна схема підключення спроектованої СЕС представлена на рисунку 3.10

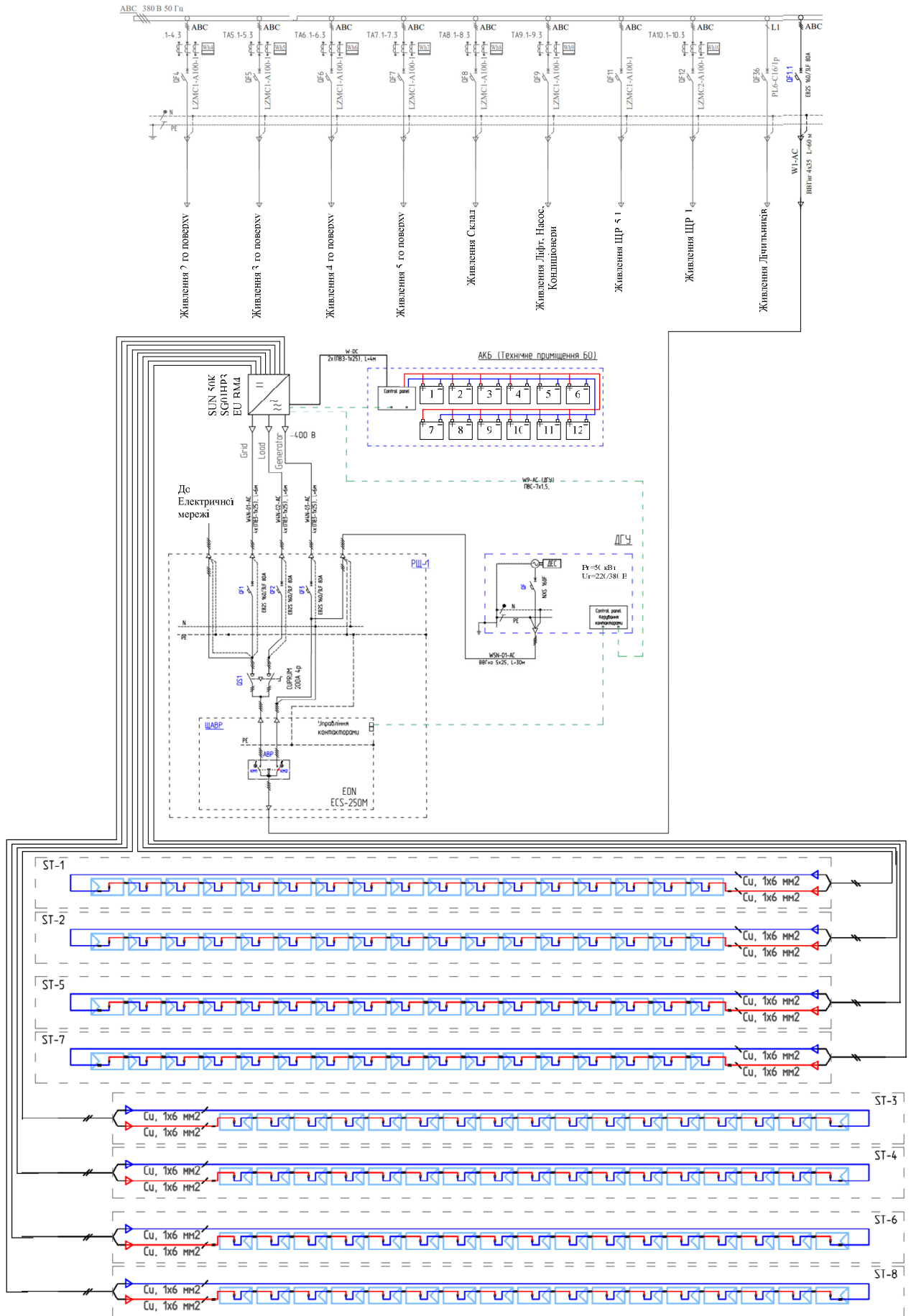


Рисунок 3.8 – Повна схема підключення СЕС 50 кВт

Висновки по розділу 3.

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

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

1. Обрано оптимальне місце та спосіб встановлення панелей СЕС та обрано основне обладнання для реалізації проекту СЕС. На підставі розрахунків необхідного обсягу електричної енергії споживаного ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» визначено необхідну потужність СЕС та параметри її ключових елементів.

2. Порівняння двох варіантів резервного живлення підприємства показало, що гібридна установка з інвертором та системою АКБ потребує більших капіталовкладень (1 300 000 грн) порівняно з дизельним генератором (750 000 грн), але є економічно вигіднішою через нижчу собівартість електроенергії (8,575 грн/кВт·год) у порівнянні з витратами на дизельне паливо; термін окупності додаткових вкладень у гібридну установку становить 4,1 року, що є прийнятним. Однак для покриття пікових навантажень, які перевищують ємність АКБ, передбачено використання дизельного генератора потужністю 50 кВт як резервного джерела живлення, що забезпечує надійність системи.

3. Розроблено повну схему підключення СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Даний термін є доцільним з інвестиційного погляду. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється не економія на платі за електроенергію, а можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення електричних споживачів підприємства.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування проекту полягає в проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Визначаємо величину капіталовкладень в ФЕС як суму вартості усіх її ключових елементів. Необхідні для спорудження елементи заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість спорудження ФЕС

Комплектуючий елемент	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Сонячна панель JAM72S30 540 MR	136	8200	1115200
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000
Трифазний автоматичний вимикач EB2S 160/3LF 80A	4	3500	14000
Кабельні зв'язки	L, м	Ціна за м, грн	
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	310	36,2	11222
Підключення стрингів до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	80	64	5120
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем ВВГнг 4х35 мм ²	60	51,6	3096
Разом			2 348 638

Згідно прийнятого бюджету ФЕС запланований корисний відпуск електричної енергії ($S_{\text{фес}}$)– 62 696 кВт·год/рік. Величина чистого прибутку від продажу станцією електричної енергії по зеленому тарифі буде становити:

$$B = S_{\text{фес}} \cdot C_{\text{спож}} \quad (4.1)$$

де $C_{\text{спож}}$ – тариф за споживану компанію електроенергію 7,824 грн. кВт/год.

$$B = 62696 \cdot 7,824 = 490533,5 \text{ (тис.грн. / рік);}$$

4.2 Оцінка ефективності інвестицій

Безпосередньо ефективність інвестицій (інвестиційних проектів) у ринкових умовах господарювання характеризує система показників, що охоплює:

- 1) чистий приведений дохід (чисту теперішню чи майбутню приведену вартість);
- 2) індекс дохідності (прибутковості, рентабельності) інвестицій;
- 3) термін окупності інвестицій;
- 4) внутрішню норму дохідності.

Показник чистого приведеного доходу (NPV) дає узагальнену характеристику результату інвестування — абсолютну величину ефекту від реалізації певного інвестиційного проекту.

NPV являє собою дисконтовану цінність проекту (поточну вартість доходів або вигід від зроблених інвестицій). Чиста теперішня вартість проекту - це різниця між величиною грошового потоку, дисконтованого за прийнятної ставки дохідності і сумою інвестицій.

Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дисконту, використати її для дисконтування потоків витрат та вигід і підсумувати дисконтовані вигоди й витрати (витрати зі знаком мінус).

При проведенні фінансового аналізу ставка дисконту, звичайно, є ціною капіталу для фірми. В економічному аналізі ставка дисконту являє собою закладену вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути одержаний при інвестуванні найприбутковіших альтернативних проектів.

Якщо NPV позитивна, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо NPV дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу.

Якщо NPV менша нуля - проект не прийметься.

Під час оцінювання ефективності реальних інвестицій він є основним (критеріальним) і залежно від конкретної ситуації (необхідності обчислення чистої теперішньої чи майбутньої вартості) визначається з однієї з двох формул, грн:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^t} - \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{(1+k)^t} - I \quad (\text{грн.}), \quad (4.3)$$

де CF_i — грошовий потік i -го розрахункового року (вигоди проекту в рік t);
 I_i — сума інвестицій i -го розрахункового року (витрати на проект у рік t);
 t — тривалість інвестиційного періоду;
 k — коефіцієнт дисконтування $= 0,1$.
 I — разові інвестиції, грн:

$$I = (B_{k0} + B_{k0} \cdot E_m) \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \quad (\text{грн}),$$

$CF_i - I_i$ - чиста грошова економія:

$$CF_i - I_i = E_{\Sigma} - ((E_e + E_a) \cdot B_{k0} + t \cdot \tau \cdot \Delta P_k) \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \quad (\text{грн}),$$

або:

$$NPV = \sum_{i=1}^n CF_i \cdot DM_i - \sum_{i=1}^n I_i \cdot DM_i \quad (\text{грн.}), \quad (4.4)$$

де DM_i — дисконтний множник (коефіцієнт приведення i -го року).

Основна перевага NPV полягає в тому, що всі розрахунки проводяться на основі грошових потоків; а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом підсумовування NPV його окремих підпроектів. Це дуже важлива властивість, яка дає змогу використовувати NPV як основний критерій при аналізі проекту.

Основним недоліком NPV є те, що її розрахунок вимагає детального прогнозу грошових потоків на термін життя проекту. Часто робиться припущення про постійність ставки дисконту.

Індекс дохідності (PI) у методичному аспекті є схожим на використовуваний раніше показник «коефіцієнт ефективності капітальних вкладень». Проте в цьому разі доходом є не прибуток, а грошовий потік (ГП) стосовно інвестованих коштів (I), приведених за умови різночасності до теперішньої або ж майбутньої вартості. Індекс прибутковості - Profitability Index є відношенням суми наведених ефектів

(різниця вигід і поточних витрат) до величини інвестицій. Виокремлений показник характеризує не абсолютну, а відносну ефективність інвестицій і розраховується за формулою:

$$PI = \frac{1}{I} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{CF_i - I_i}{(1+k)^i}, \quad (4.5)$$

PI тісно пов'язаний із NPV. Якщо NPV позитивна, то й $PI > 1$, і відповідно, якщо $PI > 1$, проект ефективний, якщо $PI < 1$ - неефективний.

Термін окупності інвестицій (PBP) як показник їхньої ефективності також ґрунтується на дисконтованій величині грошового потоку. Термін окупності проекту - Payback Period (PBP) використовується переважно в промисловості. Це один із найбільш часто вживаних показників оцінки ефективності капітальних вкладень.

На відміну від показників, які використовуються у вітчизняній практиці, показник «термін окупності капітальних вкладень» базується не на прибутку, а на грошовому потоці з приведенням коштів, які інвестуються в інновації та суми грошового потоку до теперішньої вартості. Критерій прямо пов'язаний із відшкодуванням капітальних витрат у найкоротший період часу і не сприяє проектам, які дають великі вигоди лише згодом. Він не може слугувати за міру прибутковості, оскільки грошові потоки після терміну окупності не враховуються.

Найточніше його можна розрахувати так:

$$PBP = m + \frac{\sum_{i=1}^n I_i - S_m}{CF_{m+1}} \quad (\text{років}) \quad (4.6)$$

де m — кількість років, протягом яких сума дисконтованого грошового потоку наближається, але не перевищує дисконтованих інвестицій.

$$S_m < I_i < S_{m+1},$$

де I_i — сума дисконтованих грошових потоків за m років;

CF_{m+1} — дисконтований грошовий потік у році $m + 1$.

S_m — нарахована сума дисконтованих грошових потоків за m років;

Внутрішня норма рентабельності - Internal Rate of Return (IRR) у літературі зустрічаються й інші назви: внутрішня ставка рентабельності, внутрішня ставка

доходу, внутрішня норма прибутковості. Це рівень ставки дисконтування, при якому чиста приведена вартість проекту за його життєвий цикл дорівнює нулю. IRR проекту дорівнює ставці дисконту, при якій сумарні дисконтовані вигоди дорівнюють сумарним дисконтованим витратам, тобто IRR є ставкою дисконту, при якій NPV проекту дорівнює нулю. IRR дорівнює максимальному проценту за позиками, який можна платити за використання необхідних ресурсів, залишаючись при цьому на безбитковому рівні. Розрахунок IRR проводиться методом послідовних наближень величини NPV до нуля за різних ставок дисконту.

На практиці визначення IRR проводиться за допомогою такої формули:

$$IRR = A + \frac{a \cdot (B-A)}{(a-b)}, \quad (4.7)$$

де А - величина ставки дисконту, при якій NPV позитивна;

В- величина ставки дисконту, при якій NPV негативна;

а- величина позитивної NPV, при величині ставки дисконту А;

в- величина NPV, при величині ставки дисконту В.

Коефіцієнт вигід/витрат - Benefit/Cost Ratio (BCR). BCR є відношенням дисконтованих вигід до дисконтованих витрат.

Основна формула розрахунку має такий вигляд:

$$BCR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^t}}{\sum_{i=1}^n \frac{I_i}{(1+k)^t}}, \quad (4.8)$$

Критерій відбору проектів полягає в тому, щоб вибрати всі незалежні проекти з коефіцієнтами BCR, більшими або рівними одиниці.

4.3 Методика визначення оптимальних параметрів ФЕС

Методика визначення оптимальних параметрів ФЕС базується на цільовій функції економічної ефективності ФЕС:

$$E(\sum P_{mod}) \rightarrow \max. \quad (4.9)$$

де E – економічний ефект від впровадження сонячних модулів, грн;

$\sum P_{mod}$ – сумарна потужність ФЕС.

Визначення сумарної потужності ФЕС базується на аналізі вихідної потужності окремого модуля та параметрів, які на неї впливають.

Потужність окремого модуля визначається за виразом [2]

$$P_{mod} = I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \cdot \cos \alpha. \quad (4.10)$$

де I_{opt} – інтенсивність оптичної потужності сонця, Вт/м²;

S_{ef} – ефективна площа поверхні модуля, м²;

η – ККД перетворення сонячної енергії в електричну, в.о.;

k_T – температурний коефіцієнт, в.о. (в [2] зазначено, що цей коефіцієнт можна приймати влітку, рівним 0,5 і взимку, рівним 0,7);

k – коефіцієнт поглинання, в.о.;

α – кут між сонячними променями і нормаллю, що проходить через центр модуля.

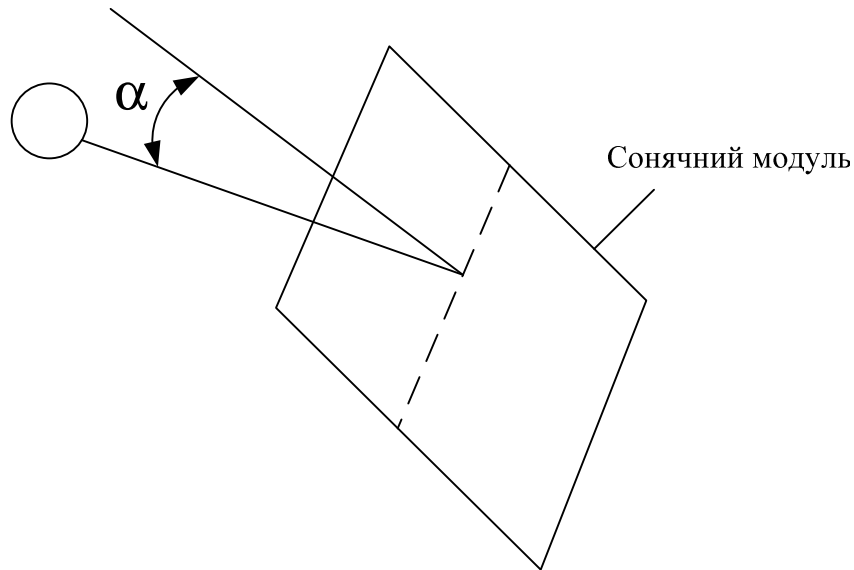
Враховуючи, що добуток складових

$$I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \approx P_{ном}. \quad (4.11)$$

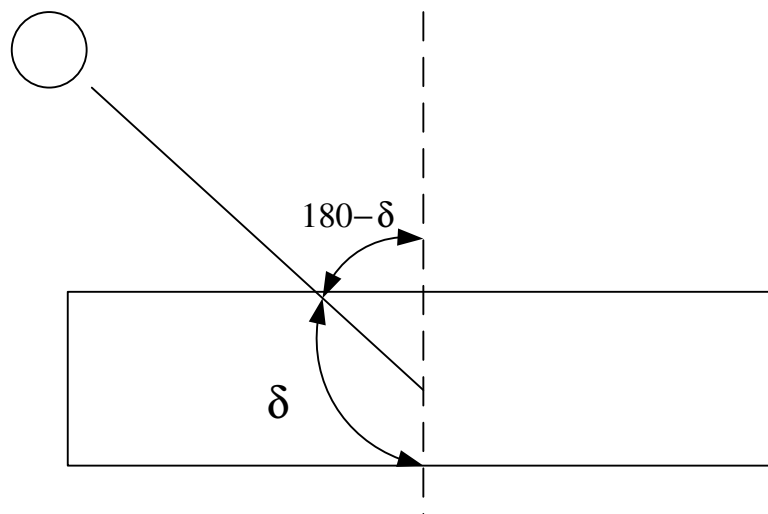
де $P_{ном}$ – значення номінальної потужності сонячного модуля, вираз (3.2) може бути записано у вигляді:

$$P_{mod} = P_{ном} \cdot \cos \alpha. \quad (4.12)$$

Однак, практичне використання цього виразу дає точний результат за умови, коли сонце розташоване по відношенню до модуля так, що через його центр умовно можна провести площину, яка перпендикулярна поверхні модуля і проходить через його центр (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – Ілюстрація кута α

За реальних умов, коли панелі модулів нерухомі, необхідно врахувати ще азимутальний кут δ [14] (рисунок 4.2)

Рисунок 4.2 – Ілюстрація азимутального кута δ

З врахуванням останнього, вираз (4.4) для визначення потужності модуля набуде вигляду

$$P_{\text{мод}} = P_{\text{ном}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos(180 - \delta). \quad (4.13)$$

Оскільки модулі другого та інших дальших рядів можуть бути затінені сонцем при певному його куті стояння, то варто враховувати частку їх затінення, щоб визначити ту частину енергії, яка буде вироблятися незатіненою часткою модулів. Для визначення частки незатінення панелей необхідно скористатися геометричними параметрами сонячної установки (рисунок 4.3)

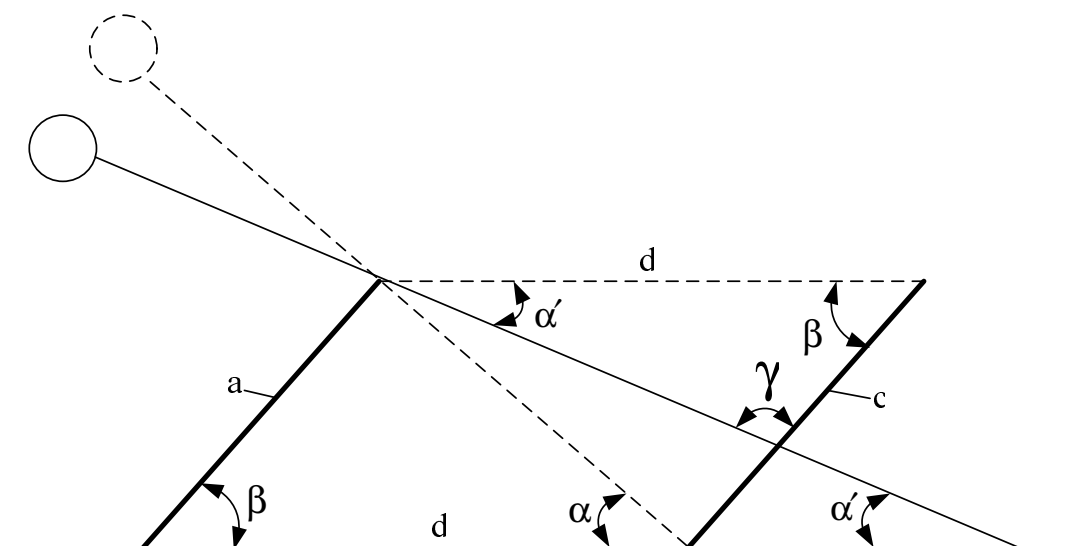


Рисунок 4.3 – Визначення частки незатінення модуля другого ряду

На рисунку 4.3 введено такі позначення:

a – довжина сонячного модуля, м;

α – кут сонцестояння, коли сонячні промені співпадають з напрямом нормалі до сонячного модуля, $^{\circ}$;

β – кут між сонячною панеллю і горизонтальною поверхнею, $^{\circ}$, причому

$$\beta = 90 - \alpha. \quad (4.14)$$

d – відстань між сонячними модулями [14], м,

$$d = \frac{a}{\cos \beta}. \quad (4.15)$$

α' – кут сонцестояння в заданий час, $^{\circ}$;

γ – кут, що дорівнює

$$\gamma = 180 - \alpha' - \beta. \quad (4.16)$$

c – частка незатінення, м., яка визначається за теоремою синусів

$$\frac{d}{\sin \gamma} = \frac{c}{\sin \alpha'} \Rightarrow c = d \frac{\sin \alpha'}{\sin \gamma}. \quad (4.17)$$

Враховуючи (4.5) і (4.9), потужності модулів другого (P_{mod2}) і наступного рядів, що розташовані під кутом, як і перший ряд, можуть бути визначені за формулою

$$P_{mod2} = P_{ном} \cdot \cos(\alpha - \alpha') \cdot \cos(180 - \delta) \cdot \frac{c}{a} = P_{mod1} \cdot \frac{c}{a}. \quad (4.18)$$

Для визначення кута сонцестояння в заданий час α' та азимутального кута δ можна скористатися інструментом NOAA Solar Calculator «Сонячний калькулятор»[15], який знаходиться у вільному доступі.

Розрахунок виробленої електроенергії за добу можна здійснити, сумуючи значення годинних обсягів виробленої електроенергії модулями (що еквівалентні значенню середньої потужності модуля за годину) за період від сходу сонця до заходу за виразом

$$W_{доб} = \sum_{\alpha'_{t=t_{cx}}, \beta_{t=t_{cx}}}^{\alpha'_{t=t_{зах}}, \beta_{t=t_{зах}}} (N \cdot P_{mod1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{mod2}(\alpha, \alpha', \delta)). \quad (4.19)$$

де $\alpha'_{t=t_{cx}}$ – кут сонцестояння в першу годину після його сходу, °;

$\alpha'_{t=t_{зах}}$ – кут сонцестояння в останню годину перед його заходом, °;

$\beta_{t=t_{cx}}$ – азимутальний кут сонця в першу годину після його сходу, °;

$\beta_{t=t_{зах}}$ – азимутальний кут сонця в останню годину перед його заходом, °;

N – кількість модулів в ряд, шт.;

M – кількість рядів модулів, не рахуючи першого, шт., яку можна визначити, завдяки розрахованій відстані d між сонячними модулями.

Якщо стоїть задача максимального заповнення даху сонячними панелями, то кількість рядів

$$M = \text{Округл.менш.}(\frac{Ш}{d}) + 1. \quad (4.20)$$

тут – $\text{Округл.менш.}(\frac{Ш}{d})$ – округлення частки $\frac{Ш}{d}$ до меншого цілого, де $Ш$ – ширина даху, м.

Під час розрахунків необхідно враховувати, що формула (4.11) ефективна до використання за ясної погоди і температурного режиму, який забезпечує отримання номінальної потужності модулем за умов направлення панелі безпосередньо в сторону сонця. За інших умов необхідно вводити поправки на температурний режим і хмарність. В такому випадку вираз (4.11) набуде вигляду

$$W_{\text{доб}} = \sum_{\alpha'_{t=t_{\text{сх}}}, \beta_{t=t_{\text{сх}}}}^{\alpha'_{t=t_{\text{зак}}}, \beta_{t=t_{\text{зак}}}} (N \cdot P_{\text{мод}1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{\text{мод}2}(\alpha, \alpha', \delta)) \cdot k_{Tt} \cdot k_{XMt}. \quad (4.21)$$

де k_{Tt} – поправочний коефіцієнт за умов відхилення потужності від номінального значення за умов зміни температури навколишнього середовища, в.о. (дані виробників модулів);

k_{XMt} – поправочний коефіцієнт за умов відхилення потужності від номінального значення за умов хмарної погоди (може досягати 0,06-0,08 [26]);

Отже, визначаючи параметри сонцестояння та оптимізуючи кут нахилу модулів, а також відстань між ними, можна досягти максимальної економічної ефективності фотоелектричної станції (4.1).

Визначення об'єму генерації СЕС. Для цього використаємо калькулятор PVWatts® NREL [17]. Даний продукт оцінює генерування енергії фотовольтаїчних (PV) енергетичних систем по всьому світу, які під'єднані до електромереж. Він дозволяє власникам приватних будинків, власникам невеликих будинків,

монтажникам та виробникам легко розраховувати потенційну продуктивність фотовольтаїчних систем. Введемо вихідні дані для розрахунку генерації в даний калькулятор. Введемо необхідні дані для розрахунку.

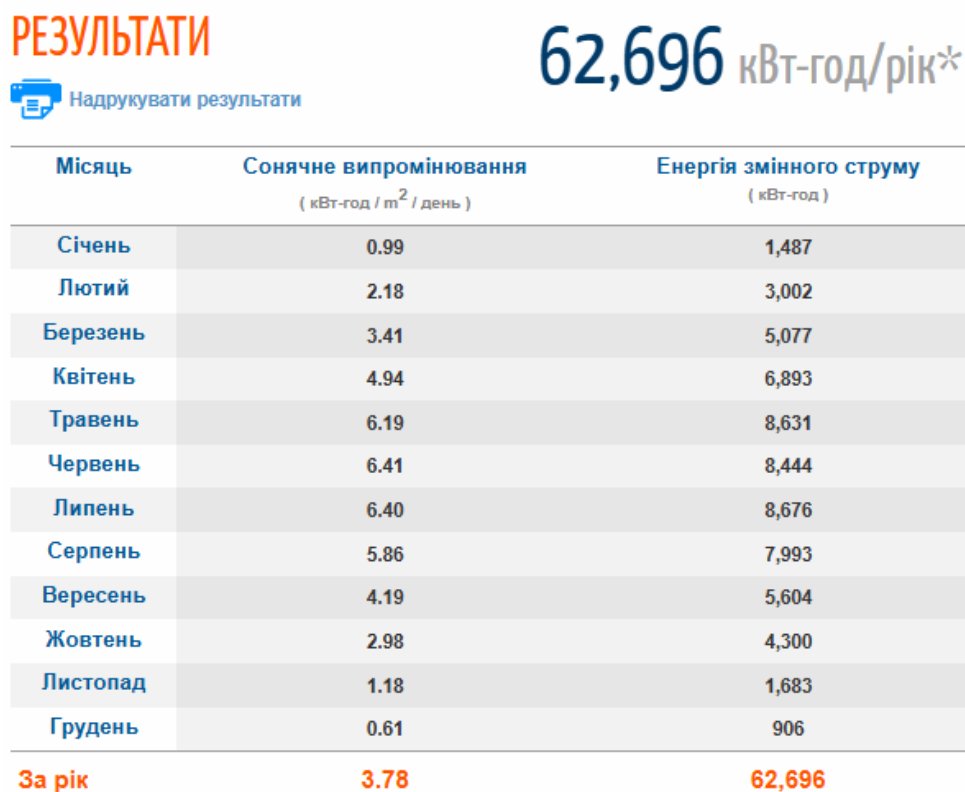


Рисунок 4.4 – Результати розрахунку

Термін окупності панелей.

Термін окупності (paybackperiod method – PP) – один з найчастіше вживаних показників для аналізу інвестиційних проектів.

Термін окупності – мінімальний часовий інтервал (від початку здійснення проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і залишається позитивним.

Іншими словами, це – період (вимірюваний в місяцях, кварталах або роках), починаючи з якого первинні вкладення та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними доходами від його здійснення.

Якщо не враховувати фактор часу, тобто коли рівні суми доходу, що отримуються в різний час, розглядаються як рівноцінні, то Показник терміну окупності можна визначити за формулою:

$$PP = \frac{C_{\text{п}}}{B}. \quad (4.22)$$

де Сп - Загальні капіталовкладення в ФЕС:

Очікувана вартість монтажу та введення в експлуатацію СЕС, а також оформлення необхідної документації для можливості використання зеленого тарифу спеціалізованою компанією становитиме:

$$V_{\text{введ.}} = 0,1 \cdot V_{\text{ел.}}, \quad (4.23)$$

$$V_{\text{доп.}} = 0,1 \cdot 2\,348\,638 = 234\,864 \text{ (грн.)}.$$

Розрахуємо загальну вартість станції:

$$V_{\text{загальна}} = V_{\text{ел.}} + V_{\text{введ.}} = 2\,348\,638 + 234\,864 = 2\,583\,500 \text{ (грн.)}.$$

Знайдемо річний прибуток станції:

$$\Pi = W_{\text{рік}} \cdot c; \quad (4.24)$$

де c – тариф на електроенергію для підприємства.

$$\Pi_{\text{рік}} = 62\,696 \cdot 7,824 = 490\,533 \text{ (грн./рік)}.$$

Віднімаємо експлуатаційні витрати та плату за паливо протягом року:

$$\Pi_{\text{рік.чист.}} = 490\,533 - 490\,533 \cdot 0,15 = 416\,953 \text{ (грн./рік)}.$$

Визначимо термін окупності станції:

$$PP = \frac{2583500}{416953} = 6,2 \text{ (роки)}.$$

Для інвестицій даного розміру термін окупності 6,2 років вважається достатньо прибутковим капіталовкладенням. Та головною функцію СЕС являється забезпечення безперебійного живлення роботи СЕП та незалежність від електромережі.

Також було розглянуто методику визначення оптимальних параметрів СЕС та розраховано середньодобовий обсяг виробленої електроенергії станцією.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі розробляються заходи з модернізації системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення 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 неізольовані 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:

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

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 звука 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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація» [35]

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

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

5.2.5 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.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250.

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50.

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км.

По горизонталі: до 4;

По вертикалі: до 2.

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом.

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25;

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75;

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5;

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2;

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%;

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника;

Ступінь ризику для власного життя – Виключений ;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений.

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10;

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100;

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75.

Режим праці:

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7;

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни);

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» 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 пробоя 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 ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» 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	$D_{грі}, P$	$D_{гр}, P$
1	Пульт Керування	Блок живлення $U_{ж} = 12(B)$	Транзистор IRF7640	10^3	10^3
			Конденсатор E5R101M12B	10^7	
			Діод SMBJ12CA	10^4	
2	Система збору і Обробки даних	Блок пам'яті $U_{ж} = 12(B)$	Мікросхема REF5025CA	10^4	
			Мікросхема LM27313XMF	10^3	
			Транзистор IRFB3207Z	10^5	
3	Система аварійного вимикання	Блок захисту $U_{ж} = 9(B)$	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 $D_{грі} = 10^3 P$ 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 ($P_1 = 5,22 P/\text{год}$);

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

t_{π} – час початку опромінення ($t_{\pi} = 1$ 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 ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» 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

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

2. Система електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» 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_{Γ}

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і

горизонтальної струмопровідної частини $l_{в.ж}=0,13$ м, $l_{г.ж} = 0,11$ м. На ділянці мікропроцесорного блоку $l_{в.м}=0,017$ м, $l_{г.м}=0,021$ м.

3. Для кожної ділянки визначаються напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{в.ж}=E_{г} \cdot l_{в.ж}=10,33 \cdot 0,13=1,343 \text{ (В)};$$

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

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{в.м}=E_{г} \cdot l_{в.м}=10,33 \cdot 0,017=0,176 \text{ (В)};$$

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

На ділянці системи живлення:

$$U_{в.ж}=E_{г} \cdot l_{в.ж}=10,33 \cdot 0,13=1,34 \text{ (В)};$$

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

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{в.м}=E_{г} \cdot l_{в.м}=10,33 \cdot 0,017=0,176 \text{ (В)};$$

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

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 ділянки 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 ділянки вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» 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 ділянки 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 ділянки мікропроцесорного блоку

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

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

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: в даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи на підприємстві.

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 модернізації системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ». В ході виконання дослідження були отримані наступні практичні та теоретичні положення:

1. Вияснено, що модернізація системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» полягає у забезпеченні надійного, безперервного та енергоефективного енергопостачання, що є ключовим фактором для підтримки бізнес-процесів і конкурентоспроможності.

2. Показано, що застосування сучасних підходів, таких як альтернативні джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни), розумні системи управління електроенергією (Smart Grid) і засоби енергоефективності, дозволяє компаніям зменшити витрати, оптимізувати споживання електроенергії та зменшити негативний вплив на довкілля. Особливо актуальним є впровадження безпеербійних систем енергопостачання, які підвищують енергетичну незалежність компанії, мінімізують ризики від перебоїв в центральних мережах і сприяють стабільності.

3. Здійснено дослідження інверторів призначених для СЕС. В ході дослідження було показано, що правильний вибір інвертора є ключовим фактором для ефективної роботи сонячної електростанції, оскільки він відповідає за перетворення постійного струму, що генерується панелями, у змінний струм, придатний для побутового або промислового використання. Від типу, потужності та якості інвертора залежить стабільність енергопостачання, максимальне використання виробленої енергії, а також здатність системи адаптуватися до змінних умов, таких як часткове затінення або нерівномірна робота панелей.

4. Обрано оптимальне місце та спосіб встановлення панелей СЕС та обрано основне обладнання для реалізації проекту СЕС. На підставі розрахунків необхідного обсягу електричної енергії споживаного ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» визначено необхідну потужність СЕС та параметри її ключових елементів.

5. Порівняння двох варіантів резервного живлення підприємства показало, що гібридна установка з інвертором та системою АКБ потребує більших капіталовкладень (1 300 000 грн) порівняно з дизельним генератором (750 000 грн),

але є економічно вигіднішою через нижчу собівартість електроенергії (8,575 грн/кВт·год) у порівнянні з витратами на дизельне паливо; термін окупності додаткових вкладень у гібридну установку становить 4,1 року, що є прийнятним. Однак для покриття пікових навантажень, які перевищують ємність АКБ, передбачено використання дизельного генератора потужністю 50 кВт як резервного джерела живлення, що забезпечує надійність системи.

6. Розроблено повну схему підключення СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється не економія на платі за електроенергію, а можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення електричних споживачів підприємства.

7. В роботі було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників проекту СЕС. Проведено аналіз стартап проекту, аналіз ринкових можливостей показав, доцільність капіталовкладень в проектування СЕС та перспективи розвитку даного напрямку інвестицій.

8. 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. Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Ковальчук О. А. Ефективність сонячних електростанцій у розподілених електричних мережах / Збірник наукових праць Інституту енергетики НАН України. – Київ, 2021. – С. 72–84.
3. Гуменюк С. І., Теслюк В. М. Основи проектування сонячних електростанцій / Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 320 с.
4. Офіційний сайт ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ». URL: <https://makosh-group.com.ua/> (дата звернення: 29.11.2024).
5. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
6. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
7. Каталог ламп та світильників: веб-сайт. URL: <http://avtonom.com.ua/osveshchenie/diodnye-lampy> (дата звернення: 12.11.2024).
8. Освітлювальні та опромінювальні установки. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/chastyna-2-.osvitljuvalnita-oprominjuvalni-ustanovky.pdf> (дата звернення: 28.11.2024 р.).
9. Тарануха В. І., Ковальчук О. А. Системи акумуляції енергії в сонячних електростанціях / Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 148 с.
10. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами: метод. рек. до виконання розрахункової роботи для студентів спеціальності 144 "Теплоенергетика" / Уклад.: В. І. Шкляр, В. В. Дубровська. – Київ: НТУУ "КПІ", 2015. – 52 с.
11. Вітковський О. В. Сонячна енергетика: теорія і практика використання /

О. В. Вітковський. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 320 с.

12. Офіційний сайт групи компаній KNESS [Режим доступу]: <https://kness.energy/> (дата звернення: 30.11.2024)

13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

14. 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.

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>

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-pryntsyp-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-infrazvuku-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>.

ДОДАТКИ

Додаток А
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Модернізація системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю
«КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції
08-22.МКР.001.01.024 ТЗ

Науковий керівник:

Ph.D., доцент Лобода Ю.В. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-23м

Бондарчук В.В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .24р.

Дата початку роботи ____ . ____ .24р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .24р.

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

а) мета – Модернізація системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення 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		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

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
(обов'язковий)

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» ЗА РАХУНОК
ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження

Назва обладнання	Кількість	P_n , Вт	$\cos \phi$	$\tan \phi$	K_p	P_c , кВт	Q_c , квар	S_c , кВА
Комп'ютери	36	140	0,95	0,33	0,85	4,284	1,41372	4,511
Монітори	36	55	1	0	0,85	1,683	0	1,683
Принтери	8	480	0,9	0,48	0,25	0,96	0,4608	1,065
Кондиціонери	10	1200	0,85	0,62	0,65	7,8	4,836	9,178
Ліфт	1	10400	0,8	0,75	0,3	3,12	2,34	3,900
Роутери та мережеве обладнання	5	100	1	0	1	0,5	0	0,500
Кухонне обладнання	5	1300	0,9	0,48	0,3	1,95	0,936	2,163
Сервери	2	1000	0,95	0,33	1	2	0,66	2,106
Інше офісне обладнання	5	250	0,9	0,48	0,35	0,4375	0,21	0,485
Насос	1	1200	0,75	0,8	0,1	0,12	0,096	0,154
Обладнання складського приміщення		8	0,85	0,62	0,3	0,0024	0,00149	0,003
Разом						22,8569	10,954	25,346

Таблиця Б.2 – Потужність освітлювальних мереж компанії

Назва приміщень	освітленість, лк	площа m^2	Тип лампи	Потужність ламп, Вт	шт.	Кв	$P_{ос}$, кВт
Офісні приміщення	300	1845	Philips CorePro LEDtube T8	32	450	0,45	6,48
Аварійне освітлення	300		Philips CorePro LEDtube T8	32	25	0,05	0,04
Гараж	200	117	SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,4	0,6
Сходи	200	60	Philips CorePro LEDtube T8	32	20	0,65	0,416
Склад	200	1008	SON-T 250Вт Philips E40	250	20	0,3	1,5
Вулиця	150		SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,6	0,9
Разом							9,936

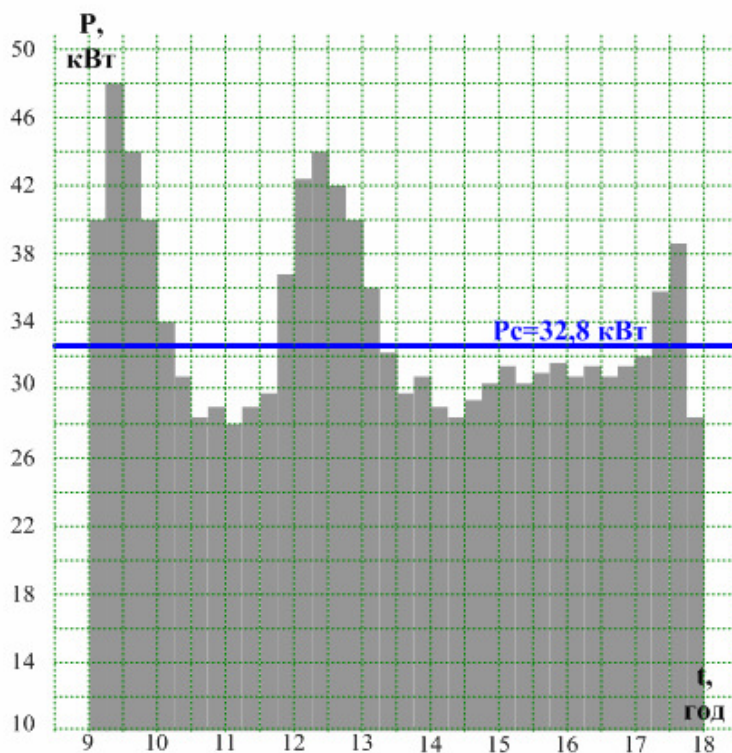


Рисунок Б.1 – Добовий графік навантаження підприємства протягом дня

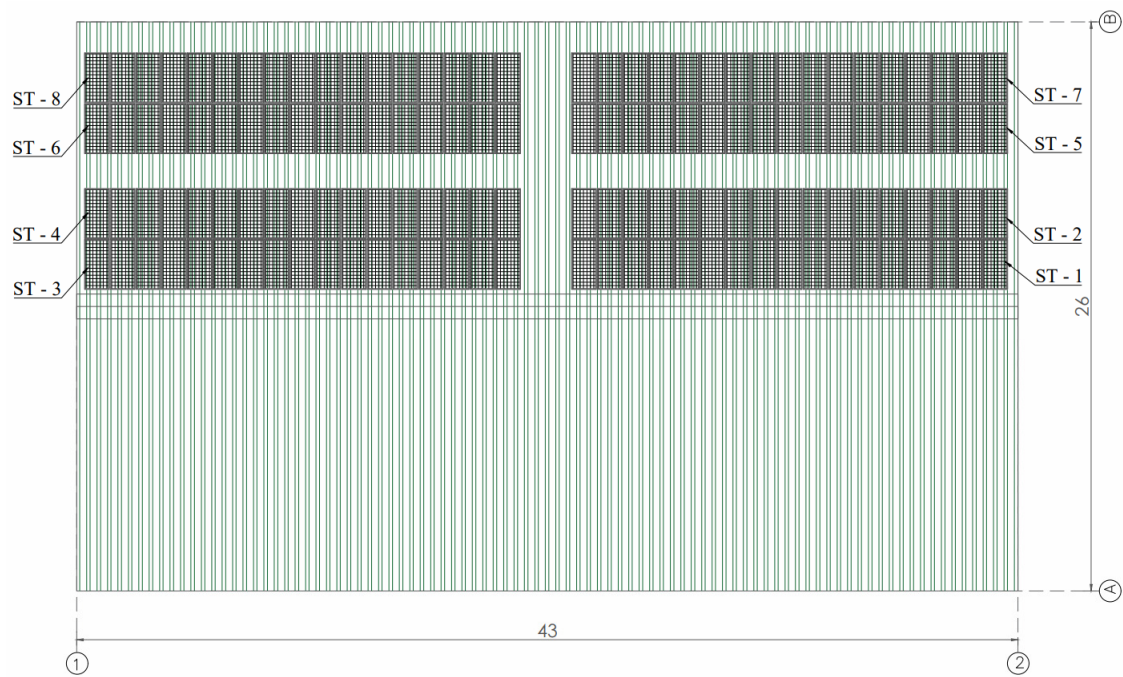


Рисунок Б.2 – Розміщення СЕС 50 кВт на даху складу



Рисунок Б.3 – Розміщення СЕС на супутниковому знімку об'єкта

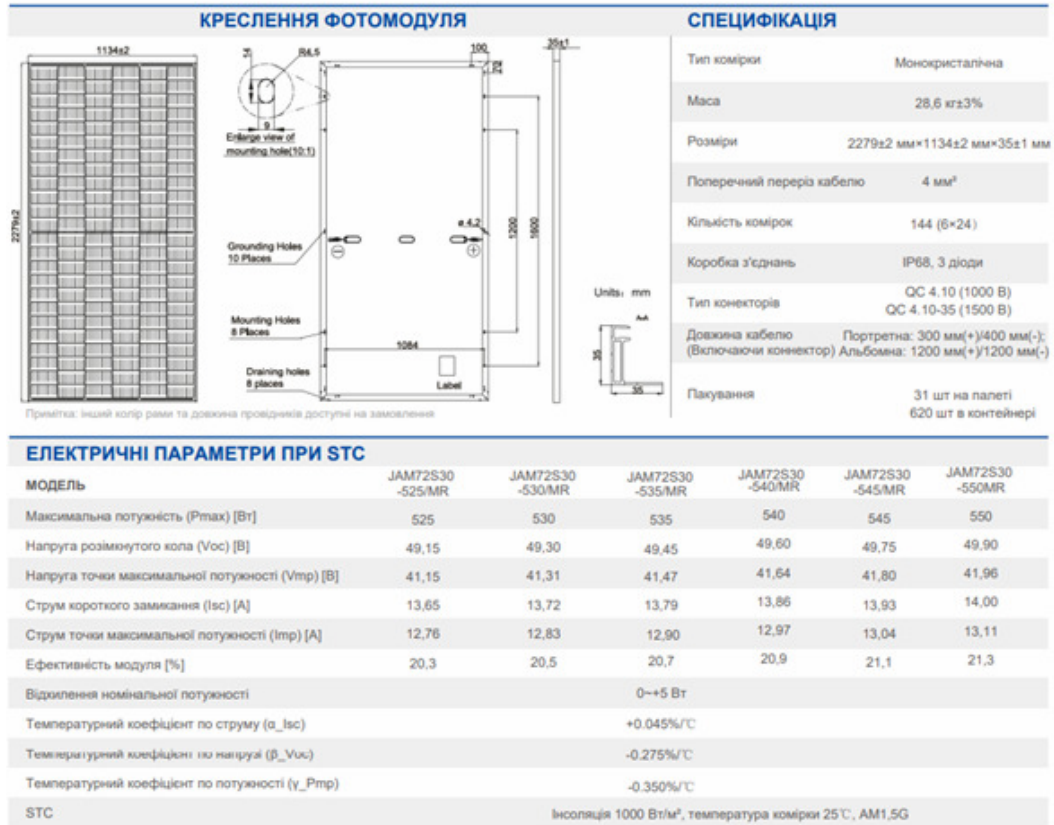
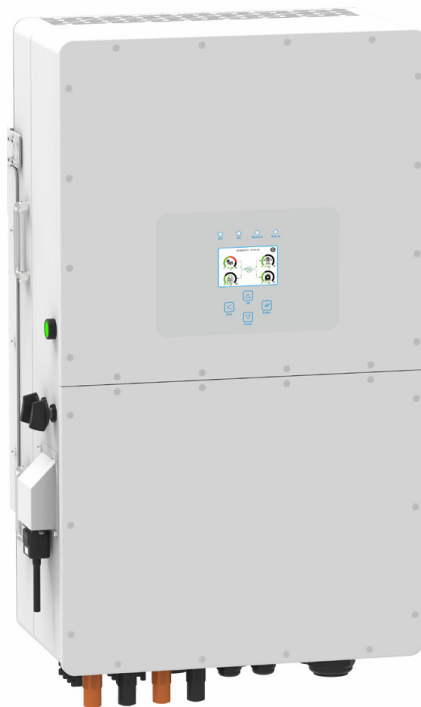


Рисунок Б.4 – Характеристика фотомодулів Longi Solar JAM72S30



Виробник:	Deye
Модель:	SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4
Країна - виробник:	Китай
Тип інвертора:	гібридний
Кількість фаз:	3
Кількість MPPT :	4/2
ККД, %:	97.6
Інтерфейс:	RS485,CAN, WiFi/GPRS
Вхідні характеристики сонячного поля	
Номінальна потужність, Вт:	50000
Максимальна потужність, Вт:	52000
Діапазон вхідної напруги, В:	150~850
MPPT діапазон напруги, В:	150~850
Максимальна напруга, В:	1000
Вхідний струм, А:	36+36+36+36
Максимальний струм MPPT трекера, А:	55+55+55+55
Вхідні характеристики від мережі	
Номінальна вихідна потужність в режимі інвертора:	50000
Номінальна вхідна напруга:	380
Максимальна вхідна напруга змінного струму:	500
Максимальний вхідний струм змінного струму:	45,5

Рисунок Б.5 – Характеристика трифазного гібридного інвертора

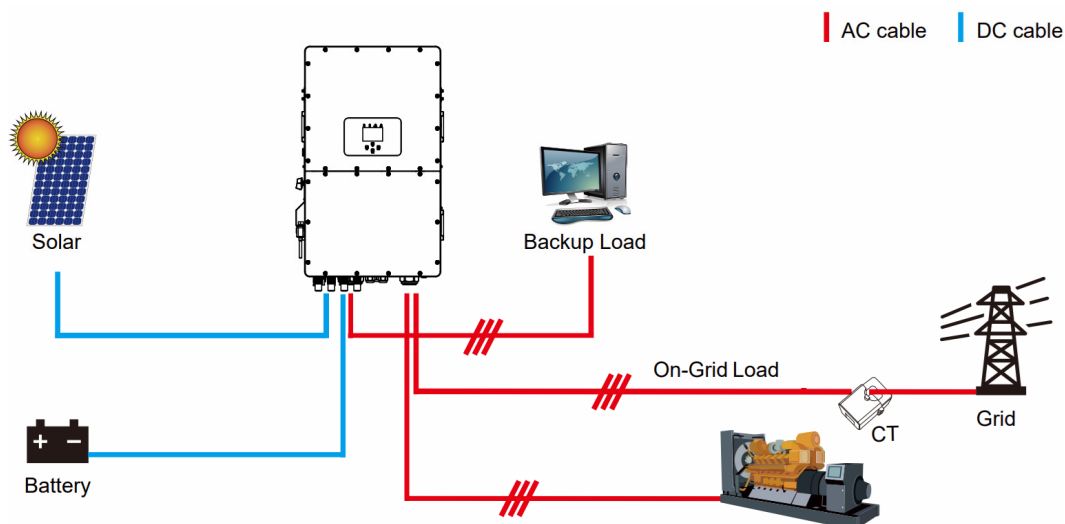


Рисунок Б.6 – Загальний принцип реалізації СЕС на підприємстві

Таблиця Б.3 – Визначення капіталовкладень проектів 1 та 2 варіантів

Комплектуючий елемент	Варіант №1 ГІ+АКБ			Варіант №2 ДГУ		
	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000			
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000			
Комплектуючі матеріали	1	100000	100000	1	50000	50000
ДГУ Matari MB 50				1	700000	700000
Разом			1300000			750000

РЕЗУЛЬТАТИ

Надрукувати результати

62,696 кВт-год/рік*

Місяць	Сонячне випромінювання (кВт-год / м ² / день)	Енергія змінного струму (кВт-год)
Січень	0.99	1,487
Лютий	2.18	3,002
Березень	3.41	5,077
Квітень	4.94	6,893
Травень	6.19	8,631
Червень	6.41	8,444
Липень	6.40	8,676
Серпень	5.86	7,993
Вересень	4.19	5,604
Жовтень	2.98	4,300
Листопад	1.18	1,683
Грудень	0.61	906
За рік	3.78	62,696

Рисунок Б.7 – Результати розрахунку об'єм виробленої енергії СЕС протягом року

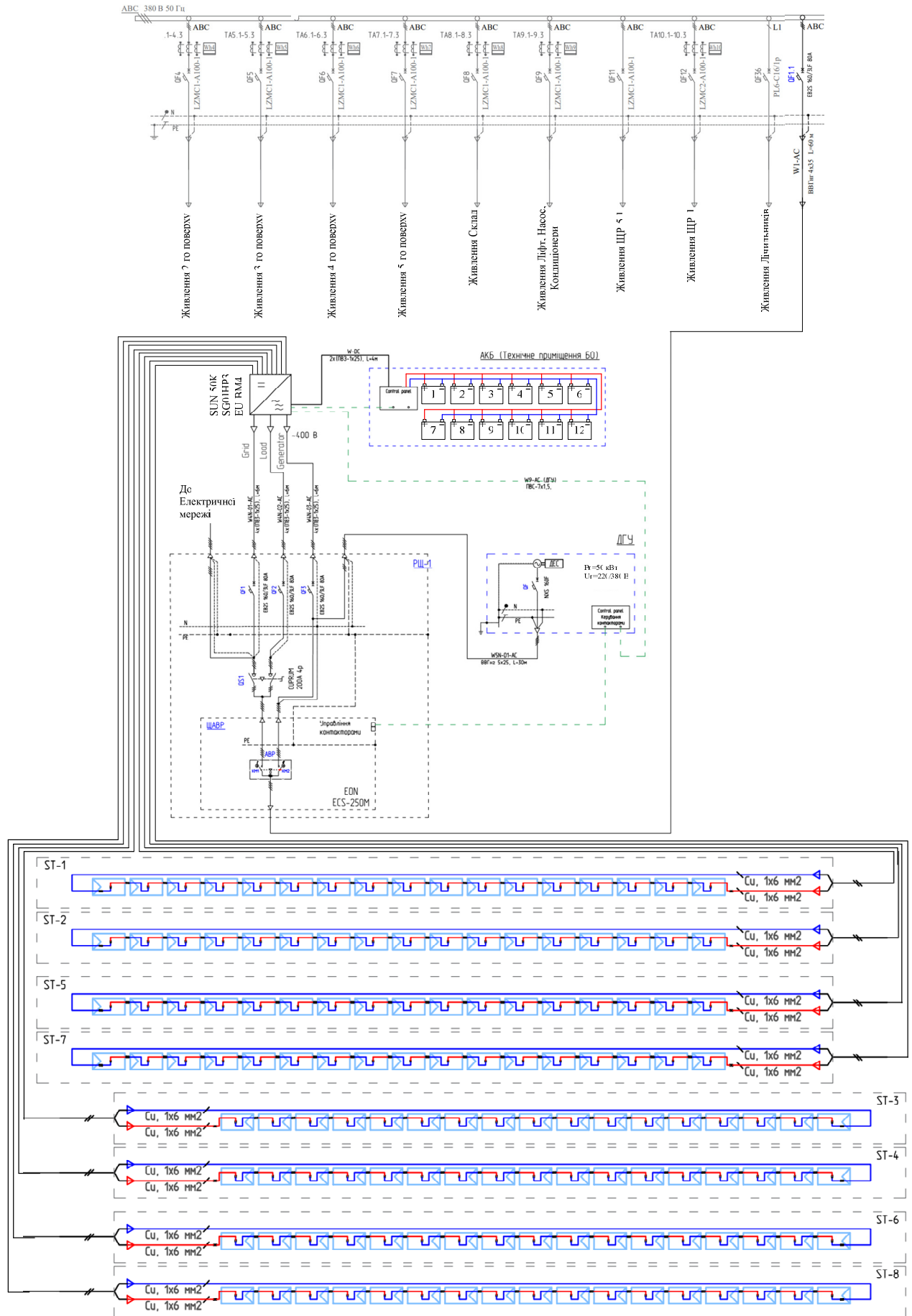


Рисунок Б.8 – Повна схема підключення СЕС 50 кВт

Додаток В
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» ЗА РАХУНОК
ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Додаток В
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції

Тип роботи: _____ МКР
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність _____ 91% _____ Схожість _____ 9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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	_____	Бондарчук В.В.
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник роботи	_____	Лобода Ю. В.
	(підпис)	(прізвище, ініціали)

Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» ЗА РАХУНОК
ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Модернізація системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «КОМПАНІЯ «МАКОШ» за рахунок встановлення сонячної електростанції

Бондарчук В.В.

Спеціальність 141 -“Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Науковий керівник:

Лобода Ю.В.,

Ph. D., доцент

Мета та задачі магістерської кваліфікаційної роботи 2

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є модернізація системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» [4] з використанням сонячної електростанції. Здійснити аналіз системи електропостачання підприємства на основі існуючих найбільш енергоефективних методів розрахунку, визначити необхідний обсяг споживаної підприємством потужності. Розрахувати проект СЕС яка буде оптимальною по своїм параметрам при роботі в СЕП компанії.

Об’єкт дослідження – СЕП ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ».

Предмет дослідження – методи та засоби для проектування СЕС на даху підприємства.

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

Наукова новизна. Розроблено повну схему підключення СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення споживачів електроенергії підприємства.

Практичне значення одержаних результатів: полягає у зменшенні дефіциту потужності електричної енергії за рахунок використання в системі електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ» джерел альтернативної енергетики та використання розроблених практичних рекомендацій, що можуть бути розповсюдженні на аналогічні підприємства.

Генплан підприємства

3

Таблиця 1.1 Назва навантажент

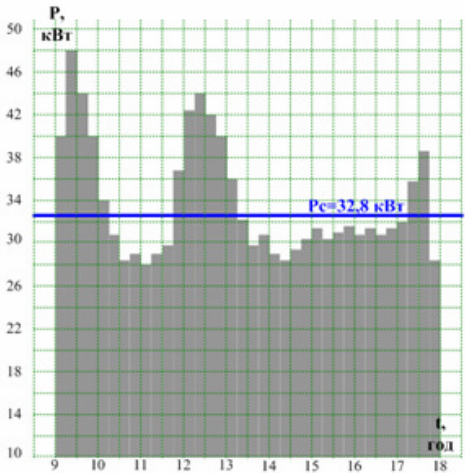
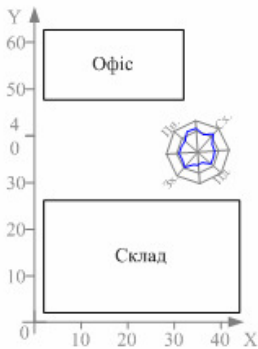
№ п/п	Назва	Рн, кВт
1	Офіс Поверх №1	10,5
2	Офіс Поверх №2	6,8
3	Офіс Поверх №3	6,7
4	Офіс Поверх №4	6,6
5	Офіс Поверх №5	6,4
	Ліфт	10,4
	Насос	1,2
	Кондиціонери 10 шт.	12
6	Склад	8

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження

Назва обладнання	Кількість	Рн, Вт	cos φ	tg φ	Кп	Рс, кВт	Qс, кВАр	Sc, кВА
Комп'ютери	36	140	0,95	0,33	0,85	4,284	1,41372	4,511
Монітори	36	55	1	0	0,85	1,683	0	1,683
Принтери	8	480	0,9	0,48	0,25	0,96	0,4608	1,065
Кондиціонери	10	1200	0,85	0,62	0,65	7,8	4,836	9,178
Ліфт	1	10400	0,8	0,75	0,3	3,12	2,34	3,900
Роутери та мережеве обладнання	5	100	1	0	1	0,5	0	0,500
Кухонне обладнання	5	1300	0,9	0,48	0,3	1,95	0,936	2,163
Сервери	2	1000	0,95	0,33	1	2	0,66	2,106
Інше офісне обладнання	5	250	0,9	0,48	0,35	0,4375	0,21	0,485
Насос	1	1200	0,75	0,8	0,1	0,12	0,096	0,154
Обладнання складського приміщення	8	85	0,85	0,62	0,3	0,0024	0,00149	0,003
Разом						22,8569	10,954	25,346

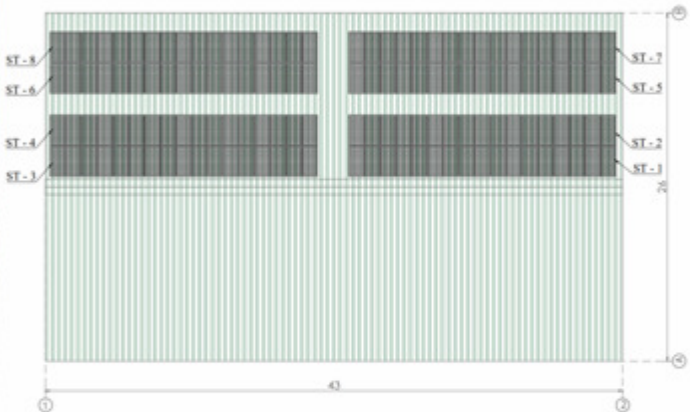
Таблиця Б.2 – Потужність освітлювальних мереж компанії

Назва приміщення	освітленість, лк	площа, м²	Тип лампи	Потужність ламп, Вт	шт	Кв	Рос, кВт
Офісні приміщення	300	1845	Philips CorePro LEDnube T8	32	450	0,45	6,48
Аварійне освітлення	300		Philips CorePro LEDnube T8	32	25	0,05	0,04
Гараж	200	117	SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,4	0,6
Сходи	200	60	Philips CorePro LEDnube T8	32	20	0,85	0,416
Склад	200	1008	SON-T 250Вт Philips E40	250	20	0,3	1,5
Вулиця	150		SON-T 250Вт Philips E40	250	6	0,6	0,9
Разом							9,996



Розміщення СЕС 50 кВт на даху складу

4



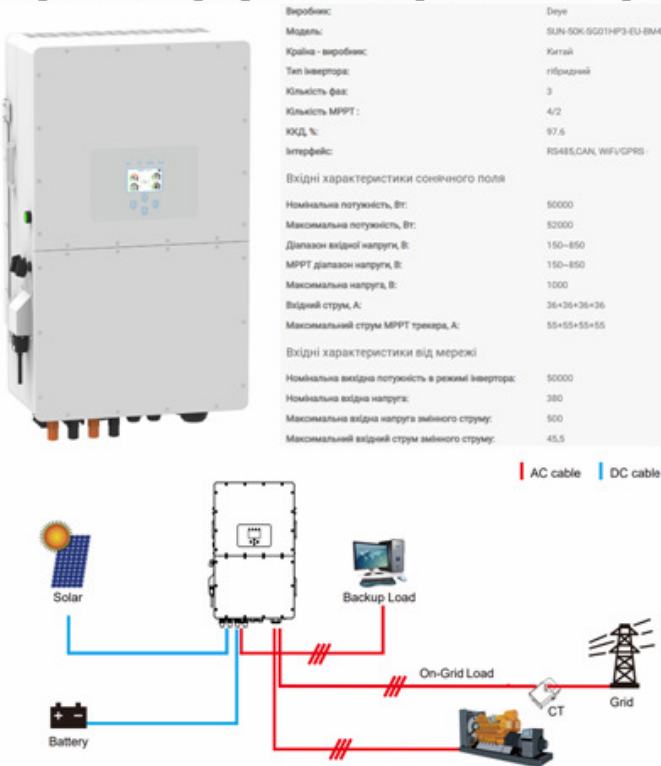
Визначення капіталовкладень проектів 1 та 2 варіантів

5

Комплектуючий елемент	Варіант №1 ГП+АКБ			Варіант №2 ДГУ		
	Кільк-ість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.	Кільк-ість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000			
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000			
Комплектуючі матеріали	1	100000	100000	1	50000	50000
ДГУ Matari MB 50				1	700000	700000
Разом			1300000			750000

Характеристика трифазного гібридного інвертора

6



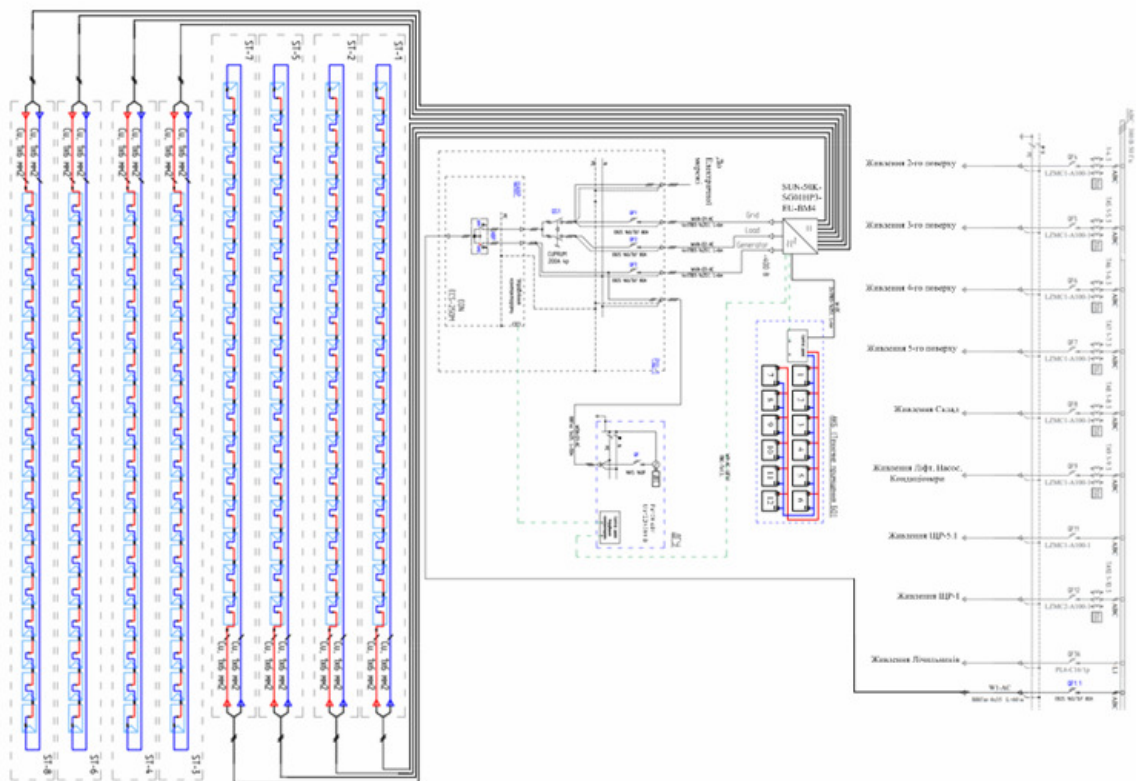
Визначення капіталовкладень проектів 1 та 2 варіантів

7

Комплектуючий елемент	Варіант №1 ГІ+АКБ			Варіант №2 ДГУ		
	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000			
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000			
Комплектуючі матеріали	1	100000	100000	1	50000	50000
ДГУ Matari MB 50				1	700000	700000
Разом			1300000			750000

Повна схема підключення СЕС 50 кВт

7



Вартість спорудження ФЕС

Комплектуючий елемент	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Сонячна панель JAM72S30 540 MR	136	8200	1115200
Трифазний інвертор Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-BM4	1	300000	300000
АКБ Deye RW-M6.1	12	75000	900000
Трифазний автоматичний вимикач EB2S 160/3LF 80A	4	3500	14000
Кабельні зв'язки	L, м	Ціна за м, грн	
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	310	36,2	11222
Підключення стрингів до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	80	64	5120
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем ВВГнг 4х35 мм ²	60	51,6	3096
Разом			2 348 638

РЕЗУЛЬТАТИ

Надрукувати результати

62,696 кВт·год/рік*

Місяць	Сонячне випромінювання (кВт·год/м ² /день)	Енергія змінного струму (кВт·год)
Січень	0,99	1,487
Лютий	2,18	3,002
Березень	3,41	5,077
Квітень	4,94	6,893
Травень	6,19	8,631
Червень	6,41	8,444
Липень	6,40	8,676
Серпень	5,86	7,993
Вересень	4,19	5,604
Жовтень	2,98	4,300
Листопад	1,18	1,683
Грудень	0,61	906
За рік	3,78	62,696

Висновки по роботі

9

Дана магістерська кваліфікаційна робота була присвячена питанням модернізації системи електропостачання ТОВ «КОМПАНІЯ «МАКОШ». В ході виконання дослідження були отримані наступні практичні та теоретичні положення:

1. Порівняння двох варіантів резервного живлення підприємства показало, що гібридна установка з інвертором та системою АКБ потребує більших капіталовкладень (1 300 000 грн) порівняно з дизельним генератором (750 000 грн), але є економічно вигіднішою через нижчу собівартість електроенергії (8,575 грн/кВт·год) у порівнянні з витратами на дизельне паливо; термін окупності додаткових вкладень у гібридну установку становить 4,1 року, що є прийнятним. Однак для покриття пікових навантажень, які перевищують ємність АКБ, передбачено використання дизельного генератора потужністю 50 кВт як резервного джерела живлення, що забезпечує надійність системи.
2. Розроблено повну схему підключення СЕС потужністю 50 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 2 583 500 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження компанії та у не робочий період акумулює згенеровану електроенергію для подальшого споживання компанією за допомогою дванадцяти акумуляторних батарей. СЕС складається з 136 панелей та конструктивно поділена на вісім симетричних стрингів кожна з яких складається з 17 панелей одного інвертора. Визначено річний прибуток який складає – 416 953 грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію. Термін окупності даної СЕС – 6,2 років. Головною перевагою від встановлення даної СЕС являється не економія на платі за електроенергію, а можливість не залежати від споживання від електричної мережі та мати змогу безперебійного живлення електричних споживачів підприємства.
3. В роботі було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників проекту СЕС. Проведено аналіз стартап проекту, аналіз ринкових можливостей показав, доцільність капіталовкладень в проектування СЕС та перспективи розвитку даного напрямку інвестицій.
4. 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.

