

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

«Оптимізація режимів роботи силової електромережі
фермерського господарства «Відродження ТГ» з використанням
геліоенергетики»

Виконав: студент VI курсу

групи Ен – 61 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» .

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Гоменюк О.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Марущак Я.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

_____ Гоменюк Олександр Русланович

1. Тема роботи «Оптимізація режимів роботи силової електромережі фермерського господарства «Відродження ТГ» з використанням геліоенергетики»

керівник роботи д.т.н., професор Марущак Я .Ю.
(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП № 140 / к - с від 28.02.2025 р.

2. Строк подання студентом роботи 12.12.2025

3. Вихідні дані технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5 ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Гошко М.О., старший викладач			
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент			

7. Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<u>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА</u>	28.02.2025 – 1.05.2025	
2	<u>2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ</u>	2.05.2025 – 1.08.2025	
3	<u>3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ</u>	2.08.2025 – 1.10.2025	
4	<u>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</u>	2.10.2025 – 1.11.2025	
5	<u>5 ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</u>	2.11.2025 – 1.12.2025	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	2.12.2025 – 6.12.2025	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	7.12.2025 – 11.12.2025	

Студент Гоменюк О.Р.Керівник роботи Марущак Я.Ю.

УДК 631.01

Гоменюк Олександр Русланович. Оптимізація режимів роботи силової електромережі фермерського господарства «Відродження ТГ» з використанням геліоенергетики. 2025. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ІМ. С.З.ГЖИЦЬКОГО, 2025 р. 51 с. текстової частини, 14 таблиця, 12 рисунків, 15 джерел.

У кваліфікаційній роботі представлено результати оптимізації режимів роботи силової електромережі фермерського господарства «Відродження ТГ» з використанням сонячних батарей. Представлено теоретичні аспекти розрахунку мережі електропостачання з використанням сонячної енергії. Представлено теоретичні аспекти розрахунку силової мережі електропостачання. Розраховано основні параметри силової мережі електропостачання майстерні. Розраховано основні параметри резервного електропостачання на базі сонячних батарей. Здійснено економічний аналіз.

ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКА, СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ, МЕРЕЖІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Вступ

Актуальність роботи. Сьогодні Україна переживає один із найскладніших періодів у своїй новітній історії. Внаслідок повномасштабної військової агресії російської федерації значна частина енергетичної інфраструктури країни зазнала серйозних руйнувань. Атаки на електричні підстанції, лінії електропередач, генераційні потужності та об'єкти критичної інфраструктури призвели до періодичних відключень електроенергії, обмежень споживання та підвищеної нестабільності енергосистеми. У таких умовах питання забезпечення надійності електропостачання набуває особливого значення не лише для промислових підприємств, а й для аграрного сектору, який є стратегічною основою економіки України.

Фермерські господарства, що забезпечують продовольчу безпеку країни, потребують стабільного енергопостачання для безперервної роботи технологічного обладнання: систем зрошення, холодильних установок, насосних станцій, освітлення, вентиляційних систем тощо. Будь-які перебої в електроживленні можуть призвести до суттєвих економічних втрат, зниження продуктивності та псування врожаю або продукції тваринництва.

У зв'язку з цим надзвичайно актуальним стає впровадження альтернативних та резервних джерел енергії, здатних забезпечити автономність та енергонезалежність фермерських підприємств. Серед таких рішень найбільш перспективним є використання сонячних фотоелектричних станцій, які дозволяють не лише зменшити навантаження на централізовану електромережу, але й частково або повністю забезпечити власні потреби господарства в електроенергії.

Окрім підвищення надійності живлення, застосування сонячних батарей сприяє зменшенню витрат на електроенергію, зниженню викидів вуглекислого газу та реалізації екологічної політики сталого розвитку, що відповідає сучасним європейським стандартам.

Разом з тим, впровадження відновлюваних джерел енергії в електричні мережі вимагає оптимізації режимів їх роботи, з урахуванням балансування навантажень, часу генерації сонячної енергії, споживчого графіка фермерського господарства та технічних параметрів мережевого обладнання. Без належного аналізу та управління режимами роботи можливе виникнення небажаних режимів — перенапруг, перевантажень, втрат потужності або нестабільності напруги.

Таким чином, тема даної магістерської роботи є актуальною, оскільки поєднує завдання підвищення енергоефективності, надійності та

автономності електроживлення фермерських господарств в умовах енергетичної нестабільності та військових ризиків.

Метою роботи є розробка та оптимізація режимів роботи силової електромережі фермерського господарства «Відродження ТГ» із застосуванням сонячних батарей, що дозволить підвищити надійність електропостачання, зменшити споживання електроенергії з мережі та забезпечити економічну ефективність експлуатації системи.

Для досягнення поставленої мети передбачено **вирішення таких завдань**:

1. Провести аналіз електроспоживання фермерського господарства «Відродження ТГ» та визначити основні навантаження.
2. Розробити структурну схему електропостачання із включенням сонячної електростанції.
3. Виконати розрахунок параметрів сонячної установки та оцінити її енергетичну ефективність.
4. Розробити математичну модель оптимізації режимів роботи електромережі з урахуванням змін навантаження та генерації сонячної енергії.
5. Надати рекомендації щодо практичного впровадження оптимізованих режимів роботи для підвищення стабільності та енергоефективності фермерського господарства.

Об'єктом дослідження є силова електромережа фермерського господарства «Відродження ТГ».

Предметом дослідження є процеси оптимізації режимів її роботи з урахуванням генерації електроенергії від сонячних батарей.

Практичне значення роботи полягає у створенні техніко-економічно обґрунтованої системи енергозабезпечення фермерського господарства, здатної функціонувати стабільно в умовах зовнішніх обмежень або пошкоджень основних мереж, а також у підвищенні рівня енергетичної незалежності аграрного сектору України.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

ТОВ Агрофірма „Відродження ТГ” складається з одного відділення, в якому знаходяться: молочно-товарна ферма, свиноферма, пташники для розведення птиці, склади для зберігання сільськогосподарської продукції, тракторний стан і кормовий двір.

Адреса: Україна, 82445, Львівська обл., Стрийський р-н, село Йосиповичі.

Клімат району — помірно континентальний, його природні умови типові для зони і характеризуються помірно вологим кліматом з порівняно прохолодним літом і м'якими, часто нестійкими зимами. Середньорічна температура становить + 7 °С, січня — -4.8 °С. липня — + 18,2 °С. Абсолютний максимум температури повітря +36,9 °С (10.08.1992), абсолютний мінімум -37,2 °С (12.01.1950). Сума річних опадів в середньому становить 501 мм, за вегетаційний період випадає 330—380 мм. Рекордна кількість опадів за рік — 807,4 мм (1974) (норма 599 мм), найменше опадів випало у 1961 р. (268,5 мм).

Виробничі напрямки господарства – виробництво зернових і бурякових культур, молока, м'яса. Основні галузі: молочне і м'ясне тваринництво.

Господарство спеціалізується на вирощуванні тварин на відгодівлю та курей. Поголів'я корів становить 176 голів кожна з яких дає 3350 літрів молока за рік.

Живлення електрообладнання господарства двостороннє повітряними лініями ЛЕП 10 кВ (основне і резервне).

Електрообладнання ферми живиться від КТП № 117 потужністю 250 кВА, повітряною лінією 0,4 кВ, проводом марки А25.

Склад електротехнічної служби: кваліфікований інженер електрик має V групу допуску, електромонтери 4 розряду та IV групи допуску.

Трансформаторна підстанція, а також лінії електропередач 0,4 кВ, які пролягають по господарству та населеному пункту, підлягають обслуговуванню електротехнічною службою господарства.

Всі операції з технічного обслуговування і поточного ремонту здійснюється на договірній основі. Підприємства, що приймали електрообладнання на комплексне обслуговування, організовують на базі ЕТС (електротехнічної служби) господарства експлуатаційну ділянку.

У таблиці 1.1 наведений вибраний перелік обладнання та їх потужність, яке знаходиться на підприємстві.

Таблиця 1.1 Перелік обладнання та їх потужність

Назва машини	Тип електродвигуна	Кількість, шт.	P_n , кВт
1	2	3	4
Завантажувач курячого посліду ОВС-25	АИР 100 S4	3	3,0
Привід кормороздачі	АИР 100 S4	6	3,0
Вентилятор Ц4-70	АИР 71 А4	30	0,55
Привід збору яйця	АИР 71 А4	6	0,55
Привід збору помету	АИР 80 А6	6	0,75

Проаналізоване електрообладнання з електродвигунами заносимо в розрахунково-монтажну схему силової мережі, яка зображена на рис 1.1 та позначаємо місце розташування електроприводів на плані приміщень пташника.

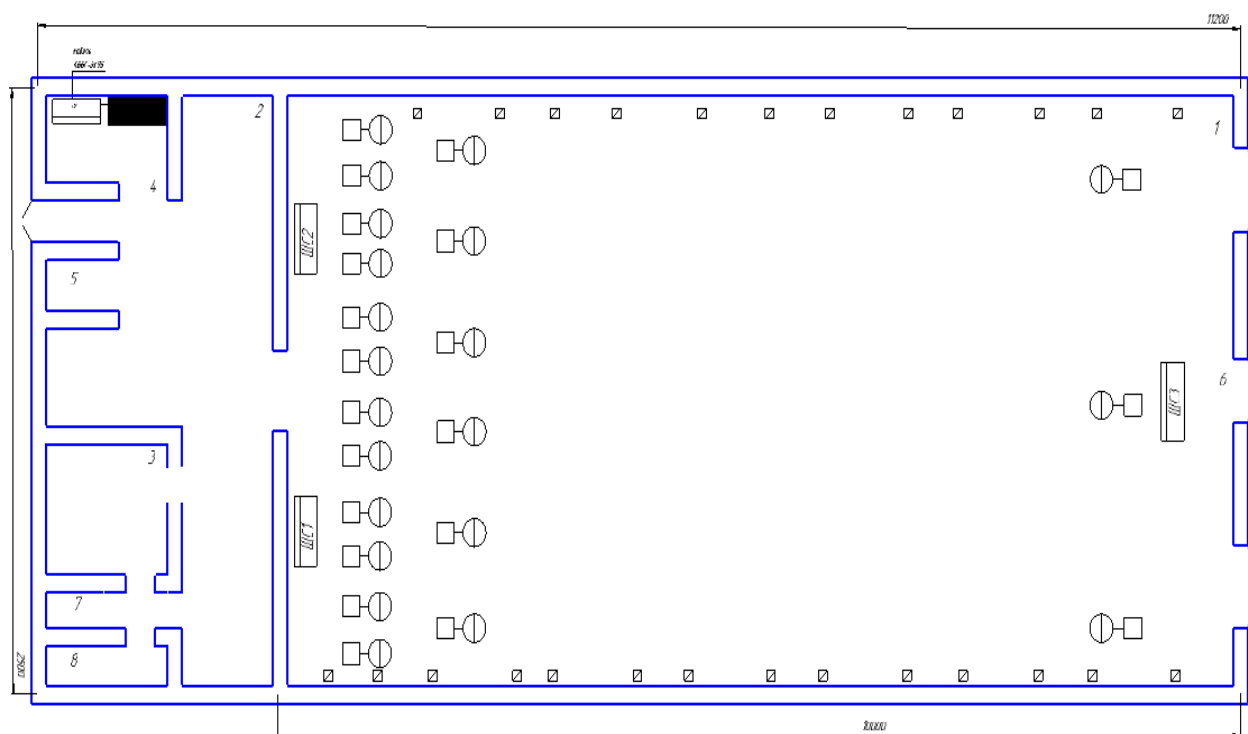


Рисунок 1.1 План пташника з позначенням місць розташування електроприводів: 1- приміщення для птиці; 2-підсобне приміщення; 3- вентиляційна камера; 4-щитова; 5-вбиральня; 6-прохід; 7-лабораторія; 8- кімната відпочинку.

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

2.1 Типи та характеристики сучасних сонячних батарей

2.1.1 Класифікація фотоелектричних модулів

Сучасні фотоелектричні модулі можна класифікувати за матеріалом і технологією виготовлення так:

- Кристалічний кремній

- Монокристалічні (mono-Si)

Виготовляються із вирощеного з одного кристалу кремнію (один «чистий» кристал) методом, наприклад, Чохральськи (Czochralski). Переваги: високий ККД, зазвичай 18-24% в комерційних зразках. Краща поведінка при підвищених температурах (менший температурний коефіцієнт потужності) у порівнянні з полікристалічними модулями. Недоліки: вища собівартість на ват, складніша технологія виготовлення.



Рисунок 2.1- Сонячні модулі

- Полікристалічні (poly-Si, multicrystalline)

- Виготовляються із розплаву кремнію, де формуються декілька кристалів, що дозволяє спростити виготовлення.
- ККД зазвичай нижчий — приблизно 15-19%.

- Переваги: менша собівартість виробництва, достатня для багатьох застосувань, особливо коли площа для монтажу достатня.
- Недоліки: потребують більше площі для тієї ж потужності, менш ефективні при високих температурах або частковому затіненні.



Рисунок 2.2 - Сонячні батареї

• Тонкоплівкові технології (Thin-film)

- До них належать технології типу:
 - Аморфний кремній (a-Si) — дешеві, добре працюють при слабкому сонячному світлі, але мають низький ККД.
 - Кадмій-титанат (CdTe) — дуже низька собівартість, вже використовуються в утилітарних проектах; існують екологічні питання через Cd.
 - CIGS (мідь-індій-германій-селен) — більш складна технологія, кращий ККД серед тонкоплівкових, потенціал росту.
- Характеристики: ККД зазвичай значно нижчий, часто ~10-13% (комерційні), хоча лабораторні значення можуть бути вищими.

- Переваги: легші модулі, можливість гнучких поверхонь, менше матеріалу кремнію.
- Недоліки: потребують більше площі, швидша деградація, менш розповсюджені в аграрному секторі.

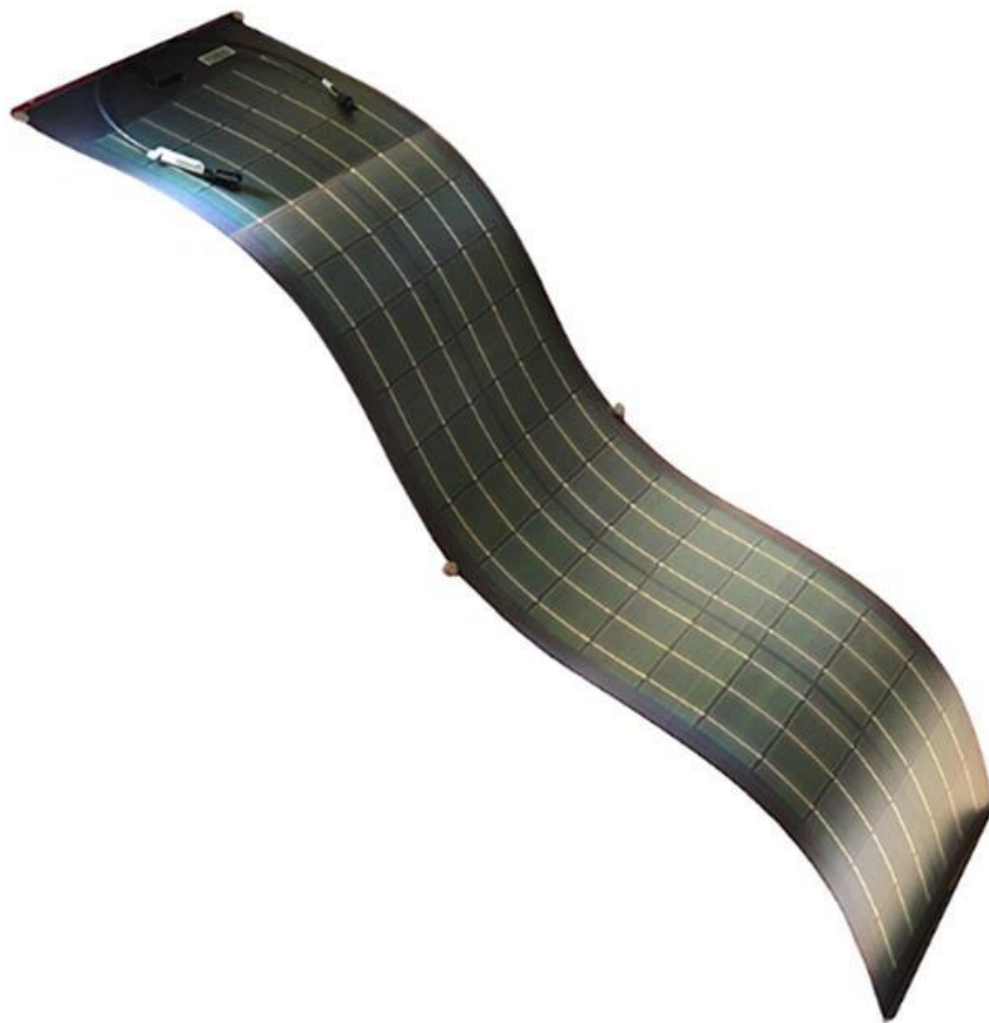


Рисунок 2.3 - Тонкоплівкові батареї

Початкові та нові технології

- Перовскітні сонячні елементи — в лабораторіях досягають високих ККД, але на комерційному рівні ще є питання довговічності.

- Тандемні (multi-junction) елементи — застосовуються в спеціальних високоефективних системах (наприклад, космічні програми).
- Ці технології наразі не домінують на ринку фермерських установок через високу ціну або експериментальний характер.

2.1.2 Основні електричні та експлуатаційні характеристики

При виборі модуля важливо враховувати такі параметри:

- Номінальна потужність P_{max} — потужність при стандартних тестових умовах (STC: інсоляція $G = 1000 \text{ Вт/м}^2$, температура $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$).
- ККД (η) — відношення електричної потужності на виході до падаючої сонячної енергії. Вищий ККД означає меншу площу панелі для тієї ж потужності.
- Температурний коефіцієнт потужності — показує, на скільки відсотків знизиться потужність модуля при підвищенні температури на $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Чим менше абсолютне значення, тим краще.
- Вольт-амперна характеристика (I–V) — визначає точку максимальної потужності, форму I–V кривої важливо знати для оптимального підключення інвертора і MPPT.
- Механічна довговічність, деградація — модулі через 20–30 років мають зменшити вихідну потужність. Приклади: монокристалічні модулі можуть мати щорічну деградацію $\sim 0,5\text{--}1\%$ /рік.
- Параметри при розсіяній інсоляції та під кутом — особливо важливо для аграрних об'єктів, де сонячне освітлення може бути нестабільним чи модулі частково затінені.
- Габарити, вага, механічна міцність — впливають на конструкцію кріплення, навантаження на дах/опору, монтажні витрати.

2.1.3 Критерії вибору для фермерського господарства

При підборі модулів для фермерського господарства, такого як Фермерське господарство «Відродження ТГ», рекомендується враховувати такі ключові критерії:

1. Надійність і довговічність — аграрне виробництво має працювати часто без зупинок, тому модулі з хорошими гарантіями, низькою деградацією мають пріоритет.
2. Собівартість електроенергії (LCOE) — важливо, щоб капітальні витрати і витрати на експлуатацію забезпечували швидку окупність, особливо в умовах ризиків (енергопостачання, відключення тощо).
3. Стійкість до кліматичних умов — для Львівської області/України слід враховувати температурні перепади, зимовий і літній періоди, можливі затінення від будівель/дерев.
4. Поведінка при частковому затіненні — модулі та система повинні бути спроектовані так, щоб затінення мало мінімальний вплив (наприклад, застосування оптимізаторів або мікроінверторів).
5. Сумісність із системами зберігання енергії та системою мережевого підключення — модулі повинні бути розраховані так, щоб добре інтегруватися з інверторами, акумуляторами, мережею; бажано мати спокійний запас (наприклад, панелі з хорошою температурною стійкістю, механічною міцністю).
6. Простір монтажу — якщо площа обмежена, варто вибирати модулі з вищим ККД (наприклад, монокристалічні). Якщо площа є великою — можна розглядати менш дорогі полікристалічні.
7. Бюджет і економія — іноді більш важливе — не максимальний ККД, а оптимальне співвідношення ціна/потужність/площа; якщо площа є, то дешевші модулі можуть забезпечити вигідне рішення.

2.2 Типи та характеристики систем електропостачання на базі сучасних сонячних батарей

2.2.1 Класифікація енергетичних систем

1. Мережеві (grid-tied) системи
 - Сонячна генерація працює синхронно з мережею; надлишок віддається в мережу або купується з мережі при дефіциті.
 - Переваги: менш складна система зберігання, нижча капітальна вартість. Недоліки: при відключенні мережі PV зазвичай відключається (за вимогою безпеки) без додаткових засобів (автономний режим).
2. Автономні (off-grid) системи
 - Повна автономія від централізованої мережі, обов'язкове накопичення в акумуляторах.
 - Потребують ретельного розрахунку батарей, інверторів та резервних джерел (дизельний генератор) для забезпечення надійності.
3. Гібридні системи (hybrid / microgrid)
 - Комбінують PV, акумулятори, мережу та/або дизель-ГЕН; можуть працювати як в мережевому, так і в автономному режимах.
 - Оптимальні для фермерських господарств, які потребують резерву при відключеннях і бажають продавати надлишок енергії.

2.2.2 Основні компоненти системи та їх характеристики

- PV-масив — визначається встановленою потужністю (kW), орієнтацією, кутом нахилу.
- Інвертор(и)
 - Стрінгові інвертори — для середніх і великих установок; вимоги до вирівнювання струмів.

- Мікроінвертори / оптимізатори потужності — корисні при частковому затіненні; підвищують енерговіддачу на модульному рівні.
- Гібридні інвертори — інтегрують функції інвертора й зарядного контролера для АКБ.
 - Акумуляторні батареї
 - Lead-acid (AGM, GEL) — дешеві, велика маса, обмежена кількість циклів, висока саморозрядка.
 - Li-ion (LiFePO₄, NMC) — вища ціна, значно довший ресурс циклів, кращі характеристики по глибокому розряду і питанню пускових струмів.
 - Параметри: ємність (kWh), допустима глибина розряду (DoD), ККД циклу, довговічність (кількість циклів).
 - Системи управління та захисту
 - MPPT (Maximum Power Point Tracking) — контролери максимізації потужності.
 - Системи моніторингу (SCADA), зонування та автоматики перемикання.
 - Додаткові джерела — дизель-генератори, паливні елементи (для критичних резервів).

2.2.3 Конфігурації для аграрних задач

- Пікова підтримка насосних / зрошувальних систем — швидке підключення накопичувача для роботи насосів у пікові години.
- Холодильне обладнання — стабілізація напруги і частоти для холодильних камер.
- Освітлення і освітні системи (LED) — пріоритетне живлення від PV у денні години, від АКБ — у нічні.

2.3 Порівняння та аналіз систем електропостачання на базі сучасних сонячних батарей

Критерії порівняння

Для оцінки систем слід використовувати такі показники:

- Надійність (Availability) — ймовірність підтримки необхідної потужності.
- Економічна ефективність — капітальні витрати (CAPEX), експлуатаційні витрати (OPEX), рівень LCOE (вартість електроенергії за життєвий цикл).
- Енергетична автономність — кількість днів автономної роботи при відсутності сонячної радіації.
- Гнучкість та масштабованість — можливість нарощення потужності.
- Екологічний ефект — зниження викидів CO₂.
- Складність експлуатації й технічного обслуговування.

Аналіз трьох базових сценаріїв

1. Тільки мережеве (grid-tied without storage)
 - Плюси: найнижчі CAPEX, простота експлуатації. Мінуси: немає резерву при виведенні мережі; залежність від тарифів і обмежень оператора.
 - Доцільність: якщо мережа стабільна та є вигідні тарифи для продажу надлишку.
2. Автономне (off-grid with storage)
 - Плюси: повна незалежність, контроль над енергетичними потоками. Мінуси: велика частка CAPEX на АКБ, необхідність ретельного прогнозування навантаження.
 - Доцільність: віддалені господарства без надійної мережі чи під час частих вимкнень.
3. Гібридне (PV + АКБ + мережа + генератор)

○ Плюси: найвища надійність; можливість тарифної оптимізації та продажу енергії; резерв при аваріях. Мінуси: складніша система контролю, вищі CAPEX, потреба в складнішому проектуванні.

○ Доцільність для ФГ «Відродження ТГ»: рекомендований варіант, оскільки поєднує економічну вигоду з резервною надійністю в умовах воєнних ризиків та нестабільності мережі.

Прикладні економіко-технічні порівняння (підхід)

Для конкретного порівняння слід розробити модель LCOE та NPV для кожного варіанта, врахувати:

- інвестиції в PV, інвертори, АКБ;
- витрати на технічне обслуговування;
- витрати на паливо для ГЕН (якщо є);
- прибутки від продажу енергії (за наявності);
- час окупності та чутливість до зміни тарифів/ціни на акумулятори.

Висновок до розділу

Другий розділ розкрив сучасні типи фотоелектричних модулів, архітектури систем електропостачання на їх базі, провів їх порівняльний аналіз і запропонував шляхи техніко-економічної та алгоритмічної оптимізації. Для практичного впровадження на фермерському господарстві «Відродження ТГ» найбільш доцільною виглядає гібридна система з акумуляторним резервом, адаптивним управлінням та продуманою стратегією технічного обслуговування і експлуатації.

3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 3 ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ

3.1 Розрахунок параметрів модернізованої мережі електропостачання підприємства

3.1.1. Аналіз силового обладнання та електричних двигунів

У пташнику господарства уже є підібране обладнання тому будемо вважати, що проводити вибір силового обладнання та електродвигунів є недоцільним в курсовій роботі. Тому ми наведемо технічні характеристики обладнання в табличній формі.

Таблиця 3.1 - Перелік силового обладнання та їх технічні характеристики

№ п/п	Найменування та марка обладнання	Тип електродвигуна	Номінальна потужність P_n , кВт	Номінальний струм, I_n , А	K_i
1	Завантажувач курячого посліду ОВС-25	АИР 100 S4	3,0	6,0	6,0
2	Привід кормороздачі	АИР 100 S4	3,0	6,0	6,0
3	Вентилятор Ц4-70	АИР 71 А4	0,55	3,52	5
4	Привід збору яйця	АИР 71 А4	0,55	5,0	5
5	Привід збору помету	АИР 80 А6	0,75	4,0	5

3.1.2 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

Вибирають апарати за величиною напруги, родом і величиною струму, кліматичним виконанням, умовами захисту від впливу навколишнього середовища, його відносності технологічним вимогам та іншими показниками.

Для прикладу виберемо пуско-захисну апаратуру для завантажувача курячого посліду ОВС-25.

Дані електродвигуна наведені в таблиці 3.1.

Визначаємо пускові струми електродвигунів за формулою:

$$I_{\pi} = I_{\text{н}} \cdot K_i, \text{ A}; \quad (2.2)$$

де $I_{\text{н}}$ — номінальний струм електродвигуна, А;

K_i — кратність пускового струму.

$$I_{\pi} = 6,0 \cdot 6,0 = 36,0 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач QF1 за умовами :

$$U_{\text{а.н}} \geq U_{\text{мер}}, \text{ В};$$

$$I_{\text{р.н}} \geq I_{\text{н}}, \text{ А};$$

$$I_{\text{а.н}} \geq I_{\text{н}}, \text{ А}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВА51Г25-34 з номінальним струмом автоматичного вимикача 10 А і номінальним струмом розчіплювача 7 А.

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$7 \geq 6,0 \text{ А};$$

$$10 \geq 6,0 \text{ А}.$$

Визначаємо кількість поділок не спрацювання теплового розчіплювача за формулою :

$$n = \frac{I_{\text{н}}}{I_{\text{р.н}}} = \frac{6,0}{10} = 0,6. \quad (2.3)$$

Вибираємо електромагнітний пускач КМ1 за умовами:

$$U_{\text{п.н}} \geq U_{\text{мер}}, \text{ В};$$

$$I_{\text{р.н}} \geq I_{\text{н}}, \text{ А};$$

$$I_{\text{р.н}} \geq \frac{I_{\text{н}}}{6}, \text{ А}.$$

Вибираємо магнітний пускач марки ПМЛ-1220 з кнопками «Пуск» і «Стоп».

$$660 \geq 380, \text{В};$$

$$10 \geq 6,0, \text{А};$$

$$10 \geq 6,0, \text{А}.$$

Вибираємо електротеплове реле за умовами:

$$U_{p.n} \geq U_{мер}, \text{В};$$

$$I_{p.n} \geq I_n, \text{А};$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв}, \text{А}.$$

Даним умовам відповідає електротеплове реле «АскоУкрЕМ» РТ1332($I_n = 6 \dots 10 \text{ А}$).

Аналогічно проводимо вибір пуско-захисної апаратури для інших двигунів та заносимо їх у таблицю 3.2. У таблиці вказано вид і марку електроспоживача та його параметри, а також вид та параметри пуско-захисного обладнання.

Таблиця 3.2 - Перелік пуско-захисного обладнання

Марки електродвиг унів	P_n , кВт	I_n , А	Марки електромагніт них пускатів	I_n , А	Марки автоматичних вимикачів	$I_{н.а.}$, А	$I_{н.р.}$, А
АИР 100 S4	3,0	6,0	ПМЛ-1220	10	ВА51Г25-34	10	6,0
АИР 100 S4	3,0	6,0	ПМЛ-1220	10	ВА51Г25-34	10	6,0
АИР 71 А4	0,55	3,52	ПМЛ-1230	10	ВА51-25-34	10	6,0
АИР 71 А4	0,55	5,0	ПМЛ-1230	10	ВА51-25-34	10	6,0
АИР 80 А6	0,75	4,0	ПМЛ-1230	10	ВА51-25-34	10	6,0

3.1.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

У сільськогосподарських установках здебільшого використовують проводи і кабелі з алюмінієвими жилами перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ і вище. При цьому, як правило, потрібно застосовувати такі види електропроводок, які не потребують сталених труб. Вся електропроводка силової мережі буде прокладена у сталених трубах, щоб уникнути механічних пошкоджень ізоляції і жил провідників.

Площу перерізу жил провідників або кабеля в кожному випадку вибираємо так, щоб тривало допустимий для нього за нагрівом струм навантаження $I_{\text{доп}}$ був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола $I_{\text{макс.р}}$, тобто

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}$$

Максимальний робочий струм магістралі, від якої живиться кілька електроприймачів, визначають за формулою:

$$I_{\text{макс.р}} = K_0 \sum_{1}^n I_{\text{ном}}$$

Вибраний за нагрівом провід або кабель необхідно перевірити на відповідність його перерізу апарату захисту за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3$$

де K_3 - кратність допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму спрацювання захисного апарату, $K_3 = 1$;

I_3 - сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату.

Для прикладу вибираємо кабель, який буде жити вентилятор Ц4-70, від мережі марки ППВ 3х1з $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$.

$$I_{\text{дод.}}^2 = 1 \cdot 3,52 = 3,52 \text{ А};$$

$$I_{\text{дод.}}^2 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ А};$$

$$10 \text{ A} > 3,52 \text{ A}.$$

Аналогічно вибираємо інші кабелі і заносимо в таблицю 3.3

План з нанесення силової проводки зображений на рисунку 3.2.

Таблиця 3.3 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п\п	Найменування обл.	$I_{\text{ном}}, \text{A}$	Марка провода кабеля	$I_{\text{доп}}, \text{A}$
1	Завантажувач курячого посліду ОВС-25	6,0	ППВ 3х1	10
2	Привід кормороздачі	6,0	ППВ 3х1	10
3	Вентилятор Ц4-70	3,52	ППВ 3х0,75	6
4	Привід збору яйця	5,0	ППВ 3х0,75	6
5	Привід збору помету	4,0	ППВ 3х0,75	6

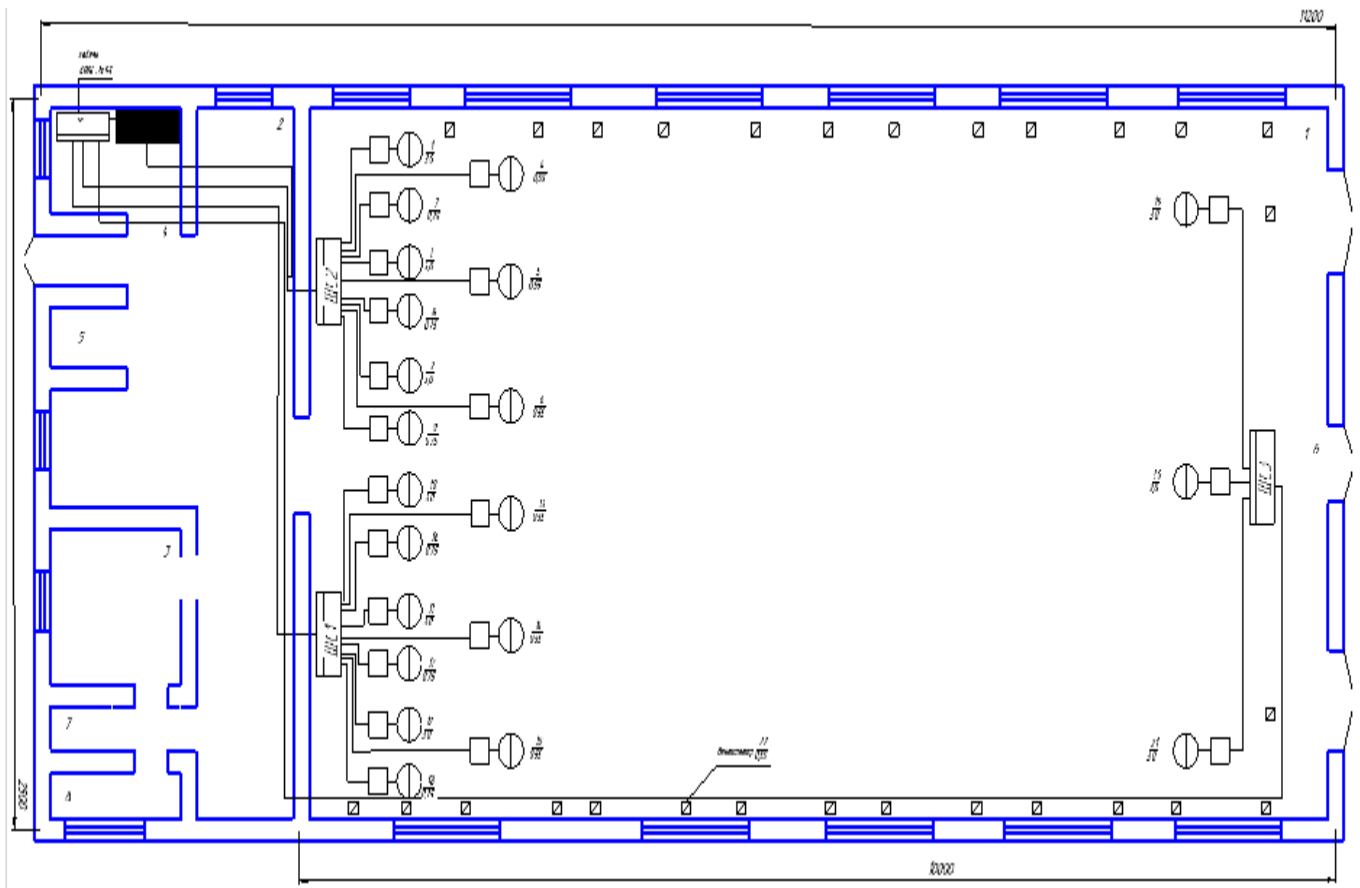


Рисунок 3.2 План пташника з нанесенням силової проводки: 1,2,3,10,11,12,19,20,21-привід кормороздачі; 4,5,6,13,14,15-привід

збору яйця; 7,8,9,16,17,18-привід збору помету; 22-привід вентилятора Ц4-70.

3.2 Шляхи оптимізації системи

Оптимізація систем електропостачання з використанням сонячних батарей передбачає комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності роботи системи, зменшення втрат енергії, збільшення терміну служби обладнання та досягнення максимальної матеріальної вигоди для споживача. Для фермерського господарства «Відродження ТГ» основною метою оптимізації є зниження собівартості електроенергії, скорочення витрат на мережеве живлення та підвищення енергетичної незалежності.

3.2.1 Оптимізація конструктивно-енергетичних рішень

1. Вибір оптимального співвідношення потужності фотоелектричної системи, акумуляторів і інвертора. Визначення раціональної конфігурації системи PV–Battery–Inverter є ключовим для забезпечення балансу між вартістю обладнання та його ефективністю. Надлишкова потужність панелей без відповідного обсягу акумуляторів призводить до втрат генерації, тоді як надлишкова ємність батарей збільшує вартість системи без істотного приросту вигоди. Для системи 8 кВт оптимальним є запас акумуляторів на 10–12 кВт·год, що дозволяє ефективно використовувати вироблену енергію у вечірній час.
2. Правильна орієнтація та кут нахилу панелей. Для більшості регіонів України, зокрема Львівської області, оптимальний кут нахилу становить 35–40° до горизонту, орієнтація — південь (азимут 180°). При такому розташуванні система забезпечує максимальний річний виробіток і мінімізує сезонні коливання.
3. Використання мікроінверторів або оптимізаторів потужності. У випадку часткового затінення або нерівномірного забруднення модулів

такі пристрої дають змогу підвищити ефективність генерації на 5–10%. Це особливо актуально для господарств, де панелі можуть встановлюватися на дахах споруд або поблизу дерев.

4. Тепловий менеджмент. Перегрів панелей знижує їх ефективність на 10–15%. Забезпечення природної вентиляції за допомогою проміжків між поверхнею даху та панелями дозволяє уникнути зниження ККД у спекотний період.

3.2.2 Оптимізація управління енергетичними потоками

1. Застосування MPPT-контролерів з високим ККД. Використання сучасних алгоритмів відстеження точки максимальної потужності (MPPT) дозволяє збільшити виробіток енергії до 20% у порівнянні зі звичайними контролерами.

2. Інтелектуальне управління зарядом акумуляторів (BMS). Оптимізація режимів заряду та розряду батарей дозволяє подовжити їхній термін служби в 1,5–2 рази, зменшуючи глибину розряду до 70–80% і підтримуючи баланс елементів.

3. Пріоритет споживачів. Система має віддавати перевагу живленню критичних об'єктів — холодильних установок, насосів, систем безпеки, — а некритичні навантаження можуть бути відключені або перенесені на періоди активної генерації. Це дозволяє уникати розряду батарей у пікові години та зменшує споживання з мережі.

4. Автоматизоване планування споживання (Smart Scheduling). Впровадження простих систем керування, що враховують прогноз погоди та рівень інсоляції, дозволяє запускати енергоємні процеси (наприклад, полив чи сушіння) у години максимальної генерації, тим самим підвищуючи власне споживання сонячної енергії до 90%.

3.2.3. Економічна оптимізація — досягнення максимальної матеріальної вигоди

Для фермерського господарства економічна ефективність є визначальним фактором. Основна мета — мінімізація витрат на електроенергію та отримання прибутку від експлуатації системи.

1. Максимізація власного споживання.

Власне використання всієї згенерованої енергії дає змогу уникнути закупівлі електроенергії з мережі за високими тарифами ($\approx 5,5$ грн/кВт·год).

Якщо ферма споживає більшість виробленої енергії, економія сягає до 40–45 тис. грн/рік.

2. Використання системи двонаправленого обліку (Net Metering).

У разі підключення до мережі можна продавати надлишкову енергію за «зеленим тарифом» або отримувати компенсацію у вигляді зменшення спожитих кВт·год. Це дозволяє додатково скоротити строк окупності до 5–6 років.

3. Оптимізація графіка навантаження.

Перенесення енергомістких процесів (насосів, сушіння, зарядки техніки) на денний час, коли працюють сонячні батареї, зменшує витрати на електроенергію на 10–15% без додаткових інвестицій.

4. Вибір економічно доцільного типу акумуляторів.

Для зменшення початкових витрат можна застосувати гібридну конфігурацію — частину енергії зберігати в літєвих батареях (довговічних), а частину — у дешевших гелевих (для непостійного резерву). Це дає змогу знизити вартість системи на 15–20%.

5. Використання державних або грантових програм підтримки ВДЕ.

У 2025 році діють програми фінансування енергоефективних проєктів для агросектору. Участь у таких програмах може зменшити капітальні витрати на 25–30%, що різко підвищує матеріальну вигоду.

3.2.4. Технічні заходи та підвищення надійності

1. Регулярне технічне обслуговування. Очищення панелей від пилу та бруду підвищує генерацію на 3–5%, а своєчасна заміна запобіжників і перевірка контактів зменшує втрати.
2. Встановлення системи моніторингу. Постійний контроль параметрів (напряження, струму, температури) через мобільний додаток або ПК дозволяє виявляти несправності й швидко реагувати на них.
3. Модульна структура системи. Застосування модульного принципу дозволяє легко масштабувати систему при зростанні потреб господарства без необхідності заміни всієї інфраструктури.

3.2.5. Рекомендації для фермерського господарства

- Реалізувати гібридну схему роботи — з можливістю автономного живлення при відключенні мережі.
- Використати акумулятори LiFePO_4 , які мають високий ресурс (до 6000 циклів) і низькі експлуатаційні витрати.
- Встановити систему прогнозування інсоляції, яка автоматично оптимізує режим зарядки батарей.
- Розробити енергетичну політику підприємства, що передбачає облік енергії по підрозділах, визначення пікових споживачів і мотивацію до енергоощадності.
- У випадку збільшення виробництва — передбачити можливість підключення додаткових 4–6 кВт сонячних панелей для подальшої економічної вигоди.

Оптимізація системи електропостачання на базі сонячних батарей для фермерського господарства «Відродження ТГ» дозволяє досягти максимальної матеріальної вигоди шляхом ефективного поєднання технічних, енергетичних і фінансових рішень.

Завдяки раціональному вибору компонентів, управлінню енергопотоками та плануванню споживання господарство може скоротити витрати на електроенергію до 70–80%, підвищити стабільність роботи та отримати повну енергетичну незалежність у кризових умовах.

3.3 Розрахунок сонячних батарей (система 8 кВт)

Вихідні дані:

1. Номінальна потужність PV-системи: $PPV,STC=8,0 \text{ kWp}$ (8 кВтр, "пік" по STC).
2. Вибираємо сучасні монокристалічні модулі потужністю $P_{mod}=400 \text{ W}$ (типовий промисловий модуль).
3. Середньорічна питома генерація (інсоляція) для регіону Львова беремо як $Y_{spec}=1100 \text{ kWh/kWp}\cdot\text{рік}$
4. Перформанс-коефіцієнт системи (Performance Ratio) беремо консервативно $PR=0,85$ (втрати на температурний спад, затемнення, монтаж, перетворення і т.д.).
5. Ефективність інвертора беремо $\eta=0,975$ (97,5%).
6. Модульні електричні дані (типові для 400 W модулю, приблизно):
 - $V_{mp}=36,0 \text{ V}$ (напруга при максимумі потужності),
 - $I_{mp}=11,11 \text{ A}$ (струм при максимумі потужності).

Кількість модулів і площа

Кількість модулів N_{mod} знаходимо як:

$$N_{mod} = \frac{P_{PV,STC}}{P_{mod}}$$

Підставляємо:

$$N_{mod} = \frac{8,0 \text{ kW}}{0,400 \text{ kW}} = \frac{8000 \text{ W}}{400 \text{ W}}.$$

Обчислення цифра за цифрою:

- $8000 \div 400 = 20$.
Отже $N_{mod} = 20$ модулів.

Площа модулів. Припустимо площа одного модуля $\sim 1,7 \text{ м}^2$ (типове значення для 400 W).

$$A_{total} = N_{mod} \cdot 1,7 = 20 \cdot 1,7 = 34,0 \text{ м}^2.$$

Отже для 8 кВт потрібно ~ 20 модулів і приблизно 34 м^2 площі.

Очікувана річна генерація (виробіток)

Груба (теоретична) генерація без урахування втрат:

$$E_{gross} = P_{PV,STC} \cdot Y_{spec} = 8,0 \text{ kW} \cdot 1100 \frac{\text{kWh}}{\text{kW} \cdot \text{рік}}.$$

Обчислення:

- $8,0 \times 1100 = 8800 \text{ kWh/рік}$

Тепер враховуємо коефіцієнт перформансу при $PR = 0,85$

$$E_{net} = E_{gross} \cdot PR = 8800 \cdot 0,85.$$

Обчислення:

$$8800 \times 0,85 = 7480 \text{ kWh/рік.}$$

Якщо врахувати додаткову ефективність інвертора $\eta=0,975$, можна уточнити так (альтернативний запис, але PR вже включає частково інверторні втрати — щоб не рахувати двічі, наведу оцінку з інвертором окремо для прозорості):

Розглянемо розподіл втрат:

- втрати на температурний коефіцієнт, затемнення, soiling, mismatch тощо — разом дають $\sim 12\text{--}15\%$ (ми заклали $PR=0,85$);
- інверторні втрати $\sim 2,5\%$ — якщо хочеш, PR можна підняти на відповідну величину; але у наших підрахунках $PR=0,85$ — достатньо консервативно і включає всі основні втрати.

Отже приймаємо $E_{\text{net}} \approx 7\,480 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$, що дає середньодобовий виробіток:

$$E_{\text{day}} = \frac{7480}{365} \approx 20,49 \text{ kWh/день.}$$

Конфігурація рядків (стрингів) і вибір інвертора / MPPT

Серійне/паралельне з'єднання

Обрали 20 модулів. Рекомендуємо зробити 2 стринги по 10 модулів кожний (тобто 10 у серію $\times$ 2 паралельно). Пояснення:

- Напруга одномодульна $V = 36,0 \text{ V}$.
- Напруга стринга $V = 36,0 \times 10 = 360,0 \text{ V}$
- Струм стринга $I = 11,11 \text{ A}$.
- Два паралельних стринги дають сумарний струм на DC вході $I = 11,11 \times 2 = 22,22 \text{ A}$.

Це добре вкладається в типовий MPPT-діапазон інвертора (наприклад 200–800 V), та сумарний струм невеликий — просте і надійне рішення.

Підібраний інвертор

Для 8 кВт PV вибір стандартний:

- Варіант 1 (рекомендований): один трифазний інвертор номіналом 8 кВт (наприклад, 8 kW, інвертор із двома MPPT-портами). Цей варіант дозволяє підключити два стринги (по одному на кожен MPPT) або по одному MPPT на стринг.
- Варіант 2: два однофазні інвертори по 4 кВт — якщо мережа однопровідна або для спрощення монтажу, але для ферми краще трифазний для рівномірного навантаження по фазах.

Перевірка сумісності DC:

- DC потужність при STC: $P = 20 \times 400 = 8000 \text{ W}$.
- DC струм на вході: $I = 22,22 \text{ A}$.
- DC напруга у робочому максимумі $\sim 360 \text{ V}$ — у межах MPPT інвертора з діапазоном від ~ 200 до $\sim 800 \text{ V}$.

Перевірка AC струму (трифаз):

Якщо інвертор 8 кВт віддає 8 кВт на AC при напрузі лінія/лінія 400 В (європейська 3-фазна система), лінійний струм:

$$I_{line} = \frac{P_{AC}}{\sqrt{3} \cdot U_{LL}} = \frac{8000}{1,732 \cdot 400}.$$

Обчислення:

- $1,732 \times 400 = 692,8$.
- $8000 \div 692,8 \approx 11,55 \text{ A}$

Отже $\sim 11,55 \text{ A}$ на фазу — це невеликий струм, і для кабелю 4 mm^2 цілком прийнятно (але враховуємо довжини і падіння напруги — див. далі).

Акумулятор

Хоча даний підрозділ 3.2 сфокусований на PV та інверторі, корисно розглянути питання батареї, якщо система буде гібридною.

Припустимо, що потрібно забезпечити автономність 1 доба при середньому добовому споживанні $\sim 20,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$:

- Потрібна корисна ємність $E_{use} = 20,5 \text{ kWh}$

- Якщо вибираємо LiFePO₄ з допустимим DoD = 0,8 (80%) і запасом 10% для втрат системи:

$$E_{bat,nom} = \frac{E_{use}}{DoD} = \frac{20,5}{0,8} = 25,625 \text{ kWh.}$$

Округлимо до 26 кВт·год номінальної ємності.

- Втрата на інвертор/контролер/параметри циклів ~10%, тому на практиці можна брати ~28–30 кВт·год якщо бажаєш запас.

Кабелі, захист і комутація — вибір перерізів і апаратури

DC-сторона (стринги → інвертор)

- Струм стринга $I = 11,11 \text{ A}$. Два паралельних стринга дають ~22,22 A.
- Для DC проводки до інвертора (короткі відстані, наприклад $\leq 30 \text{ м}$) рекомендований перетин: 6 мм² Cu (щоб мати запас по нагріву та падінню напруги). Це забезпечує безпечний струмовий запас і невелике падіння напруги.

AC-сторона (інвертор → щит)

- Розраховали струм на фазу $\approx 11,55 \text{ A}$. Для лінійних відстаней та урахуванням можливих навантажень рекомендований перетин 4 мм² Cu для трьохфазного кабелю (якщо довжини великі, перевіряти падіння напруги; при великих відстанях — 6 мм²).
- Захист: автоматичні вимикачі на DC-стрингах (DC-переривники), запобіжники струмів з короткого замикання, АВ на стороні AC з відключенням по фазам, УЗО для захисту людського фактору (за потреби).

Обладнання захисту і автоматики

- DC-ізолятори (по одному на кожному стрингу).
- Модулі захисту від перенапруг (SPD) — на DC та AC сторонах.
- Заземлення (PE) і система блискавкозахисту.
- Система моніторингу — інвертор з вбудованим моніторингом або окремий контролер/SCADA.
- MPPT-контролери — якщо застосовуємо мікроінвертори/оптимізатори — ставимо їх на кожен модуль або групу.

Перелік матеріалів— орієнтовно

1. Сонячні модулі 400 W — 20 шт.
2. Інвертор трифазний 8 kW з 2 MPPT — 1 шт.
3. Клеми та DC-ізолятори — 2 шт. (по стрингу)
4. DC-перетворювачі / оптимізатори — опціонально (якщо часткове затемнення) — 20 шт. (по модулю) або пропорційно.
5. Кабель PV DC 6 мм² — залежить від довжини (прибл. 40–60 м запасу).
6. Кабель AC 3×4 мм² + (прибл. 30–50 м) — підвід до щита.
7. АВ (AC-side), DC-переривники, SPD — по 1 комплекту.
8. Конструкція кріплення (рама) для ~34 м² — залежить від типу даху/землі.
9. Земельні роботи/монтажні роботи, наземні опори або кріплення на даху.
10. Система моніторингу (модуль/платформа).

(Кількості кабелів і довжини уточнюються на місці в залежності від розташування масиву відносно щита.)

Оцінка втрат і чутливість результатів

Основні джерела втрат:

- Температура модулів (коефіцієнт потужності): 4–6% (літо).
- Пил/soiling: 2–4% (залежно від частоти чищення).
- Mismatch/дефекти: 1–2%.
- ККД інвертора: 2–3% (ми взяли 2,5%).
- Кабельні та комутаційні втрати: 1–2%.

Ми консолідовано взяли $PR = 0,85$, що відповідає сумарним втратам близько 15% — це консервативна оцінка для земельної або дахової системи з регулярним обслуговуванням.

Чутливість до питомої генерації (Y_{spec}): якщо справжній Y_{spec} для Львова 1000 kWh/kW, тоді:

$$E_{gross} = 8 \cdot 1000 = 8000 \text{ кВт·год,}$$

$$E_{net} = 8000 \cdot 0,85 = 6800 \text{ кВт·год/рік.}$$

Тобто зміна $Y_{\text{спес}}$ на 100 кВт·год/кВт змінює річну генерацію приблизно на $8 \cdot 100 = 800$ кВт·год.

Практичні рекомендації по встановленню

1. Орієнтація модулів — строго на південь для максимальної річної генерації; можливо невеликий коригувальний азимут $\pm 10^\circ$ залежно від місцевих обмежень. Кут нахилу — для Львова орієнтовно $30\text{--}35^\circ$ (компроміс між зимовою і літньою інсоляцією).
2. Відстань між рядами — при наземному монтажі забезпечити відстань, щоб уникнути затінення у зимовий період (розрахункова геометрія залежить від кута сонця).
3. Очищення і обслуговування — регулярне чищення мінімум 2–4 рази на рік або за потребою; контроль з'єднань і стану BMS.
4. Моніторинг — встановити систему моніторингу генерації та помилок інвертора для швидкого реагування.

Висновки по підрозділу

- Для системи 8 кВт обрані 20 модулів по 400 W — площа ~ 34 м².
- Очікувана річна генерація при $Y_{\text{спес}} = 1100$ kWh/kW і $PR = 0,85$: ~ 7480 кВт·год/рік ($\sim 20,5$ кВт·год/день).
- Рекомендований інвертор — трифазний 8 кВт з двома MPPT (по одному на кожний стринг по 10 модулів).
- Кабель DC: 6 мм² (стринги), AC: 4 мм² (трифазний підвід) — з урахуванням довжин перевіряти падіння напруги.
- Якщо буде інтеграція акумулятора — для 1 доби автономності потрібна батарея номінально ~ 26 кВт·год (LiFePO₄) з урахуванням DoD 80% (орієнтир).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Система управління охороною праці (СУОП) – це сукупність органів управління підприємством, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність щодо здійснення завдань і функцій управління з метою забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці. Створення цієї системи здійснюється шляхом послідовного визначення мети і об'єкта управління, завдання і заходів щодо охорони праці, функцій і методів управління, побудови організаційної структури управління, складання нормативно-методичної документації. Головна мета управління охороною праці є створення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці, покращення виробничого побуту, запобігання травматизму і профзахворюванням.

Заходи для забезпечення створення СУОП:

- розробити і затвердити на підприємстві положення про організацію управління охорони праці;
- щорічно оформляти наказ про призначення осіб відповідальних за стан охорони праці в галузях і на ділянках, а також безпечне використання об'єктів підвищеної небезпеки (котлів і посудин, що працюють під тиском, експлуатація вантажопідійомних машин, газового господарства, пестицидів);
- оформлення наказу про визначення персональних обов'язків з охорони праці усіх спеціалізацій, керівників ділянок та інших службових осіб;
- щорічне проведення паспортизації умов праці, технічних засобів безпеки і технічного стану робочих місць;
- складання планів роботи з охорони праці, комплексне, річне і оперативне планування;

- організація заходів матеріально і морального стимулювання щодо охорони праці;
- впровадження державних, галузевих стандартів, а також розроблення на їх основі стандартів підприємства;
- проведення розслідування і вивчення причин травм, пожеж їх аналіз і облік, а також розробка заходів щодо їх застосування;
- вивчення узагальнення, впровадження передового досвіду з охорони праці;
- організація аудиту охорони праці, лабораторні дослідження умов праці, оцінку технічного стану виробничого плану, атестація робочих місць.

Суб'єктом управління в СУОП на підприємстві в цілому є керівник, а в цехах, на виробничих дільницях і в службах – керівники відповідних структурних підрозділів і служб. Організаційно - методичну роботу по управлінню охороною праці, підготовку управлінських рішень і контроль за їх своєчасною реалізацією здійснює служба охорони праці підприємства, що підпорядкована безпосередньо керівнику підприємства. Суб'єкт управління аналізує інформацію про стан охорони праці на структурних підрозділах підприємства та приймає рішення спрямовані на проведення фактичних показників охорони праці у відповідність з нормами. Об'єктом управління СУОП є діяльність структурних підрозділів та служб підприємства по забезпеченню безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, виробничих дільницях, цехах та підприємства в цілому.

Згідно Закону України „Про охорону праці” фінансування охорони праці здійснюється власником підприємства. Працівник не несе ніяких витрат на заходи щодо охорони праці. У господарстві створенні фонди охорони праці відповідно до Положення про державний, галузеві, регіональні фонди охорони праці та фонди охорони праці.

Власники підприємства визначає порядок управління фондами підприємства, призначає відповідальних за це осіб. Кошти фондів підприємства використовуються на виконання комплексних заходів, що забезпечують досягнення встановлених нормативів з охорони праці, а також

на подальше підвищення рівня охороною праці на виробництві відповідно до визначеного переліку.

Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах, що виділяються окремим рядком. Фінансування заходів по охороні праці здійснюється у відповідності нормам і зображено у таблиці 4. 1.

Таблиця 4. 1 - Фінансування заходів з охорони праці

Показники	Рік	
	2024	2025
Загальні витрати по господарству, грн.:	1922	2150
- на ЗІЗ	620	755
- на лікувально-профілактичне оздоровлення	1302	1495

Виходячи з даних таблиці 4.1 можна зробити висновок, що фінансування охорони праці за останні роки збільшується на 15%, це пов'язано із збільшенням реалізованої продукції, оскільки щорічно від суми реалізованої продукції господарство виділяє 0,8% коштів на фінансування заходів з охорони праці. Отже, згідно чинного законодавства ця сума не повинна бути меншою 0,5%.

Аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму. Для аналізу виробничого травматизму застосовують такі основні методи: статистичний, топографічний, монографічний, економічний, метод анкетування, метод експертних оцінок.

На основі даних показників визначають динаміку виробничого травматизму, професійної та загальної захворюваності за відповідний період, яка дозволяє оцінити стан охорони праці на підприємстві, правильність обраних напрямків щодо забезпечення здорових та безпечних умов праці.

Таблиця 4. 2 - Аналіз умов праці та травматизму

Показники	2023	2024	2025
Середньомісячна кількість працівників, чол	324	335	352
Число потерпілих з втратою працездатності, чол	2	1	1
Число потерпілих з смертельним наслідком, чол	-	-	-
Кількість днів непрацездатності, днів	80	40	35
Показник частоти травматизму	6,17	2,99	2,84
Показник важкості травматизму	40	40	35
Показник непрацездатності	246,9	119,4	99,43

У господарстві на відповідному рівні організовані всі виробничі процеси та побут працівників для підвищення продуктивності праці. Для безпечної роботи персоналу з працівниками проводяться інструктажі по охороні праці. На кожному об'єкті та на робочих місцях розміщено інструктажі з вимогами техніки безпеки.

Для профілактики виробничого травматизму у господарстві впроваджують нові технології які сприяють охороні праці. На відповідних об'єктах впроваджують автоматичні блокуючі пристрої, створюють місцеву вентиляцію і систему кондиціонування повітря, освітлення окремих робочих місць на даний момент перебуває у належному стані, за рахунок модернізації освітлювального обладнання. Аналіз стану виробничого травматизму проводиться щорічно і за остання три роки наведені у таблиці 5.2.

4.2 Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці

Розрізняють такі основні заходи щодо покращення стану охорони праці у господарстві:

- обладнати кабінет з охорони праці, з метою ефективного навчання персоналу, встановити необхідні плакати, стенди;
- удосконалення нормативної бази з питань охорони праці;
 - укомплектування щитів пожежної безпеки ящиками з піском і необхідним інвентарем;
- встановлення відсутності освітлювальних приладів, покращення освітленості робочих мість;
- відновлення заземлення корпусів та відновити пошкоджену ізоляцію струмоведучих частин електроустановок;
- забезпечення працівників ЗІЗ ;
- покращити природу і при необхідності створити штучну вентиляцію;
- професійний добір працівників з окремих професій;
- провести паспортизацію та атестацію необхідних робочих місць.

4.3 Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України „Про пожежну безпеку”, та інші закони, постанови, укази.

Попередження розповсюдження пожеж, в основному забезпечується пожежною безпекою будівель і споруд і забезпечується; правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівель та споруд, розташування приміщень з урахуванням вимог пожежної безпеки, встановлення протипожежних перешкод, проектування шляхів евакуації. Згідно діючого законодавства відповідальність за утримання промислового підприємства у належному протипожежному стані покладається безпосередньо на керівника підприємства.

Власником розробленні комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, розробленні та затвердженні положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють в межах підприємства, здійснює постійний

контроль за їх додержанням, забезпечено додержання протипожежних вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду, утримання в справному стані засобів протипожежного захисту, пожежну безпеку, обладнання та інвентар.

Для запобігання пожежам на складах нафтопродуктів останні зберігають у спеціально обладнаних резервуарах, які встановлені на фундаментах. Усі заправні ємності заземлені, а вся територія нафтоскладу обнесена земляним валом.

4.4 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та

підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Зовнішні загрози безпосередньо пов'язані з безпекою життєдіяльності населення і держави у разі розв'язання сучасної війни або локальних збройних конфліктів, виникнення глобальних техногенних екологічних катастроф за межами України, які можуть спричинити негативний вплив на населення та територію держави.

Внутрішні загрози пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру або можуть бути спровоковані терористичними діями.

Принципи захисту впливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки .

5 ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

5.1 Дослідження режимів роботи

Після виконання розрахунків сонячної енергетичної установки потужністю 8 кВт проведено аналіз її роботи у складі силової електромережі фермерського господарства «Відродження ТГ». Основною метою дослідження є оцінка ефективності роботи системи за різних режимів навантаження, інтенсивності сонячного випромінювання та добових коливань енергоспоживання.

Вихідні дані для аналізу режимів роботи

Для розрахунку було прийнято такі основні параметри системи:

- Тип фотомодулів: монокристалічні LONGi LR5-54HPH-405M;
- Кількість модулів: 20 шт;
- Номінальна потужність СЕС: 8,1 кВт;
- Інвертор: Huawei SUN2000-8KTL-M1, потужність 8 кВт;
- Ємність акумуляторної батареї: 10 кВт·год (LiFePO₄, напруга 48 В, ємність 200 А·год);
- Річна середня інсоляція для регіону Львівської області: 1100–1200 кВт·год/м² на рік;
- Коефіцієнт продуктивності системи (PR): 0,8.

За цих умов річний виробіток електроенергії системою становить:

$$E_{\text{річн}} = P_{\text{ном}} \times H_{\text{річн}} \times PR$$

$$E_{\text{річн}} = 8 \times 1200 \times 0.8 = 7680 \text{ кВт год/рік}$$

Таким чином, фотоелектрична установка може виробляти близько 7,6–7,8 МВт·год на рік, що дозволяє суттєво покрити частину енергоспоживання господарства.

Режими роботи сонячної системи

Робота системи з сонячними батареями може здійснюватися у трьох основних режимах:

Денний режим (активна генерація)

У період з 9:00 до 17:00 сонячна установка виробляє найбільшу кількість електроенергії.

- Приклад: у літній період середня потужність генерації становить 5–6 кВт.
- Ця енергія спочатку подається на власні споживачі фермерського господарства (насоси, холодильні установки, освітлення тощо).
- Надлишок енергії (до 3 кВт) спрямовується на заряд акумуляторних батарей.
- Якщо акумулятори повністю заряджені, енергія може бути подана в локальну мережу (в разі гібридної схеми).

Вечірній режим (споживання з акумуляторів)

Після заходу сонця інвертор автоматично переходить у режим розряду батарей.

- Акумулятори потужністю 10 кВт·год забезпечують автономну роботу системи протягом 3–4 годин при середньому навантаженні 2–2,5 кВт.
- У разі перевищення навантаження енергія додатково споживається з мережі.

Режим недостатнього сонячного випромінювання (хмарні дні, зима)

У цей період генерація може зменшуватись до 10–30% від номіналу (1–2 кВт).

Основна частина споживання покривається від мережі, але акумулятори можуть підтримувати роботу критичних навантажень — систем охолодження, сигналізації, вентиляції тощо.

5.2 Аналіз енергетичного балансу господарства

Фермерське господарство «Відродження ТГ» має середньодобове споживання електроенергії близько 25–30 кВт·год, яке включає роботу:

- насосів системи зрошення — 8 кВт;
- холодильних установок — 5 кВт;
- освітлення — 2 кВт; вентиляції та побутових споживачів — 1–2 кВт.

Середня денна генерація від СЕС у літній період складає:

$$E_{\text{день}} = P_{\text{ном}} \times t_{\text{еф}} = 8 \times 5 = 40 \text{ кВт год/день}$$

де $t_{\text{еф}}$ — ефективна тривалість генерації (5 год/день).

Таким чином, у літній період СЕС повністю покриває потреби фермерського господарства і дозволяє створювати запас енергії в акумуляторах.

У міжсезоння (весна, осінь) покриття складає 60–70%, а взимку — близько 25–30%.

5.3 Економічний ефект від використання сонячної енергії

Вартість електроенергії для підприємств становить у середньому 5,5 грн/кВт·год.

Річна економія:

$$E_{\text{ек}} = E_{\text{річн}} \times 5,5 = 7680 \times 5,5 = 42\,240 \text{ грн/рік}$$

При орієнтовній вартості системи 250 000 грн (панелі, інвертор, монтаж, акумулятори), строк окупності становить близько 6 років, після чого система починає приносити чисту економію.

Крім того, система підвищує енергетичну незалежність господарства, зменшує навантаження на основну мережу та забезпечує резервне живлення в умовах аварій або відключень.

5.4 Аналіз режимів роботи з точки зору оптимізації

Проведене дослідження дозволяє визначити такі можливості оптимізації:

1. Застосування системи енергоменеджменту (EMS) для балансування потоків енергії між мережею, сонячною установкою та акумуляторами.
2. Використання інтелектуальних контролерів заряду, що дозволяють автоматично коригувати режим заряду/розряду АКБ залежно від прогнозу погоди.
3. Перенесення частини навантаження (наприклад, насосів) на денний час, коли доступна генерація СЕС.
4. Встановлення додаткового акумуляторного модуля (збільшення ємності до 15–20 кВт·год) для покриття вечірніх і нічних пікових навантажень.
5. Підключення дизельного генератора у складі гібридної системи як резервного джерела на випадок аварійного відключення мережі.

Загальні висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що впровадження сонячної електростанції потужністю 8 кВт дозволяє забезпечити до 75–80% річної потреби фермерського господарства «Відродження ТГ» в електроенергії.

Оптимізація системи електропостачання на базі сонячних батарей для фермерського господарства дозволяє досягти максимальної матеріальної вигоди шляхом ефективного поєднання технічних, енергетичних і фінансових рішень.

Для системи 8 кВт обрані 20 модулів по 400 W — площа $\sim 34 \text{ м}^2$.

Очікувана річна генерація при $Y_{\text{spec}}=1100 \text{ kWh/kW}$ і $PR=0,85$: $\sim 7480 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$ ($\sim 20,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/день}$).

Рекомендований інвертор — трифазний 8 кВт з двома MPPT (по одному на кожний стринг по 10 модулів).

Кабель DC: 6 мм^2 (стринги), AC: 4 мм^2 (трифазний підвід) — з урахуванням довжин перевіряти падіння напруги.

Якщо буде інтеграція акумулятора — для 1 доби автономності потрібна батарея номінально $\sim 26 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ (LiFePO_4) з урахуванням DoD 80% (орієнтир).

Завдяки раціональному вибору компонентів, управлінню енергопотоками та плануванню споживання господарство може скоротити витрати на електроенергію до 70–80%, підвищити стабільність роботи та отримати повну енергетичну незалежність у кризових умовах.

Система є ефективною, надійною та економічно виправданою, забезпечує можливість автономної роботи при відключенні основної мережі та сприяє зниженню експлуатаційних витрат підприємства.

