

Форма № Н-9.02

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розроблення та аналіз ефективності впровадження  
фотоелектричної станції для альтернативного живлення корпусу 7  
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка»

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

В'юн В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Кислиця С.Г.

(прізвище та ініціали)


Полтава - 2024 рік

2

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки  
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматки,  
електроніки та телекомунікацій

  
Олександр ШЕФЕР  
“ 02 ” 09 2024 року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

В'юн Володимир Валентинович

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення та аналіз ефективності впровадження фото-електричної станції для альтернативного живлення корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
керівник проєкту (роботи) Трет'як Андрій Валерійович, к.т.н.  
затверджена наказом вищого навчального закладу від “09” серпня 2024 року  
№ 818-ф.а
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 19.12.2024 року.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Технічний звіт з обстеження корпусу 7, Обмірювальні креслення покрівлі корпусу 7, Розподільча електроschema внутрішніх електромереж будівлі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів забезпечення альтернативним електроживленням цивільних будівель, Розроблення структурної схеми фото-електростанції та розрахунок і аналіз її основних параметрів, Вибір обладнання запропонованої фото-електростанції, Визначення необхідної ємності акумуляторних батарей та їх кількості, Огляд заходів безпеки під час монтажних робіт та в процесі експлуатації фото-електростанції, Висновки по роботі.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
  - 1) Аналіз обладнання, що існує, для забезпечення альтернативним електроживленням
  - 2) Структурна схема системи аварійного електроосвітлення будівлі


- 3) Блок-схема фото-електростанції, що запропоновано
- 4) Код програми для математичного обчислювального середовища
- 5) Схема під'єднання фото-електростанції до електромереж будівлі
- 6) Система блискавкозахисту
- 7) Система зрівнювання потенціалів
- 8) Висновки по роботі

6. Дата видачі завдання 02.09.2024 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін та обсяг виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Термін	Категорія	Обсяг	
1	Огляд обладнання, що існує, для забезпечення альтернативним електроживленням	07.10.24		15%	Пл. 1
2	Аналіз методів забезпечення альтернативним електроживленням	16.10.24	I	25%	Пл. 2
3	Розроблення структурної схеми фото-електростанції	05.11.24		40%	Пл. 3
4	Розрахунок і аналіз основних параметрів фото-електростанції	19.11.24	II	60%	Пл. 4
5	Вибір обладнання запропонованої фото-електростанції	26.11.24		70%	Пл. 5
6	Визначення необхідної ємності акумуляторних батарей і їх кількості	11.12.24		80%	Пл. 6
7	Огляд заходів безпеки під час монтажних робіт та в процесі експлуатації вітро-сонячної електростанції	15.12.24		90%	Пл. 7
8	Оформлення пояснювальної записки	19.12.24	III	100%	Пл. 8

Магістрант

  
(підпис)

Володимир В'ЮН  
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

Андрій ТРЕТ'ЯК  
(ім'я та прізвище)

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
1 Огляд обладнання та аналіз методів забезпечення альтернативним електроживленням .....	8
1.1 Огляд обладнання, що існує, для забезпечення альтернативним електроживленням .....	8
1.1.1 Фотоелектричні модулі (сонячні панелі) .....	8
1.1.2 Вітрогенератори.....	10
1.1.3 Акумуляторні батареї для зберігання енергії .....	12
1.1.4 Інвертори.....	14
1.1.5 Гідроенергетичне обладнання малої потужності .....	17
1.1.6 Висновки до підрозділу 1.1 .....	20
1.2 Аналіз методів забезпечення альтернативним електроживленням .....	21
1.2.1 Сонячна енергія.....	21
1.2.2 Вітрова енергія .....	22
1.2.3 Геотермальна енергія.....	22
1.2.4 Біоенергія.....	23
1.2.5 Гідроенергія.....	24
1.2.6 Висновки до підрозділу 1.2.....	24
1.3 Висновки до розділу 1 .....	25
2 Розроблення структурної схеми, розрахунок та аналіз основних параметрів фото-електростанції .....	26
2.1 Розроблення структурної схеми фото-електростанції.....	26
2.2.1 Вибір інвертора .....	38
2.2.2 Розрахунок ємності акумуляторної батареї та кількості акумуляторів .....	42
2.2.3 Розрахунок потрібного числа сонячних панелей .....	47

2.2.4 Вибір сонячних панелей та основного обладнання для системи електроживлення з акумуляторними батареями.....	53
2.2.5 Розрахунок та вибір дротових ліній.....	58
2.2.6 Вибір контролера заряду.....	60
3 Огляд заходів безпеки під час монтажних робіт та в процесі експлуатації сонячної електростанції.....	62
3.1 Оцінка місця встановлення сонячних панелей.....	63
3.2 Сходи та їх безпека.....	63
3.3 Падіння з висоти.....	64
3.4 Блискавкозахист.....	66
3.5 Електрична безпека.....	68
3.5.1 Ураження струмом від провідників під напругою.....	73
3.5.2 Дугові пробої.....	75
3.5.3 Вибухи дугових спалахів.....	75
3.5.4 Електронезбезпека за постійним та змінним струмом.....	77
3.6 Пожежна безпека.....	78
3.6.1 Заходи пожежної безпеки.....	79
3.7 Висновок до розділу 3.....	80
Висновки.....	82
Список використаних джерел.....	84
Додаток А.....	86
Додаток Б.....	89
Додаток В.....	90
Додаток Г.....	96
Додаток Д.....	112
Додаток Е.....	118

## ВСТУП

Для сучасного суспільства характерні глобальними змінами у сфері енергетики, зумовлені тим, що традиційні джерела енергії виснажуються, насувається енергетична криза та зростає вплив людської діяльності на довкілля. У цьому контексті особливого значення набуває розвиток відновлюваних джерел енергії, які гарантують сталий розвиток суспільства та мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище. Одним з найбільш перспективних напрямків у цій сфері є впровадження фотоелектричних станцій, які виробляють електроенергію за допомогою сонячної енергії..

Використання сонячних електростанцій зменшує залежність від традиційних джерел енергії (вугілля, нафта і газ), скорочує викиди парникових газів і знижує ціни на електроенергію. В Європейському Союзі, США, Китаї та інших країнах впровадження сонячних електростанцій стало частиною державної політики, спрямованої на забезпечення енергетичної безпеки та екологічної стійкості. В Україні цей сектор також набуває все більшої популярності, але його потенціал ще не повністю використаний.

Однією з основних проблем багатьох вищих навчальних закладів України є їх надмірна залежність від традиційних джерел енергії, що призводить до значних фінансових витрат та вразливості до коливань на енергетичному ринку. У цьому контексті проект зі встановлення сонячної електростанції для забезпечення альтернативною електроенергією 7-го корпусу Національного університету «Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка» вважається своєчасним і доречним.

Аналіз сучасного стану проблеми, виконаний на основі вітчизняної та зарубіжної літератури [30,31,32], свідчить про зростаючий інтерес до фотоелектричних технологій у світі. Провідні компанії, такі як Tesla, SunPower та Canadian Solar, демонструють високі показники ефективності своїх систем завдяки впровадженню інноваційних рішень. В Україні такі технології впроваджують

окремі підприємства, але їх використання у сфері освітніх закладів залишається обмеженим.

Метою цього дослідження є розроблення та аналіз ефективності впровадження фотоелектричної станції для корпусу 7 університету. Основними завданнями є визначення оптимальної конфігурації системи, розрахунок економічного ефекту, оцінка екологічних переваг, а також забезпечення можливості використання системи як навчальної бази для студентів.

Проєкт передбачає створення сучасної енергетичної системи, що базується на перетворенні сонячної енергії в електричну за допомогою фотомодулів, а також інтеграцію отриманої енергії в існуючу інфраструктуру університету.

Отже, актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення енергоефективності навчального закладу, зниження залежності від зовнішніх енергоресурсів та популяризації екологічних технологій. Реалізація проєкту сприятиме сталому розвитку університету, зменшенню витрат на енергію та підвищенню рівня екологічної безпеки.

# 1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ

## 1.1 Огляд обладнання, що існує, для забезпечення альтернативним електроживленням

Сучасний розвиток технологій у сфері відновлюваної енергетики призвів до створення широкого асортименту обладнання для альтернативного електроживлення. Ці технології набувають все більшого значення через зростаючу потребу в енергетичній незалежності та мінімізацію впливу на навколишнє середовище. У цьому підрозділі розглянемо основні типи обладнання, що використовується для забезпечення альтернативного живлення, їхні технічні характеристики, переваги та недоліки.

### 1.1.1 Фотоелектричні модулі (сонячні панелі)

Фотоелектричний модуль, або сонячний фотоелектричний модуль, складається з групи фотоелектричних (англ. photovoltaic, скор. PV) елементів, які також називають сонячними елементами. Конструкція фотоелектричного модуля є досить простою. Основу панелі становлять кремнієві фотоелементи (напівпровідники), які виконують роль невеликих генераторів електроенергії.

Усі фотоелементи з'єднані між собою та надійно закріплені в герметичній алюмінієвій рамі. Для досягнення потрібного рівня напруги та струму кілька таких модулів (або сонячних панелей) з'єднують в більшу систему, відому як фотоелектричний масив. Він є ключовим елементом будь-якої фотоелектричної системи, яка безпосередньо перетворює сонячне світло в електричний струм постійної напруги. Модулі можна з'єднувати послідовно або паралельно, щоб отримати необхідні параметри напруги та струму для конкретної системи.

Фотоелектричні елементи виготовляють з різних напівпровідникових матеріалів і зазвичай мають товщину, меншу за чотири людські волосини. Щоб забезпечити їхню довговічність при використанні на відкритому повітрі, елементи поміщають між захисними шарами, що складаються зі скла та/або пластику. Фотоелектричні модулі та масиви є лише однією складовою фотоелектричної системи. Такі системи також містять монтажні конструкції, які орієнтують панелі на сонце, а також пристрої, що приймають вироблену модулями електроенергію постійного струму (англ. direct current, скор. DC) та перетворюють її на змінний струм (англ. alternating current, скор. AC), який використовується для живлення всіх приладів у будинку. Розберемо види фотоелектричних модулів.

Існує два види фотоелектричних модулів а саме:

- кристалічний;
- аморфний.

Кристалічні кремнієві фотоелектричні модулі виготовляють з двох типів кремнію: монокристалічного та полікристалічного (мультикристалічного). Монокристалічний кремній має вищу ефективність перетворення енергії порівняно з полікристалічним, однак обидва типи демонструють хороші показники ефективності, які в середньому становлять близько 10-12%. Полікристалічні модулі, хоча і менш ефективні, часто є економічно вигіднішим варіантом.

Фотоелектричний модуль з аморфного кремнію (a-Si), також відомий як тонкоплівковий кремнієвий модуль, здатний ефективніше поглинати світло порівняно з кристалічним кремнієвим модулем, що дає змогу зменшити його товщину. Він добре підходить для застосувань, де пріоритетом є низька вартість, а не висока ефективність. Середня ефективність таких модулів становить близько 6%.

### 1.1.2 Вітрогенератори

Вітряна турбіна (вітрогенератор) — це апарат, що перетворює енергію руху вітру, який є природним і відновлюваним ресурсом, на електричну енергію.

На відміну від вентилятора, який використовує електрику для створення повітряного потоку, вітряна турбіна працює навпаки: вона використовує енергію вітру для генерації електрики. Чим вище розташована турбіна, тим потужніший вітер, оскільки на її шляху менше перешкод. Лопаті турбіни, схожі на пропелери літаків чи гелікоптерів, використовують аеродинамічні властивості вітру для обертання ротора, який, у свою чергу, обертає генератор. Цей процес дозволяє виробляти електричну енергію, яка зазвичай постачається в електричну мережу.

Вітряні турбіни, які забезпечують електрикою мережу, можуть бути розташовані як на суші, так і на морі. Групи вітряних турбін називаються вітровими електростанціями. На сьогоднішній день існують два основні типи вітрових турбін: з горизонтальною і вертикальною осями.

Горизонтально-осьові вітрові турбіни (англ. horizontal-axis wind turbines, скор. HAWT) є найпоширенішим і найефективнішим типом вітрових установок. Зазвичай вони мають три лопаті і працюють «за вітром», тобто лопаті спрямовані проти вітру. Це стає можливим завдяки поворотній системі, що дає змогу голові HAWT обертатися. Основні компоненти, такі як генератор, розміщені у верхній частині турбіни.

Вітряні турбіни з вертикальною віссю (англ. vertical-axis wind turbines, скор. VAWT) мають вертикальний вал ротора, що робить їх зовнішній вигляд суттєво відмінним від традиційних HAWT.

VAWT є всенаправленими, тому їх не потрібно регулювати для протистояння вітру, що може бути перевагою в районах з мінливими напрямками вітру. Проте їх використання є відносно рідкісним, оскільки вони менш ефективні в плані опору повітрю. Основні компоненти таких турбін розташовані в їх основі. Основними

компонентами вітрогенератора є: фундамент, вежа, мотогондола, ротор і маточина, лопаті.

Фундамент — це великий і важкий бетонний блок, занурений в землю, який підтримує всю конструкцію турбіни та витримує сили, що на неї діють. У морських турбінах цей елемент розташований під водою.

Вежа, зазвичай виготовлена зі сталі, хоча в деяких випадках використовують дерево, що вважається менш шкідливим для природи. Вона зазвичай складається з трьох секцій і збирається безпосередньо на місці. Висота вежі може варіюватися, але загалом дорівнює діаметру кола, що формується під час обертання лопатей. Вона також містить кабелі живлення, які з'єднують мотогондолу з трансформатором на землі.

Мотогондола розташована на вершині вежі і може повертатися на  $360^\circ$  навколо своєї осі, в залежності від напрямку вітру. Вона отримала свою назву від частини літака, що містить реактивні двигуни. У мотогондолі розміщені ключові механічні елементи, такі як коробка передач і генератор.

Ротори з двома лопатями є дешевшими та швидшими, ніж ті, що мають три лопаті, але вони також створюють більше шуму і вібрацій. Маточина, яка є центральною частиною ротора, перебуває на передньому плані і з'єднує лопаті з механічними компонентами гондולי, що розташована за нею.

Лопаті розташовані на верхній частині турбіни і мають середню довжину 170 футів (52 метри). Коли вітер дме, повітряний тиск з одного боку лопаті знижується, а різниця тиску з іншого боку створює підйомну силу та опір. Якщо підйомна сила перевищує опір, ротор починає обертатися.

Процес роботи вітрової турбіни є досить простим. Вітер обертає ротор і його обертання передається на вхідний вал, що механічно передає крутний момент на електрогенератор. Система повороту дає змогу гондолі адаптуватися до напрямку вітру. Ротор починає працювати при швидкості вітру понад 10 км/год, а вітрогенератор автоматично вимикається при швидкостях понад 90 км/год через небезпеку зазнати пошкодження.

При обертанні ротора кінетичну енергію вітру перетворюють на механічну. Коробка передач перетворює повільне обертання лопатей (18 - 25 обертів на хвилину) на швидше обертання генератора (до 1800 обертів на хвилину), що необхідно для роботи електрогенератора. Генератор, виробляє електричну енергію завдяки перетворенню механічної енергії. Для того щоб передати електроенергію з одного кола в інше, або в електричну мережу, змінюючи її характеристики, використовують трансформатор.

На гондолі розташовані різні системи керування, які постійно моніторять параметри роботи вітрової турбіни. Це забезпечує безпечне виробництво відновлюваної енергії та максимізує ефективність роботи вітрової електростанції.

### 1.1.3 Акумуляторні батареї для зберігання енергії

Акумулятор — це накопичувач енергії: пристрій, який приймає енергію, зберігає її та віддає її за потреби. Деякі акумулятори приймають енергію з низькою швидкістю (низька потужність) протягом тривалого інтервалу часу та віддають енергію з високою швидкістю (висока потужність) протягом короткого інтервалу часу.

На сьогоднішній день існує безліч типів акумуляторів, які відрізняються своїми характеристиками та матеріалами виготовлення. Кожен з них має свої специфікації залежно від сфери застосування, умов експлуатації та інтенсивності використання. Акумуляторні батареї бувають таких видів: свинцево-кислотні, нікель-кадмієві, нікель-металгідридні, літій-іонні, літій-полімерні (англ. lithium-ion polymer batteries, lithium polymer batteries, скор. Li-Pol, Li-poly, LiPo, LIP), нікель-цинкові, срібно-цинкові та срібно-кадмієві.

Свинцево-кислотні акумулятори є найбільш поширеними, універсальними та відносно недорогими. Вони бувають численних різновидів, завдяки чому знаходять застосування в багатьох сферах: в системах резервного живлення, автономному

електропостачанні, сонячних електростанціях, системах зв'язку, безпеки, а також у портативних пристроях та іграшках.

Нікель-кадмієві є надійним типом акумуляторів, які виготовляють в ударостійкому пластиковому корпусі, що захищає їх від механічних пошкоджень і вібрацій. Такі батареї можуть працювати без нагляду. Їх використовують в авіабудуванні (бортові батареї), електромобілях (тягові батареї), трамваях, тролейбусах та будівельних інструментах (дрилях, шурупвертах).

Нікель-металгідридні акумулятори мають вищу ємність (на 20-25% більше) порівняно з попередніми і дещо менший «ефект пам'яті» порівняно із нікель-кадмієвими, але все одно не рекомендовано підзаряджати частково розряджені акумулятори. Це екологічно чисті акумулятори, що застосовуються в медицині (у дефібриляторах), авіації та ракетобудуванні, автономних енергетичних системах, а також у побутовій радіоапаратурі та освітлювальних приладах (ліхтарях).

Літій-іонні батареї застосовують в багатьох повсякденних пристроях, таких як ноутбуки, мобільні телефони, камери тощо. Вони не потребують спеціального обслуговування і мають високу енергетичну щільність. Крім того, літій-іонні батареї не мають "ефекту пам'яті", тому їх можна заряджати навіть при частковому розрядженні.

Літій-полімерні батареї є покращеною версією літій-іонних акумуляторів, які активно використовують у різних цифрових та портативних пристроях, таких як мобільні телефони, ноутбуки і планшети. Вони також знаходять застосування у радіокерованих моделях та електромобілях завдяки своїй високій потужності.

Нікель-цинкові акумулятори відомі кожному, оскільки стали заміною гальванічних батарей. Їх переважно використовують у фото та відео камерах.

Срібно-цинкові та срібно-кадмієві батареї — це дорогі та надійні акумулятори, які знаходять застосування у військово-промисловому комплексі, ракетобудуванні, космічній сфері, військовому зв'язку та технологіях.

### 1.1.4 Інвертори

Інвертор є приладом, який змінює постійну напругу на змінну.

Вхідна напруга постійного струму, як правило, низька, а вихідна напруга змінного струму відповідає стандартам мережі: 120 В або 240 В залежно від країни.

Інвертори можуть бути окремими пристроями, наприклад, у сонячних енергетичних системах, або служити резервними джерелами живлення, використовуючи акумулятори, які заряджаються окремо.

Інший варіант — інтегрувати інвертор в більш складну систему, таку як блок живлення або джерело безперебійного живлення (ДБЖ). У цій ситуації інвертор отримує постійний струм від мережі змінного струму, що пройшла випрямлення або від акумуляторів під час збою в електромережі.

Існує кілька типів інверторів, що відрізняються формою сигналу перемикання, схемами, ефективністю, перевагами та недоліками.

Інвертори забезпечують змінну напругу з джерел постійного струму і ефективно використовують для живлення електроніки та обладнання, розрахованого на мережеву напругу. Їх також широко застосовують в імпульсних джерелах живлення інвертуючих каскадів. Класифікують інвертори за технологією комутації, типом комутатора, формою сигналу, частотою та характеристиками вихідного сигналу.

#### 1.1.4.1 Основи роботи інвертора

Основними компонентами інвертора є генератор, схема управління, привід силових пристроїв, комутаційні елементи та трансформатор.

Перетворення постійної напруги в змінну відбувається шляхом перетворення енергії, накопиченої в джерелі постійного струму, наприклад, в акумуляторі або на

виході випрямляча, в змінну напругу. Це досягається за допомогою комутаційних пристроїв, які циклічно вмикаються і вимикаються, з подальшим використанням трансформатора для підвищення напруги. У деяких конфігураціях трансформатор не використовується, але вони не є поширеними.

Вхідну постійну напругу перемикають потужними компонентами, як от МОП-транзистори або потужні транзистори, що створюють імпульси на первинній обмотці трансформатора. Змінна напруга в первинній обмотці індукуює змінну напругу на вторинній обмотці. Трансформатор також працює як підсилювач напруги, збільшуючи вихідну напругу відповідно до коефіцієнта перетворення. Зазвичай вихідна напруга підвищують зі стандартних 12 вольт, які постачають батареї, до 120 або 240 вольт змінного струму.

Можна виділити три основні типи вихідних каскадів інвертора: двотактний з трансформатором центрального відгалуження, двотактний напівміст і двотактний повний міст. Найбільш популярним є двотактний з центральним виводом через його простоту та надійність, хоча він потребує більш важкого трансформатора і має нижчий коефіцієнт корисної дії.

Простий двотактний інвертор постійного струму з перетворенням у змінний струм за схемою із трансформатором із центральним відгалуженням показано на рисунку 1.1

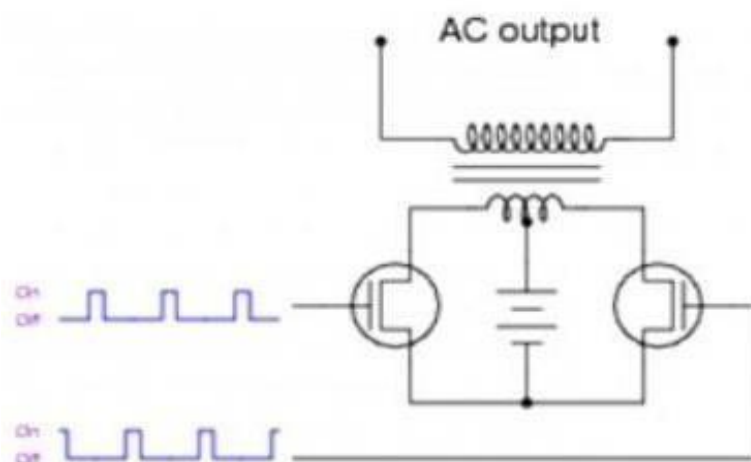


Рисунок 1.1 — Базова схема комутації інвертора

### 1.1.4.2 Класифікація інверторів

Інвертори розрізняють за формою вихідної напруги: прямокутні імпульси (меандр та меандр з паузою, рисунок 1.2), синусоїда (рисунок 1.3), квазісинусоїда (східчаста апроксимація синусоїди, рисунок 1.3).

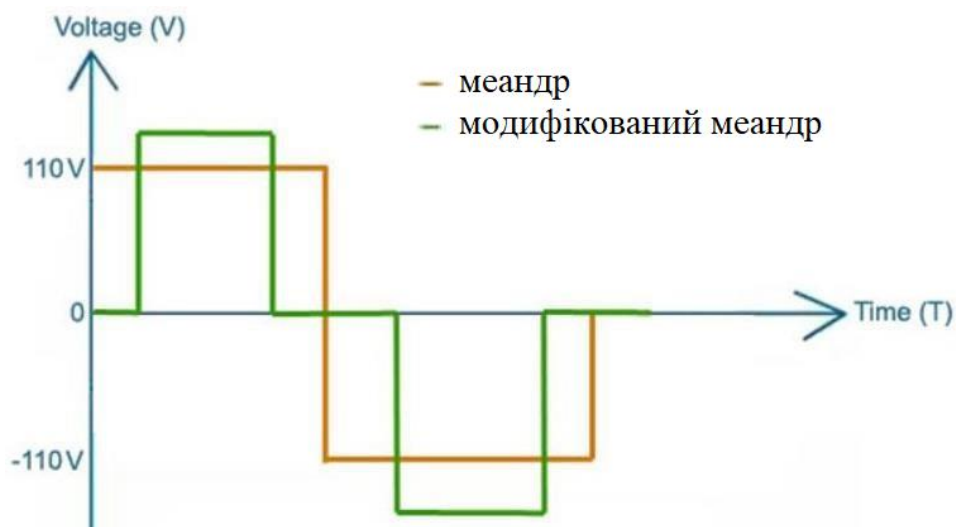


Рисунок 1.2 — Епюри напруг прямокутної форми:  
меандр (жовтий) та меандр з паузами (зелений)

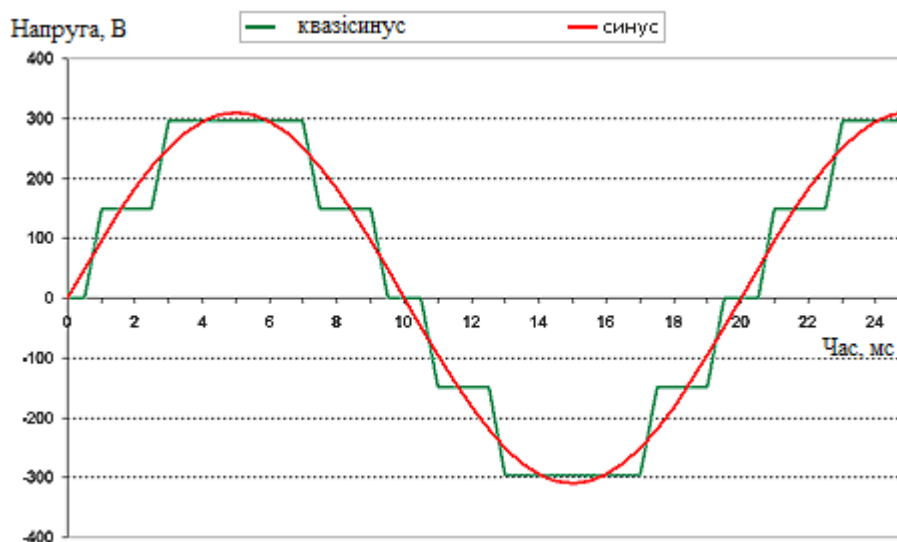


Рисунок 1.3 — Графік вихідного сигналу квазісинусоїди

Інвертор що видає напругу прямокутної форми є одним із простих і дешевих варіантів, але його потужність значно нижча, ніж у двох інших типів. Прямокутні імпульси з паузами забезпечують кращу якість електроенергії з показником THD приблизно 45% і підходить для більшості електронних пристроїв, що мають імпульсний блок живлення. У такій формі напруги є прямокутні імпульси з «мертвими зонами» між позитивним і негативним, напівперіодами, що забезпечує THD близько 24%.

Інвертори квазісинусоїдальної хвилі є вигідним варіантом для живлення обладнання, яке менш чутливе до коливань напруги, наприклад, освітлення та деяких інструментів. Такі інвертори формують на виході напругу у формі апроксимованої синусоїди, що має східчасту форму. Для більшості застосувань, ефективність використання цієї форми напруги є задовільною. Проте пристрої із лінійними блоками живлення, індуктивні навантаження як-от електродвигуни, що живляться змінним струмом, потребують синусоїдальної напруги живлення. Інакше вони можуть не працювати належним чином або навіть зазнати пошкоджень через низьку якість напруги живлення.

Справжній синусоїдальний інвертор забезпечує найкращу форму сигналу з мінімальним рівнем гармонічних спотворень, який становить приблизно 3%. Однак він є найдорожчим варіантом і зазвичай його застосовують в таких сферах, як медичне обладнання, стереосистеми, лазерні принтери та інші пристрої, які вимагають чистих синусоїдальних форм сигналу. Крім того, справжні синусоїдальні інвертори також використовують в мережевих інверторах і мережевому обладнанні.

### 1.1.5 Гідроенергетичне обладнання малої потужності

Малі гідроелектростанції (МГЕС) використовують кінетичну енергію водних потоків для генерації електроенергії. Це обладнання може бути встановлене на

невеликих річках або навіть у системах водопостачання. Основними видами обладнання є:

- горизонтальні турбіни, що підходять для річок із високим рівнем води та високою швидкістю течії. Вони забезпечують високу ефективність та надійність;
- вихрові турбіни, використовують на малих потоках. Для них характерна простота конструкції та низькі витрати на встановлення.

Гідроенергетичне обладнання малої потужності поділяють на: мікрогідроелектричні системи, що працюють від автономної мережі; автономні безбатарейні мікрогідроелектричні системи; безбатарейні мікрогідроелектричні системи, пов'язані з мережею.

#### 1.1.5.1 Мікрогідроелектричні системи, що працюють від автономної мережі

Більшість невеликих автономних гідросистем працюють на основі акумуляторів. Акумуляторні системи забезпечують значну гнучкість. Їх можна комбінувати з іншими джерелами енергії, такими як вітрові генератори та сонячні панелі, особливо в умовах сезонного потоку. Оскільки потік зазвичай стабільний, заряджання акумулятора також буде рівномірним, що дає змогу використовувати відносно невеликий акумуляторний блок. Миттєва потреба в енергії (ватах) обмежується не тільки потенціалом води чи характеристиками турбіни, а й розміром інвертора.

### 1.1.5.2 Автономні безбатарейні мікрогідроелектричні системи

Якщо потік має достатній потенціал, можна обрати систему з прямим змінним струмом (AC-direct). Вона складається з турбінного генератора, який виробляє змінний струм напругою 120 або 240 вольт, що може безпосередньо жити стандартні побутові навантаження.

Управління системою здійснюється шляхом відведення енергії, що перевищує вимоги навантаження, для скидання надлишкових навантажень, таких як водяні або повітряні обігрівачі. Цей підхід дає змогу підтримувати стабільне загальне навантаження на генератор. Проте обмеження таких систем полягає в тому, що пікові або стрибкові навантаження не можуть перевищувати потужність генератора, яку визначає наявний напір та витрата потоку. Для забезпечення пікових електричних навантажень цей тип системи має бути досить потужним, тому часто він здатний генерувати достатню кількість енергії для всіх потреб домогосподарства, включно із водопостачанням та опаленням приміщень.

Системи цього типу використовують турбіну і засоби управління для генерації електроенергії, яка може бути подана безпосередньо в комунальній мережі. Вони можуть мати генератори змінного або постійного струму. Системи зі змінним струмом використовують генератори, які синхронізуються з мережею. Необхідна наявність спеціального інтерфейсного пристрою, щоб запобігти подачі електроенергії в мережу, коли вона не працює або проходить технічне обслуговування. Системи постійного струму вимагають спеціального інвертора для перетворення виходу гідротурбіни постійного струму на синхронізованій із мережею змінний струм. Головним недоліком безбатарейних систем є те, що під час відключення електропостачання вони також втрачають живлення. У разі аварії в мережі ці системи автоматично вимикаються.

Функція контролера заряду в гідросистемі виконує роль навантаження для поглинання надлишкової енергії. Мікрогідросистеми з акумуляторами потребують контролерів заряду, щоб уникнути їх перезарядки. Ці контролери зазвичай

відправляють надлишкову енергію до вторинного (скидного) навантаження, наприклад, повітрянагрівача або водонагрівача. На відміну від сонячних контролерів, контролер мікрогідросистеми не відключає турбіну від акумуляторів, що може призвести до надмірної напруги, яку деякі компоненти не можуть витримати, або до перевищення швидкості турбіни, що є небезпечним.

#### 1.1.5.3 Мікрогідроелектричні системи, пов'язані з мережею

Мікрогідросистеми без батареї, що не підключені до мережі, також потребують систем управління. Регулятор навантаження контролює напругу або частоту системи, підтримуючи оптимальне навантаження на генератор. Це досягається шляхом вмикання та вимикання потужності скидання навантаження, коли змінюється схема навантаження, або механічного відхилення води від бігуна. Безбатарейні системи, що працюють з підключенням до мережі, також потребують контролю для захисту системи під час аварій у електромережі.

#### 1.1.6 Висновки до підрозділу 1.1

Огляд обладнання для забезпечення альтернативним електроживленням демонструє різноманітність технологій, які відповідають на зростаючі потреби суспільства в енергонезалежності та зменшенні шкідливого впливу на довкілля.

## 1.2 Аналіз методів забезпечення альтернативним електроживленням

Сучасний розвиток енергетики підтверджує важливість використання альтернативних джерел електроенергії, що зменшує залежність від традиційних видів палива, підвищує ефективність енергоспоживання і знижує шкідливий вплив на довкілля. Вивчення методів альтернативного електроживлення дозволяє визначити ключові підходи, оцінити їхні переваги й недоліки, а також обґрунтувати доцільність впровадження окремих технологій у конкретних умовах.

### 1.2.1 Сонячна енергія

Принцип роботи полягає в перетворенні сонячного випромінювання на електричну енергію за допомогою фотоефекту.

Переваги:

- невичерпність джерела енергії (сонячне світло);
- низькі експлуатаційні витрати після встановлення;
- можливість встановлення як у міських умовах (дахи будівель), так і в сільській місцевості.

Недоліки:

- залежність від інтенсивності сонячного світла та погодних умов;
- висока вартість первинного встановлення;
- необхідність використання систем зберігання енергії (акумуляторів) для забезпечення безперебійного живлення.

### 1.2.2 Вітрова енергія

Вітрові турбіни трансформують кінетичну енергію вітру в електричну.

Переваги:

- можливість роботи у регіонах із високою швидкістю вітру;
- низькі експлуатаційні витрати;
- екологічна безпека.

Недоліки:

- залежність від місцевих кліматичних умов;
- шумове та візуальне забруднення;
- високі витрати на обслуговування у разі великих масштабів.

### 1.2.3 Геотермальна енергія

Геотермальна енергія отримується через використання теплових ресурсів, що зосереджені у внутрішніх шарах Землі.

Для її перетворення на електроенергію використовують геотермальні електростанції, які поділяють на два основні типи: з паровими та водяними турбінами. У першому варіанті воду або пару, яку видобули з глибоких свердловин, використовують для обертання турбін.

У випадку з водяними турбінами, гаряча вода піднімається на поверхню, де її перетворюють на пару, яка приводить у дію турбіни, виробляючи електроенергію.

Переваги:

- стабільність джерела енергії;
- незалежність від зовнішніх кліматичних умов;
- тривалий термін експлуатації обладнання.

Недоліки:

- високі витрати на буріння та встановлення геотермальних станцій;
- обмежена можливість використання в регіонах без доступу до геотермальних джерел.

#### 1.2.4 Біоенергія

Біоенергія базується на використанні енергії, що міститься в органічних матеріалах, таких як рослини та відходи. Основні види біопалива – біодизель та етанол – виготовляють з різної сировини: біодизель отримують із рослинних олій або тваринних жирів, а етанол виробляють із цукровмісних або крохмалистих культур, таких як цукрова тростина чи кукурудза. Процес виробництва біопалива містить ферментацію, дистиляцію та інші технологічні операції.

Переваги:

- можливість утилізації органічних відходів;
- невелика залежність від погодних умов;
- виробництво супутніх продуктів (наприклад, добрива).

Недоліки:

- необхідність забезпечення постійного джерела біомаси;
- обмежений масштаб використання в окремих регіонах;
- емісії вуглекислого газу під час згоряння біопалива, хоча й значно менші, ніж у традиційній енергетиці.

### 1.2.5 Гідроенергія

Гідроелектричну енергію виробляють шляхом перетворення потенційної енергії води, яка накопичується в річках чи водосховищах, на кінетичну енергію. Коли вода рухається під впливом сили тяжіння, вона обертає турбіни, які генерують механічну енергію. Ця механічна енергія передається на генератор, де вона перетворюється на електричну енергію.

Переваги:

- високий ККД;
- тривала експлуатація обладнання;
- можливість регулювання водних ресурсів.

Недоліки:

- значний вплив на екосистеми річок;
- висока вартість будівництва гідроелектростанцій;
- залежність від обсягу водних ресурсів.

### 1.2.6 Висновки до підрозділу 1.2

Проаналізувавши всі переваги та недоліки методів забезпечення альтернативним електроживленням для нашого випадку обираємо сонячні панелі з фотоефектом.

### 1.3 Висновки до розділу 1

Розроблення саме фотоелектричної станції для забезпечення електроенергією корпусу 7 Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", краще в нашому випадку тому, що встановлення не займає багато місця як вітрогенератор або гідроенергетичне обладнання малої потужності для якої потрібна річка. Сонячні панелі частіше використовують на будинках так як не вигідно використовувати інші способи альтернативних джерел живлення, бо інвертори тільки зберігають заряд але не виробляють його, а генератори бензинового, дизельного типів, працюють в короткостроковій перспективі на відміну від фотоелектричної станції.

## **2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ, РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОТО-ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

### **2.1 Розроблення структурної схеми фото-електростанції**

У зв'язку з масштабним вторгненням Російської Федерації на територію України та серйозними пошкодженнями енергетичної інфраструктури, постала гостра потреба у створенні аварійних джерел живлення для критично важливих промислових і побутових електроустановок. Цей конфлікт призвів до значного порушення енергетичної стабільності в регіоні, що супроводжувалося масштабними руйнуваннями електромереж, електростанцій та інших об'єктів енергетики.

Ситуація створила загрозу безперебійній подачі електроенергії для підприємств, що забезпечують функціонування економіки та життєдіяльність населення. Тому розробка аварійних джерел живлення стала необхідною для гарантованого постачання електроенергії до критично важливих систем та обладнання. Такі джерела мають забезпечувати стабільну роботу електроустановок навіть у разі аварійного відключення основного електропостачання, підтримуючи функціонування ключових об'єктів.

Незалежне електроживлення є ключовим фактором безпеки та стабільності роботи різних секторів економіки, зокрема медичних установ, промислових підприємств, транспортних систем і міської інфраструктури. Одним із варіантів що набув популярності це фото-електрична станція. Завдяки їй можливо забезпечити електропостачання доволі задовільної якості для різних видів потреб, наприклад: освітлення, розетки, Wi-fi, обладнання для опалювання тощо. В нашому випадку ми будемо використовувати саме для аварійного освітлення, а також для деяких розеток та Wi-fi. Для більш продуктивної та надійної роботи фотоелектричної станції її треба будувати саме за модульним принципом.

Також буде доцільно використати типові акумуляторні батареї для зберігання енергії, що разом є окремим модульним багато функціональним

блоком, або використати інші накопичувачі енергії. Найдоцільнішим для нашого варіанту є фото-електростанція, завдяки якій буде можливість заживити аварійне освітлення.

Процес перетворення енергії світла у електричну енергію побудований на фотоелектричному ефекті, що виникає у напівпровідникових матеріалах із специфічними електричними властивостями. Фотоелектричні модулі, виготовлені з монокристалічного, полікристалічного або аморфного кремнію, здатні безпосередньо перетворювати сонячне випромінювання в електрику завдяки іонізації електронів у напівпровідниках. Кремній є найпоширенішим матеріалом у таких системах через свою ефективність і надійність.

Основою напівпровідників є структура p-n переходу: сторона "p" (позитивна) має надлишок дірок, а сторона "n" (негативна) володіє надлишком електронів. Електрони природно рухаються від області їх надлишку ("n") до області їх дефіциту ("p"), формуючи електричний струм. Коли такі напівпровідники контактують із зовнішнім джерелом напруги, утворюється спрямований потік заряджених частинок.

Фотоефект виникає, коли фотони світла передають свою енергію електронам всередині матеріалу, що змушує електрони рухатися впорядковано, утворюючи електричний струм. Щоб напівпровідник мав можливість ефективно проводити струм, кремній легують спеціальними домішками: донорними (для збагачення електронами) та акцепторними (для створення дірок), утворюючи електронно-діркові переходи, що забезпечують струмопровідність.

Залежно від типу та призначення, фотоелектричні системи можуть бути обладнані такими компонентами:

- сонячні панелі (складаються з фотоелектричних елементів, що розміщують в спеціальні рами. Для того, щоб виготовити монокристалічні і полі кристалічні елементи, використовують кристалічний кремній, тоді як для аморфних застосовують аморфний кремній. Кристалічні панелі демонструють найвищий ККД та довговічність, проте аморфні елементи легші та краще працюють за умов слабого освітлення, хоча їх

ефективність значно нижча. Монтаж панелей виконують на дахах, стінах будівель чи на відкритих земельних ділянках. Для цього використовують спеціальні металеві конструкції, які розташовують під оптимальним кутом залежно від географічного положення, щоб забезпечити максимальне отримання сонячного випромінення.);

— інвертори (пристрої, що конвертують постійний струм (DC) на змінний (AC), виконуючи важливу функцію у забезпеченні споживачів електроенергією. Вони є ключовим елементом у роботі фотоелектричних систем, що керує роботою цих систем. Інвертори мають можливість накопичувати енергію в акумуляторних батареях, передавати її в енергосистему, а також забезпечувати захист мережі від перевантажень, перегріву, коротких замикань та інших аварійних ситуацій завдяки вбудованим системам захисту.);

— контролер заряду виступає інтерфейсом між сонячними панелями та акумуляторним блоком. Його основна функція – захист акумулятора від перезаряду під час зарядки та запобігання глибокому розряду під час живлення навантаження, що значно продовжує термін служби акумуляторної батареї. Основними можливостями контролера заряду є: захист батареї (попереджає про надмірний заряд або розряд, підтримуючи оптимальний режим роботи), індикація стану батареї (за допомогою світлодіодів відображає рівень заряду, вказуючи на стан акумулятора – недозаряд, повний заряд або глибокий розряд), підключення компонентів (контролер підключають до акумулятора, а також до фотоелектричного масиву, забезпечивши ефективний потік енергії.);

— акумуляторні батареї (служать для накопичення та збереження енергії, що особливо важливо для автономних і гібридних енергосистем. Оскільки сонячна енергія є періодичним джерелом і має доступ лише вдень, акумулятори забезпечують електроприлади енергією в умовах недостатнього освітлення або його відсутності. Вони заряджаються за

рахунок сонячної енергії, що дає змогу використати її в нічний час або під час похмурих днів.);

- розподільчий щит (забезпечує підключення до локальної мережі або прямих споживачів);
- система моніторингу (забезпечує контроль та оптимізацію роботи системи в реальному часі).

Основним компонентом будь-якої сонячної електростанції є сонячні панелі. Потужність, що виробляє одна панель, зазвичай недостатня, тому кілька панелей об'єднують у послідовні чи паралельні з'єднання для досягнення потрібного рівня напруги чи струму. Вибір схеми підключення є критично важливим, оскільки він впливає на ефективність роботи станції та забезпечує стабільну роботу інвертора. Коректна конфігурація підключення панелей гарантує оптимальну продуктивність системи та знижує ризик втрат енергії. Послідовне з'єднання сонячних панелей (рисунок 2.1) здійснюється шляхом підключення плюсової клеми одного модуля до мінусової клеми іншого. При такому підключенні напруга модулів додається, тоді як сила струму та потужність залишаються незмінними. Наприклад, для двох панелей із номінальною напругою 34,2 В і струмом 11,7 А результатом послідовного з'єднання буде напруга 68,4 В при тому ж струмі 11,7 А. Це має значення для коректної роботи інвертора, який потребує певного рівня вхідної напруги.

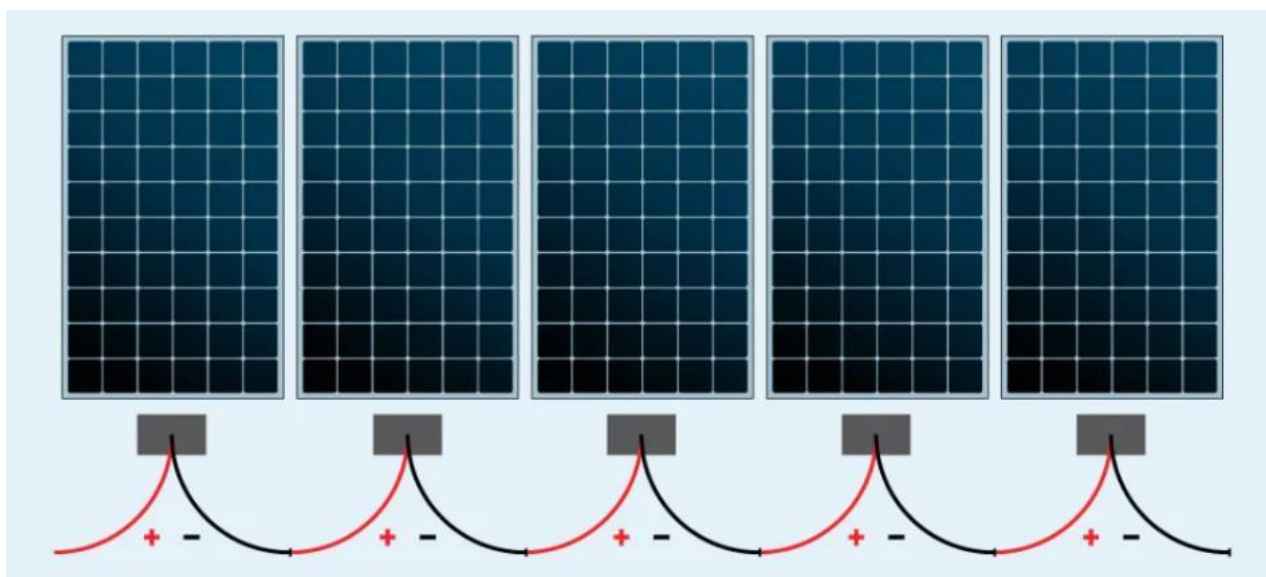


Рисунок 2.1 — Послідовне з'єднання фото панелей

З'єднання між сонячними панелями та мережевими інверторами залежить від характеристик панелі, інвертора та обраного способу підключення. Наприклад, інвертор Solis S5-GR3P (8 кВт) має пускову напругу 180 В, номінальну напругу 600 В і максимальну вхідну напругу 1100 В. Діапазон робочої напруги для MPPT (англійською Maximum power point tracker, скорочено MPPT) становить 160-1000 В. Максимальна вхідна напруга інвертора Solis S5-GR3P становить 1100 В. Для роботи такого інвертора необхідно послідовно з'єднати не менше шести модулів при використанні панелей з напругою 34,2 В ( $180 / 34,2 \approx 5,3$  модуля).

Кількість таких послідовно з'єднаних стрінгів (ліній) залежить від технічних характеристик інвертора. У моделі «Solis S5-GR3P» допускається підключення двох стрінгів, кожен з яких не повинен перевищувати робочої напруги інвертора (максимум 1000 В). Сила струму в кожному стрінгу залишається незмінною і повинна відповідати вхідним параметрам інвертора (не більше 16 А, тоді як струм панелей становить 11,7 А).

Паралельне з'єднання (рисунок 2.2) передбачає підключення плюсової клеми одного модуля до плюсової клеми іншого модуля через розподільчу коробку, а мінусових клем — між собою. Така конфігурація сприяє збільшенню сили струму при незмінній напрузі. Наприклад, при паралельному підключенні модулів напруга в ланцюзі залишиться на рівні 34,2 В, але сила струму збільшиться до 23,4 А. Це дозволяє підвищити загальну потужність фотоелектричного масиву та виробляти більше електроенергії, не перевищуючи максимальну робочу напругу. Водночас слід враховувати обмеження на силу струму інверторів, які не можна перевищувати при паралельному підключенні.

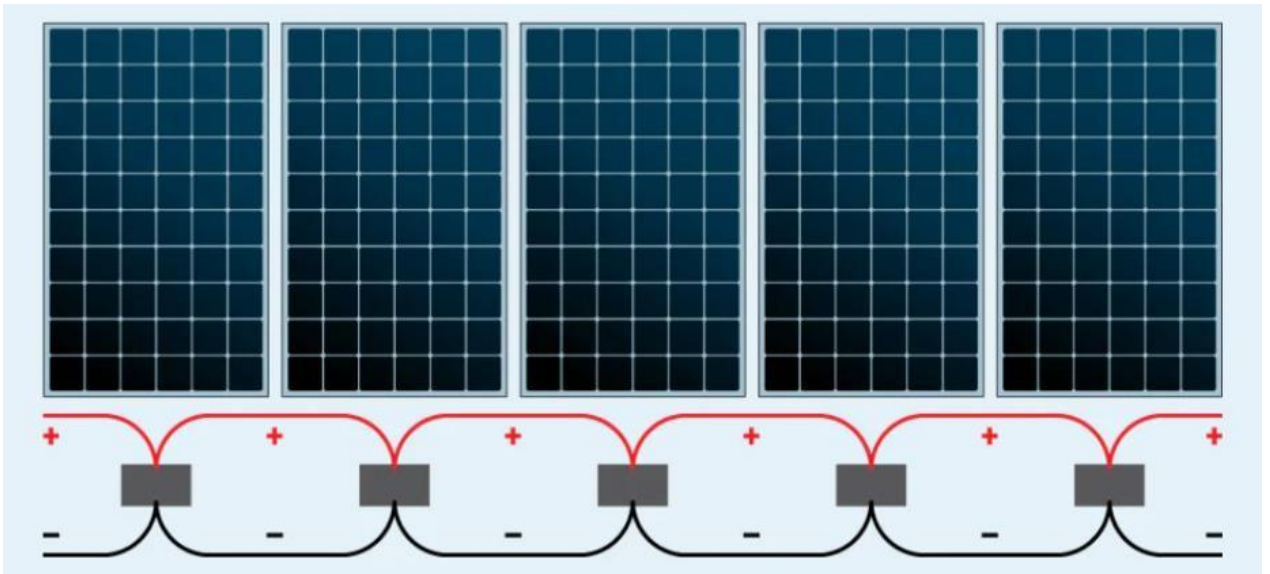


Рисунок 2.2 — Паралельне з'єднання фото панелей

Послідовно-паралельна схема підключення (рисунок 2.3) сонячних панелей є складнішою порівняно з іншими варіантами. Її здебільшого використовують для потужних промислових сонячних електростанцій, що дає змогу одночасно підвищувати як напругу, так і силу струму.

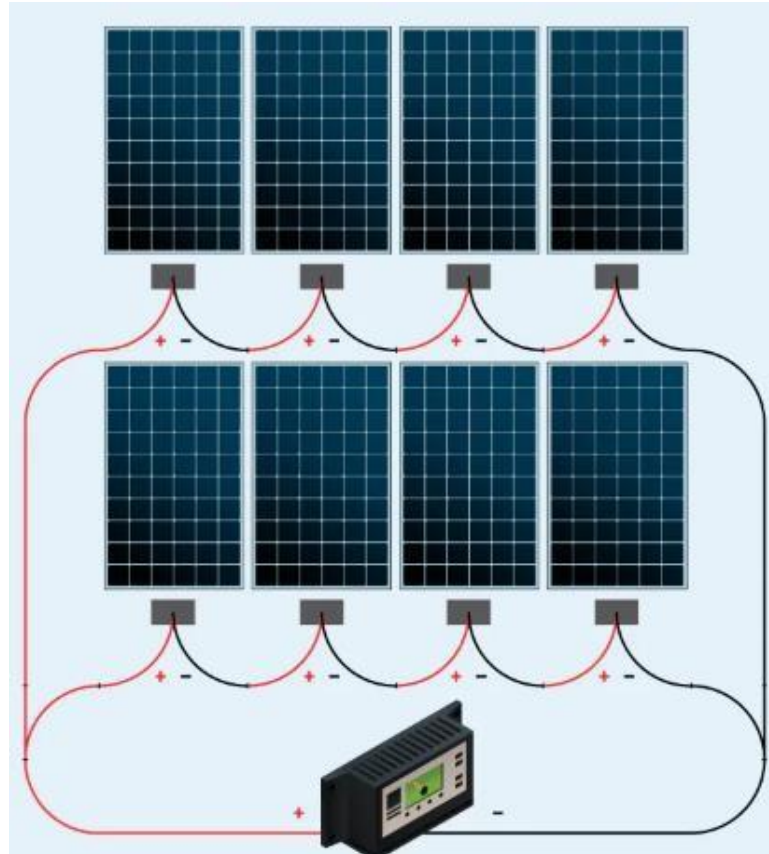


Рисунок 2.3 — Послідовно-паралельна схема підключення фото панелей

Різниця між послідовним та паралельним з'єднаннями є:

- у схемах паралельного підключення сонячних панелей застосовують контролери з технологією широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). У схемах з послідовним підключенням використовують контролери, що відстежують точку максимальної потужності (MPPT), навіть якщо один модуль вийде з ладу, решта залишаються працездатними та продуктивними;
- при послідовному підключенні, якщо один модуль знизить продуктивність або вийде з ладу, це вплине на всю систему і вона перестане працювати. Потрібно буде знайти несправний модуль і усунути проблему, щоб відновити роботу всієї лінії. Якщо продуктивність падає через тимчасове затінення одного чи кількох модулів, проблему можна вирішити за допомогою MPPT-контролерів. Вони відстежують оптимальну пару параметрів напруги і струму для кожного модуля, щоб забезпечити максимальну потужність. MPPT-контролери також ефективні, коли модулі орієнтовані в різних напрямках.

Розрізняють три типи підключення сонячних електростанцій:

- незалежна схема (off-grid);
- мережеве підключення (on-grid);
- резервне живлення.

Незалежну схему, зображену на рисунку 2.4, використовують щоб живити споживачів, де немає централізованого електрозабезпечення.

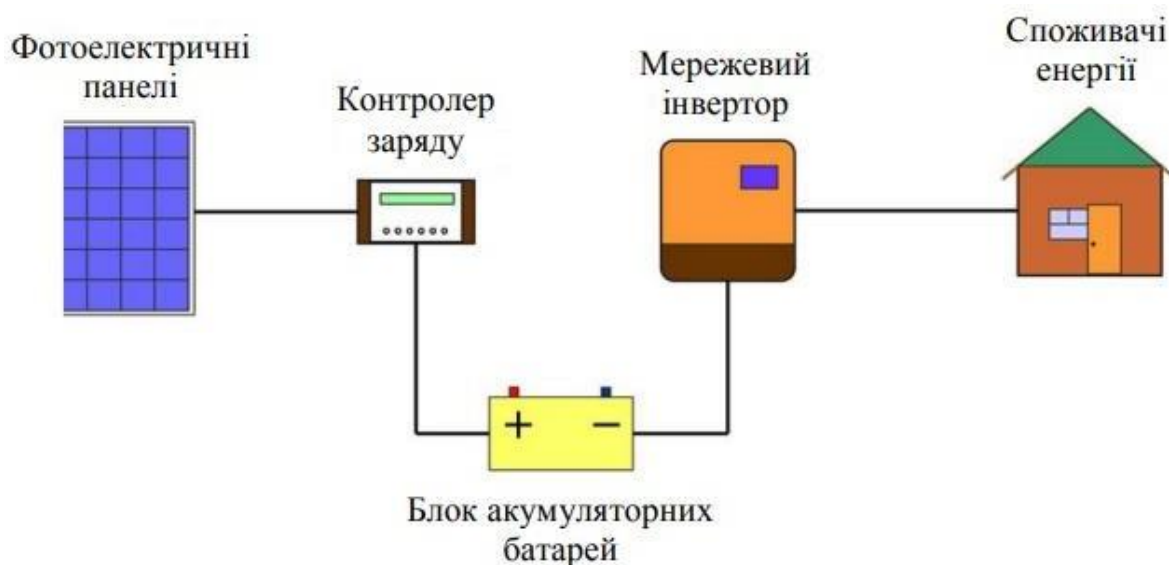


Рисунок 2.4 — Незалежна схема підключення фото-електричних станцій

Електроенергія, вироблена на такій установці, зберігається в акумуляторах. і використовується вночі або в періоди слабкого сонячного випромінювання. Важливо, щоб сонячна енергія одночасно забезпечувала живлення навантажень та заряд акумулятора.

Схема on-grid, що зображена на рисунку 2.5, не лише постачають електроенергію до споживачів, але й можуть продавати надлишок електроенергії в центральну мережу за «зеленими» цінами.

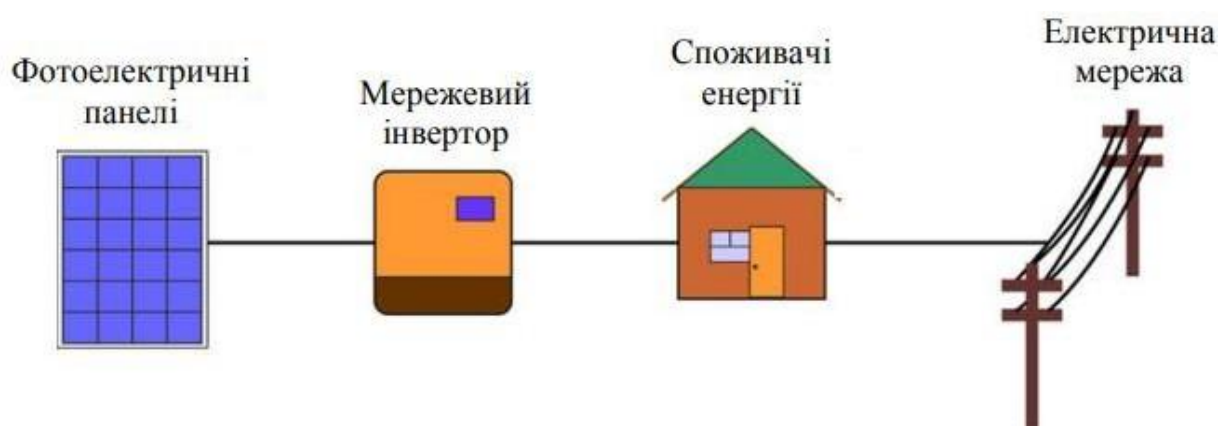


Рисунок 2.5 — Схема мережевого підключення

Для цього типу сонячної системи не потрібно накопичувати енергію в акумуляторах. Всю електроенергію негайно віддають (продають) в мережу за

«зеленим» тарифом, а навантаження живлять від централізованої мережі. Кількість переданої електроенергії та кількість отриманої від мережі вимірюють окремо. Для домогосподарств, що оформляють «зелений» тариф, існують два обмеження: сонячні панелі мають бути встановлені на даху або інших частинах будівель (не на землі), а їх загальна потужність не повинна перевищувати 30 кВт.

Резервне живлення, яке показано на рисунку 2.6, застосовують у випадках можливої ненадійності роботи централізованої електромережі, наприклад, у разі, якщо якість енергії відхиляється від стандартну або можливих відключень.

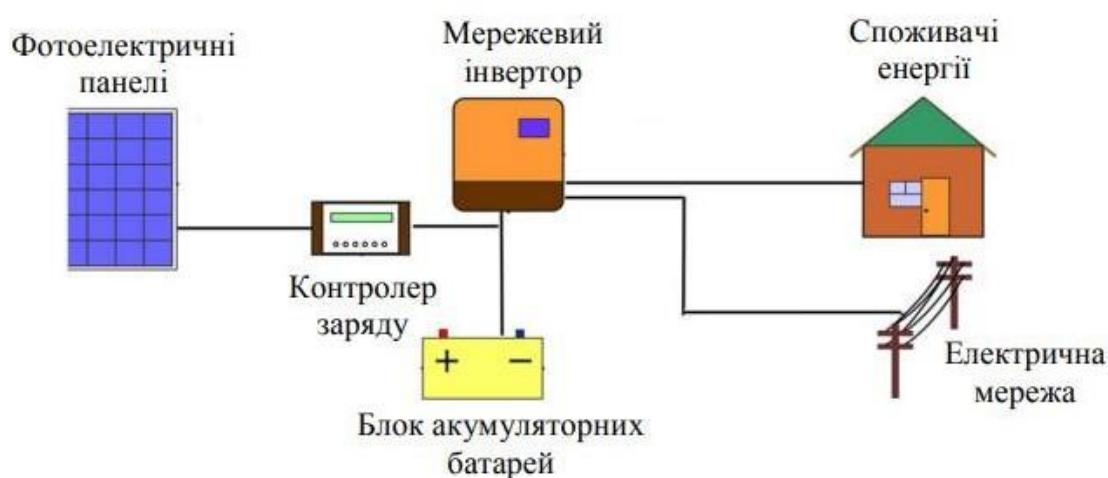


Рисунок 2.6 — Схема резервного живлення

До інвертора підключають усі джерела живлення, включаючи центральну електромережу, фотоелектричні панелі і в деяких випадках резервні генератори (дизельні електростанції або бензинові генератори). У більшості випадків фотоелектричні панелі є основним джерелом живлення в таких схемах.

У випадку відключення електромережі або недостатньої напруги в мережі, навантаження заживлюючи фото-електричні системи або акумулятори. Резервні фото-електричні станції призначені для живлення критичних споживачів, таких як освітлення, персональні комп'ютери, телекомунікаційне обладнання тощо.

Окрім забезпечення безперебійного постачання електроенергії, ця схема також дає змогу надсилати надлишок виробленої електроенергії в мережу (продавати за «зеленими» цінами) у випадку, якщо фото-електрична станція

виробляє більше електроенергії, ніж потрібно для поточного навантаження, а акумулятори повністю заряджені.

У нашому випадку будемо використовувати схему резервного живлення аварійного освітлення корпусу, а також для деяких розеток та Wi-Fi.

Аварійне освітлення — освітлення, передбачене для використання в разі відключення електроенергії на робочому джерелі освітлення.

Відповідно до ДБН В.2.5.28-2018 розрізняють такі види аварійного освітлення:

- антипанічне освітлення — різновид евакуаційного освітлення що запобігає паніці та надає безпечний доступ до шляхів евакуації;
- аварійне освітлення в приміщеннях, з підвищеною небезпекою — це різновид аварійного освітлення приміщень з підвищеною небезпекою, який забезпечує безпеку осіб, зайнятих на роботах з підвищеною небезпекою, і дає можливість безпечно завершити процедури відключення обладнання, тим самим запобігаючи ризику заподіяння шкоди життю чи здоров'ю інших осіб, що перебувають у приміщенні;
- постійне додаткове штучне освітлення (на об'єкті) — різновид освітлення, яке підсилює природне освітлення, там де природне освітлення є слабким або невідповідним;
- евакуаційне освітлення — це частка аварійного освітлення, яка забезпечує впевненість розпізнавати і ефективно використовувати шляхи евакуації.

У зазначеній будівлі будемо використовувати евакуаційне освітлення з функцією постійного додаткового освітлення.

Згідно з проектом будівлі (див. додаток А) таке освітлення передбачено на всіх поверхах та у підвалі, який може бути використано як найпростіше укриття під час повітряної тривоги.

Живлення аварійного освітлення передбачено від двох електрощитів ЩАО-0.1 та ЩАО-1. Схеми щитів наведено на рисунках 2.7 та 2.8.

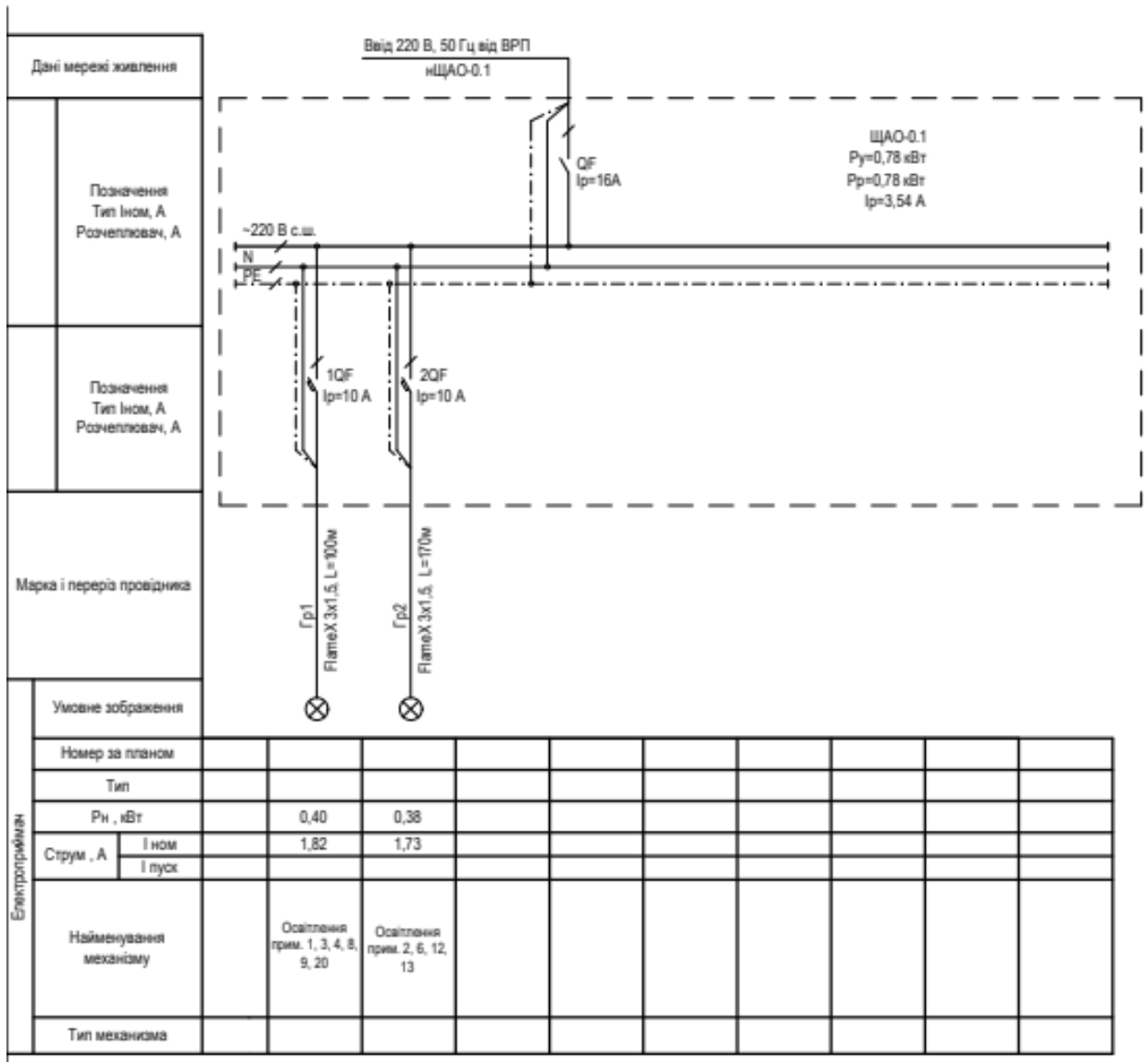


Рисунок 2.7 — Схема щита ЩАО-01

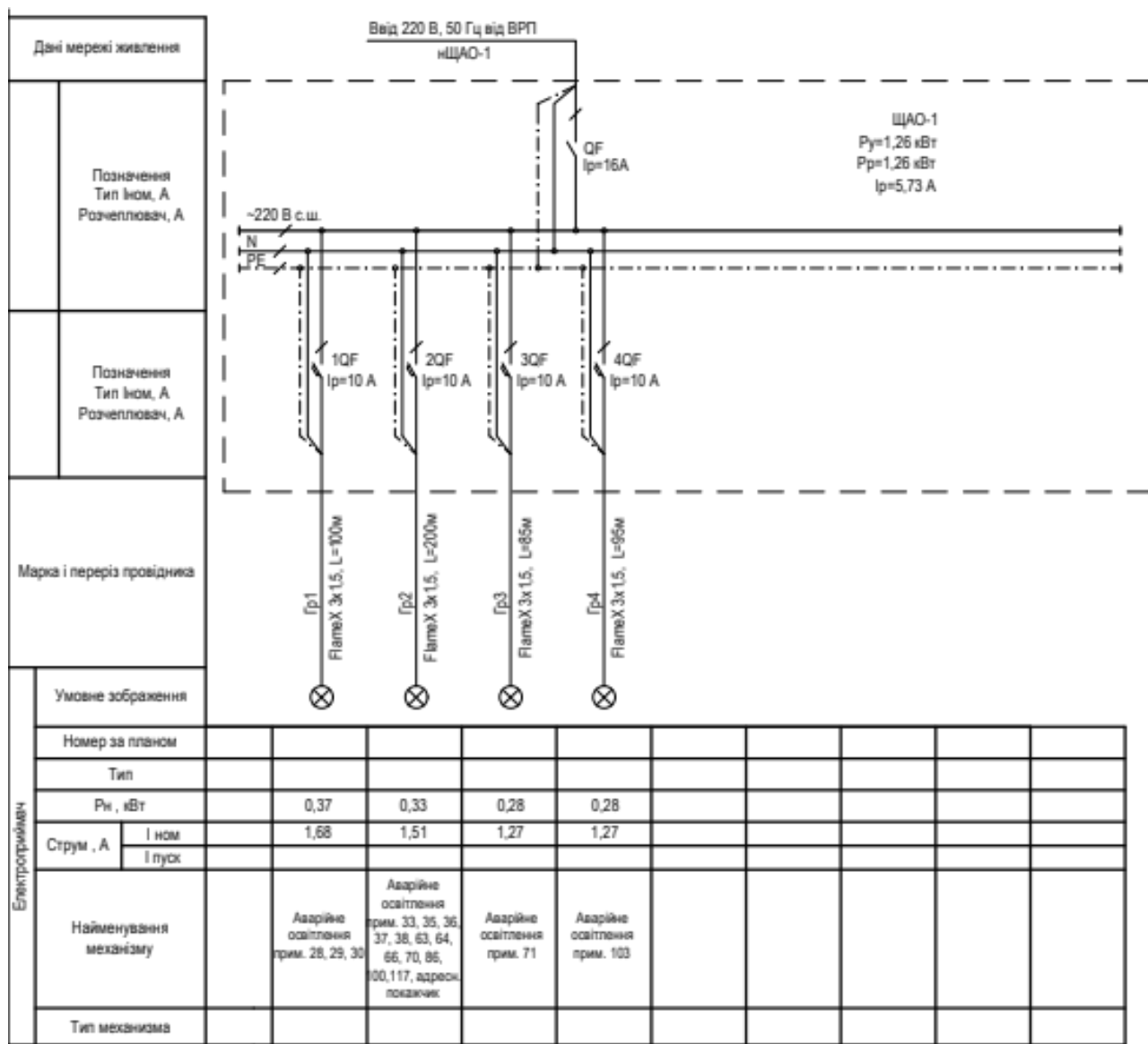


Рисунок 2.8 — Схема щита ЩАО-1

Згідно з схемою щитів, електрична потужність аварійного освітлення складає 2,03 кВт. Час евакуації може тривати до 30 хвилин. Відповідно стільки ж повинно працювати освітлення.

## 2.2 Розрахунок і аналіз основних параметрів фото-електростанції

Розрахунок основних параметрів фото-електричної станції складається з таких етапів:

- визначення споживаної енергії та вибір інвертора;
- розрахунок ємності акумуляторної батареї та їх кількості;
- розрахунок потрібного числа сонячних панелей;
- оцінка енергоспоживання та потужності інвертора.

### 2.2.1 Вибір інвертора

При виборі інвертора для використання у цій системи були враховані наступні характеристики: простота конструкції, надійність, зручність в експлуатації і прийнятна ціна, а також висока точність підтримки частоти і вихідної напруги, велика навантажувальна здатність і синусоїдальна вихідна напруга. Відповідно до рисунків 2.7 та 2.8 електрична потужність складає 2,03 кВт. Тому слід обрати інвертор із резервом по потужності 3 кВт.

За номіналом потужності 2,03кВт обираємо гібридний інвертор MUST PV18-3024VPM. Його характеристики наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Характеристика гібридного інвертора MUST PV18-3024VPM

Номінальна напруга батареї, В	24
Номінальна потужність, Вт	3000
Пікова потужність, Вт	6000
Форма хвилі	синусоїда

Продовження таблиці 2.1

Коригування напруги змінного струму (Batt.Mode)	230 В по змінному струму $\pm 5\%$
Вихідна частота, Гц	60 або 50
Ефективність інвертора (макс.), %	98
Номінальна вхідна напруга змінного струму, В	230
Максимальна вхідна напруга, змінного струму, В	280
Пікова напруга холостого ходу фотоелектричної матриці, В	145
Пікова потужність фотоелектричної матриці, Вт	3000
Напруга відкритого кола фотоелектричної матриці для постійного струму, В	30 ... 120
Струм заряду від сонячної станції, А	60
Піковий сумарний струм заряду, А	80
Алгоритм зарядки	4-ступінчатий
Ширина, мм	272
Висота, мм	355
Глибина, мм	100
Вага, кг	7,4
Робоча температура, °С	0...50
Робота без акумулятора	ні
Функція On-Grid	ні
Функція комбінування	так
Паралельне підключення	ні

Ключовими особливостями Must PV1800 є:

— високий ККД – 98%;

- чиста синусоїда на виході, що забезпечує надійну роботу електроприладів;
- РК-дисплей, який показує робочий стан, зарядку та несправності;
- можливість налаштування робочих режимів;
- інтелектуальний віддалений моніторинг через Wi-Fi (опціонально), USB, та RS485 порт;
- вбудований контролер MPPT 60A/80A, що підвищує ефективність панелей на 10-30%;
- можливість працювати як із сонячними панелями, так і без них;
- автоматичне перемикання живлення будівлі від електромережі або сонячних батарей, залежно від обставин та запрограмованого режиму;
- здатність працювати в автономному режимі, що дає змогу навантаженню переходити на живлення від АКБ, не залежачи від мережі та часу доби;
- функція запуску при низькій температурі;
- вмонтований захист від перевантаження, короткого замикання і глибокого розряду;
- легкий (7,4 кг) та компактний (272\*355\*100 мм), робоча температура від 0 °C до 50 °C.

На рисунку 2.9 можна побачити як виглядає сам інвертор.



Рисунок 2.9 — Зовнішній вигляд інвертора MUST PV18-3024VPM

Проведемо розрахунок навантажень змінного струму та обсягу споживаної енергії: Згідно з рисунками 2.7 та 2.8 електрична потужність становить 2,03 кВт і кількість робочих годин складає 35 годин на 5 робочих днів на тиждень. Помножимо потужність на кількість робочих годин і отримаємо сумарне навантаження змінного струму на тиждень  $W_{\text{змін}}$ :

$$W_{\text{змін}} = P_{\text{сп}} \cdot Hd \cdot Dt \quad (2.1)$$

де  $P_{\text{сп}}$  — споживана електрична потужність, Вт;

$Hd$  — кількість робочих годин на добу;

$Dt$  — кількість робочих днів на тиждень.

$$W_{\text{змін}} = 2030 \cdot 7 \cdot 5 = 71050 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}$$

Для визначення потрібної кількості енергії  $W_{\text{потр}}$  постійного струму на тиждень сумарне навантаження змінного струму множимо на коефіцієнт  $k=1,2$ , що враховує втрати енергії в інверторі:

$$W_{\text{потр}} = W_{\text{змін}} \cdot k \quad (2.2)$$

$$W_{\text{потр}} = 71050 \cdot 1,2 = 85260 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}$$

Вхідна напруга інвертора від акумулятора  $U_{\text{інв.бат}}$  становить 24 В. Кількість Ампер-годин  $q_{5\text{днів}}^{\text{змін}}$  забезпечення навантаження змінного струму на 5 днів визначається за формулою:

$$q_{5\text{днів}}^{\text{змін}} = \frac{W_{\text{потр}}}{U_{\text{інв.бат}}} \quad (2.3)$$

$$q_{5\text{днів}}^{\text{змін}} = \frac{85260}{24} = 3552,5 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

Оскільки у будівлі відсутні споживачі постійного струму, сумарна споживана ємність А·год акумулятора, іншими словами обсяг А·год (Ампер-годин), спожитих за тиждень складає:

$$q_{5\text{днів}} = q_{5\text{днів}}^{\text{змін}} \quad (2.4)$$

$$q_{5\text{днів}} = 3552,5 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

Добове (7-ми годинне) значення споживаних А·год  $q_{7\text{год}}$ , визначається діленням  $q_{5\text{днів}}$  на 5 днів:

$$q_{7\text{год}} = \frac{q_{5\text{днів}}}{5} \quad (2.5)$$

$$q_{7\text{год}} = \frac{370}{5} = 710,5 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

### 2.2.2 Розрахунок ємності акумуляторної батареї та кількості акумуляторів

Розрахунок максимальної число неперервних "безсонячних днів"  $N_{\text{бс}}$  виявляє період часу, коли сонячної енергії не вистачає для електропостачання через несприятливі погодні умови або хмарність. Це значення вибирають, орієнтуючись

на режим експлуатації системи та використовуючи дані наведені в таблиці Б.1 (додаток Б).

Для безперервної роботи сонячної системи з резервним джерелом енергії (наприклад, при підключенні до загальної мережі) можна встановити мінімальну кількість днів без сонячного світла — 1. Подібний підхід дає змогу зменшити витрати, оскільки підзарядка від резервного джерела доступна в будь-який момент. Водночас цей параметр може дорівнювати тривалості періоду, протягом якого акумуляторні батареї повинні забезпечувати живлення навантаження автономно, без додаткової підзарядки.

Припускаємо, що максимальна кількість послідовних "днів без сонця" визначається цілорічним режимом роботи та можливістю використання загальної енергосистеми. Це означає, що заряджання акумуляторних батарей може здійснюватися в будь-який час доби та в будь-який день року  $N_{bc} = 1$ .

Сумарна ємність акумуляторів  $q_N$ , враховуючи кількість днів без сонця:

$$q_N = q_{7\text{год}} \cdot N_{bc} \quad (2.6)$$

$$q_N = 710,5 \cdot 1 = 710,5 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

Обираємо літій-залізо-фосфатні акумуляторні батареї Cooli CL25.6-200. Його характеристики показані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Характеристики АКБ Cooli CL25.6-200

Виробник	Cooli
Тип акумулятора	LiFePO4 (літій-залізо-фосфатний)
Напруга, В	24
Ємність акумулятора, А*год	200
Глибина розрядження, %	80
Кількість циклів заряджання/розрядження	6000

Стандартна напруга заряджання, В	29,2
Максимальний струм заряджання, А	200
Напруга відсічення розряджання, В	20
Максимальний струм розряджання, А	200

Продовження таблиці 2.2

Потужність, кВт/год	5,12
Управління	BMS (battery management system — система управління акумулятором)
Ширина, мм	238
Висота, мм	220
Глибина, мм	522
Вага, кг	37
Ціна, грн.	32105

Обраний акумулятор оптимально підходить для систем альтернативного енергозабезпечення із напругою акумуляторного живлення 24 В. Незважаючи на порівняно доступну ціну, він вирізняється великою ємністю, великою кількістю циклів заряджання/розряджання та п'ятирічною гарантією. Окрім акумуляторів, компанія також виробляє інвертори та системи зберігання енергії.

Акумулятор має номінальну ємність ( $q_{\text{ном.АКБ}}$ ) 200 А·год і номінальну напругу ( $U_{\text{ном.АКБ}}$ ) 24 В, що робить його ефективним для використання в резервних системах живлення. Виробник заявляє кількість робочих циклів від 6000 за умови, якщо глибина розряджання не буде перевищувати 80%. Через зазначені характеристики АКБ Cooli CL25.6-200 можна вважати найкращим вибором для завдань енергозабезпечення.

Обраний акумулятор характеризується низьким рівнем саморозряджання. Тому згідно з рекомендаціями виробника його необхідно підзаряджати тричі на рік. Температурний діапазон від 15°C до 25°C є оптимальним для експлуатації цієї АКБ. За температури 20°C відбувається саморозряд лише 2% на місяць. Але при

підвищенні температури понад 20°C, швидкість саморозрядження збільшується удвічі із ростом температури кожні 10°C.

З таблиці 2.2 глибина допустимого розряду акумуляторної батареї становить 80%. Відповідно, коефіцієнт використання батареї визначається з урахуванням цього показника і дорівнює  $\gamma=0,8$ .

Заряд акумуляторної батареї з врахуванням глибини розряду  $q_\gamma$ :

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma} \quad (2.7)$$

$$q_\gamma = \frac{710,5}{0,8} = 888 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

Коефіцієнт  $\alpha$  обирається з таблиці Б.2 (додаток Б) і враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні, де встановлені акумуляторні батареї. Зазвичай його обирають для середньої температури зимового періоду в приміщенні. Цей коефіцієнт враховує зниження ємності батареї при зниженні температури.

Вибираємо з таблиці Б.2 (додаток Б) коефіцієнт, що враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні, де розташовані акумуляторні батареї. Якщо батареї встановлені в будівлі, при температурі 15,6°C, температурний коефіцієнт для акумуляторної батареї становить  $\alpha = 1,11$ .

Загальна необхідна ємність акумуляторних батарей становить:

$$q_{\text{загал}} = q_\gamma \cdot \alpha \quad (2.8)$$

$$q_{\text{загал}} = 888 \cdot 1,11 = 986 \text{ (А} \cdot \text{год)}$$

Номинальна напруга АКБ  $U_{\text{ном акб}} = 24 \text{ В}$ , ємність  $q_{\text{ном акб}} = 200 \text{ А} \cdot \text{год}$ .

Знайдемо відношення номінальної напруги постійного струму системи  $U_{\text{інв.бат}}$ , на номінальну напругу акумуляторної батареї  $U_{\text{ном акб}}$  (24 В) закруглимо отримане значення до найближчого більшого цілого. Результат визначить кількість послідовно з'єднаних батарей:

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{інв.бат}}}{U_{\text{ном акб}}} \quad (2.9)$$

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{24}{24} = 1 \text{ (шт)}$$

де  $U_{\text{інв.бат}}$  — номінальна вхідна напруга інвертора від акумулятора, В.

Щоб розрахувати кількість батарей, які необхідно з'єднати паралельно, розділимо загальну необхідну ємність акумуляторних батарей  $q_{\text{загал}}$  на номінальну ємність обраної батареї  $q_{\text{ном.АКБ}}$ . Одержане число заокруглимо до найближчого більшого цілого.

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{загал}}}{q_{\text{ном.АКБ}}} \quad (2.10)$$

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{986}{200} = 5 \text{ (шт)}$$

Обчислимо потрібну кількість батарей

$$N^{\text{АКБ}} = N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} \cdot N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} \quad (2.11)$$

$$N^{\text{АКБ}} = 1 \cdot 5 = 5 \text{ (шт)}$$

Вартість однієї АКБ становить 32105 грн. Проведемо розрахунок загальних капітальних витрат на акумуляторні батареї:

$$K = N^{\text{АКБ}} \cdot C \quad (2.12)$$

де  $C$ - ціна за одну АКБ, грн.

$$K = 5 \cdot 32105 = 160530 \text{ (грн.)}$$

### 2.2.3 Розрахунок потрібного числа сонячних панелей

Щоб визначити кількість пікових сонячних годин, необхідно знати середньомісячну сонячну радіацію в Полтаві.

Коли сонячні панелі розташовані під кутом  $\beta$  до горизонту, потрібно перевести сонячне випромінювання з горизонтальної площини на нахилу. Для цього необхідно знати значення широти регіону, кут нахилу панелі, кут між горизонтальною та похилою площинами, коефіцієнт перерахунку, значення сонячної енергії, яку отримує горизонтальна площа, альbedo поверхні землі, середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямої сонячної радіації і кількість годин сонячного саява.

Якщо сонячні панелі розміщені таким чином, що утворюють з горизонтом кут  $\beta$ , то середньомісячна добова сумарна кількість сонячної енергії, що потрапляє на похилу поверхню  $E_H$ , може бути визначена за формулою:

$$E_H = R \cdot E, \quad (2.13)$$

де  $E$  — середньомісячна сумарна кількість сонячної енергії, що поступає на горизонтальну площину упродовж доби;

$R$  — співвідношення середньомісячної денної кількості сонячної радіації, яка потрапляє на похилу поверхню у порівнянні з горизонтальною поверхнею.

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної площини на похилу орієнтовану на південь становить суму трьох компонентів: прямого, розсіяного та відбитого сонячного випромінювання:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (2.14)$$

де  $E_p$  — середньомісячне значення дифузної (розсіяної) сонячної радіації, що падає на горизонтальну площину упродовж доби, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$\frac{E_p}{E}$  — середньомісячна добова частина дифузної (розсіяної) сонячної радіації, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$R_n$  — середньомісячний коефіцієнт перерахунку для прямого сонячного випромінювання з горизонтальних і похилих поверхонь;

$\beta$  — кут нахилу поверхні сонячної панелі відносно горизонтальної лінії;

$\rho$  — коефіцієнт відбиття (альbedo) земної поверхні та оточуючих об'єктів зазвичай становить 0,7 взимку і 0,2 влітку.

Формула середньомісячного коефіцієнту перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу площину  $R_n$ :

$$R_n = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_{zn} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{zn} \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin\phi \cdot \sin\delta} \quad (2.15)$$

де  $\phi$  — широта регіону, град.;

$\beta$  — кут нахилу площини сонячної панелі відносно горизонту, град.;

$\delta$  — екваторіальна широта Сонця, град.

Екваторіальна широта Сонця — це кут між лінією, що поєднує центр Землі і Сонце, та її проекцією на екваторіальну площину. Граничне значення схилення Сонця становить  $23^{\circ}27'$  або  $23,45^{\circ}$ . Для певного дня року схилення Сонця обчислюємо за формулою 2.16.

$$\delta = 23,45^{\circ} \cdot \sin\left(360^{\circ} \cdot \frac{284+n}{365}\right) \quad (2.16)$$

де  $n$  — порядковий номер дня, відрахований від 1 січня.

Значення  $\delta$ , розраховані в середній день кожного місяця року, занотуємо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 — Схилення сонця по місяцях року

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$n$	16	45	75	105	136	166	197	228	258	289	319	350
$\delta, ^{\circ}$	-21,1	-13,6	-2,4	9,4	19	23,3	21,4	13,5	2,2	-10	-19,1	-23,4

Кут часу заходу (сходу) Сонця відносно горизонтальної площини  $\omega_3$ :

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg}\delta) \quad (2.17)$$

де  $\phi$  — широта регіону, град. ( $49^{\circ}$  для Полтави);

$\delta$  — схилення Сонця, град.

Для січня одержимо:

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg} 49^{\circ} \cdot \operatorname{tg}(-21,1^{\circ})) = 63,65^{\circ}$$

Кут часу заходу Сонця для похилої площини з орієнтуванням на південь:

$$\omega_{\text{зн}} = \arccos[-\text{tg}(\phi - \beta) \cdot \text{tg}\delta] \quad (2.18)$$

Вироблення електроенергії сонячною фотоелектричною батареєю (СБ) спирається на кут падіння сонячного світла на її поверхню. Максимальна ефективність досягається, коли світло падає перпендикулярно до поверхні панелі (кут падіння становить  $0^\circ$ ). При зміні цього кута частина променів відбивається, а не поглинається, що призводить до зниження продуктивності системи.

Взимку рівень сонячної радіації суттєво знижується через коротку тривалість світлового дня, велику кількість похмурих днів і низьке положення Сонця над горизонтом.

Дифузна сонячна радіація (відношення усередненої за січень дифузної сонячної радіації до сумарної сонячної радіації),  $\frac{E_p}{E} = 0,62$ ;

- коефіцієнт відбиття (альbedo) земної поверхні і оточуючих об'єктів, як правило приймають рівним  $\rho = 0,7$  для зими;
- кут між лінією, яка проходить через центри Землі та Сонця, а також її проекцією на екваторіальну площину становить мінус  $21,1$  градуси;
- кут часу заходу (сходу) Сонця для горизонтальної площини =  $63,65$  градусів;
- широта регіону становить  $49$  градусів;

Для визначення найбільш відповідного кута нахилу сонячної панелі, що забезпечить максимально можливе в заданих умовах співвідношення середньомісячної денної кількості сонячного випромінення, яка надходить на нахилену та горизонтальну поверхні, побудовано графік відповідної залежності (рисунок 2.10).

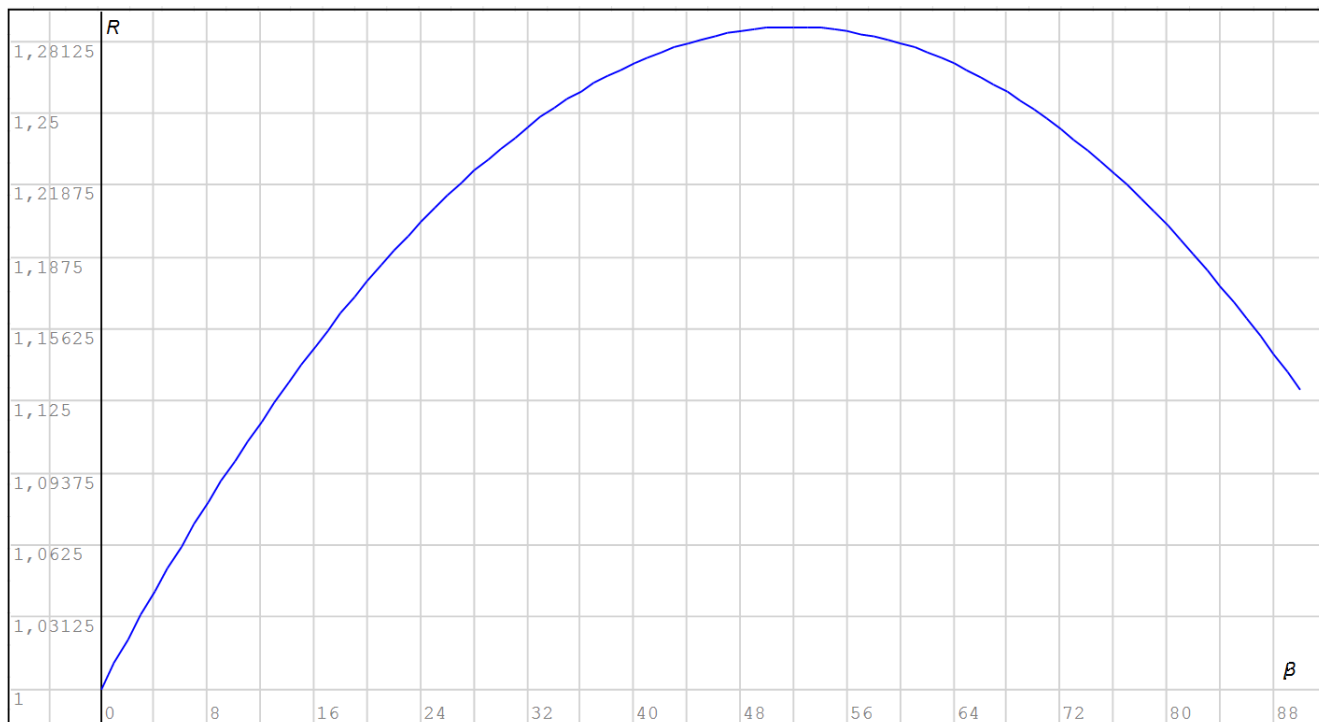


Рисунок 2.10 — Залежність співвідношення середньомісячного денного числа сонячної радіації, яка надходить на нахилену та горизонтальну поверхні, від кута нахилу сонячної панелі

Аналіз в обчислювальному середовищі показав, що при куті нахилу сонячної панелі  $52^\circ$  досягаємо максимально можливого в заданих умовах співвідношення середньомісячної денного числа сонячної радіації, яка надходить на нахилену та горизонтальну поверхні.

За формулою (2.18) обчислюємо кут часу заходу Сонця для похилої площини орієнтовану на південь:

$$\omega_{\text{зН}} = \arccos(-\tan(49^\circ - 52^\circ) \cdot \tan(-21,1^\circ)) = 91,16^\circ$$

Середньомісячний коефіцієнт перетворення для прямого сонячного випромінювання від горизонтальних і похилих поверхонь тепер можна розрахувати за допомогою рівняння (2.15):

$$R_{\text{п}} =$$

$$= \frac{\cos(49^\circ - 52^\circ) \cdot \cos(-21,1^\circ) \cdot \sin 91,16^\circ + \frac{\pi}{180} \cdot 91,16^\circ \cdot \sin(49^\circ - 52^\circ) \cdot \sin(-21,1^\circ)}{\cos 49^\circ \cdot \cos(-21,1^\circ) \cdot \sin 63,65^\circ + \frac{\pi}{180} \cdot 63,65^\circ \cdot \sin 49^\circ \cdot \sin(-21,1^\circ)} =$$

$$= 1,715$$

Використаємо рівняння (2.14) для знаходження коефіцієнта перерахунку з горизонтальної площини на похилу площину, орієнтовану на південь.:

$$R = (1 - 0,62) \cdot 1,715 + 0,62 \cdot \frac{1 + \cos 52^\circ}{2} + 0,7 \cdot \frac{1 - \cos 52^\circ}{2} = 1,2873$$

Найменше середньомісячне значення сонячної радіації для міста Полтава (широта  $49^\circ$ ) становить  $P_{\text{сум.випром.}} = 16,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$  (за грудень).

Розділимо середньомісячне значення  $P_{\text{сум.випром.}}$  для найгіршого місяця на кількість днів у цьому місяці і помножимо на середньомісячну радіацію, отриману похилою і горизонтальною площинами. Визначимо середньомісячну кількість годин з найбільшою кількістю сонячного світла, яка використовується для розрахунку сонячної панелі (СП).:

$$i_{\text{пik.год}} = \frac{(P_{\text{сум.випром.}} \cdot R)}{n_{\text{днів}}} \quad (2.19)$$

$$i_{\text{пik.год}} = \frac{(16,9 \cdot 1,2873)}{31} = 0,7$$

Для кожного місяця року отримаємо:

$$\text{Січень } i_{\text{пik.год}} = 1,52 ;$$

$$\text{Лютий } i_{\text{пik.год}} = 2,84 ;$$

$$\text{Березень } i_{\text{пik.год}} = 3,85 ;$$

$$\text{Квітень } i_{\text{пik.год}} = 4,84 ;$$

$$\text{Травень } i_{\text{пik.год}} = 5,22 ;$$

Червень  $i_{\text{пiк.год.}} = 5,94$  ;

Липень  $i_{\text{пiк.год.}} = 5,9$  ;

Серпень  $i_{\text{пiк.год.}} = 5,83$  ;

Вересень  $i_{\text{пiк.год.}} = 4,72$  ;

Жовтень  $i_{\text{пiк.год.}} = 3,41$  ;

Листопад  $i_{\text{пiк.год.}} = 1,28$  ;

Грудень  $i_{\text{пiк.год.}} = 0,7$

Розрахунок за допомогою онлайн калькулятора дає такий самий результат.

#### 2.2.4 Вибір сонячних панелей та основного обладнання для системи електроживлення з акумуляторними батареями

Аби вибрати сонячні батареї, спочатку потрібно визначити, який тип буде найбільш доцільним для нашого проєкту. Виділяють три ключових типи сонячних панелей.

Монокристалічні кремнієві пластини відзначаються найвищою ефективністю і компактністю, займаючи менше місця на даху. Однак, вони є найдорожчим варіантом серед усіх типів сонячних панелей.

Полікристалічні сонячні панелі, вироблені з полікристалічного кремнію, є достатньо ефективними та менш витратними у порівнянні з монокристалічними панелями. Останні розробки в технології виробництва полікристалічних панелей зробили ці модулі більш схожими на монокристалічні за розміром та ефективністю. Полікристалічні комірки наразі стандартизовані на європейському ринку.

Найдешевшими є сонячні батареї на основі тонкоплівкового кремнію, але вони також найменш ефективні. Це вказує на те, що для розміщення таких панелей

необхідно більше площі, а виробництво енергії на квадратний метр у них менше в порівнянні з попередніми двома типами батарей

Найбільше ситуацій заради домашніх сонячних енергетичних систем рекомендовано використовувати якісні полікристалічні сонячні панелі.

Довговічність і надійність сонячних панелей є важливими аспектами з кількох причин. По-перше, якщо сонячна панель має гарантійний термін лише 10 років, вона повинна генерувати достатньо енергії, щоб виправдати свої витрати протягом цього періоду. Високоякісні сонячні панелі повинні мати гарантію не менше 25 років. Під час вибору слід віддавати перевагу панелям від виробників з добре відомими брендами, а не невідомим компаніям, які можуть раптово зникнути.

Обираємо сонячну батарею Longi Solar LR5-54НІН-410М.

Таблиця 2.4 Характеристики сонячної батареї Longi Solar LR5-54НІН-410М

Номінальна потужність, (Вт) $P_{\text{НОМ}}^{\text{СБ}}$	410
Тип кристалу	монокристал
Номінальна напруга, (В) $U_{\text{НОМ}}^{\text{СБ}}$	24
Напруга при максимальній потужності, (В)	31,25
Струм при максимальній потужності, (А)	13,12
Напруга холостого ходу, (В)	37,25
Струм короткого замикання $I_{\text{к.з}}$ , (А)	13,88
Ширина (мм)	1722
Висота (мм)	1134
Глибина (мм)	30
Матеріал рами	Анодований алюміній
Вага, (кг)	20,8

Площа сонячної батареї (S) становить 1,95 м<sup>2</sup>.

Ефективність монокристалічного сонячного елемента LR5-54НН-410М була збільшена до 21%. Така висока ефективність досягається завдяки монокристалічній структурі напіврозрізаних кремнієвих елементів і вдосконаленій конструкції модуля. Для підвищення ефективності були використані наступні технології.:

- галієві добавки M10;
- інтегровані роздільні смуги;
- збільшена кількість сполучних шин між комірками.

Сонячні панелі можна застосувати в будь-якому регіоні, оскільки вони адаптуються до суворих умов довкілля і стійкі до механічних пошкоджень. Панелі устатковані міцною рамою із анодованого алюмінія товщиною 35 мм та ударостійким загартованим склом для захисту від ударів і граду, а також витримують вітрове і снігове навантаження рівня 2400 Па і 5400 Па відповідно.

Головними перевагами сонячної панелі від Longi Solar наступні:

- високий рівень ефективності — 21%. Модель демонструє високу ефективність навіть при низькій освітленості та мінусових температурах;
- позитивне відхилення потужності — макс. 5 Вт;
- вкрай повільне падіння потужності. Завдяки технології LID Mono PERC падіння потужності становить до 2% в перший рік. З 2 по 25 рік експлуатації падіння потужності не перевищує 0,55%. Виробник гарантує підтримку потужності на рівні 84,5% до 25 років;
- легка вага. Панель важить всього 20 кг, що дуже мало для моделі такої потужності. Завдяки цьому вона підходить для розміщення на різних типах дахів;

Панелі виробляються згідно вимог стандартів IEC 61215, IEC 61730.

Для живлення інвертора встановлено понижуючий стабілізатор напруги, який встановлює мінімальну вихідну напругу сонячної панелі  $U_{\text{мін}}^{\text{СВ}} = 24\text{В}$ . Це забезпечує стабільність роботи енергосистеми при низькій інтенсивності сонячного випромінювання. На рисунку 2.11 показано зовнішній вигляд сонячних панелей.

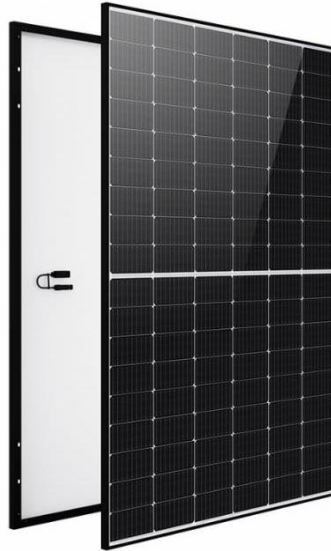


Рисунок 2.11 — Зовнішній вигляд LR5-54НПН-410М

Розділимо  $q_{7\text{год}}$  на число пікових сонце-годин для нашого регіону  $i$  в результаті знайдемо значення струму, який повинні виорбляти сонячні панелі:

$$I^{\text{СБ}} = \frac{q_{7\text{год}}}{i} \quad (2.20)$$

де  $i$  — число пікових сонце-годин.

$$I^{\text{СБ}} = \frac{710,5}{0,7} = 42,3 \text{ А.}$$

Загальна кількість сонячних панелей розраховується за такою формулою:

$$N^{\text{СБ}} = \frac{I^{\text{СБ}} \cdot U_{\text{інв}}}{P_{\text{НОМ}}^{\text{СБ}}} \quad (2.21)$$

де  $P_{\text{НОМ}}^{\text{СБ}}$  - номінальна потужність сонячних панелей, Вт.

$$N^{\text{СБ}} = \frac{42,3 \cdot 230}{410} = 24 \text{ шт.}$$

Щоб розрахувати кількість модулів, які з'єднані послідовно, беремо відношення напруги постійного струму системи  $U_{\text{інв}}$  до номінальної напруги сонячної панелі (24В):

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}^{\text{СБ}}} \quad (2.22)$$

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{230}{24} \approx 10 \text{ шт.}$$

Кількість модулів під'єднаних паралельно:

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{N^{\text{СБ}}}{N_{\text{посл}}^{\text{СБ}}} \quad (2.23)$$

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{24}{10} \approx 3 \text{ шт.}$$

Де  $N_{\text{пар}}^{\text{СБ}}$  — число паралельно під'єднаних модулів, шт.

Сумарне число потрібних фотоелектричних модулів становить:

$$N^{\text{СБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} \cdot N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} \quad (2.24)$$

$$N^{\text{СБ}} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ шт.}$$

Розрахунок площі сонячних панелей виконується наступним чином:

$$S^{\text{СБ}} = N^{\text{СБ}} \cdot S_1^{\text{СБ}} \quad (2.25)$$

де  $S_1^{\text{СБ}}$  - площа однієї сонячної батареї, м<sup>2</sup>.

$$S^{CB} = 30 \cdot 1,95 = 58,5 \text{ м}^2$$

Будівля, енергопостачання якого заплановано в проєкті володіє площею, допустимою для встановлення сонячних панелей в 58,5 м<sup>2</sup>.

### 2.2.5 Розрахунок та вибір дротових ліній

Січення дротів у виробничій мережі обирають на основі нагрівання від тривалого розрахункового струму за певними умовами:

$$I_p \leq I_{\text{трив.доп.}} \quad (2.26)$$

де  $I_p$  — розрахунковий струм, А;

$I_{\text{трив.доп.}}$  — тривалий допустимий струм заданого перетину, А.

$$I_p = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \quad (2.27)$$

де  $P_{\text{ном}}$  — номінальна потужність електроприймача, кВт;

$\cos \varphi$  — номінальний коефіцієнт потужності електроприймача.

Враховуючи, що сонячні батареї будуть підключені у 10 послідовних групах по 3 паралельно, тому потужність для однієї групи складатиме:

$$P_{\text{ном}} = n_{\text{ел.групи}} \cdot U_{\text{групи}} \cdot I_{\text{групи}} \quad (2.28)$$

$$P_{\text{ном1}} = 3 \cdot 24 \cdot 13,12 = 0,944 \text{ кВт.}$$

де  $n_{\text{ел.групи}}$  — кількість елементів у групі, шт;

$I_{\text{групи}}$  — струм сонячної батареї, А;

$U_{\text{групи}}$  — напруга сонячної батареї, В.

Струм для однієї з груп дорівнює:

$$I_p = \frac{944}{24} = 39,36 \text{ А.}$$

Обираємо дріт перетином 6 мм<sup>2</sup>.

## 2.2.6 Перевірка дроту за втратою напруги

Проведемо перевірку кабелів щодо втрати напруги. Втрата напруги в кабелях має бути не більше  $\pm 5\%$  від номінальної напруги  $U_{\text{НОМ}}$ :

$$\Delta U = I_{\text{НОМ}} \cdot l \cdot r_0 \quad (2.29)$$

де  $I$  — струм номінальний електроприймача, А;

$l$  — довжина кабельної лінії, м;

$r_0$  — погонний активний опір дроту, Ом/м.

$$r_0 = 0,00755;$$

$$\Delta U = 39,36 \cdot 20 \cdot 0,00755 = 5,94 \text{ В}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100, \% \quad (2.30)$$

$$\Delta U\% = \frac{5,94}{230} \cdot 100 = 2,6 \%$$

Кабель перерізом 6 мм<sup>2</sup> перевірку пройшов.

## 2.2.6 Вибір контролера заряду

Обираємо контролер заряду для сонячних панелей марки PVSC70A (70A 12/24В). Цей контролер заряду забезпечує автоматичне керування процесами заряду та розряду акумуляторів. Він запобігає як перезаряду, так і глибокому розряду, що може негативно вплинути на працездатність акумуляторів. Контролер автоматично визначає напругу підключених акумуляторів та адаптується до неї. Тип акумуляторів можна обрати та налаштувати через відповідні параметри.

Особливостями контролера заряду є:

- графічний РК-дисплей;
- простий інтерфейс для користування;
- дві кнопки управління;
- налаштування користувачем параметрів заряду та розряду акумулятора (гнучке налаштування системи);
- кнопка для ручного керування підключенням навантаження до електричного кола;
- захист акумулятора від глибокого розряду (перерозряду);
- захист від перевантажень і короткого замикання на виході;
- захист у разі розриву електричного кола;
- захист від неправильної полярності підключення;
- два USB-порти для заряджання мобільних пристроїв і планшетів з вихідним струмом по 2.1 А кожен;
- можливість налаштування режимів роботи навантаження.

В таблиці 2.5 наведено технічні характеристики контролера заряду PVSC70A (70A 12/24В).

Таблиця 2.5 Технічні характеристики контролера заряду PVSC70A (70A 12/24В)

Модель	PVSC70A
Матеріал корпусу	пластик
Дисплей	рідкокристалічний
Номинальна робоча напруга, В	12/24
Максимальний струм заряду, А	70
Власне споживання (без навантаження), мА	<10
Температурна компенсація, мВ/°С/комірку	-3
Падіння напруги, мВ	<200
Робоча температура, °С	-20 — +55
Вихід USB (2 шт), А	2,1А
Ступінь захисту	IP32
Довжина, мм	210
Ширина, мм	192
Товщина, мм	53

### **3 ОГЛЯД ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС МОНТАЖНИХ РОБІТ ТА В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

Об'єктом проєктування є мережа електропостачання аварійного освітлення навчального корпусу №7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Постачальниками живлення є сонячні панелі у комплексі з інвертором, акумуляторною батареєю та електричною мережею загального призначення. Обладнання розташоване у відкритому просторі: сонячні панелі змонтовані на даху будівлі. Обладнання не виділяє шкідливих газів та випарів, не створює шуму та вібрацій.

Електромережа працює при напрузі 230 В з промисловою частотою 50 Гц, тому джерела високих частот (ВЧ) та надвисокочастотного діапазону (НВЧ) відсутні. Небезпека ураження електричним струмом при напрузі 230 В існує при контакті зі струмопровідними елементами або при одночасному дотику людини до металоконструкцій, що мають заземлення, з одного боку, та до металевих корпусів електрообладнання — з іншого.

Фотоелектричні або фотогальванічні системи поглинають енергію сонячного світла і перетворюють її на постійний струм. Для зберігання цієї енергії можна застосувати електрохімічні батареї або підключити системи напряму до домашньої електромережі.

За час монтажу та повсякденної експлуатації таких систем, включно із технічним обслуговуванням та ремонтом, важливо дотримуватися заходів безпеки. Це сприятиме уникненню травм та інших загроз для здоров'я, а також забезпечить ефективне використання сонячних панелей та батарей. Варто завжди пам'ятати про правила техніки безпеки.

Немає значення, чи підключати панелі один до одної, чи тільки інсталювати монтажний каркас. За браку уваги є можливість впасти з висоти, здобути травму або впустити конструкційні елементи, серйозно їх пошкодивши.

### 3.1 Оцінка місця встановлення сонячних панелей

Жоден будинок чи комерційний об'єкт не схожий один на другий. Перед тим як інсталиувати системи фото-панелей експерти мають відвідати ділянку і зробити оцінку. Вибір відповідних та ефективних інструментів для оцінки об'єкта відбувається наступним чином:

- пошук оптимальних місць для інсталиування панелей, інверторів, акумуляторів та інших систем з урахуванням досягнення ідеального балансу;
- ідентифікація можливих ризиків для безпеки, які можуть виникнути на об'єкті;
- розробка проекту майбутнього будівельного майданчика беручи до уваги розташування існуючих будівель та обладнання;
- аналіз кількості сонячної радіації і середньої температури щоб визначити можливість продуктивності системи;
- аналіз рахунків за комунальні послуги, зняття показань лічильників, оцінка потреб в електроенергії.

Усе обладнання, необхідне для роботи, має бути підготовлене та оцінене заздалегідь. Це необхідно для впевненості у його працездатності та функціональному стані перед переміщенням на робочий майданчик.

### 3.2 Сходи та їх безпека

Одним із найбільш поширених місць встановлення сонячних панелей є дах, що робить використання драбини обов'язковим для доступу до станції. Монтажник повинен обрати найкращу модель драбини для своєї роботи. Основні правила безпеки при цьому такі:

- достатня довжина(драбина повинна виступати не менше ніж на 90 см над сходинкою, на якій стоїть робітник. Це правило стосується ступінчастих, прямих або розсувних драбин. Монтажник має врахувати цю вимогу під час оцінки об'єкта);
- вибір розташування(драбини повинні бути розміщені на сухій і стійкій основі. Важливо, щоб вони не блокували дверні отвори, проходи або лінії електропередачі);
- вибір матеріалів (нині найчастіше використовують драбини з алюмінію чи сталі. Однак, при роботі на енергетичних об'єктах та поруч із лініями електропередачі, ці матеріали можуть бути небезпечними. Для того щоб забезпечити безпеку від ураження струмом, доцільно використовувати сходи з діелектричних матеріалів).

Завдяки простим, але важливим правилам безпеки можна уникнути нещасні випадки та гарантувати ефективну роботу в ході інсталювання сонячних панелей.

### 3.3 Падіння з висоти

Коли йдеться про дах, не слід забувати про можливість падіння з висоти. Падіння може відбутися не тільки з даху, а ще й зі сходів та інших місць на майданчику. Простір при встановленні сонячних панелей обмежений, а робота на висоті може бути дуже небезпечною..

Щоб уникнути нещасних випадків необхідно заздалегідь вивчити місце майбутніх робіт. Важливо видалити всі перепони з даху та на деякий час прикрити будь-які отвори на покрівлі або на рівні землі робочої ділянки.

У процесі роботи на висоті більш ніж півтора метра необхідна наявність бар'єрів по краях робочої зони. Робітники мають використовувати ремені безпеки та натягувати захисні сітки вздовж периметру робочої ділянки. Такий спосіб

допоможе мінімізувати ризики та забезпечить безпеку під час виконання робіт на висоті.

Для ефективного виконання робіт на висоті, необхідно проводити регулярні інструктажі з техніки безпеки та забезпечувати достатнє освітлення робочої зони. Також слід проводити регулярні перевірки справності захисного обладнання, такого як ремені безпеки та захисні сітки.

Одним із ключових факторів безпеки у процесі роботи на висоті є спостереження за погодними умовами. Роботи на висоті слід проводити тільки за сприятливих погодних умов. Вітер, дощ або сніг можуть значно підвищити ризик падіння. Тому, перш ніж розпочинати роботи, необхідно ознайомитися з прогнозом погоди та враховувати можливі зміни погодних умов.

Крім того, важливо навчати працівників правильному використанню обладнання. Неправильне користування драбинами, захисними ременями або іншими пристосуваннями може призвести до серйозних травм. Регулярні тренінги та навчання допоможуть працівникам краще орієнтуватися в умовах роботи на висоті та зменшити ризики.

Не менш важливим є підтримання чистоти та порядку на робочому майданчику. Сміття, неохайно розкидане обладнання або матеріали можуть стати причиною падіння. Тому регулярне прибирання та оформлення робочого простору сприятимуть зниженню ризиків нещасних випадків.

Кожен працівник повинен усвідомлювати важливість особистої відповідальності за дотримання правил безпеки. Взаємодопомога та контроль один одного також сприяють підвищенню рівня безпеки на робочому місці.

Дотримання всіх цих заходів дає змогу створити безпечні умови для роботи на висоті під час встановлення сонячних панелей та мінімізувати ризики, пов'язані з падіннями.

### 3.4 Блискавкозахист

Фотоелектричні станції (ФЕС) — це складні технічні об'єкти, які забезпечують перетворення сонячної енергії в електричну. Вони складаються з фотоелектричних модулів, інверторів, систем зберігання енергії та інших елементів, чутливих до перенапруги. Однією з головних загроз для таких станцій є грозова активність, оскільки удари блискавки або вторинні перенапруги можуть вивести обладнання з ладу або спричинити пожежу.

Блискавкозахист ФЕС є обов'язковим компонентом для забезпечення надійної та довговічної роботи системи. Він містить комплекс технічних заходів і пристроїв, спрямованих на запобігання пошкодженням обладнання від прямих ударів блискавки та вторинних впливів.

Основні ризики від блискавки є:

- прямий удар блискавки в модулі, кабелі або конструкцію станції. Це може спричинити сильне нагрівання, плавлення матеріалів або навіть руйнування системи;
- вторинні перенапруги в електричних мережах, що виникають через грозову активність поблизу. Такі перенапруги можуть пошкодити електронні компоненти, наприклад, інвертори або контролери заряду;
- електромагнітна індукція — виникнення сильних електромагнітних полів під час удару блискавки, які індукують високі струми в провідниках.

Складових систем блискавкозахисту існує два види: зовнішні та внутрішні.

Зовнішній захист забезпечує безпосереднє перехоплення удару блискавки та її безпечне відведення в землю. Основними елементами є: блискавкоприймачі (спеціальні стрижні, сітки або троси, які встановлюються над фотоелектричними модулями), струмовідводи (провідники, які відводять струм блискавки від блискавкоприймача до заземлення), система заземлення (забезпечує розсіювання електричного заряду в землю, запобігаючи пошкодженню системи).

Внутрішній захист запобігає перенапрузі у електричних колах, що спричинена грозовою активністю. Він містить:

- обмежувачі перенапруги (ОПН): пристрої, які миттєво реагують на перенапругу, поглинаючи її енергію та запобігаючи пошкодженню електроніки;
- фільтри та стабілізатори напруги: забезпечують стабільну роботу системи під час незначних коливань напруги;
- розрядники: захищають електричні схеми від короточасних високовольтних імпульсів.

Особливостями проектування блискавкозахисту для ФЕС можна назвати таке:

- розташування станції (відкриті території підвищують ризик удару блискавки, тому необхідно враховувати висоту конструкцій і щільність грозової активності в регіоні);
- матеріали заземлення (для забезпечення ефективного відведення струму блискавки використовують мідні, алюмінієві або сталеві провідники з антикорозійним покриттям);
- інтеграція з конструкцією станції (блискавко приймачі повинні розташовуватись так, щоб не затінювати фотоелектричні модулі, оскільки це може знижувати їх продуктивність);

До рекомендацій блискавкозахисту можна віднести:

- використовувати сертифіковані компоненти блискавкозахисту відповідно до міжнародних стандартів (наприклад, IEC 62305);
- здійснювати регулярну перевірку стану заземлення та інших елементів захисту;
- інтегрувати блискавкозахист у загальну систему управління безпекою об'єкта.

Зрівнювання потенціалів — це процес створення електричного зв'язку між провідними частинами, які можуть опинитися під різними потенціалами. Мета

цього процесу уникнути різниці потенціалів, яка може призвести до ураження електричним струмом або пошкодження обладнання.

### 3.5 Електрична безпека

Для забезпечення безпечної та надійної роботи енергоустановок важливо не тільки вдосконалювати їх оснащення захисними засобами, але й організувати їх експлуатацію так, щоб мінімізувати можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу.

Існуючі електроустановки, електростанції, електричні компоненти теплової автоматики, тепловимірювальні та захисні прилади, засоби дистанційного керування, сигналізації, технічні засоби систем автоматичного регулювання, диспетчерського та технологічного управління енергосистемами, при експлуатації, монтажі, налагодженні, випробуваннях, ремонті та при будівництві локальних котелень, що обслуговуються споживачами, слід суворо дотримуватися вимог.

Електрообладнання, що підпадає обов'язковій сертифікації в Україні, зобов'язане супроводжуватися сертифікатом відповідності згідно з національною системою сертифікації УкрСЕПРО або свідоцтвом про визнання іноземного сертифіката.

Машини, механізми, пристрої та інструменти, що використовуються в електроустаткуваннях, повинні бути справними та випробувані згідно з чинними нормативними документами і термінами.

Якщо електрообладнання постачають з-за кордону, організація-замовник зобов'язана дістати сертифікат відповідності до укладення договору на поставку.

Паспорти, інструкції з експлуатації та інші експлуатаційні документи, що супроводжують обладнання та продукцію, зобов'язані бути перекладені українською мовою.

Відхилення від нормативних документів зобов'язані бути узгоджені з Державною службою України з питань праці (Держпраці), Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики (Держспоживстандарт) та організацією-замовником до підписання контракту на поставку. Копії дозволів та сертифікатів мають бути внесені до паспорта обладнання або виробу.

З метою забезпечення безпечної експлуатації електроустановок споживачів керівники підприємств зобов'язані організувати утримання, експлуатацію та обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів.

Для цього керівникам необхідно:

- закріпити відповідального за функціональний стан і безпечне застосування електрогосподарства з числа інженерно-технічних працівників, які мають електротехнічну підготовку і пройшли перевірку знань у визначеному порядку (далі – особа, відповідальна за електрогосподарство);
- організувати необхідний штат електротехнічного персоналу;
- затвердити регламент роботи енергетичної служби компанії, а також посадові інструкції та інструкції з безпеки праці;
- запровадити такий регламент, щоб працівники, відповідальні за обслуговування електроустановок, здійснювали уважний контроль за переданим їм обладнанням і мережами – здійснювали огляд, перевірку функціонування, випробування та вимірювання;
- організувати періодичну перевірку знань працівників згідно з вимогами “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів”;
- впорядкувати здійснення протиаварійних, приймально-здавальних та профілактичних випробувань і виконання вимірювань електроустановок відповідно до правил і норм (ПТЕ);
- організувати проведення технічного огляду електроустановок.

Під час експлуатації електроустановок споживачів мають бути виконані організаційні заходи, що гарантують безпеку робітників у процесі виконання обов'язків, та технічні заходи, що забезпечують безпечні умови праці.

Ключові організаційні заходи класифікуються на:

- типи робіт в електроустановках відносно їх організації (роботи за нарядом-допуском (далі — нарядом), роботи за розпорядженням, завдання в рамках поточної експлуатації);
- організаційні заходи, що гарантують безпеку робіт у електроустановках (затвердження та оформлення списку робіт, які виконуються за нарядами, розпорядженнями та в рамках поточної експлуатації; призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт; підготовка робочих місць; допуск до робіт; нагляд за виконанням робіт; переведення на інше робоче місце; оформлення перерв та закінчення робіт).;
- (затвердження та документування списку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями та в рамках поточної експлуатації; призначення відповідальних осіб за безпечне виконання робіт; підготовка робочих місць; допуск до робіт; нагляд за роботою; переведення на інші робочі місця; оформлення перерв та завершення робіт).

Ключовими вимогами до працівників такі: працівники, зайняті в роботах із електроустановками, повинні пройти навчання і оцінку знань з охорони праці згідно з вимог ДНД 34.12.102-2004, включаючи інструктаж, спеціальне навчання та перевірку знань з пожежної безпеки. Порядок організації навчання та перевірки знань встановлюють такі нормативні документи: НПАПП 0.00-4.12-05, НПБ Б.02.005-2003, НПБ Б.06.001-2003 (для робіт у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах). Обслуговування електроустановок споживачів, у тому числі ремонт, монтаж, налагодження та оперативні перемикання, повинні здійснювати спеціально підготовлені електротехнічні працівники — керівний, інженерно-технічний, експлуатаційний, виробничий персонал або працівники спеціалізованих організацій (за договором).

Крім того, обслуговування електричних процесів (наприклад, електрозварювальних, електролізних, електротермічних), вантажопідійомних механізмів, ручних електричних машин, переносних і пересувних електричних приймачів та складного енергоємного виробничо-технічного обладнання повинні здійснювати електротехнічні працівники з відповідними навичками та знаннями.

Електротехнічні працівники, які працюють у виробничих підрозділах і на ділянках, де експлуатують електрообладнання, повинні мати групу з електробезпеки не нижче II. Керівник структурного підрозділу, який безпосередньо керує електротехнічними працівниками, повинен мати групу з електробезпеки не нижче групи з електробезпеки своїх підлеглих і повинен здійснювати технічне керівництво та контроль за їх роботою.

Працівники, які обслуговують електроустановки або технічні процеси, в основі яких є використання електричної енергії, повинні бути не молодше 18 років. Вони повинні проходити регулярні медичні огляди для перевірки стану здоров'я при прийомі на роботу та у процесі робіт.

Згідно з положенням Національного стандарту 34.12.102-2004, з урахуванням енергоємності та складу енергоустановок, керівник компанії мусить затвердити регламент щодо спеціальної освіти та підготовки електротехнічних і електротехнологічних робітників з технічної експлуатації електроустановок цивільних об'єктів. Споживачі повинні організовувати управління технічним станом шляхом огляду електроустановок, обладнання, будівель і споруд та проведення експертних обстежень (технічного діагностування). Контроль повинен бути безперервним і регулярним.

Періодичність перевірок визначається відповідальною особою в комунальному підприємстві. За результатами перевірок складаються відповідні документи (акти перевірок, протоколи випробувань та вимірювань, протоколи). Також результати перевірок мають бути зафіксовані в оперативних журналах та в журналах обліку дефектів і несправностей в електроустановках. Контроль технічного стану електроустановки повинен здійснювати оперативний та виробничий персонал споживача, який має відповідну підготовку та допуск до

виконання таких робіт. Обсяг контролю повинен визначатися згідно з вимогами нормативних документів, інструкцій виробника та річного плану, затвердженого керівником електрогосподарства.

По завершенню строку служби, зазначеного в технічній документації, електрообладнання повинно пройти професійне обстеження (технічну діагностику) для визначення залишкового терміну служби і можливості подовження терміну його дії. Після закінчення терміну служби керівник споживача повинен призупинити подальшу експлуатацію обладнання до проведення професійного обстеження відповідною професійною організацією.

Під час експертного обстеження (технічного діагностування) електроустановок виконують такі завдання — вивчення експлуатаційної, конструкторської (проектної) та ремонтної документації (за наявності); аналіз умов і режимів експлуатації; підготовка та затвердження програм робіт з експертного обстеження; здійснення огляду; здійснення неруйнівного контролю; дослідження механічних властивостей, хімічного складу матеріалів; металографічні дослідження; випробування на міцність і різні інші випробування; виконання розрахункових та аналітичних процедур для оцінювання та визначення технічного стану, а також визначення залишкового ресурсу обладнання. За результатами проведеної експертизи мають бути зроблені висновки про ремонт обладнання, модернізацію або реконструкцію обладнання, використання обладнання в інших цілях, виведення обладнання з експлуатації.

Використання електроустановок із виявленими небезпечними дефектами у ході професійних перевірок, не допускається. Споживачі повинні мати систему технічного обслуговування та ремонту (ТОР) електроустановок, спрямовану на забезпечення їх ефективної та безпечної експлуатації. Програми ремонтів і технічного обслуговування та їх обсяги визначає річний план, який підписує відповідальна особа енергопостачальної компанії та затверджує керівництво споживача. Ці програми складають на основі діагностики технічного стану електроустановок.

Критерії для проведення технічного обслуговування і ремонту встановлюються чинними галузевими стандартами та інструкціями виробника. Періодичність і тривалість ремонтів можуть бути збільшені або зменшені залежно від технічного стану електроустановки, відповідного обґрунтування та результатів контролю ключових експлуатаційних характеристик обладнання. Змістовні зміни електроустановки, заміна окремих пристроїв і зміни в електричних схемах протягом ремонту повинні виконуватися тільки відповідно до затвердженої технічної документації. Ремонт електроустановок, безпосередньо пов'язаних з технічними вузлами, необхідно виконувати паралельно з ремонтом зазначених вузлів.

Існують також три основні небезпеки у процесі роботи з сонячними системами: вибухи дугових спалахів, дугові пробої та ураження електричним струмом від провідників під напругою.

### 3.5.1 Ураження струмом від провідників під напругою

Ризик ураження електричним струмом від провідників під напругою може відбутися у системах виробництва електроенергії та бути смертельним для людини (для серця смертельним вважається струм від 75 міліампер). Щоб уникнути ураження електричним струмом, слід дотримуватися певних заходів безпеки, включаючи використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил електробезпеки та регулярне навчання працівників. Це дасть змогу мінімізувати ризики та забезпечити безпечну експлуатацію фотоелектричних систем.

Ураження електричним струмом зазвичай спричинене короткими замиканнями, викликаними корозією кабелів і з'єднань, пошкодженою проводкою або неправильним заземленням. У фотоелектричних системах основними місцями, де слід остерігатися таких небезпек, є розподільна коробка, провідники фотоелектричного джерела та вихідного кола, а також провідники заземлення

обладнання. Провідник заземлення з'єднує всі металеві компоненти між собою і, в кінцевому підсумку, із землею через провідник заземлювача і сам заземлювач.

Кількість електроенергії, що генерує фотоелектрична система, залежить від кількості сонячного випромінювання. Щоб зменшити ризик ураження електричним струмом технічного персоналу та аварійних служб, необхідно передбачити можливість швидкого відключення відповідного струму в разі короткого замикання або збою в подачі електроенергії. Нормативні документи вимагають «швидкого відключення» фотоелектричних систем всередині і зовні «фотоелектричних масивів». Фотоелектрична батарея визначається як механічно інтегрована збірка модулів або панелей, а також опорних конструкцій, фундаментів, пристроїв моніторингу та інших компонентів, що утворюють єдине ціле для виробництва електроенергії постійного або змінного струму. Сюди входять контрольні провідники всередині лінії або на відстані до 1 м від точки підключення до периметра будівлі. Пристрої швидкого відключення повинні бути розташовані в точці сервісного вимикача або необхідно використовувати спеціальні вимикачі швидкого відключення. Виняток становлять системи, керовані модульною силовою електронікою, наприклад, мікро інвертори зниження напруги та оптимізатори потужності. Ці вимоги, як правило, не застосовують до масивів без відкритих струмопровідних частин і на відстані більше 2,5 м від відкритих струмопровідних частин, що заземлені. Крім того, багато країн вимагають, щоб дахові фотоелектричні панелі встановлювалися на певній відстані від краю даху, щоб пожежники могли отримати доступ до системи. Наприклад, Каліфорнійський пожежний кодекс (США) вимагає, щоб фото модулі встановлювали на відстані не менш ніж 1 м від краю даху.

### 3.5.2 Дугові пробої

Пожежа завжди є потенційною небезпекою в кожній електричній системі. Однією з найпоширеніших причин пожежі є електрична дуга — сильний розряд між двома або більше провідниками. Тепло, що генерують ці розряди, може пошкодити ізоляцію кабелів, викликаючи іскри або «дуги», які можуть призвести до пожежі. Фотоелектричні системи схильні до послідовних дугових замикань через погану провідність провідників і паралельних дугових замикань через випадкове протікання струму між двома провідниками, часто через замикання на землю.

Дугові пробої можуть спричинити коротке замикання або замикання на землю, але цього може бути недостатньо для спрацьовування автоматичного вимикача або пристрою захисного відключення (ПЗВ). Для захисту від дугових пробоїв необхідно встановити розетку з пристроєм захисного відключення (ПЗВ) або автоматичний вимикач. ПЗВ виявляє небезпечно низький рівень струму дуги і розмикає коло або відключає вихід, що призводить до пом'якшення наслідків короткого замикання.

### 3.5.3 Вибухи дугових спалахів

Експлуатація великих фотоелектричних масивів на середніх і високих напругах збільшує ризик виникнення дуги. Це особливо актуально, коли технічний персонал перевіряє наявність несправності у розподільчих коробках під напругою та фотоелектричних колах, з'єднаних паралельно для збільшення струму, а також при перевірці розподільчих пристроїв і трансформаторів середньої та високої напруги. Дюгові розряди вивільняють гарячі гази і концентровану променеву енергію, температура якої може досягати майже в 3,5 рази вище температури поверхні сонця (до  $\sim 19000^{\circ}\text{C}$ ). Це відбувається, коли в провідниках змінного і постійного струму вивільнюється велика кількість енергії і виникають дюгові пробої. Дюгові пробої є проблемою в системах з номінальною напругою понад 400 В. Тому як побутові інвертори з максимальною вхідною напругою до 500 В, так і великі інвертори з максимальною вхідною напругою до 1500 В перебувають в зоні ризику. До появи промислових фотоелектричних систем дюговий розряд вважався проблемою лише змінного струму, оскільки джерела живлення постійного струму були обмежені автономними системами з батареями напругою менше 100 В. Багато міжнародних стандартів вимагають аналізу ризику дюгового спалаху та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для систем постійного струму з напругою понад 100 В. Захист від дюгового замикання у фотоелектричних системах можна розділити на захист постійного струму (до інвертора) і захист змінного струму (після інвертора). У великих масивах сонячних панелей ( $>100$  кВт) захист постійного струму особливо важливий у розподільній коробці, де кілька масивів сонячних панелей з'єднують паралельно і струм збільшується. Щоб зменшити ймовірність спалаху дуги, у великих системах можна використати багато масивні інвертори, які можуть підключати кілька масивів паралельно, замість одного або двох великих централізованих інверторів, які потребують з'єднувальної коробки. Для зменшення ризику змінного струму використовують стійкий до спалаху дуги розподільний пристрій, який відводить енергію з поверхні шафи подальше від персоналу та обладнання.

### 3.5.4 Електронезбезпека за постійним та змінним струмом

До основних електричних небезпек також відносять зворотні струми, перегрів, перевантаження і короткі замикання в колі постійного струму. Запобіжники постійного струму (рисунок 3.1) використовують для захисту сонячних фотоелектричних модулів і підключених до мережі (або гібридних/автономних) інверторів від коротких замикань і перевантажень. Їх підключають послідовно до сонячних панелей і безпосередньо до роз'ємів. Запобіжник реагує на збільшення струму (коротке замикання) і фізично розриває лінію. Також рекомендують використовувати обмежувачі перенапруги постійного струму (мережеві фільтри), які захищають обладнання від індукованих або прямих імпульсів, таких як блискавка. Коли висока напруга проходить через контур, обмежувач перенапруги розмикає контур і відводить струм на землю. Обмежувач перенапруги встановлюють безпосередньо біля сонячних панелей.



Рисунок 3.1 Схема захисту для постійного і змінного струмів

Крім того, додаткові роз'єднувачі можна використати для полегшення інженерних робіт і підвищення рівня захисту під час технічного обслуговування

установки. Роз'єднувач може легко знеструмити весь контур постійного струму. Для додаткового захисту можна встановити запобіжники безпосередньо на роз'єднувачі.

Для запобігання коротких замикань у колах змінного струму (АС, рисунок 3.1) необхідно використовувати автоматичні вимикачі. Автоматичні вимикачі захищають інвертор від струмів, що перевищують допустиме номінальне значення. Пристрої захисного відключення (ПЗВ) використовують для запобігання витoku струму. Вони спрацьовують, якщо номінальні значення струму фазних і нульових ліній мережі, яку потрібно захистити, відрізняються. Це важливо, оскільки власник може отримати прямий удар електричним струмом від пошкодженого пристрою. Обмежувачі перенапруги також можуть використовувати в колах змінного струму для повного захисту від блискавки, але їх встановлення не є критичним.

Важливим компонентом системи захисту є контур заземлення. Цей контур прокладається під землею, і до нього підводять провідники для того щоб з'єднати усі фотоелектричні модулі. Основною метою є захист людей від струмів високої напруги, що проходить через такі елементи системи, як інвертори. Іноді доцільно використовувати готові захисні панелі, що містять необхідні компоненти.

### 3.6 Пожежна безпека

Установки сонячних панелей стрімко розвивалися протягом останніх кількох років. Як результат, загальна кількість електроенергії, виробленої за допомогою сонячної енергії, стрімко зростає за останнє десятиліття. Стрімке зростання джерела енергії без викидів багато в чому добре для планети. Однак, зростаюче використання сонячних панелей також створило нові та серйозні проблеми (наприклад, пожежа). Основними джерелами пожежної небезпеки є:

— перегрів компонентів (фотоелектричні модулі можуть нагріватися до

- високих температур через вплив сонячного випромінювання та електричних навантажень, перегрів може виникнути у зв'язку з дефектами, такі як мікро тріщини в панелях або неналежне охолодження.);
- коротке замикання (несправності в кабелях або з'єднаннях можуть спричинити коротке замикання, що є потенційною причиною займання);
  - якісні характеристики матеріалів (використання низькоякісних кабелів, роз'ємів або інших компонентів може збільшити ризик пожежі);
  - вплив зовнішніх факторів (блискавка, сильний вітер або інші погодні умови можуть пошкодити конструкцію та викликати пожежу).

### 3.6.1 Заходи пожежної безпеки

До основних заходів пожежної безпеки відносять:

- проектування та монтаж (використання сертифікованих матеріалів та компонентів, правильне розташування модулів для забезпечення ефективної вентиляції, врахування захисту від блискавки);
- технічне обслуговування (регулярна перевірка стану кабелів, з'єднань та модулів, очищення панелей від пилу та сміття для зменшення ризику перегріву);
- системи моніторингу та сигналізації (встановлення систем для виявлення аномалій у роботі станції. Системи пожежної сигналізації повинні бути інтегровані у загальну інфраструктуру.);
- навчання персоналу (проведення тренінгів з питань пожежної безпеки заради працівників, інструктаж з використання засобів пожежогасіння);
- системи автоматичного пожежогасіння (використання засобів пожежогасіння, які безпечні для електрообладнання, наприклад, вуглекислотні системи; встановлення автоматичних клапанів, які відключають живлення у разі аварії);

- план евакуації (розробка чітких інструкцій для евакуації персоналу та дій у разі пожежі, а також забезпечення вільного доступу до засобів пожежогасіння);
- співпраця з місцевими службами з надзвичайних ситуацій (інформування пожежної служби про специфіку станції; проведення спільних навчань).

Профілактичні заходи для подолання інцидентів, пов'язаних з фотоелектричними панелями, містять реконфігурацію фотоелектричних панелей та алгоритми виявлення пожежі. У той час як реконфігурація фотомодулів має перевагу в зменшенні гарячих точок і підвищенні енергоефективності, виявлення пожежі має перевагу у визначенні точного місця несправності. Для того, щоб зменшити ймовірність пожежі в сонячних панелях, необхідно дотримуватися певних технічних критеріїв. Наприклад, UL 790 «Стандарт безпеки для вогневих випробувань покрівельних матеріалів» необхідно використовувати для випробувань фотоелектричних модулів на горіння і поширення вогню. Інвертори необхідно виготовляти без запобіжників, щоб запобігти пожежам, спричиненим несправності на стороні постійного струму. Друковані плати, внутрішні трансформатори інверторів та інші високотемпературні компоненти повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів. Крім того, обладнання управління, розподільні коробки та обладнання для розподілу електроенергії повинні мати негорючі внутрішні компоненти. Всі електричні кабелі повинні мати вогнезахисне покриття і бути виготовлені з матеріалів з низьким димоутворенням і низькою струмопровідністю. Правила протипожежної герметизації повинні застосовуватися до всіх отворів електророзподільного обладнання в будівлях, включно із кабельними вводами та виводами, вводами обладнання, розподільними коробками, кабельними траншеями та отворами для проходу кабелів.

### 3.7 Висновок до розділу 3

Безпека під час встановлення та експлуатації сонячних електростанцій має життєво важливе значення, оскільки безпосередньо впливає на ефективність і довговічність всієї системи. Ряд заходів щодо запобігання нещасним випадкам вимагає суворого дотримання правил технічної експлуатації, регулярного огляду та технічного обслуговування, використання засобів індивідуального захисту, а також своєчасного навчання та тестування працівників. Ці заходи не тільки знижують ризик травмування або пошкодження, але й сприяють стабільній роботі електростанції та забезпечують безперервне виробництво екологічно чистої енергії.

## ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі розроблено та проаналізовано фотоелектричну станцію для альтернативного живлення корпусу №7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». В цілях цього дослідження є розроблення та аналіз ефективності впровадження фотоелектричної станції для корпусу 7 Університету.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи були досягнуті такі результати:

- розроблення саме фотоелектричної станції для забезпечення електроенергією корпусу 7 Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", краще в нашому випадку тому, що встановлення не займає багато місця як вітрогенератор або гідроенергетичне обладнання малої потужності для якої потрібна річка. Сонячні панелі частіше використовують на будинках так як не вигідно використовувати інші способи альтернативних джерел живлення, бо інвертори тільки перетворюють заряд але не виробляють його, а генератори бензинового та дизельного типів, працюють в короткостроковій перспективі на відміну від фотоелектричної станції;
- розроблена структурна схема фотоелектростанції та виконаний розрахунок основних параметрів підтвердили технічну та економічну доцільність проєкту. Фотоелектростанція забезпечує ефективне альтернативне електроживлення, сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та підвищує екологічну стійкість об'єкта;
- безпека під час встановлення та експлуатації сонячних електростанцій має життєво важливе значення, оскільки безпосередньо впливає на ефективність і довговічність всієї системи. Ряд заходів щодо запобігання нещасним випадкам вимагає суворого дотримання правил технічної експлуатації, регулярного огляду та технічного обслуговування,

використання засобів індивідуального захисту, а також своєчасне навчання і тестування працівників. Ці заходи не тільки знижують ризик травмування або пошкодження, але й сприяють стабільній роботі електростанції та забезпечують безперервне виробництво екологічно чистої енергії.

В цілому розроблення та аналіз ефективності впровадження фотоелектричної станції для альтернативного живлення корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» виявилися перспективними та успішними. Результати роботи вказують на технічну та економічну доцільність проєкту. Фотоелектростанція забезпечує альтернативне електроживлення, сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та підвищує екологічну стійкість об'єкта.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [https://www.leonics.com/product/renewable/pv\\_module/pv\\_module](https://www.leonics.com/product/renewable/pv_module/pv_module)
2. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>
3. <https://soncedim.com.ua/blog/soniachna-panel-z-chogo-vona-skladaetsia-ta-iaak-pratsiue>
4. <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/wind-energy/wind-turbine>
5. <https://radio-detaly.com/en/types-of-accumulators>
6. <https://www.sunpower-uk.com/glossary/what-is-an-inverter/>
7. <https://www.magnum-dimensions.com/knowledge/sinewave-and-modified-sinewave/waveforms-explained-sinewave-vs-modified-sinewave>
8. [https://energypedia.info/wiki/Hydropower - Equipment.](https://energypedia.info/wiki/Hydropower_Equipment)
9. <https://triniti-sb.com.ua/blog/alternatyvni-dzerele-energii/>
10. <https://www.solargarden.com.ua/shemi-ta-sposobi-pidklyuchennya-sonyachnih-batarej-yak-pravilno-provesti-montazh-sonyachnoyi-paneli-n/>
11. [https://eprints.kname.edu.ua/55310/1/2019%2028%D0%9D%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20%D0%A4%D0%95.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9E.pdf.](https://eprints.kname.edu.ua/55310/1/2019%2028%D0%9D%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20%D0%A4%D0%95.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9E.pdf)
12. <https://karno.ua/ua/solnechnye-electrostantsii/amorfnye-solnechnye-paneli/>
13. [https://must-ukraine.com/product/invertor-must-pv1800-3024vpm/?srsltid=AfmBOookuDIVLPP2M\\_i1XNhFTNFuZV9i\\_b dV8CCX0NЗИQAN2YZ2yed7Z](https://must-ukraine.com/product/invertor-must-pv1800-3024vpm/?srsltid=AfmBOookuDIVLPP2M_i1XNhFTNFuZV9i_b dV8CCX0NЗИQAN2YZ2yed7Z)
14. <https://www.powersol.com.ua/uk/product/must-pv18-3024vpm/#product-params>
15. [https://bts.net.ua/ua/alternative-energy-sources-and-generators/battery/akumulyator-cl-25-6v-200ah-lifepo4-lfp-abs-shell-napolniy/?srsltid=AfmBOooF5Zi84tyaqiWyzxvxmtbFqrpQfs7SULMnmY Gk\\_-bgSCeHuicV](https://bts.net.ua/ua/alternative-energy-sources-and-generators/battery/akumulyator-cl-25-6v-200ah-lifepo4-lfp-abs-shell-napolniy/?srsltid=AfmBOooF5Zi84tyaqiWyzxvxmtbFqrpQfs7SULMnmY Gk_-bgSCeHuicV)
16. [Розрахунок системи електрозабезпечення об'єкта на базі ФЕП](#)
17. <https://footprinthero.com/peak-sun-hours-calculator>
18. <https://soncedim.com.ua/product/soniachna-panel-longi-solar-lr5-54hih-410m?srsltid=AfmBOooKE6d7x08kyom6UhwxrhhO0dsBgVc3Xu>

[sPWI7AUhcoN8\\_iIdqX](#)

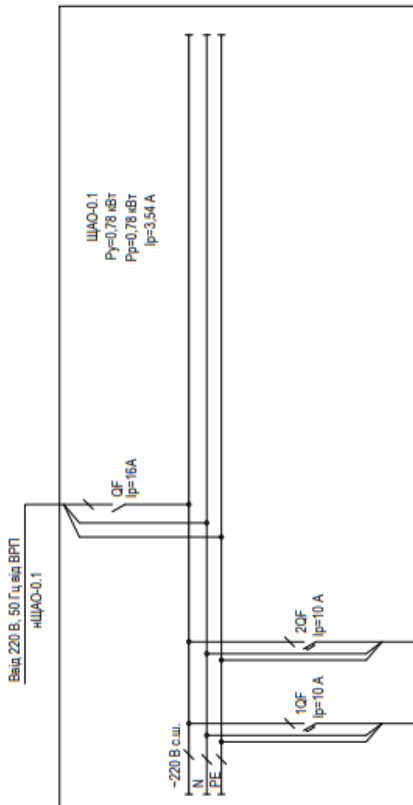
19. <https://s-a.in.ua/ua/p1369088732-pvsc70a-70a-1224v.html>
20. <https://electrocontrol.com.ua/ua/stati-sxemy-i-spravochnaya-informaciya/tablicy-vybora-secheniya-kabelya-po-moshhnosti.html>
21. <https://sun-energy.com.ua/articles/budivnytstvo-ses-2>
22. <https://sun-energy.com.ua/articles/bezpeka-ses>
23. <https://masteram.com.ua/uk/articles-and-video/fluke-advice-solar-safety-hazard-mitigation/?srsltid=AfmBOoqaxXjTPgWVb8kDUgYdAcWBeHibLLjpvo2d4IKPuZh15pHovu6j>
24. <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/zahody-bezpeky-pid-chas-roboty-iz-sonyachnymy-panelyamy-ta>
25. <https://ips.ligazakon.net/document/RE13017?an=8066>
26. <https://pd.dsp.gov.ua/news/bezpechna-ekspluatatsiia-elektrostanovok-spozhyvachiv/>
27. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>
28. <https://solarity.eu/ua/blog/fire-hazards-and-mitigation-in-photovoltaic-systems/>
29. <https://ua.pv-feeo.com/news/measures-for-lightning-protection-in-photovolt-66379977.html>
30. [https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/3\\_2021/38.pdf](https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/3_2021/38.pdf)
31. <https://ua.gvda-instrument.com/info/application-environment-analysis-of-power-supply-83965150.html>
32. [https://biz.ligazakon.net/analytics/227024\\_problemi-ta-perspektivi-rozvitku-vdnovlyuvano-energetiki-v-2024-rots](https://biz.ligazakon.net/analytics/227024_problemi-ta-perspektivi-rozvitku-vdnovlyuvano-energetiki-v-2024-rots)

## ДОДАТОК А

Щити освітлення ЩАО-0.1 та ЩАО-1. Схеми електричні принципові

Потреба в кабелях і проводах

Число і перетин жил, напруга, кВ	Марка
3x1.5	FlameX
	270



Марка і переріз провідника

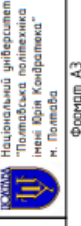
Умовне зображення		Електроприміщення	
Номер за планом	Тип	Рн, мВт	Струм, А
L1	Освітлення прим. 1, 3, 4, 8, 9, 20	0.40	1.82
L2	Освітлення прим. 2, 6, 12, 13	0.38	1.73

Взам. Іна. №	Підпис і дата	Іна. № ордин.
--------------	---------------	---------------

125-2/23-Е0

2024	Дата	2024
Зм.	К-ль	Лист
Керівн.мені	Філоненко	Філоненко
Г.П.	Сенко	Сенко
Перевірив	Третьяк	Третьяк
Розробив	Третьяк	Третьяк
Капітальний ремонт корпусу «7» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» по буд. Соборності, 42а у м. Полтаві		
Електрооб'єкти		
Склад	Лист	Листів
РП	10	
Шит освітлення ШАО-0.1. Схема електрична принципова однолінійна		

- Примітки:
- Довжини кабелів, проводів і гофрорукавів перед нарізкою уточнити безпосереднім виміром за місцем під час монтажу.
  - Проходи електропроводок через стіни виконати в гільзах з труб сталевих, вказаних в специфікації даного проекту.
  - Допускається заміна заводом-виробником апаратів щита на апарати іншого типу, характеристики яких відповідають характеристикам наведених на схемі.
  - Остаточна комплектація щита уточнюється поставальником.
  - Загальні вказівки див. аркуш 2.



Формат А3

<p>Потреба в кабелях і проводах</p> <table border="1"> <tr> <td>Число я перетин жил, напруга, кВ</td> <td>Марка</td> </tr> <tr> <td>3x1.5</td> <td>FlameX 480</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Число я перетин жил, напруга, кВ	Марка	3x1.5	FlameX 480																									
Число я перетин жил, напруга, кВ	Марка																													
3x1.5	FlameX 480																													
<p>Ввід 220 В, 50 Гц від ВРП ЩАО-1</p> <p>ЩАО-1 P<sub>н</sub>=1,26 кВт P<sub>р</sub>=1,26 кВт I<sub>р</sub>=5,73 А</p> <p>16А I<sub>р</sub>=16А</p> <p>10А I<sub>р</sub>=10А R1, L=100м</p> <p>10А I<sub>р</sub>=10А R2, L=200м</p> <p>10А I<sub>р</sub>=10А R3, L=85м</p> <p>10А I<sub>р</sub>=10А R4, L=95м</p> <p>~220 В с.ш. N PE</p>																														
<p>Дані мережі живлення</p> <p>Позначення Тип йом, А Розеттплав, А</p> <p>Позначення Тип йом, А Розеттплав, А</p>																														
<p>Марка і перевіра провідника</p>																														
<p>Умовне зображення</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Номер за планом</th> <th colspan="2">Тип</th> <th colspan="2">R<sub>н</sub>, кВт</th> <th colspan="2">I<sub>ном</sub>, А</th> <th colspan="2">I<sub>пуск</sub></th> <th colspan="2">Найменування механізму</th> <th colspan="2">Тип механізму</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,37</td> <td>0,28</td> <td>1,68</td> <td>1,51</td> <td>1,27</td> <td>1,27</td> <td>Аварійне освітлення прим. 28, 29, 30, 66, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.</td> <td>Аварійне освітлення прим. 33, 35, 36, 37, 38, 63, 64, 65, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.</td> <td>Аварійне освітлення прим. 71</td> <td>Аварійне освітлення прим. 103</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Номер за планом		Тип		R <sub>н</sub> , кВт		I <sub>ном</sub> , А		I <sub>пуск</sub>		Найменування механізму		Тип механізму						0,37	0,28	1,68	1,51	1,27	1,27	Аварійне освітлення прим. 28, 29, 30, 66, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.	Аварійне освітлення прим. 33, 35, 36, 37, 38, 63, 64, 65, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.	Аварійне освітлення прим. 71	Аварійне освітлення прим. 103	
Номер за планом		Тип		R <sub>н</sub> , кВт		I <sub>ном</sub> , А		I <sub>пуск</sub>		Найменування механізму		Тип механізму																		
				0,37	0,28	1,68	1,51	1,27	1,27	Аварійне освітлення прим. 28, 29, 30, 66, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.	Аварійне освітлення прим. 33, 35, 36, 37, 38, 63, 64, 65, 70, 86, 100, 117, доросл. позачин.	Аварійне освітлення прим. 71	Аварійне освітлення прим. 103																	
<p>Електроприймач</p>																														
<p>2024</p>																														
<p>125-2/23-Е0</p>																														
<p>Капітальний ремонт корпусу «7» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» по вул. Соборності, 42а у м. Полтаві</p>																														
<p>Електроосвітлення</p>																														
<p>Щит освітлення ЩАО-1. Схема електрична принципова однолінійна</p>																														
<p>Зм., К-ть Лист №Фок Дата</p>																														
<p>Керівники Філоненко 15.07</p>																														
<p>Г.П. Філоненко</p>																														
<p>Н.Контроль Семко 15.07</p>																														
<p>Перевірив Семко</p>																														
<p>Розробив Трел'як</p>																														
<p>Сторінка Лист Листів</p>																														
<p>РП 11</p>																														
<p>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» м. Полтава</p>																														
<p>Формат А3</p>																														

- Примітки:
1. Довжини кабелів, проводів і гофроручав перед нарізкою уточнити безпосереднім виміром за місцем під час монтажу.
  2. Проходи електропроводок через стіни виконати в гльазах з труб сталевих, врахованих в специфікації даного проекту.
  3. Допускається заміна заводом-виробником апарату щита на апарати іншого типу, характеристики яких відповідають характеристикам наведених на схемі.
  4. Остаточна комплектація шафи уточнюється постачальником.
  5. Загальні вказівки див. аркуш 2.

№в. №принт.	Григорій	Дата	Взам. інв. №
-------------	----------	------	--------------

## ДОДАТОК Б

### Довідкові дані для розрахунку потреб ємності АКБ

Таблиця Б.1 — Кількість днів без сонця, обумовлена погодними умовами.

Широта місцевості	Період		
	Літні місяці	Осінні і весняні місяці	Зимові місяці
30	2-4	3-4	4-6
40	2-4	4-6	6-10
50	2-4	6-8	10-15
60	3-5	8-12	15-25
70	3-5	12-14	20-35

Таблиця Б.2 — Температурний коефіцієнт для акумуляторної батареї

Температура в градусах		Коефіцієнт
°C	F	
26,7	80	1,00
21,2	70	1,04
15,6	60	1,11
10,0	50	1,19
4,4	40	1,30
-1,1	30	1,40
-6,7	20	1,59

## ДОДАТОК В

### Програмний код для обчислювального середовища

#### Вхідні дані для розрахунку

Приймаємо, що система має забезпечити автономну роботу навантаження сумарною потужністю  $P_{sp}$  протягом  $Hr$  робочих годин на добу  $Dr$  робочих днів на тиждень.

$P_{sp} := 2030 \text{ W}$	- споживана електрична потужність
$Hr := 7 \frac{\text{hr}}{\text{day}}$	- кількість робочих годин на добу
$Dr := 5 \frac{\text{day}}{\text{week}}$	- кількість робочих днів на тиждень
$U_{invbat} := 24 \text{ V}$	- вхідна напруга інвертора від АКБ
$Nbs := 1 \text{ day}$	- максимальний часовий інтервал днів без сонця
$k := 1,2$	- коефіцієнт, що враховує витрати енергії на перетворення в інверторі з постійного струму у змінний
$y := 0,8$	- коефіцієнт використання АКБ (допустима глибина розрядження АКБ по специфікації)
$a := 1,11$	- температурний коефіцієнт АКБ для найнижчої температури у приміщенні, де встановлено АКБ

#### Розрахунок потрібної ємності АКБ

$W_{zmin} := P_{sp} \cdot Dr \cdot Hr = 71050 \text{ W} \frac{\text{hr}}{\text{week}}$	- сумарне навантаження змінного струму на тиждень (потреба енергії на тиждень), Вт*год/тиждень
$W_{potr} := W_{zmin} \cdot k = 85260 \text{ W} \frac{\text{hr}}{\text{week}}$	- потрібна кількість енергії постійного струму на тиждень, Вт*год/тиждень
$q_{zmin} := \frac{W_{potr}}{U_{invbat}} = 3552,5 \text{ A} \frac{\text{hr}}{\text{week}}$	- ємність АКБ, що потрібна для роботи навантажень по змінному струму протягом тижня, А*год/тиждень
$q_{7god} := \frac{q_{zmin}}{Dr} = 710,5 \text{ A} \frac{\text{hr}}{\text{day}}$	- ємність АКБ, що потрібна для роботи навантажень по змінному струму протягом доби, А*год/день
$q_n := q_{7god} \cdot Nbs = 710,5 \text{ A hr}$	- потрібна ємність АКБ з урахуванням інтервалу без сонця, А*год
$q_y := \frac{q_n}{y} = 888,125 \text{ A hr}$	- потрібна ємність АКБ з урахуванням допустимої глибини розрядження, А*год
$q_{zagal} := q_y \cdot a = 985,8188 \text{ A hr}$	- загальна потрібна ємність АКБ, А*год

## Покриття загальної потрібної ємності АКБ для обраної моделі АКБ (Cooli CL25.6-200)

$U_{nomakb} := 24 \text{ V}$	- номінальна напруга АКБ, В
$q_{akbnom} := 200 \text{ A hr}$	- номінальна ємність АКБ, А*год
$N_{akbposl} := \frac{U_{invbat}}{U_{nomakb}} = 1$	- кількість послідовно з'єднаних АКБ
$N_{akbparR} := \frac{q_{zagal}}{q_{akbnom}} = 4,9291$	- кількість паралельно з'єднаних АКБ
$N_{akbpar} := \lceil N_{akbparR} \rceil = 5$	- після заокруглення до найближчого більшого цілового, шт
$N_{akb} := N_{akbposl} \cdot N_{akbpar} = 5$	- потрібна кількість АКБ обраної моделі, шт
$C := 32105$	- ціна однієї АКБ обраної моделі, грн.
$K := N_{akb} \cdot C = 1,6053 \cdot 10^5$	- сумарна вартість потрібних АКБ обраної моделі, грн.

### Співвідношення середньомісячної денної кількості сонячної радіації, що надходить на нахилену та горизонтальну поверхні (R)

$n := 16$  - порядковий номер середнього розрахункового дня місяця, відрахований від 1 січня. (Для січня становить 16)

$$\delta := 23,45^\circ \cdot \sin\left(360^\circ \cdot \frac{284+n}{365}\right) = -21,0963^\circ \quad \text{- кут схилення сонця}$$

$\varphi := 49^\circ$  широта місцевості (49° для Полтави)

$\omega_{\text{з}} := \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi) \cdot \operatorname{tg}(\delta)) = 63,653^\circ$  - часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні

$\beta$  - кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту

$\omega_{\text{зН}}(\beta) := \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \cdot \operatorname{tg}(\delta))$  - часовий кут заходу Сонця для нахиленої поверхні з південною орієнтацією

$$R_p(\beta) := \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_{\text{зН}}(\beta)) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{\text{зН}}(\beta) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_{\text{з}}) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{\text{з}} \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)}$$

$E_{pE} := 0,62$  - середньомісячна денна частина розсіяного (дифузного) сонячного випромінювання (для січня)

$\rho := 0,7$  - коефіцієнт відбиття (альbedo) поверхні Землі та навколишніх об'єктів (зазвичай 0,7 взимку і 0,2 влітку)

$$R(\beta) := (1 - E_{pE}) \cdot R_p(\beta) + E_{pE} \cdot \frac{1 + \cos(\beta)}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos(\beta)}{2}$$

## Пошук оптимального кута $\beta$

$$j := [1 \dots 91]$$

$$\beta := [0 \dots 90]^\circ$$

$$Rtab := \text{matrix}(91; 2)$$

for  $k \in j$

$$\left| \begin{array}{l} Rvector_k := R(\beta_k) \\ Rtab_{k1} := \beta_k \cdot \frac{180}{\pi} \\ Rtab_{k2} := Rvector_k \end{array} \right.$$

$$Rmax := \max(Rvector) = 1,2873$$

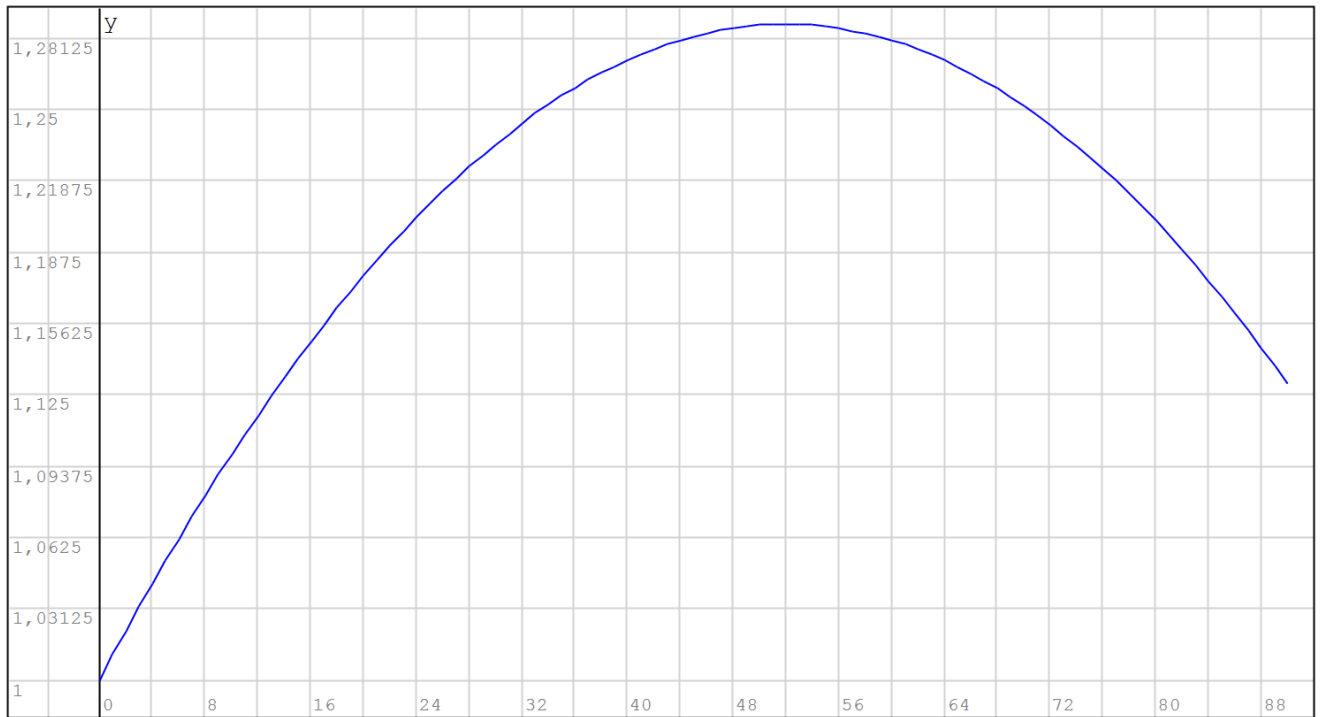
**Взимку максимум  $R = 1,2873$   
при  $\beta = 52^\circ$   $\rho = 0,7$ ,  $n = 16$**

$$\omega_{ZH}(52^\circ) = 91,1585^\circ$$

$$Rp(52^\circ) = 1,7157$$

$$R(52^\circ) = 1,2873$$

$\beta =$	0	1	$Rvector =$	1	$Rtab =$	0	1
	1	1,0109		1,0109		1	1,0109
	2	1,0216		1,0216		2	1,0216
	3	1,032		1,032		3	1,032
	4	1,0422		1,0422		4	1,0422
	5	1,0522		1,0522		5	1,0522
	6	1,062		1,062		6	1,062
	7	1,0715		1,0715		7	1,0715
	8	1,0809		1,0809		8	1,0809
	9	1,09		1,09		9	1,09
	10	1,0989		1,0989		10	1,0989
	11	1,1077		1,1077		11	1,1077
	12	1,1162		1,1162		12	1,1162
	13	1,1245		1,1245		13	1,1245
	14	1,1326		1,1326		14	1,1326
	15	1,1406		1,1406		15	1,1406
	16	1,1483		1,1483		16	1,1483
	17	1,1558		1,1558		17	1,1558
	18	1,1631		1,1631		18	1,1631
	19	1,1702		1,1702		19	1,1702
	20	1,1771		1,1771		20	1,1771
	21	1,1838		1,1838		21	1,1838
	22	1,1903		1,1903		22	1,1903
	23	1,1966		1,1966		23	1,1966
	24	1,2027		1,2027		24	1,2027
	25	1,2086		1,2086		25	1,2086
	26	1,2143		1,2143		26	1,2143
	27	1,2197		1,2197		27	1,2197
	28	1,225		1,225		28	1,225
	29	1,2301		1,2301		29	1,2301
	30	1,2349		1,2349		30	1,2349
	31	1,2395		1,2395		31	1,2395
	32	1,244		1,244		32	1,244
	33	1,2482		1,2482		33	1,2482
	34	1,2522		1,2522		34	1,2522
	35	1,256		1,256		35	1,256
	36	1,2595		1,2595		36	1,2595
	37	1,2629		1,2629		37	1,2629
	38	1,2661		1,2661		38	1,2661
	39	1,269		1,269		39	1,269
	40	1,2717		1,2717		40	1,2717
	41	1,2742		1,2742		41	1,2742
	42	1,2765		1,2765		42	1,2765
	43	1,2786		1,2786		43	1,2786
	44	1,2804		1,2804		44	1,2804
	45	1,282		1,282		45	1,282
	46	1,2835		1,2835		46	1,2835
	47	1,2846		1,2846		47	1,2846
	48	1,2856		1,2856		48	1,2856
	49	1,2864		1,2864		49	1,2864
	50	1,2869		1,2869		50	1,2869
	51	1,2872		1,2872		51	1,2872
	52	1,2873		1,2873		52	1,2873
	53	1,2872		1,2872		53	1,2872
	54	1,2869		1,2869		54	1,2869
	55	1,2863		1,2863		55	1,2863
	56	1,2855		1,2855		56	1,2855
	57	1,2845		1,2845		57	1,2845
	58	1,2833		1,2833		58	1,2833
	59	1,2819		1,2819		59	1,2819
	60	1,2802		1,2802		60	1,2802
	61	1,2783		1,2783		61	1,2783
	62	1,2762		1,2762		62	1,2762
	63	1,2739		1,2739		63	1,2739
	64	1,2714		1,2714		64	1,2714
	65	1,2686		1,2686		65	1,2686
	66	1,2657		1,2657		66	1,2657
	67	1,2625		1,2625		67	1,2625
	68	1,2591		1,2591		68	1,2591
	69	1,2554		1,2554		69	1,2554
	70	1,2516		1,2516		70	1,2516
	71	1,2475		1,2475		71	1,2475
	$\vdots$			$\vdots$		$\vdots$	



*Rtab*

## Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей

$$P_{\text{сум}_{\text{випром}}} := 16900 \text{ W} \frac{\text{hr}}{\text{m}}$$

- найнижче середньомісячне значення сонячної радіації для міста Полтава

$$i_{\text{пiкгод}} := \frac{(P_{\text{сум}_{\text{випром}}} \cdot R_{\text{max}})}{31} = 0,7$$

- середньомісячна кількість пікових сонце-годин

$$I_{\text{сб}} := \frac{q_{7\text{год}}}{i_{\text{пiкгод}}} = 42,2917 \text{ A}$$

- значення струму, який повинні генерувати сонячні панелі

$$P_{\text{сбном}} := 410 \text{ W}$$

- номінальна потужність сонячних батарей, Вт

$$U_{\text{inv}} := 230 \text{ V}$$

- вхідна напруга інвертора від сонячних панелей

$$N_{\text{сб}} := \left\lceil \frac{U_{\text{inv}} \cdot I_{\text{сб}}}{P_{\text{сбном}}} \right\rceil = 24$$

- сумарна кількість сонячних панелей

$$U_{\text{сбном}} := 24 \text{ V}$$

- номінальна напруга сонячної панелі

$$N_{\text{сбпосл}} := \left\lceil \frac{U_{\text{inv}}}{U_{\text{сбном}}} \right\rceil = 10$$

- кількість послідовно з'єднаних модулів

$$N_{\text{сбпар}} := \left\lceil \frac{N_{\text{сб}}}{N_{\text{сбпосл}}} \right\rceil = 3$$

- кількість паралельно з'єднаних модулів

$$N_{\text{сб}} := N_{\text{сбпар}} \cdot N_{\text{сбпосл}} = 30$$

- загальна кількість необхідних фотоелектричних модулів

$$S := 1,95 \text{ m}^2$$

- площа однієї сонячної батареї

$$S_{\text{сб}} := N_{\text{сб}} \cdot S = 58,5 \text{ m}^2$$

- сумарна площа сонячних панелей

## Розрахунок провідників

$$I_{el\_group} := 13,12 \text{ A}$$

$$n_{el\_group} := 3$$

$$P_{nom} := n_{el\_group} \cdot U_{cbnom} \cdot I_{el\_group} = 944,64 \text{ W}$$

$$l := 20 \text{ m}$$

$$r_0 := 0,00755 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

$$I_p := \frac{P_{nom}}{U_{cbnom}} = 39,36 \text{ A}$$

$$\Delta U := I_p \cdot l \cdot r_0 = 5,9434 \text{ V}$$

$$U\% := \frac{\Delta U}{U_{inv}} = 2,5841 \%$$

## ДОДАТОК Г

### Переклад англійською мовою першого розділу кваліфікаційної роботи

#### 1 Overview of Equipment and analysis of methods for providing alternative power supply

##### 1.1 Overview of existing equipment for providing alternative power supply

The modern development of technologies in the field of renewable energy has led to the creation of a wide range of equipment for alternative power supply. These technologies are becoming increasingly important due to the growing need for energy independence and minimizing the impact on the environment. In this section, we will review the main types of equipment used to provide alternative power, their technical characteristics, advantages, and disadvantages.

##### 1.1.1 Photovoltaic modules (solar panels)

A photovoltaic module, or solar photovoltaic module, consists of a group of photovoltaic (PV) cells, also known as solar cells. The construction of a photovoltaic module is quite simple. The basis of the panel is made up of silicon photovoltaic cells (semiconductors) that act as small electricity generators.

All photovoltaic cells are connected to each other and securely fixed in a hermetically sealed aluminum frame. To achieve the required level of voltage and current, several such modules (or solar panels) are connected into a larger system known as a photovoltaic array. It is the key element of any photovoltaic system, which directly converts sunlight into direct current (DC) electricity. The modules can be connected in

series or parallel to obtain the necessary voltage and current parameters for a specific system.

Photovoltaic cells are made from various semiconductor materials and are usually thinner than four human hairs. To ensure their durability when used outdoors, the cells are placed between protective layers made of glass and/or plastic. Photovoltaic modules and arrays are just one component of a photovoltaic system. Such systems also include mounting structures that orient the panels toward the sun, as well as devices that receive the direct current (DC) electricity produced by the modules and convert it into alternating current (AC), which is used to power all household appliances. Let's break down the types of photovoltaic modules.

There are two types of photovoltaic modules:

- Crystalline;
- Amorphous.

Crystalline silicon photovoltaic modules are made from two types of silicon: monocrystalline and polycrystalline (multicrystalline). Monocrystalline silicon has a higher energy conversion efficiency compared to polycrystalline, but both types show good efficiency levels, averaging around 10-12%. Polycrystalline modules, though less efficient, are often a more economically advantageous option.

Amorphous silicon (a-Si) photovoltaic module, also known as thin-film silicon module, can absorb light more efficiently than crystalline silicon modules, allowing for reduced thickness. It is well-suited for applications where low cost is a priority rather than high efficiency. The average efficiency of such modules is about 6%.

### 1.1.2 Wind Turbines

A wind turbine (wind generator) is a device that converts the kinetic energy of the wind, which is a natural and renewable source, into electrical energy.

Unlike a fan, which uses electricity to create wind, a wind turbine works in the opposite direction: it uses the force of the wind to generate electricity. The higher the turbine is located, the more powerful the wind, as there are fewer obstacles in its path.

The turbine blades, similar to airplane or helicopter propellers, use the aerodynamic properties of the wind to rotate the rotor, which in turn rotates the generator. This process allows for the production of electrical energy, which is usually supplied to the electrical grid.

Wind turbines that supply electricity to the grid can be located both onshore and offshore. Groups of wind turbines are called wind farms. Today, there are two main types of wind turbines: horizontal-axis and vertical-axis.

Horizontal-axis wind turbines (HAWT) are the most common and efficient type of wind installations. They usually have three blades and operate "upwind," meaning the blades face into the wind. This is made possible by a yaw system that allows the HAWT head to rotate. The main components, such as the generator, are located at the top of the turbine.

Vertical-axis wind turbines (VAWT) have a vertical rotor shaft, which makes their appearance significantly different from traditional HAWTs.

VAWTs are omnidirectional, so they do not need to be adjusted to face the wind, which can be an advantage in areas with variable wind directions. However, their use is relatively rare, as they are less efficient in terms of air resistance. The main components of such turbines are located at their base. The main components of a wind generator include: foundation, tower, nacelle, rotor and hub, blades.

The foundation is a large and heavy concrete block buried in the ground that supports the entire turbine structure and withstands the forces acting on it. In offshore turbines, this element is located underwater.

The tower is usually made of steel, although in some cases wood is used, which is considered less harmful to nature. It typically consists of three sections and is assembled directly on site. The height of the tower can vary, but generally it equals the diameter of the circle formed by the rotating blades. It also contains power cables that connect the nacelle to the transformer on the ground.

The nacelle, located at the top of the tower, can rotate 360° around its axis depending on the wind direction. It got its name from the part of an aircraft that houses jet engines. The nacelle contains key mechanical elements such as the gearbox and generator.

Rotors with two blades are cheaper and faster than those with three blades, but they also create more noise and vibration. The hub, which is the central part of the rotor, is at the forefront and connects the blades to the mechanical components of the nacelle located behind it.

Blades, located at the top of the turbine, average 170 feet (52 meters) in length. When the wind blows, the air pressure on one side of the blade decreases, and the difference in pressure on the other side creates lift and drag. If the lift force exceeds the drag, the rotor starts to rotate.

The operation of a wind turbine is quite simple. The wind turns the rotor, and its rotation is transmitted to the input shaft, which mechanically transfers torque to the generator. The yaw system allows the nacelle to adapt to the wind direction. The rotor starts working at wind speeds above 10 km/h, and the wind generator automatically shuts down at speeds above 90 km/h due to the risk of damage.

The kinetic energy of the wind is converted into mechanical energy by the rotation of the rotor. The gearbox converts the slow rotation of the blades (18-25 revolutions per minute) into a faster rotation of the generator (up to 1800 revolutions per minute), necessary for the operation of the electric generator. The generator, in turn, converts mechanical energy into electrical energy. The transformer transmits electricity from one circuit to another, in this case to the electrical grid, changing its characteristics.

On the nacelle, various control systems constantly monitor the operating parameters of the wind turbine. This ensures the safe production of renewable energy and maximizes the efficiency of the wind power plant.

### 1.1.3 Battery Storage Systems

A battery is an energy storage device: it accepts energy, stores it, and releases it when needed. Some batteries accept energy at a low rate (low power) over a long period of time and release it at a high rate (high power) over a short period of time.

Today, there are many types of batteries that differ in their characteristics and materials. Each of them has its own specifications depending on the application, operating conditions, and usage intensity. Battery types include: lead-acid, nickel-cadmium, nickel-metal hydride, lithium-ion, lithium polymer (Li-Pol, Li-poly, LiPo, LIP), nickel-zinc, silver-zinc, and silver-cadmium batteries.

Lead-acid batteries are the most common, versatile, and relatively inexpensive. They come in numerous varieties and are used in many areas: backup power systems, autonomous power supply, solar power plants, communication systems, security, as well as portable devices and toys.

Nickel-cadmium batteries are a reliable type of battery made in impact-resistant plastic housings that protect them from mechanical damage and vibrations. These batteries can operate unattended. They are used in aviation (onboard batteries), electric vehicles (traction batteries), trams, trolleybuses, and construction tools (drills, screwdrivers).

Nickel-metal hydride batteries have higher capacity (20-25% more) compared to nickel-cadmium batteries and a somewhat smaller "memory effect," but it is still not recommended to charge partially discharged batteries. These are environmentally friendly batteries used in medical equipment (defibrillators), aviation and rocketry, autonomous power systems, and household radio equipment and lighting devices (flashlights).

Lithium-ion batteries are used in many everyday gadgets such as laptops, mobile phones, cameras, etc. They do not require special maintenance and have high energy capacity. In addition, lithium-ion batteries do not have a "memory effect," so partially discharged batteries can be recharged.

Lithium-polymer batteries are an advanced version of lithium-ion batteries widely used in various digital and portable devices such as mobile phones, laptops, tablets. The power of lithium-polymer cells is used in radio-controlled models and electric vehicles.

Nickel-zinc batteries are known to everyone as a replacement for galvanic batteries. They are mainly used in photo and video cameras.

Silver-zinc and silver-cadmium batteries are expensive and reliable batteries used in the military-industrial complex, rocketry, space industry, military communications, and technology.

#### 1.1.4 Inverters

An inverter is a device that converts direct current (DC) into alternating current (AC).

Typically, the input DC voltage is lower, while the output AC voltage meets grid standards: 120V or 240V, depending on the country.

Inverters can be standalone devices, such as in solar energy systems, or function as backup power sources using batteries that are charged separately.

Another option is to integrate the inverter into a more complex system, such as power supplies or uninterruptible power supplies (UPS). In this case, the DC for the inverter can come from rectified AC mains or batteries when there is a power outage.

There are several types of inverters that differ in switching signal shape, circuitry, efficiency, advantages, and disadvantages.

Inverters provide AC voltage from DC sources and are useful for powering electronics and equipment designed for grid voltage. They are also widely used in switching power supplies of inverter cascades. Inverters are classified by switching technology, type of switch, signal shape, frequency, and output characteristics.

##### 1.1.4.1 Basics of Inverter Operation

The main components of an inverter are the generator, control circuit, drive of power devices, switching elements, and transformer.

The conversion of DC to AC voltage is achieved by converting energy stored in a DC source, such as a battery or rectifier output, to AC voltage. This is accomplished using switching devices that periodically turn on and off, and then the voltage is increased using a transformer. Although there are some configurations that do not use a transformer, they are not common.

The input DC voltage is switched by power devices, such as MOSFETs or power transistors, forming pulses on the primary winding of the transformer. The alternating voltage on the primary winding induces alternating voltage on the secondary winding. The transformer also performs the function of a voltage amplifier, increasing the output voltage according to the transformation ratio. Typically, the output voltage is increased from the standard 12 volts provided by batteries to 120 or 240 volts AC.

There are three main types of inverter output stages: push-pull with a center-tapped transformer, push-pull half-bridge, and push-pull full bridge. The most popular is the center-tapped push-pull due to its simplicity and reliability, although it requires a heavier transformer and has a lower efficiency.

A simple DC to AC push-pull inverter with a center-tapped transformer configuration is shown in Figure 1.1.

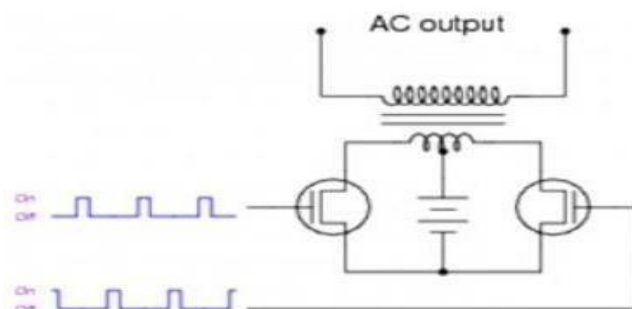


Figure 1.1 — Basic inverter switching diagram

#### 1.1.4.2 Inverter Classification

Inverters are classified by output voltage waveform: rectangular pulses (square wave and modified square wave, Figure 1.2), sine wave (Figure 1.3), quasi-sine wave (stepped sine wave approximation, Figure 1.3).

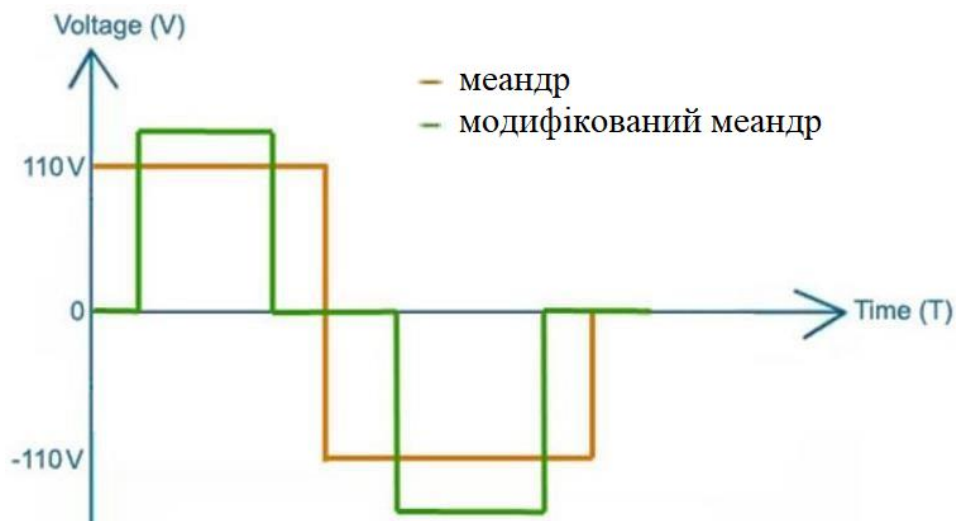


Figure 1.2 — Rectangular voltage waveforms: square wave (yellow) and modified square wave (green)

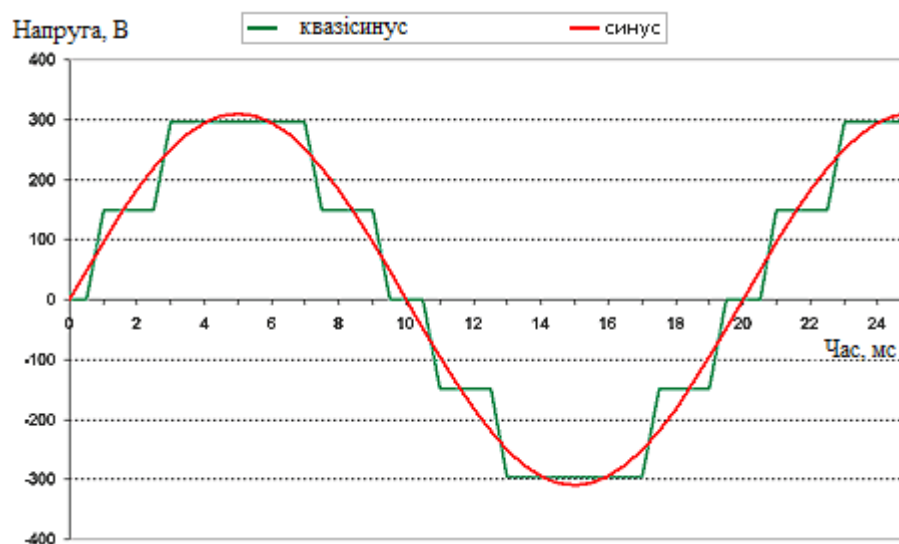


Figure 1.3 — Quasi-sine wave output signal

An inverter that produces a square wave voltage is one of the simplest and cheapest options, but its power is significantly lower than that of the other two types. Modified square wave pulses provide better power quality with a THD of about 45% and are suitable for most electronic devices with a switching power supply. In this waveform,

there are rectangular pulses with "dead zones" between the positive and negative half-cycles, providing a THD of about 24%.

Quasi-sine wave inverters are a cost-effective option for powering equipment less sensitive to voltage fluctuations, such as lighting and certain tools. These inverters produce an output voltage in the form of an approximated sine wave with a stepped shape. For most applications, the efficiency of using this voltage waveform is satisfactory. However, devices with linear power supplies, inductive loads such as AC motors, require a sine wave power supply. Otherwise, they may not operate properly or even be damaged due to poor power quality.

A true sine wave inverter provides the best signal waveform with a minimal harmonic distortion level of about 3%. However, it is the most expensive option and is usually used in areas such as medical equipment, stereo systems, laser printers, and other devices that require pure sine waveforms. Additionally, true sine wave inverters are also used in grid-tied inverters and network equipment.

### 1.1.5 Low-Power Hydropower Equipment

Small hydropower plants (SHP) use the kinetic energy of water flows to generate electricity. This equipment can be installed on small rivers or even in water supply systems. The main types of equipment are:

- Horizontal turbines, suitable for rivers with high water levels and high flow rates. They provide high efficiency and reliability;
- Vortex turbines, used on small streams. They are characterized by simplicity of design and low installation costs.

Low-power hydropower equipment is divided into: off-grid micro-hydroelectric systems; autonomous battery-free micro-hydroelectric systems; grid-connected battery-free micro-hydroelectric systems.

### 1.1.5.1 Off-Grid Micro-Hydroelectric Systems

Most small off-grid hydro systems operate based on batteries. Battery systems provide significant flexibility. They can be combined with other energy sources such as wind generators and solar panels, especially in seasonal flows. Since the flow is usually stable, the charging of the battery will also be uniform, allowing the use of a relatively small battery pack. Instantaneous energy demand (watts) is limited not only by the potential of water or turbine characteristics but also by the size of the inverter.

### 1.1.5.2 Autonomous Battery-Free Micro-Hydroelectric Systems

If the flow has sufficient potential, a direct AC system (AC-direct) can be chosen. It consists of a turbine generator that produces AC voltage of 120 or 240 volts, which can directly power standard household loads.

System management is carried out by diverting energy that exceeds load requirements to dump loads such as water or air heaters. This approach allows for maintaining a stable overall load on the generator. However, the limitation of such systems is that peak or surge loads cannot exceed the generator's capacity, which is determined by the available head and flow rate. To meet peak electrical loads, this type of system must be powerful enough to generate enough energy for all household needs, including water supply and space heating.

This type of system uses a turbine and control devices to generate electricity that can be fed directly into utility grids. They can have AC or DC generators. AC systems

use generators that synchronize with the grid. A special interface device is required to prevent the supply of electricity to the grid when it is not operational or under maintenance. DC systems require a special inverter to convert the DC output of the hydro turbine to synchronized AC. The main disadvantage of battery-free systems is that they also lose power during outages. In the event of a network failure, these systems automatically shut down.

The charge controller function in a hydro system acts as a load to absorb excess energy. Battery micro-hydro systems require charge controllers to avoid overcharging. These controllers usually send excess energy to a secondary (dump) load, such as an air heater or water heater. Unlike solar controllers, a micro-hydro system controller does not disconnect the turbine from the batteries, which can result in excessive voltage that some components cannot handle, or over-speeding of the turbine, which is dangerous.

#### 1.1.5.3 Grid-Connected Micro-Hydroelectric Systems

Battery-free, off-grid micro-hydro systems also require control systems. The load controller monitors system voltage or frequency, maintaining optimal load on the generator. This is achieved by switching load diversion power on and off as the load pattern changes or by mechanically diverting water from the runner. Battery-free systems that operate with grid connection also require control to protect the system during grid failures.

#### 1.1.6 Conclusions for Section 1.1

A review of equipment for providing alternative power supply demonstrates the diversity of technologies that meet the growing societal needs for energy independence and reduced environmental impact.

## 1.2 Analysis of Methods for Providing Alternative Power Supply

The modern development of energy technologies highlights the relevance of using alternative energy sources, which helps reduce dependence on traditional fuels, increase energy efficiency, and reduce negative environmental impact. Studying methods of alternative power supply allows identifying key approaches, assessing their advantages and disadvantages, and justifying the feasibility of implementing specific technologies under certain conditions.

### 1.2.1 Solar Energy

The principle of operation involves converting solar radiation into electrical energy through the photoelectric effect.

Advantages:

- Inexhaustible energy source (sunlight);
- Low operating costs after installation;
- Feasibility of installation in both urban areas (building roofs) and rural areas.

Disadvantages:

- Dependence on the intensity of sunlight and weather conditions;
- High initial installation cost;
- Necessity of using energy storage systems (batteries) to ensure uninterrupted power supply.

### 1.2.2 Wind Energy

Wind turbines convert the kinetic energy of the wind into electricity.

Advantages:

- Feasibility of operation in regions with high wind speeds;
- Low operating costs;
- Environmental safety.

Disadvantages:

- Dependence on local climatic conditions;
- Noise and visual pollution;
- High maintenance costs for large-scale installations.

### 1.2.3 Geothermal Energy

Geothermal energy is obtained by utilizing thermal resources concentrated in the Earth's interior.

To convert it into electricity, geothermal power plants are used, which are divided into two main types: steam and water turbines. In the first option, water or steam extracted from deep wells is used to rotate turbines.

In the case of water turbines, hot water is brought to the surface, where it is converted into steam that drives the turbines, generating electricity.

**Advantages:**

- Stability of the energy source;
- Independence from external climatic conditions;
- Long equipment lifespan.

**Disadvantages:**

- High costs of drilling and installation of geothermal plants;
- Limited usability in regions without access to geothermal sources.

### 1.2.4 Bioenergy

Bioenergy is based on the use of energy contained in organic materials such as plants and waste. The main types of biofuels – biodiesel and ethanol – are made from various raw materials: biodiesel is obtained from vegetable oils or animal fats, while ethanol is produced from sugar-containing or starchy crops such as sugarcane or corn. The process of producing biofuels includes fermentation, distillation, and other technological operations.

**Advantages:**

- Ability to utilize organic waste;
- Low dependence on weather conditions;
- Production of by-products (e.g., fertilizers).

**Disadvantages:**

- Need to ensure a constant source of biomass;
- Limited scale of use in certain regions;
- CO<sub>2</sub> emissions during biofuel combustion, although significantly lower than in traditional energy sectors.

### 1.2.5 Hydropower

Hydroelectric energy is produced by converting the potential energy of water accumulated in rivers or reservoirs into kinetic energy. When water moves under the influence of gravity, it rotates turbines that generate mechanical energy. This mechanical energy is transmitted to a generator, where it is converted into electrical energy.

Advantages:

- High efficiency;
- Long equipment lifespan;
- Ability to regulate water resources.

Disadvantages:

- Significant impact on river ecosystems;
- High construction costs for hydroelectric power plants;
- Dependence on the volume of water resources.

### 1.2.6 Conclusions for Section 1.2

After analyzing all the advantages and disadvantages of alternative power supply methods, we choose solar panels with the photoelectric effect for our case.

### 1.3 Conclusions for Section 1

Developing a photovoltaic power plant to provide electricity for Building 7 of the National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" is the best option in our case because its installation does not take up much space, unlike wind generators or low-power hydropower equipment that require a river. Solar panels are more commonly used on

buildings as other alternative power sources are not as cost-effective. Inverters only store charge but do not generate it, and gasoline or diesel generators work in the short term, unlike a photovoltaic power plant.

## ДОДАТОК Д

### Тези наукової конференції

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
 Департамент економічного розвитку, торгівлі та залучення інвестицій  
 Полтавської обласної військової адміністрації  
 Полтавська торгово-промислова палата  
 Університет Флорида (США)  
 “1 DECEMBRIE 1918” University of Alba Iulia (Румунія)  
 Білостоцький технологічний університет (Польща)  
 Вільнюський університет прикладних наук (VIKO) (Литва)  
 London Metropolitan University (Велика Британія)  
 Словацький технологічний університет (Словаччина)  
 Рада молодих вчених Національної академії наук України  
 Рада молодих вчених Національного університету «Запорізька політехніка»  
 Рада молодих вчених Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»  
 Рада молодих вчених Національного університету «Чернігівська політехніка»  
 Рада молодих вчених Національного університету «Одеська політехніка»  
 Рада молодих вчених Одеського національного університету імені І.І. Мечникова  
 Рада молодих вчених Ізмаїльського державного гуманітарного університету  
 Рада молодих вчених Глухівського національного педагогічного університету  
 імені Олександра Довженка  
 Рада молодих вчених Сумського національного аграрного університету  
 Рада молодих вчених Національного технічного університету України  
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
 Рада молодих вчених Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди  
 Рада молодих вчених Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича  
 Наукове товариство студентів та молодих вчених Хмельницького національного університету  
 Рада молодих вчених Київського національного університету будівництва та архітектури  
 Рада молодих вчених Херсонського державного аграрно-економічного університету

# МОЛОДІЖНА НАУКА: ІННОВАЦІЇ ТА ГЛОБАЛЬНІ ВИКЛИКИ

## ЗБІРНИК ТЕЗ

Міжнародної науково-практичної конференції студентів,  
аспірантів та молодих вчених



Полтава, 06 листопада 2024 року

УДК 378.1: 001.89(06)

**Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики** // Збірник тез за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених – Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка, 2024. – 785 с.

*У збірнику тез опубліковані результати наукових досліджень студентів, аспірантів та молодих учених, які були включені в програму Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*

*«Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики» (06 листопада 2024 року, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»). Тези подано в авторському оригіналі українською чи англійською мовами. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.*

### Редакційна колегія

- МАСЛІЙ Олександра – голова ради молодих вчених Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.е.н., доцент;
- ЧАЙКІНА Аліна – голова ради навчально-наукового інституту фінансів, економіки, управління та права, к.е.н., доцент;
- ПАЛІЙ Катерина – голова ради молодих вчених факультету філології, психології та педагогіки, к.ф.н., доцент кафедри;
- КРАВЧЕНКО Михайло – голова ради факультету фізичної культури та спорту, асистент кафедри;
- ГАСЕНКО Антон – голова ради молодих вчених навчально-наукового інституту архітектури, будівництва та землеустрою, д.т.н., професор кафедри;
- БОРЯК Богдан – голова ради молодих вчених навчально-наукового інституту інформаційних технологій та робототехніки, к.т.н., доцент кафедри;
- ЛЕВЧЕНКО Ірина – доцент кафедри міжнародних економічних відносин та туризму, доктор філософії;
- МАКСЮТА Наталія – начальниця відділу аналізу інноваційної діяльності та інтелектуальної власності, доктор філософії;
- ЛЕВЧЕНКО Валерій – Президент Студентського парламенту університету;
- БУРЯК Альона – доцент кафедри міжнародних економічних відносин та туризму, к.е.н., доцент;
- УСЕНКО Дмитро – доцент кафедри хімії та фізики, магістр фізики, доктор філософії;
- ЙОПА Тетяна – старший викладач кафедри фізичної культури та спорту, кандидат в майстри спорту України з дзю-до;
- РІЗНИК Юлія – старший викладач кафедри загального мовознавства та іноземних мов;
- ЛАКТІОНОВ Олександр – доцент кафедри автоматичної електроніки та телекомунікацій, к.т.н., доцент кафедри.

□ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024

рік

<i>Юхно Данил Олексійович</i>	
РОЗВИТОК СПРИТНОСТІ У УЧНІВ СТАРШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ ЗАСОБАМИ БАСКЕТБОЛУ .....	493
<b>СЕКЦІЯ №4. ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕЛЕКТРОННІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ .....</b>	<b>496</b>
<i>Bikchentaev Mykola Oleksiyovych</i> <i>Zaitseva Mariia</i>	
ENHANCING COMMUNICATION RELIABILITY WITH SOFTWARE- DEFINED RADIO (SDR) AND FREQUENCY-HOPPING SPREAD SPECTRUM (FHSS).....	496
<i>Бережний Антон Валерійович</i>	
ОПАНУВАННЯ САТ-СИСТЕМ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ФОРМУВАННЯ ІКТ-КОМПЕТЕНТНОСТІ У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗЕВОГО ПЕРЕКЛАДУ .....	498
<i>Боряк Богдан Радиславович</i>	
АРХІТЕКТУРА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НАЗЕМНИМИ БЕЗПЛОТНИМИ АПАРАТАМИ .....	500
<i>Весков Євген Валерійович</i> <i>Науковий керівник: Леві Леонід Ісаакович</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО РЕГРЕСІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ДЛЯ ОРГАНІЗЦІЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ .....	502
<i>В'юн Володимир Валентинович</i>	
АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ФОТО-ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЖИВЛЕННЯ КОРПУСУ 7 НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА».....	504
<i>Єрмілов Роман Олександрович</i> <i>Науковий керівник: Кожушко Григорій Мефодійович</i>	
ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ....	507
<i>Дюдюк Ігор Миколайович</i> <i>Івко Сергій Олександрович</i> <i>Смоляр Віктор Григорович</i>	
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗАВАДОСТІЙКІСТЮ.....	508
<i>Zhang Wenjun</i>	
MODELING OF A TECHNICAL DIAGNOSIS SYSTEM OF GENERATOR BASED ON ICE.....	510

УДК 621.311

*В'юн Володимир Валентинович*

здобувач другого (магістерського) рівня вищої  
освіти Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

***АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ФОТО-ЕЛЕКТРИЧНОЇ  
СТАНЦІЇ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЖИВЛЕННЯ КОРПУСУ 7  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»***

У сучасному світі, де зростання енергоспоживання та екологічні виклики стають все відчутнішими, альтернативні джерела енергії набувають дедалі більшої ваги. На зміну традиційним ресурсам, таким як вугілля та нафта, приходять інноваційні рішення, орієнтовані на сталий розвиток та екологічну чистоту. У цій статті ми розглянемо, що таке альтернативні джерела енергії, виділимо дев'ять основних їх типів, обговоримо їхні переваги, недоліки та можливості використання, а також надамо рекомендації щодо їх вибору.

Альтернативні джерела енергії базуються на природних процесах, як-от сонячне випромінювання, вітер, течії води та геотермальні явища. Хоча викопне паливо, як-от нафта та газ, негативно впливає на довкілля і є невідновлювальним, не всі альтернативні джерела є повністю відновлювальними. Наприклад, ядерна енергетика вважається невідновлювальною, тоді як енергія вітру, сонця та гідроенергія належать до відновлювальних, оскільки поновлюються за відносно короткий час.

Метою цієї роботи є аналіз доцільності та розробка проекту фотоелектричної станції для забезпечення альтернативного енергоживлення корпусу №7 Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка". Цей проект сприятиме зменшенню витрат університету на електроенергію та дотриманню екологічних стандартів, що є особливо актуальним в умовах сучасної енергетичної кризи.

Аналіз доцільності впровадження фотоелектричної станції [1-4]:

1. Економічна доцільність: Перший етап – це аналіз енергоспоживання корпусу №7. Середнє енергоспоживання визначає кількість електроенергії, яку потрібно компенсувати за допомогою сонячної станції. Інвестиції в таку систему мають потенціал окупитися за 5-7 років.

2. Екологічна доцільність: Використання сонячної енергії дозволить значно скоротити викиди парникових газів. Згідно з розрахунками, встановлення фотоелектричної станції може знизити щорічні викиди CO<sub>2</sub>

на кілька тонн, що є вагомим внеском у збереження довкілля.

3. Технічна можливість: На даху корпусу №7 є достатня площа для встановлення необхідної кількості сонячних панелей. Розроблення проекту фотоелектричної станції

1. Вибір обладнання: До складу станції входять:

- сонячні панелі з високим коефіцієнтом корисної дії, які перетворюють сонячну енергію на електричну.
- інвертори, які змінюють постійний струм (DC) на змінний (AC) для подачі в мережу корпусу.
- акумуляторні батареї для зберігання енергії на випадок, коли споживання перевищує виробництво (наприклад, вночі).
- контролери заряду, що оптимізують процес заряджання та забезпечують захист акумуляторів.

2. Розрахунок потужності: Найбільш базовий підхід до визначення необхідної потужності сонячної електростанції полягає у її співвідношенні до загальної потужності пристроїв, які вона має живити. Проте є кілька важливих нюансів:

- необов'язкова робота всіх пристроїв одночасно. Зазвичай не всі споживачі електроенергії працюють одночасно, тому потужність станції може бути меншою за сумарну потужність усіх приладів.

- коливання у споживанні. Щомісячне споживання енергії може суттєво варіюватися залежно від сезону. Встановлення спеціального лічильника допоможе відстежувати споживання протягом доби й тижня, що дозволить бачити періоди пікового та мінімального використання. Це важливо при визначенні оптимальної потужності станції, адже зайва потужність може призвести до надлишкової генерації, що може не знадобитися або призвести до витрат, які не виправдаються.

3. Монтаж: Планується розміщення панелей на даху корпусу з урахуванням нахилу для максимального захоплення сонячного світла.

4. Взаємодія із загальною мережею: Передбачається часткове використання накопиченої енергії для живлення загальної мережі університету. У випадку надлишку виробленої енергії її можна буде спрямовувати на інші корпуси або продавати до загальної електромережі, що принесе університету додатковий дохід.

Переваги проекту:

- безшумність роботи.
- термін роботи сонячних елементів практично необмежений і може становити десятки років.
- перетворення сонячної енергії відбувається в основному за рахунок використання фотоелектричних елементів.
- додаткове або автономне джерело електроенергії приватного будинку.
- можливість отримання "зеленого" тарифу.

Навчальні та дослідницькі перспективи: Наявність фотоелектричної станції на території університету відкриває широкі можливості для студентів, дозволяючи проводити навчальні практики та наукові дослідження в галузі відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності.

Підвищення іміджу університету: Впровадження екологічних проектів зміцнює репутацію університету, роблячи його більш привабливим для абітурієнтів і потенційних інвесторів.

Аналіз доцільності та розробка проекту фотоелектричної станції для корпусу №7 Полтавської політехніки свідчать про високий потенціал такого заходу. Встановлення фотоелектричної станції дозволить знизити витрати на електроенергію, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити енергоефективність університету. Успішна реалізація проекту також відкриє можливості для подальшого впровадження аналогічних систем в інших корпусах і сприятиме розвитку університету як сучасного, екологічно орієнтованого навчального закладу.

Запровадження відновлюваних джерел енергії є важливим кроком для підвищення енергоефективності та забезпечення сталого розвитку університету, що відповідає міжнародним стандартам та тенденціям у сфері енергетики.

#### *Список використаних джерел*

1. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>.
2. Альтернативні джерела енергії: види та критерії вибору [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://trinitisb.com.ua/blog/alternatyvni-dzherela-energii/>.
3. Як розрахувати потрібну потужність сонячної електростанції? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://raytonsun.io/yak-rozrahuvati-potribnu-potuzhnist-sonyachnoyi-elektrostantsiyi/>.
4. Переваги та недоліки технологій СЕС та ВЕС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://iknet.com.ua/uk/article/advantages-and-disadantages>.

## ДОДАТОК Е

### Презентація

Міністерство освіти та науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

Розроблення та аналіз ефективності впровадження фотоелектричної  
станції для альтернативного живлення корпусу 7 Національного  
університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент групи 601МЕ

В'юн В.В.

Керівник:

доцент, канд. техн. наук

Трет'як А.В.

Полтава 2024

**Актуальність теми** полягає в необхідності забезпечення енергоефективності навчального закладу, зниження залежності від зовнішніх енергоресурсів та популяризації екологічних технологій.

**Метою роботи** є розроблення та аналіз ефективності впровадження фотоелектричної станції для корпусу 7 університету.

Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні завдання:

- визначення оптимальної конфігурації системи;
- розрахунок основних параметрів фотоелектростанції;
- забезпечення можливості використання системи як навчальної бази для студентів;
- оцінка екологічних переваг.

**Об'єкт дослідження** – процеси впровадження, функціонування та оптимізації фотоелектричної станції для забезпечення альтернативного електроживлення корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

**Предмет дослідження** – система фотоелектричної станції для альтернативного живлення корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

### Аналіз обладнання, що існує, для забезпечення альтернативним електроживленням

3



Сонячні панелі: екологічно чистий варіант, що використовує відновлювану енергію, але ефективність залежить від погодних умов

Гейзерні електростанції використовують тепло геотермальних джерел для виробництва електроенергії. Недоліком є висока вартість будівництва та обмеженість у виборі місць, де є достатній геотермальний потенціал.



Вітрові турбіни: ефективні в районах із постійними вітрами, але вимагають значних інвестицій у встановлення.



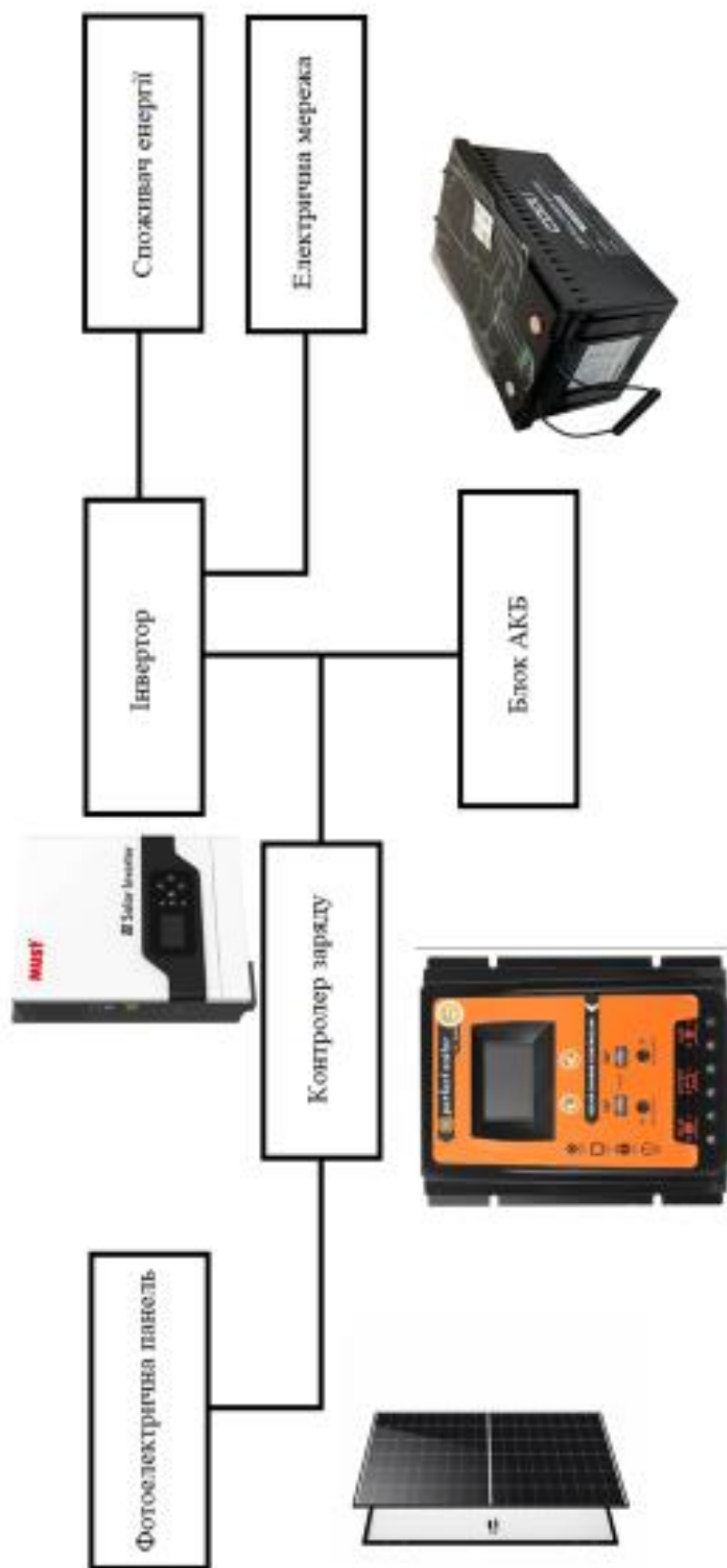
Малі ГЕС використовують потенціал річок і струмків. Залежать від сезонних змін рівня води, що може обмежувати їхню продуктивність.

Біогазові електростанції генерують електроенергію завдяки переробці органічних відходів. Головним недоліком є необхідність безперерйного постачання сировини та значні витрати на будівництво.





## Блок-схема фото-електростанції, що запропоновано



# Код програми для математичного обчислювального середовища SMath

## Вхідні дані для розрахунку

Принято, що система має забезпечити автономну роботу навантаженого сумарного потужністю Р<sub>дв</sub> протягом Н<sub>р</sub> робочих годин на дьбу Д<sub>р</sub> робочих днів на тиждень.

Р<sub>дв</sub> = 20330 Вт

Н<sub>р</sub> = 7  $\frac{\text{год}}{\text{дню}}$

Д<sub>р</sub> = 5  $\frac{\text{днів}}{\text{тиждень}}$

Ц<sub>п</sub> = 0,045 кВт

М<sub>дв</sub> = 1,4 кВт

k = 1,2

γ = 0,8

β = 1,11

## Розрахунок потрібної ємності АКБ

Влада = Р<sub>дв</sub> · Н<sub>р</sub> · Д<sub>р</sub> = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

## Повиття загальної потрібної ємності АКБ для обраної моделі АКБ (Cochi CL25,6-200)

С<sub>п</sub> = 24 В

Влада = 200 А·год

Влада = 1

Влада = 4,92391

Влада = 5

Влада = 5

Влада = 5

Влада = 5

Влада = 5

## Слідівати середовищені дані ємності ємності АКБ, що надходить на вихідну та порівняти потужності Р<sub>дв</sub>

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

β = 1,11

## Розрахунок необхідної ємності ємності АКБ

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

Влада = 17086,1 кВт

## Залежність співвідношення середньомісячного денного числа сонячної радіації, яка надходить на нахилену та горизонтальну поверхні, від кута нахилу сонячної панелі 7

Пошук оптимального кута  $\beta$

```
j := [1..91]
β := [0..90]
Rtab := matrix[91, 2]
```

```
for k ∈ j
```

```
  Rvectork := R(βk)
```

```
  Rtabk, 1 := βk ·  $\frac{180}{\pi}$ 
```

```
  Rtabk, 2 := Rvectork
```

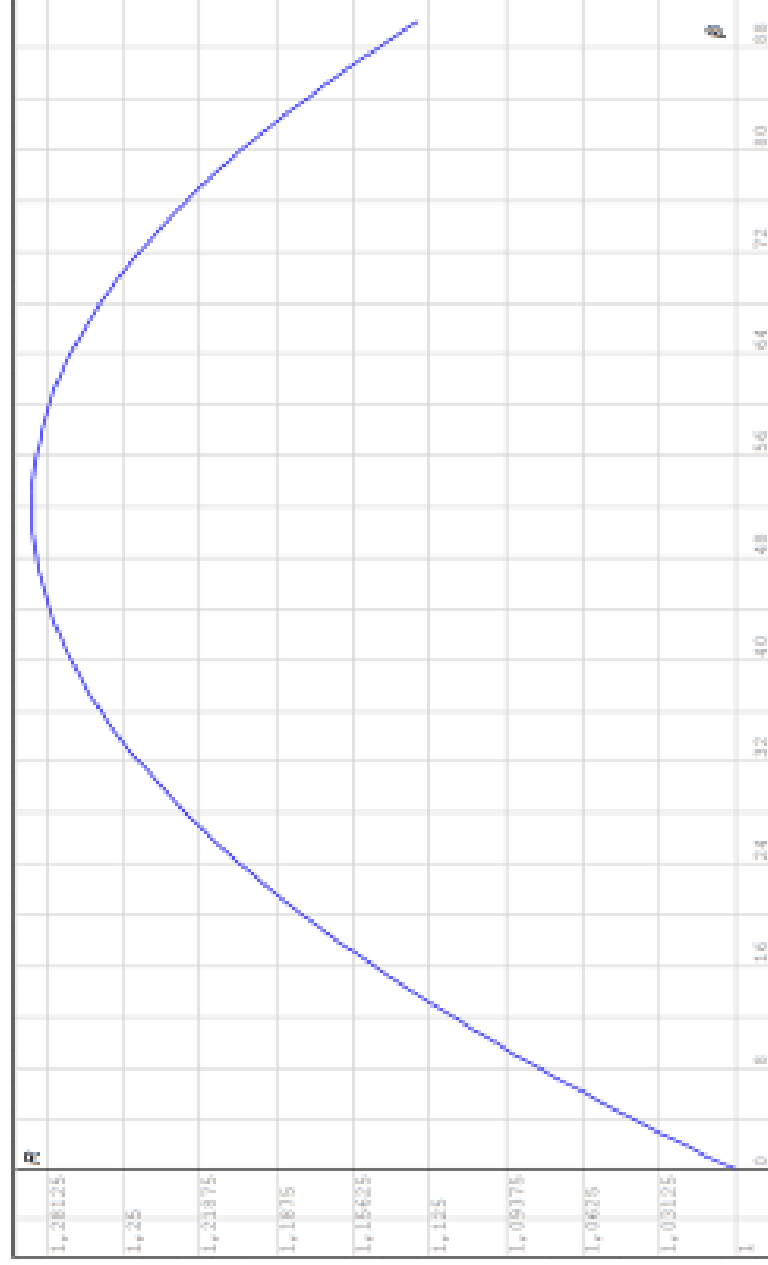
```
Rmax := max(Rvector) = 1,2873
```

Виняє максимум  $R = 1,2873$   
при  $\beta = 52^\circ$ ,  $n = 16$

```
ωopt(52°) = 91,1585°
```

```
Rp(52°) = 1,7157
```

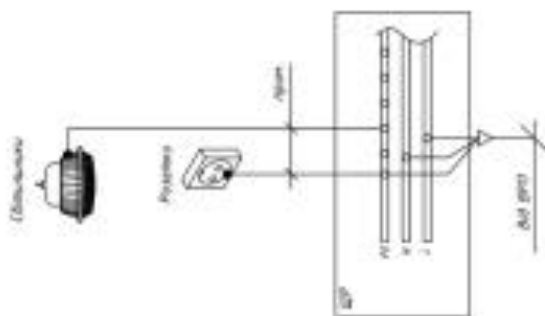
```
R(52°) = 1,2873
```







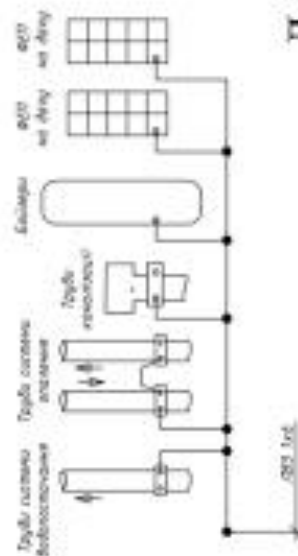
# Система зрівнювання потенціалів



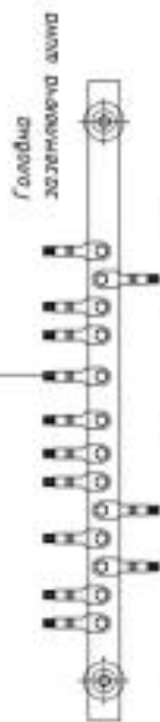
## Блискавкоприймач



## Стержневий уземлювач



## Дріт оцинкований



1. Система зрівнювання потенціалів з'єднує між собою наступні струмопровідні частини:
  - залізний проводник (PEN) має жовто-зелений окрас;
  - заземлювальні проводи, що приєднані до корпусу заземлення;
  - металеві труби опалювальної арматури в будівлі (труби водопостачання, опалювальної та др.);
  - кабелі констукції;
2. Залежні провідники від розподільного щита вказать до складу об'єкту заземлення.
3. Підключення проводів зрівнювання потенціалів показано нижче.

## ВИСНОВКИ

У ході роботи розроблено та проаналізовано фотоелектричну станцію для альтернативного живлення корпусу №7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». У результаті виконання кваліфікаційної роботи були досягнуті такі результати:

- розроблення саме фотоелектричної станції для забезпечення електроенергією корпусу 7 Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", краще в нашому випадку тому, що встановлення не займає багато місця як вітрогенератор або гідроенергетичне обладнання малої потужності для якої потрібна річка;
- розроблена структурна схема фотоелектростанції та виконаний розрахунок основних параметрів;
- безпека під час встановлення та експлуатації сонячних електростанцій має життєво важливе значення, оскільки безпосередньо впливає на ефективність і довговічність всієї системи.

В цілому розроблення та аналіз ефективності впровадження фото-електричної станції для альтернативного живлення корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» виявилися перспективними та успішними. Результати роботи вказують на технічну та економічну доцільність проєкту. Фотоелектростанція забезпечує альтернативне електроживлення, сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та підвищує екологічну стійкість об'єкта.