Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

КОВАЛЬЧУК Вікторія Володимирівна

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ/ DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR A SOLAR POWER PLANT OF A PRIVATE HOUSE

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Випускна кваліфікаційна робота
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконала: студент групи АКІТ-41
Ковальчук В.В.
_____
Науковий керівник:
к.т.н., доцент Маслияк Б.О..
_____

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
"____"_____20___ р.

Завідувач кафедри СКС
_____ А. І. Сегін

Тернопіль 2023

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"
Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри СКС
_____ А.І.Сегін
"____"_____20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Ковальчук Вікторії Володимирівній

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизована система управління сонячною електростанцією приватного будинку/Automated control system for a solar power plant of a private house
керівник роботи к.т.н., доцент Маслияк Б.О.

затверджені наказом по університету від «08» грудня 2022 р. № 491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи: 15.05.2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
1. Області застосування сонячних електростанцій.
2. Електроспоживання та аналіз географічного розташування житлового об'єкту.
3. Планування побудови структурної схеми СЕС.
4. Підходи до вирішення проблеми побудови сонячної електростанції

4. Основні питання, які потрібно розробити:
1. Аналіз стану сонячної енергетики
2. Специфікація вибору технічних засобів автоматизації.
3. Розрахунок та підбір обладнання системи сонячної електростанції.
4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Маслияк Б.О.		
2	Маслияк Б.О.		
3	Маслияк Б.О.		
4	Сапожник Г.В.		

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану сонячної енергетики	11.2022р. – 12.2022р.	
2	Специфікація вибору технічних засобів автоматизації.	01.2023р. – 02.2023р.	
3	Розрахунок та підбір обладнання системи сонячної електростанції	03.2023р. – 04.2023р.	
4	Охорона праці	04.2023р. – 05.2023р.	

Студент _____ Ковальчук В.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Маслияк Б.О.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 49 сторінках та містить 15 рисунків, 5 таблиць, 19 джерел за переліком посилань.

Мета роботи. Розробка автоматизованої системи управління сонячною електростанцією приватного будинку, визначення параметрів для контролю та керування, підбір необхідних технічних засобів автоматизації, їх детальний опис, розрахунок їх надійності, створення функціональної та структурної схем.

Методи дослідження. Математичні методи і системи управління.

Результати роботи. У роботі було проведено дослідження проекту, спрямованого на впровадження альтернативного джерела енергії для забезпечення електропостачання приватного будинку. Було також проведено аналіз різних типів сонячних установок та вибір оптимального варіанту. Було розроблено схему підключення сонячних установок до побутового будинку та мережі. Для забезпечення автоматизованого обліку електричної енергії були обрані відповідні типи обладнання та визначено їх кількість.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Розроблена модернізація слугуватиме проектом для вдосконалення встановлення систем автоматизованого управління сонячних електростанцій приватного будинку за допомогою відповідних технічних засобів автоматизації.

Можливі напрямки розвитку: результати роботи служитимуть інструментом для модернізації, розвитку, налагодження та вдосконалення установки сонячних електростанцій.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ.

ABSTRACT

Work is executed on 49 pages and including 15 illustrations, 5 table, 19 sources after the list of references.

Purpose of work. Development of an automated control system for a solar power plant of a private house, determination of parameters for control and management, selection of necessary technical means of automation, their detailed description, calculation of their reliability, creation of functional and structural diagrams.

Research methods. Mathematical methods and management systems.

Job performances. In the work, a study of the project aimed at the implementation of an alternative energy source to ensure the power supply of a private house was carried out. An analysis of various types of solar installations and selection of the best option was also carried out. A scheme for connecting solar installations to a household building and the network was developed. Appropriate types of equipment were selected and their number was determined to ensure automated accounting of electrical energy.

Recommendations after the use of job performances. The developed modernization will serve as a project for improving the installation of automated control systems for solar power plants of a private house with the help of appropriate technical means of automation.

Possible development directions: the results of the work will serve as a tool for modernization, development, adjustment and improvement of the installation of solar power plants.

Keywords: SOLAR ELECTRICITY, AUTOMATION, AUTOMATED SYSTEM, SOLAR POWER PLANT, SOLAR PANEL.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 8

1. АНАЛІЗ СТАНУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ……..... 10

1.1 Способи отримання тепла і електрики з сонячного випромінювання…….. 10

1.2 Будова та принцип роботи сонячної установки…… 11

1.3 Типи сонячних електростанцій……..… 12

1.4Експлуатація сонячних електростанцій…….. 15

1.5 Недоліки та переваги сонячних електростанцій……... 16

1.6 Вимоги щодо встановлення фотоелектричних модулів в Україні... 17

1.7 Географічне розташування СЕС та характеристика місцевості….. 18

2. СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ…… 20

2.1 Обгрунтування вибору технічних засобів автоматизації…… 20

2.1.1 Акумулятори…… 20

2.1.2 Сонячні панелі…… 21

2.1.3 Контролер заряду…… 23

2.1.4 Вибір інвертора…… 24

2.1.5 Вибір мікроконтролера…… 26

2.1.6 Лічильник електроенергії…….. 26

2.2 Підсистема регулювання температури акумуляторів…….. 28

3. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ…… 31

3.1 Розрахунок споживаної електроенергії для приватного будинку…… 32

3.2 Розробка структурної схеми системи автоматизації…… 32
3.2.1 Математичний опис фотоелектричної панелі……. 32
3.2.2 Створення імітаційної моделі сонячного модуля…… 34
3.3 Опис структурної схеми автоматизованої системи…….. 36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ……. 40
ВИСНОВКИ…… 45
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 47
Додаток А…… 49

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СЕС – сонячна електростанція;

СТЕ – сонячна теплова електростанція;

ФЕС – фотоелектрична станція;

КСЕ – концентровані сонячні електростанції;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

РЕМ – районна електрична мережа

СФМ – сонячний фотоелектричний модуль;

СФБ – сонячна фотоелектрична батарея;

ВАХ – вольт-амперна характеристика;

ТПП – точка пікової потужності:

ФЕП – фотоелетктрична панель.

ВСТУП

Актуальність теми. Україна є досить енергодефіцитною країною, яка імпортує близько 75% енергії. Крім того, Україна надзвичайно чутлива до ситуації з імпортом відновлюваних джерел енергії, оскільки українська промисловість є досить енергоємною, в 3-5 разів більше, ніж в економічно розвинених країнах [1].

Використання цих джерел енергії є одним з найважливіших напрямків енергетичної системи України. Збільшення частки відновлюваної енергетики в енергосистемі України призведе до диверсифікації джерел енергії, що, в свою чергу, посилить енергетичну незалежність країни.

Наразі питання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії має велике значення, і одним з найперспективніших напрямків є використання сонячної інсоляції. Завдяки географічному розташуванню України можна очікувати до 1400 кВт-год/м2 сонячної радіації, але слід зазначити, що, в залежності від розташування самої сонячної електростанції, найбільш ефективне використання сонячної радіації можливе лише протягом 5-7 місяців.

Тому дослідження в галузі систем керування та оптимізації фотоелектричних електростанцій є актуальними.

Новизна даного дослідження полягає в тому, що розроблено вдосконалений метод керування сонячними детекторами та протестовано його на сонячній електростанції з метою визначення впливу оптимізованого методу керування на її вихідну потужність.

Об'єктом дослідження є сонячна електростанція невеликої потужності та її елементи.

Предмет дослідження – сонячна монокристалічна фотоелектрична станція.

Метою дослідження є розробка автоматизованої системи управління в приватному будинку.

Мета досягається шляхом вирішення низки завдань:

1. Провести оцінку енергоспоживання житлового будинку.
2. Виконати аналіз надходження сонячної енергії у відповідній місцевості.
3. Провести розрахунок необхідних параметрів і вибрати відповідне обладання.
4. Розробити схему підключення сонячної електростанції (СЕС) до житлового об’єкту.
5. Розробити схему підключення СЕС до зовнішньої електричної мережі.

1. АНАЛІЗ СТАНУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Сонячна енергетика є не тільки альтернативним джерелом енергії для збереження екології, але й може стати пасивним джерелом доходу на тривалий період. Для тих, хто щойно ознайомлюється з цією галуззю, спробую коротко й зрозуміло пояснити основні поняття.

Сонячна електростанція (СЕС) - це технічне обладнання, яке перетворює сонячну енергію на електричну енергію. Головне призначення СЕС - забезпечення домогосподарства якісною, екологічно чистою електроенергією, без використання викопного палива [2].

1.1 Способи отримання тепла і електрики з сонячного випромінювання

Існує кілька способів отримання електрики і тепла із сонячного випромінювання [3]:

1. Сонячні панелі: Сонячні панелі (фотоелектричні панелі) використовуються для отримання електрики з сонячного випромінювання. Коли світло потрапляє на панель, вона генерує електричний струм. Ці панелі встановлюють на дахах будівель, на землі або відкритих майданчиках, де вони можуть отримувати якомога більше сонячної енергії.

2. Теплові колектори: Теплові колектори використовуються для отримання тепла з сонячного випромінювання. Вони збирають тепло від сонця і передають його до системи опалення або гарячого водопостачання. Такі колектори встановлюють на дахах будівель або на землі.

3. Сонячні теплові електростанції: Сонячні теплові електростанції (СТЕ) використовуються для отримання електрики з сонячної енергії. СТЕ складаються з сонячних колекторів, які збирають тепло від сонця, щоб нагріти рідину, яка потім приводить турбіни генератора, що виробляє електрику.

4. Сонячні печі: Сонячні печі використовуються для отримання

тепла з сонячного випромінювання. Вони збирають тепло від сонця та використовують його для опалення або для приготування їжі.

Ці способи використання сонячної енергії можуть зменшити використання фосільних палив, таких як вугілля і нафта, і зменшити викиди шкідливих газів в атмосферу.

1.2. Будова та принцип роботи сонячної установки

Сонячна установка складається з кількох основних компонентів, а саме: сонячних панелей, інвертора, акумуляторів, контролера зарядки та системи моніторингу(рис.1.2.1):

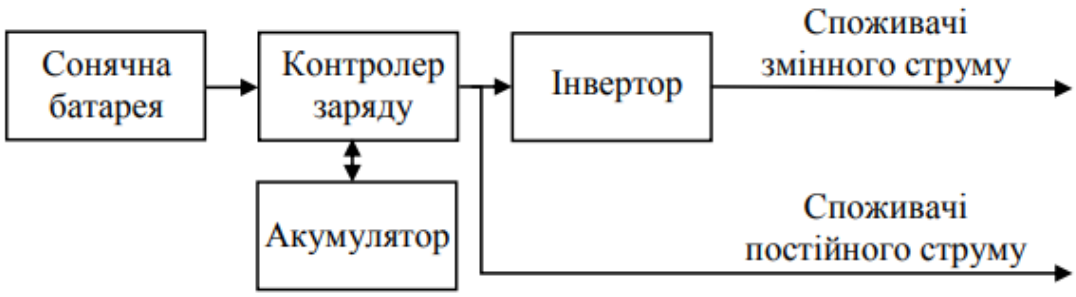


Рисунок 1.2.1 – Принцип роботи сонячної установки

Давайте розглянемо кожен з цих елементів більш детально:

Сонячні батареї складаються з кристалів кремнію, які мають здатність перетворювати сонячне випромінювання в електричний струм. Сонячні панелі зазвичай з'єднують у рядки, щоб отримати більшу потужність.

Інвертор - це пристрій, який перетворює постійний струм, який генерується сонячними панелями, на змінний струм, який можна використовувати для живлення електричних приладів.

Акумулятори використовуються для зберігання електричної енергії, яка генерується сонячними панелями. Це дає можливість використовувати енергію зі сонячних панелей в той час, коли сонце не світить.

Контролер зарядки відповідає за регулювання заряду акумуляторів. Він контролює потік електронів з сонячних панелей до акумуляторів, щоб забезпечити безпечне та ефективне заряджання.

Система моніторингу слідкує за станом сонячної установки та надає інформацію про вироблення електроенергії та її використання. Вона дозволяє контролювати ефективність роботи сонячної установки та виявляти можливі проблеми.

Принцип роботи сонячної установки полягає в тому, що сонячна енергія, яка надходить на сонячні панелі, перетворюється на електричний струм. Основою цього процесу є використання фотоелектричного ефекту, який виявився Альбертом Ейнштейном в 1905 році. Коли фотони світла попадають на кристал кремнію, який знаходиться в сонячній панелі, вони викликають звільнення електронів від атомів кремнію. Ці електрони починають рухатися, і їх рух створює електричний струм [4].

Постійний струм, який генерується сонячними панелями, направляється до інвертора, який перетворює його на змінний струм, який можна використовувати для живлення електричних приладів. Якщо сонце не світить або виробленої електрики недостатньо, акумулятори забезпечують додаткову електроенергію. Контролер зарядки слідкує за рівнем заряду акумуляторів, щоб забезпечити безпечне та ефективне заряджання.

Система моніторингу дозволяє контролювати ефективність роботи сонячної установки та виявляти можливі проблеми, такі як забруднення сонячних панелей або несправності в контролері зарядки. Крім того, вона надає інформацію про вироблення електроенергії та її використання, що дозволяє контролювати рівень споживання електроенергії та знижувати витрати на її виробництво.

1.3. Типи сонячних електростанцій

Існує декілька типів сонячних електростанцій, які використовуються для виробництва електроенергії з сонячної енергії. Основні типи сонячних електростанцій включають наступне [5]:

- Фотоелектричні сонячні електростанції (ФЕС) - це найбільш поширений тип сонячної електростанції, який використовує сонячні панелі для перетворення сонячної енергії в електричну енергію. ФЕС включають фотоелектричні панелі, інвертори та батареї для зберігання електроенергії.
- Концентровані сонячні електростанції (КСЕ) - це система, яка використовує складну систему лінз та дзеркал, щоб зосередити сонячні промені на маленькій площі фотоелектричної клітини, що забезпечує більшу ефективність виробництва електроенергії. КСЕ використовуються в основному для великих електростанцій та промислових застосувань.
- Сонячні термічні електростанції (СТЕ) - це системи, які використовують тепло, що виробляється від сонячної енергії, для створення пари, яка потім приводить турбіну та генератор електроенергії. СТЕ зазвичай використовуються для великих електростанцій.
- Гібридні сонячні електростанції - це системи, які поєднують в собі кілька джерел енергії для виробництва електроенергії, включаючи сонячну енергію, вітрову енергію, гідроенергію та інші джерела енергії.

Фотоелектричні системи, які використовуються для управління невеликими сонячними електростанціями, можна класифікувати за способом розміщення сонячних панелей. Основні види таких систем включають:

- Наземні сонячні електростанції - розташовані на земельній поверхні.
- Дахові сонячні електростанції - розміщені на плоских, скатних або інших типах дахів будівель.
- Фасадні сонячні електростанції - встановлені на фасадах будівель.
- Сонячні електростанції з інтегрованими сонячними модулями (BIPV) - модулі інтегровані безпосередньо в конструкції будівель.

- Плавучі сонячні електростанції - розташовані на водоймах.
- Переносні або мобільні сонячні електростанції - можуть бути переміщені з одного місця в інше.

Фотоелектричні системи також можуть бути класифіковані в залежності від можливості стеження за сонцем. Основні типи включають:

- Стаціонарні сонячні електростанції - сонячні батареї розміщені на фіксованих опорних конструкціях.
- Рухомі сонячні електростанції на одноосьових трекерах - сонячні фотомодулі автоматично або механічно коригують своє положення протягом сезону або світлового дня.
- Рухомі електростанції на двоосьових трекерах - сонячні фотомодулі автоматично коригують свій нахил та азимут протягом всього світлового дня.

Фотоелектричні системи можуть бути також класифіковані в залежності від здатності співпрацювати з наявними електричними мережами. Типи включають:

- Мережеві сонячні електростанції - забезпечують підключення до електричних мереж з використанням стрінгових або центральних сонячних інверторів.
- Автономні СЕС змінного струму (AC) - функціонують незалежно від електричних мереж і виробляють змінний струм.
- Автономні СЕС постійного струму (DC) - функціонують незалежно від електричних мереж і виробляють постійний струм.
- Резервні та гібридні сонячні електростанції - комбінують сонячну енергію з іншими джерелами енергії, такими як дизельні генератори або акумулятори.

Фотоелектричні системи також можуть бути класифіковані в залежності від технології перетворення сонячного випромінювання. Основні типи включають:

- Кристалічні кремнієві сонячні електростанції - використовують

монокристалічні або полікристалічні кремнієві сонячні модулі.

- Сонячні електростанції на основі аморфного кремнію - використовують сонячні модулі на основі аморфного кремнію.
- Тонкоплівкові сонячні електростанції - використовують сонячні модулі на основі сполук типу CdTe.

Крім того, є різні типи конструкцій сонячних батарей, такі як односторонні, двосторонні та світлопрозорі сонячні електростанції.

Сонячні батареї знаходять широке застосування у різних галузях, включаючи промисловість, сільське господарство, торгівлю та приватний сектор. Вони дозволяють отримувати дешеву та екологічно чисту електроенергію, що допомагає знизити комунальні витрати. З кожним роком будівництво сонячних електростанцій стає все більш привабливим, а терміни окупності скорочуються.

1.4. Експлуатація сонячних електростанцій

Експлуатація сонячних електростанцій полягає в забезпеченні їх нормальної роботи та максимальної ефективності протягом усього періоду експлуатації. Основні кроки, необхідні для успішної експлуатації сонячних електростанцій, включають наступне:

- Регулярна очистка сонячних панелей від забруднень (пилу, листя, снігу, пташиного посліду тощо), що може знижувати ефективність їх роботи.
- Регулярне технічне обслуговування обладнання, включаючи перевірку стану батарей, інверторів, контролерів зарядки та інших компонентів системи.
- Моніторинг роботи системи для виявлення можливих проблем та їх вирішення вчасно.
- Забезпечення безперебійного живлення, зокрема через встановлення додаткових джерел живлення (наприклад, дизель-генераторів).
- Захист від ворожих дій та зламів, зокрема шляхом встановлення

систем відеоспостереження та інших заходів безпеки.

- Розробка та виконання плану дій у разі аварійних ситуацій.
- Забезпечення відповідності системи вимогам енергетичних стандартів та нормативів.
- Планування та управління фінансами, зокрема визначення бюджету на підтримку та розвиток системи, контроль над витратами та забезпечення прибутковості проекту.

Узагальнюючи, експлуатація сонячних електростанцій вимагає постійного контролю та технічного обслуговування, а також розробки планів дій для вирішення можливих проблем.

1.5 Недоліки та переваги сонячних електростанцій

Сонячні електростанції мають кілька переваг [6]:

- Екологічність;
- Економічність;
- Незалежність від енергосистем;
- Довговічність;
- Розподіленість.

Хоча сонячні електростанції мають безліч переваг, вони також мають кілька недоліків:

- Залежність від погодних умов;
- Високі витрати на встановлення;
- Потребують більше місця;
- Екологічні питання;
- Невідповідність потребам в енергії;

Загалом, сонячні електростанції є екологічно чистим, економічним та ефективним джерелом енергії, яке може забезпечити енергетичну незалежність та стати важливим елементом сталого розвитку, не зважаючи на невеликий перелік недоліків.

1.5 Вимоги щодо встановлення фотоелектричних модулів в Україні

Серед переліку обов’язкових вимог для встановлення ФЕМ в Україні є дотримання процедури отримання "зеленого тарифу" [7]. Ці вимоги включають:

- Наявність житлового об’єкта, що був введений в експлуатацію.
- Право власності на об’єкт і земельну ділянку (у випадку, якщо фотоелектричні панелі розміщуються на наземній металоконструкції).
- Наявність технічних умов, підведених до будинку.
- План дій для встановлення фотоелектричної установки включатиме такі етапи:
- Купівля та монтаж сонячної системи потужністю до 30 кВт.
- Подання заяви та схеми підключення СЕС до місцевої районної електричної мережі (РЕМ) або ж обленерго. На цьому етапі також складаються технічні умови. Припустимо, якщо клієнт володіє будинком з однією фазою та має 5 кВт електропотужності, але планує встановити сонячну систему потужністю до 30 кВт,то він повинен подати заявку на отримання трьох фаз та, відповідно, 30 кВт потужності.
- Також необхідно відкрити поточний банківський рахунок для здійснення розрахункових операцій. Реквізити цього рахунку зазначаються безпосередньо у заяві-повідомленні.
- Затвердження плану підключення запропонованої генеруючої установки з енергопостачальником. Отримання рахунку від обленерго для оплати послуг з встановлення вузла обліку електроенергії. Встановлення вузла обліку (спеціалісти обленерго відвідують місце, встановлюють двонаправлений лічильник, опломбовують його, перевіряють станцію та запускають її).

1.7. Географічне розташування СЕС та характеристика місцевості

Україна має високий середньорічний потенціал сонячної енергії (1235 кВт·год/м2), що сприяє широкому використанню теплоенергетичного та фотоенергетичного обладнання майже в усіх областях.

Взагалі, фотоенергетичне обладнання може ефективно функціонувати протягом усього року. Основними зовнішніми факторами, які мають значний вплив на вироблення електроенергії фотоелементами, є наступні параметри:

- інтенсивність сонячного випромінювання;
- температура повітря.

Приватна ділянка, яку розглянута в даній роботі, розташована в с. Попівці Золочівського району Львівської області. На рис. 1.7.1 видобутому з супутникових знімків для «Google map».

Рисунок 1.7.1 – Розташування земельної ділянки

Село Попівці розташоване у західній частині України, на берегах річки Іква. У даному районі панує атлантично-континентальний клімат, який відрізняється високою вологістю. Зими тут м'які з частими періодами потепління, а літа помірно теплі і не посушливі.

О 13 годині середньорічна відносна вологість повітря становить 65-68%, а середньорічна температура повітря складає 6,8°С.

Географічні характеристики Львівської області впливають на спадання сонячних променів на горизонтальну поверхню під різними кутами. В обідню пору під час весняного та осіннього рівнодення кут падіння становить 41°. Під час літнього сонцестояння максимальний кут падіння досягає 62°, а під час зимового сонцестояння - 17°. Це означає, що кут падіння сонячних променів змінюється протягом року, що впливає на наявність сезонів: зими, весни, літа і осені [8].

Також тривалість денної частини доби залежить від географічної широти місця, оскільки вона визначає інтервал між сходом і заходом сонця. У Львові цей час найбільший у липні і складає 16 годин 20 хвилин, а найменший у грудні - 8 годин 10 хвилин.

Орієнтація та крутизна схилів також впливають на тривалість та інтенсивність прогріву поверхні землі та повітря. Схили з південною експозицією та крутизною 15-20° на Розточчі, центральній частині області, отримують стільки ж тепла, скільки й горизонтальна поверхня в степовій частині України.

Тривалість сонячної інсоляції залежить від тривалості дня, але хмарність також вносить певну корекцію. Львівська область відноситься до областей з високою хмарністю протягом року. Важливо відзначити, що хмарність неоднакова як за сезонами, так і територіально. Наприклад, тривалість неба в періоді захмареності може досягати 80% у грудні, а ймовірність ясного та малохмарного неба найвища у серпні та вересні.

В період з низькою хмарністю, основним джерелом прогріву території є сонячне тепло, в той момент як тепло від прогрітого повітря має менший вплив. Висновки, які можна зробити, стосуються також днів з хмарами, де важливу роль відіграє температура повітряної маси, яка проникла на територію області.

2 СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації.

2.1.1. Акумулятори

Акумулятор, використовуваний в сонячних електростанціях, є одним з ключових компонентів в автономних та гібридних системах. Його основна функція полягає в накопиченні електроенергії та забезпеченні роботи побутових або промислових приладів під час нічного періоду або у віддалених ізольованих системах. Головною перевагою таких акумуляторів є їх здатність забезпечувати надійне електропостачання в разі аварій в комунальних електромережах або при відсутності можливості підключення до цих мереж [9].

Важливо зазначити, що акумулятор, який використовується у подібній системі, повинен мати достатні резерви міцності. Ці резерви повинні становити не менше 30%. Тобто 30% від загального споживання електроенергії на добу, яке становить 5000 Вт, складає 1500 Вт. Сумарна потужність акумуляторів повинна бути 5000 Вт + 1500 Вт = 6500 Вт.

Для розрахунку акумуляторів на 12 В, що є більш доступними, потрібно запасати 6500 Вт електроенергії на добу. Тому його ємність повинна становити 6500 Вт / 12 В (напруга акумулятора) = 541,6 А*год. Після округлення отримуємо 600 А*год.

Для досягнення такої ємності, ми оберемо 6 гелевих акумуляторів Logic Power LP-GL 12-100 AH(рис.2.1.1.1).

Рисунок 2.1.1.1 - Акумуляторна батарея Logic Power LP-GL 12-100 AH.

Технічні характеристики даної АКБ представлені в таблиці 2.1.1.1

Таблиця 2.1.1.1 - Характеристики представленої АКБ

Технологія	гелевий
Ємкість	100 А*год
Напруга	12 V
Зарядна напруга	13,4 - 13,8 V
Зарядна напруга в циклічному режимі	14,2 - 14,4 V
Робоча температура	-20° ~ 60°
К-ть циклів заряду та розряду	1200
Габарити АКБ	330 x 172 x 214 мм

2.1.2. Сонячні панелі

У процесі вибору сонячних панелей необхідно враховувати два показники, а саме: необхідна потужність навантаження та номінальну потужність панелі.

На основі аналізу був обраний сонячний фотоелектричний монокристалічний модуль ZHM 185Вт (рис.2.1.2.1).

Рисунок 2.1.2.1 - Сонячна панель ZHM 185Вт

Таблиця 2.1.2.1 - Технічні характеристики ZHM 185Вт

Тип кремнію	монокристал
Пікова потужність	185 Вт
Напруга пікової потужності	36,20 В
Струм пікової потужності	5,14 А
Струм короткого замикання	5,66 А
Довжина; Ширина ;Висота	1580 мм; 808 мм;35 мм

Сонячна панель ZHM 185 є високопродуктивною, стійкою і надійною. Ці модулі головним чином використовуються для створення автономних систем живлення на дачах, будинках і міні-готелях. Вони також застосовуються для побудови автоматизованих систем живлення в більш потужних об'єктах, таких як готелі, ресторани, автозаправки та виробничі підприємства. Технічні характеристики цих модулів наведені у таблиці 2.1.2.1.

2.1.3. Контролер заряду

Контролер заряду сонячних батарей застосовують для оптимізації процесу заряду та розряду акумуляторних батарей з метою збільшення їх терміну роботи, що дозволяє максимально використовувати потенціал сонячної батареї, навіть при низькому освітленні. Контролер сонячних батарей допомагає знизити витрати та забезпечує більшу ефективність роботи. Для заданої СЕС підходить контролер заряду Juta (30A, 12/24B, PWM) CM3024Z, який зображений на рисунку 2.1.3.1.

Рисунок 2.1.3.1 – Контролер Juta CM3024Z

Цей контролер має автоматичне визначення вольтажу і підтримує режими 12/24 В. Ви можете підключити сонячні батареї з максимальною потужністю до 360 Вт при 12 В або до 720 Вт при 24 В. Докладні технічні характеристики наведені нижче.

Цей контролер має номінальну напругу, яка автоматично визначається як 12/24 В. Номінальний струм становить 30 А. Максимальна вхідна напруга не перевищує 48 В. Максимальна потужність підтримуваних сонячних батарей становить 360 Вт для 12-вольтових акумуляторів і 720 Вт для 24-вольтових акумуляторів. Верхнє значення напруги заряду становить 12.5 В для 12-вольтових акумуляторів і 25.0 В для 24-вольтових акумуляторів. Допустима вологість повинна бути менше 90%. Робоча температура знаходиться в діапазоні від -10 °C до +60 °C, а температура збереження - від -

30 °C до +70 °C. Монтажні розміри контролера становлять 90 х 188 х 48 мм, а його вага - 360 г.

2.1.4. Вибір інвертора

Інвертори в системах енергозабезпечення сонячних електростанцій (СЕС) використовуються для перетворення постійного струму, який генерується сонячними панелями, на змінний струм, який може бути використаний для живлення електричних пристроїв. Основні застосування інвертора в СЕС включають:

- Живлення побутової техніки: Інвертори дозволяють використовувати електроенергію, вироблену сонячними панелями, для живлення різних побутових пристроїв, таких як холодильники, пральні машини, телевізори, комп'ютери та освітлення.
- Зарядка батарей: Інвертори можуть використовуватись для зарядки акумуляторних батарей, які можуть бути використані як джерело електричної енергії під час відсутності сонячного світла або вночі.
- Зворотний продаж до мережі: В деяких випадках, коли сонячна електростанція виробляє більше електроенергії, ніж споживається на місці, інвертор може перетворити надлишок енергії на змінний струм, який може бути підключений до електричної мережі для зворотного продажу.
- Забезпечення резервного живлення: Деякі інвертори мають можливість роботи в режимі резервного живлення, що дозволяє використовувати сонячну енергію для живлення певних пристроїв або систем під час відключення основного джерела живлення.

Застосування інверторів в СЕС допомагає максимально використовувати вироблену сонячну енергію та забезпечує ефективне та стабільне живлення електричних пристроїв.

В нашому випадку ми обрали інвертор Форт FX35 (24 В)(рис.2.1.4.1)

Рисунок 2.1.4.1 – Інвертор Форт FX35 (24 В)

Чудовою особливістю даного інвертора є необмежений час роботи. Час роботи системи буде залежати лише від того, з якою ємністю ви придбаєте акумулятор. Технічні характеристики інвертора наведені в таблиці 2.1.4..1

Таблиця 2.1.4.1 - Технічні характеристики інвертора Форт FX35

Номінальна потужність	2200 Вт
Максимальна потужність	3500 Вт
Максимальний струм	15А
ККД	88-91%
Діапазон вхідних напруг	150-250 В
Габарити	420х140х360 мм
Вага	7 кг
Форма вихідного сигналу	Чиста синусоїда

2.1.5. Вибір мікроконтролера

Для реалізації управління системою сонячної електростанції, ми вибираємо мікроконтролер Maple Mini (рис. 2.1.5.1). Вільні контакти цього мікроконтролера будуть використовуватись для подальшої модернізації системи управління.

Maple Mini - це 32-бітна ARM-плата, розроблена компанією LeafLabs. Разом з Maple IDE, серія макетних плат LeafLabs Maple має користувацький

інтерфейс типу Arduino, і працює на потужних 32-бітних ARM-процесорах [10].

Maple Mini є компактною платою з 48 контактами STM32, яка має ту саму швидкість і пам'ять, що й стандартна Maple. На платі є 120 Кб флеш-пам'яті, 34 GPIO і 20 Кб оперативної пам'яті (RAM).

Maple Mini може живитися через підключення до USB, також і від зовнішнього джерела енергії. Пристрій автоматично визначає, з якого джерела отримувати живлення. Зовнішнє живлення (крім USB) може бути подане через перетворювач напруги(блок живлення) або акумуляторну батарею.

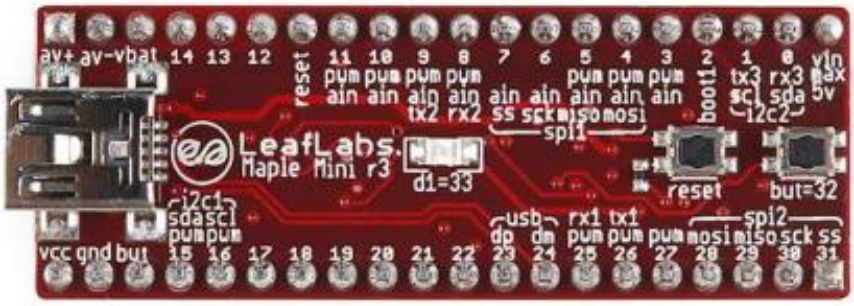


Рисунок 2.1.5.1 – Мікроконтролер Maple Mini

2.1.6. Лічильник електроенергії

Лічильники використовуються, щоб виміряти активну електричну енергію в омережах змінного струму промислової частоти залежно від різних тарифів, які змінюються в часі. Крім того, лічильники забезпечують створення бази даних, в якій зберігається вимірювальна інформація, а також передачу цієї інформації за допомогою інтерфейсних каналів до облікових пристроїв електроенергії на вищому рівні [11].

Лічильники використовуються для обліку електроенергії на промислових корпораціях і в комунальній та побутовій сферах, особливо в умовах введення диференційованих у часі тарифів. Вони призначені для

використання в автоматизованих системах обліку та контролю електричної енергії і мають різні характеристики, такі як послідовний інтерфейс, оптопорт і телеметричний імпульсний вихід. Я обрав лічильник СТК1-10К5XI4Zt (рис. 2.1.6.1), і його технічні характеристики наведені в таблиці 2.1.6.1.

Рисунок 2.1.6.1 – Лічильник

Таблиця 2.1.6.1 – Характеристики лічильника СТК1-10К5I4Zt

Номінальна напруга	220 В
Номінальний струм	5 А, 10 А
Номінальна частота мережі	50Гц
Максимальний струм	60 А, 100 А
Габарити	188*130*85 мм
Клас точності	1
Кількість фаз	1
Кількість тарифів	багатотарифний

2.2 Підсистема регулювання температури акумуляторів

Давач темпаратури DS18B20(рис.2.2.1.) - ідеальне рішення для інтеграції в системи з мікроконтролерами. Він дозволяє правильно виміряти температуру в навколишньому середовищі в широкому діапазоні від -55 °C до +125 °C і передавати дані у цифровому форматі з 12-бітною роздільністю за допомогою 1-Wire протоколу. Цей протокол дозволяє підключити багато таких датчиків за допомогою всього одного цифрового порту контролера та двох проводів - землі і сигналу. Використання "паразитного живлення" дозволяє датчику отримувати енергію через лінію сигналу. Кожен з датчиків має унікальний 64-бітний код, що пришивається на виробництві, який дозволяє мікроконтролеру "спілкуватися" з конкретним датчиком на загальній шині.

У постійній пам'яті даного давача темпаратури можна зберегти граничні значення температури, які, якщо будуть перевищені, спричинять спрацювання тривоги. Таким чином, датчик дуже простий у використанні. Він є цифровим, а отримуваний сигнал знаходиться на одному контакті. Це означає, що можна підключити велику кількість цих датчиків до одного мікроконтролера. Вбудований аналого-цифровий перетворювач дозволяє уникнути проблем з точністю, якщо датчик розташований на віддаленій відстані.

Технічні характеристики давача темпаратури представлені в таблиці 2.2.1.

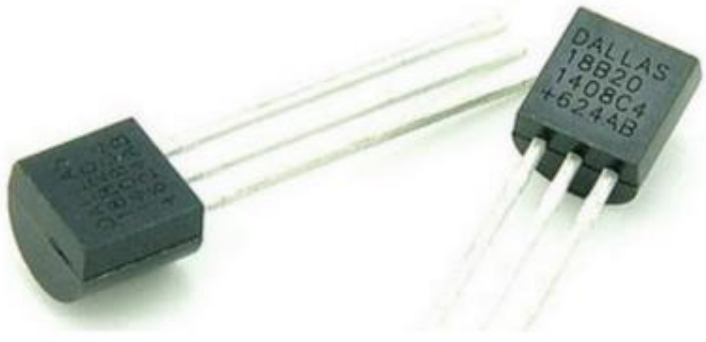


Рисунок 2.2.1 – Давач температури DS18B20

Для підключення датчика температури DS18B20 виконайте наступні кроки:

1. Підключіть контакт GND (земля) датчика DS18B20 до відповідного GND (земля) контакту на мікроконтролері.

2. Підключіть контакт Vdd (живлення) датчика DS18B20 до +5V контакту на мікроконтролері.

3. Підключіть контакт Data датчика DS18B20 до будь-якого доступного цифрового контакту на мікроконтролері.

Таблиця 2.2.1. – Характеристки датчика DS18B20

Споживана напруга	3-5,5 В
Діапазон темпаратури	-55 до +125
Точність вимірювання	0,5
Споживаний струм	1 мА
Споживана температура	Від 0С до +60С

Система вентиляції складається з двох вентиляторів і призначена для встановлення у підлогових металевих шафах або стійках. Вона оснащена кнопкою включення/виключення і термостатом. Термостат дозволяє налаштувати значення температури, при якій вентилятори будуть активовані. Система виготовлена у металевому чорному корпусі. Деталі пристрою можна побачити на рисунку 2.2.2. Управління вентилятором здійснюється через реле KY-019(рис. 2.2.3), що під’єднане до мікроконтролера через цифровий вихід.

Рисунок 2.2.2 – Блок із вентиляторів Mepsan FAN2C-BK

Рисунок 2.2.2 – реле KY-019

3.РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1. Розрахунок споживаної електроенергії для приватного будинку

Для приватних житлових будинків, які служать місцем проживання людей та задоволення їхніх потреб, використовують однофазну або трифазну електричну мережу. Щоб визначити необхідну енергію, яку система має надавати для задоволення потреб будинку, потрібно врахувати максимальну миттєву потужність та розрахувати величини, які відображають очікуване добове споживання енергії - максимальне та середнє значення [12].

Максимальна миттєва потужність визначається як сума потужностей всіх енергоспоживачів, які можуть бути одночасно ввімкнені, з урахуванням найбільшого навантаження на електричну мережу. Однак це не означає, що потрібно просто додати потужності всіх електроприладів у будинку. Деякі з них не будуть використовувати в один час (наприклад, снігоприбиральник і газонокосарка використовуються у різні сезони, а також одна людина не зможе одночасно використовувати перфоратор та болгарку).

Більша частина інших електроприладів також включаються по черзі. Щоб уникнути надмірної потужності, яка може бути потрібна лише декілька разів на рік, краще слідкувати за кількістю одночасно включених електроприладів. Наприклад, перед увімкненням праски, варто перевірити, чи не включений вже електричний чайник, зачекати дві хвилини, поки чайник закипить, а потім увімкнути потрібний пристрій замість нього.

Однак, необхідно враховувати всі потужні енергоспоживачі, які автоматично включаються (електричні теплі підлоги, холодильник або бойлер), а також споживачі, які працюють тривалий час (комп'ютер, телевізор, освітлення) - ймовірність їхнбої роботи водночас досить висока. В результаті, вимоги до максимальної пікової потужності значно зменшуються, і замість десятків кіловат, необхідних для одночасного включення всіх

електроприладів, зазвичай достатньо 3-6 кВт. У розглянутому будинку основними споживачами електроенергії є електрична плита, бойлер та побутові електроприлади.

3.2 Розробка структурної схеми системи автоматизації

3.2.1. Математичний опис фотоелектричної панелі

Сонячні фотоелектричні модулі (СФМ) та сонячні фотоелектричні батареї (СФБ) складаються з багатьох окремих сонячних фотоелектричних елементів (СФЕ), які з'єднані послідовно і паралельно для отримання необхідних значень струму і напруги [13].

Кожен сонячний модуль можна розглядати як функціональний блок з внутрішніми, зовнішніми і вихідними параметрами. Зовнішні параметри включають освітленість СФЕ (G) і температуру СФЕ (T). Внутрішні параметри включають в себе струм короткого замикання (Ікз) та напругу холостого ходу (Uxx) . Вихідними параметрами є струм навантаження (I), вихідна напруга (U) і вихідна потужність (P).

Однією з головних характеристик сонячного елемента є вольт-амперна характеристика, що показує залежність струму навантаження і напругою клемів при заданих значеннях температури та інтенсивності сонячних променів. Для того, щоб виміряти інтенсивність сонячного випромінювання використовуються спеціальні прилади.

Напруга холостого ходу (Uxx) - це напруга, при якій струм завжди дорівнює нулю, в той час як струм короткого замикання (Ікз) являється струмом, при якому напруга рівна нулю. Ці точки є крайніми на ВАХ, при яких потужність сонячного елемента дорівнює нулю. Пікові значення струму і напруги (Uмін, Uмакс) при конкретних значеннях освітленості і температури вираховують точку пікової потужності (ТПП). Часові характеристики ФЕП та ВАХ представлені на рисунку 3.2.1.1.

Максимальна потужність сонячного елемента визначається як потужність, яку він досягає в точці максимальної потужності на ВАХ, де струм досягає свого максимального значення. Інтенсивність сонячних променів впливає на вихідний струм, тоді як температура впливає на вихідну напругу сонячного модуля. Наприклад, якщо зменшити інтенсивноість світлового потоку в два рази, то струм короткого замикання сонячного елемента також зменшиться удвічі, тоді як напруга холостого ходу буде лише незначно змінюватись. Також варто згадати про температурний коефіцієнт, який вираховує вплив різниці температури і складає кілька міліампер на 1 градус Цельсія.

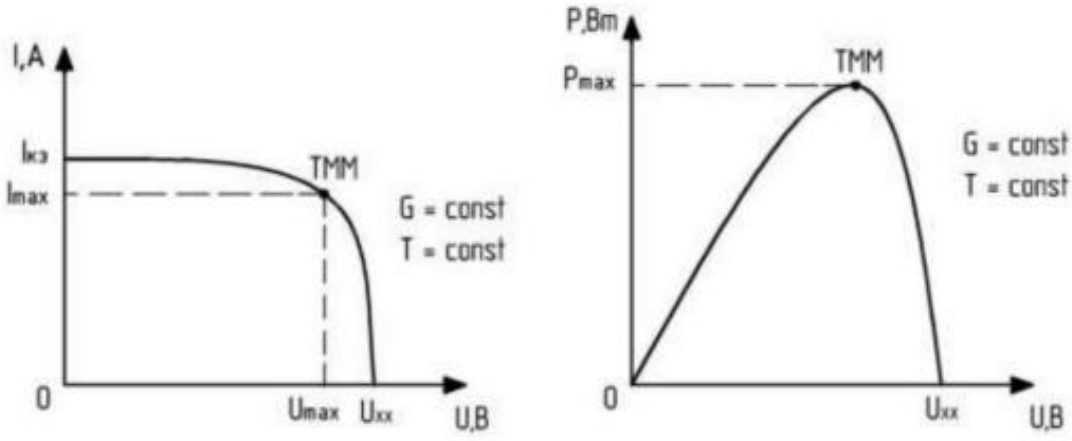


Рисунок 3.2.1.1 – Стандартні характеристики фотоелектричної панелі

Фотоелектричний ефект визначає ефективність перетворення сонячної енергії в електричну енергію у фотоелектричних системах. Ця ефективність залежить від світлової вольт-амперної характеристики фотоелемента, яка в свою чергу залежить від декількох параметрів, таких як послідовний і паралельний опори, щільність струму насичення діода і діодний коефіцієнт.

Фотоелементи генерують електричну потужність за допомогою сполучення напруги (U) та струму (I), відповідно до формули

$$P = UI \qquad (3.1.1)$$

. Для точного моделювання потрібно знати значення внутрішніх опорів фотоелемента. Зазвичай, під час моделювання спостерігаються невеликі

систематичні відхилення між теоретичною кривою вольт-амперної характеристики і експериментальною кривою, що є результатом зміни щільності струму та градієнтів напруги.

Модель, яку ми розглядали, часто використовується для початкового аналізу сонячних елементів та сонячних електростанцій. Однак теоретичні і практичні значення часто трохи відрізняються. Одна з причин цих відхилень полягає в складності точного обчислення послідовного опору [14].

Моделювання характеристик фотоелектричних перетворювачів використовується для вирішення таких завдань, як оптимізація схем, визначення оптимальної робочої точки в умовах змінної освітленості і температури, оцінка втрат, вивчення впливу затінення, розрахунок фотоелектричних систем електропостачання, аналіз і прогнозування роботи сонячних електростанцій.

Для моделювання вольт-амперної характеристики необхідно знати основні параметри сонячного модуля: напругу холостого ходу (Uoc) і струм короткого замикання (Isc). Ці значення зазвичай наводяться виробником у паспорті на сонячний елемент або модуль. Параметри, такі як послідовний опір (Rsh), температура (T) і діодний параметр (A), також можуть впливати на характеристики фотоелемента. Зменшення послідовного опору призводить до збільшення потужності, яку може виробляти фотоелемент, і, отже, до підвищення ефективності перетворення. Зі збільшенням температури зменшується напруга холостого ходу, а струм короткого замикання практично не змінюється [15].

3.2.2. Створення імітаційної моделі сонячного модуля

У програмному середовищі Matlab/Simulink була розроблена імітаційна модель сонячного фотоелектричного модуля. Ця модель дозволяє відображати основні характеристики сонячного модуля.

На рисунку 3.2.2.1 показана модель вимірювання характеристик сонячного модуля. Розроблена модель включає в себе наступні підсистеми і блоки:

Вхідний порт підсистеми сонячного модуля має підключений блок "Радіація" (Constant), який встановлює значення інтенсивності сонячного випромінювання G в одиницях Вт/м².

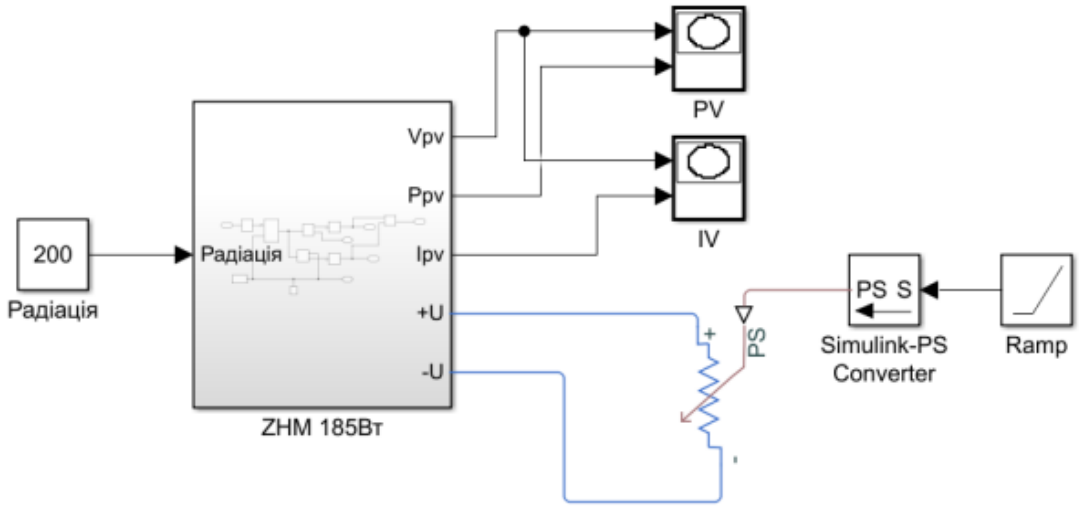


Рисунок 3.2.2.1 – Розрахунок даних сонячного елемента

Підсистема "ZHM 185Вт" відображає сам сонячний модуль. Структура цієї підсистеми представлена на рисунку 3.2.2.2.

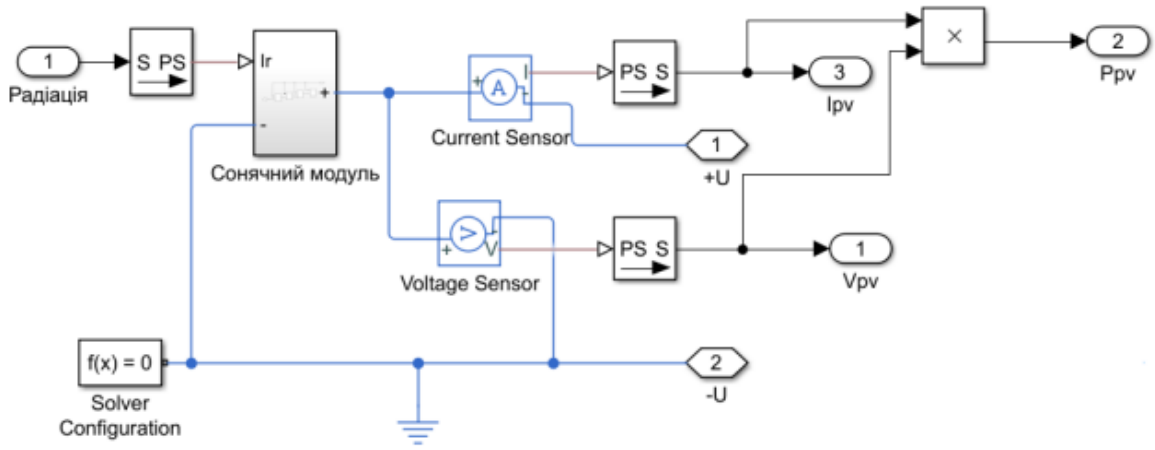


Рисунок 3.2.2.2 – Структурна схема підсистеми сонячної панелі

У складі підсистеми знаходяться наступні блоки:

"Simulink-PS Converter" і "PS-Simulink Converter" - блоки, що виконують конвертацію сигналів між середовищами Simulink та Power System;

"VoltageSensor" і "CurrentSensor" - блоки для вимірювання напруги і струму;

"SolverConfiguration" - блок для налаштування параметрів розв'язування;

"Product" - блок, що виконує операцію множення [16].

У Simulink будується підсистема сонячного модуля, параметри якої відповідають параметрам реального полікристалічного сонячного модуля ZHM 185Вт при освітленості 1000 Вт/м²:

P = 185 Вт; U = 24 В; I = 5,14 А; Uxx = 44,67 Вт; Iкз = 5,6 А.

З бібліотеки Simscape вибирається блок "SolarCell" ("Сонячний елемент"), налаштування якого можна провести в окремому вікні параметрів. Усі блоки сонячних модулів з'єднуються послідовно (рис. 3.2.2.3).

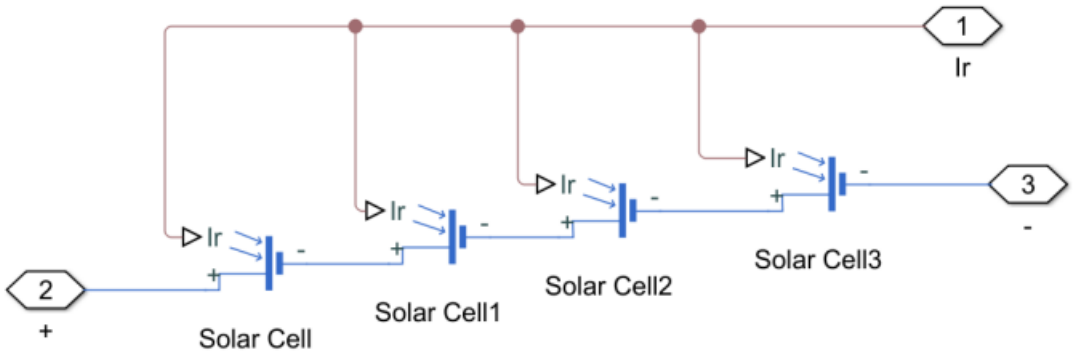


Рисунок 3.2.2.3 – Підсистема «SolarCell»

Блок "Ramp" генерує лінійний сигнал, передаючи його до "Simulink-PS Converter". В результаті моделювання відображаються блоками "PV", "IV", які показують графіки значень сигналів в залежності від інших.

3.3 Опис структурної схеми автоматизованої системи

Структурна схема - один з основних технічних документів, де описуються основні компоненти виробу, їх взаємозв'язки та призначення.

Сонячна електростанція з невеликою потужністю створена для неповноцінного споживання електроенергії та зниження витрат на електроенергію.

Хоча запропонована система не здатна повністю задовольнити всі ваші потреби, вона може забезпечувати електроенергією ваш дім протягом тривалого часу в разі аварійного відключення електроенергії.

Акумуляторні батареї є одними з найвищоцінних компонентів сонячної електростанції і вимагають особливої уваги. Важливо дотримуватися оптимальної температури для їх зберігання, щоб уникнути перегріву та пошкоджень. Крім того, важливо належним чином заряджати акумулятори, для чого використовується балансувальний пристрій [17].

Також одним з важливих аспектів є керування положенням сонячної батареї. Ефективність роботи СЕС напряму залежить від того, скільки сонячної енергії вони отримують. Максимальна генерація електрики досягається, коли панелі розташовані перпендикулярно до сонячного світла.

Управління даними процесами потребує застосування складних алгоритмів та багаторівневих систем управління сонячною електростанцією. Зазвичай використовуються дворівневі або трирівневі системи, кожен рівень має свої специфічні програмно-апаратні характеристики.

Системи поділяються на рівні:

1. Нижній/польовий;
2. Середній/контролерний;
3. Верхній/інформаційно-обчислювальний.

На польовому рівні розташовані первинні датчики, приводи та виконавчі механізми, які збирають інформацію про стан технологічного процесу, а також кабельні з'єднання та нормуючі перетворювачі.

Контролерний рівень включає контролери, аналого-цифрові та цифро-аналогові пристрої, дискретні та імпульсні перетворювачі та пристрої зв'язку

з верхнім рівнем (шлюзи). Контролери можуть бути об'єднані в контролерні мережі за допомогою інтерфейсів RS-232, RS-485 або інших OPC- і SCADA-систем.

Третій рівень складається з комп'ютерів, об'єднаних в мережу Ethernet з використанням мідних кабелів або оптичних волокон на великій відстані. Також на верхньому рівні знаходиться диспетчерський пункт з однією або кількома станціями керування, що включають автоматизоване робоче місце оператора з сервером всієї бази даних.

Усі апаратні компоненти системи керування сполучені між собою засобами комунікації. На нижньому рівні контролери взаємодіють з датчиками, виконавчими механізмами та блоками віддаленого та розподіленого введення-виведення.

Структурна схема автоматизованої СЕС представлена в додатку А і включає такі основні елементи:

1. акумуляторні батареї,
2. сонячні панелі,
3. балансир заряду акумуляторів,
4. інвертор,
5. лічильник електроенергії,
6. панель датчиків,
7. шафу керування,
8. блок вентиляторів
9. систему відстеження.

Об'єктами керування є АКБ, вентиляторний блок та сервопривіт.

Для цих об'єктів характерні: контроль усіх параметрів, сповіщення відхилень від заданих значень та підтримка їх на встановлених рівнях.

На польовому рівні підсистеми контролю температури та заряду акумуляторів використовуються датчики температури, напруги та струму, що забезпечують збір інформації. Датчики передають значення дискретних сигналів про стан температури і заряду усіх акумуляторів з використанням

шини 1-Wire до мікроконтролера. Проаналізувавши цю інформації виконуються відповідні алгоритмічні операції, і контролер надсилає керуючі сигнали виконавчим пристроям, таким як модуль реле для управління вентилятором та нівелір для балансирування заряду акумуляторів.

Польовий рівень підсистеми відстеження реалізується за допомогою фотодатчиків та акселерометра, що збирають інформацію про освітленість панелей та їх положення. Давачі передають значення дискретних сигналів за допомогою шини 1-Wire до мікроконтролера. Після аналізу цієї інформації використовуються відповідні алгоритмічні операції, і контролер видає керуючі сигнали виконавчим пристроям, таким як серводвигун для повороту панелей на заданий кут.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Протягом останніх років використання альтернативних джерел енергії для задоволення господарських потреб стало поширеним у багатьох європейських країнах. В Україні, на жаль, не існує спеціального законодавства, що регулює використання сонячних панелей. Проте, виробники сучасних екологічних пристроїв самі знайшли відповідь на це питання - вони пропонують розглядати свої вироби як звичайні побутові електроприлади, що усуває необхідність отримання будь-яких дозволів.

Згідно зі статтею 11 Закону України "Про альтернативні джерела енергії", експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики здійснюється за такими умовами:

- безпечне проведення робіт,
- здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
- забезпечення енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення поточних та майбутніх потреб споживачів енергії;
- виконання технологічних вимог щодо виробництва, накопичення, передачі, постачання та споживання енергії;
- дотримання єдиної державної нормативно-правової бази, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
- додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регулюються нормативно-правовими актами, обов'язковими для всіх суб'єктів підприємницької діяльності.

Згідно зі статтею 12 Закону України "Про альтернативні джерела енергії", протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом [18]:

Запобігання аварійним ситуаціям і усунення їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики шляхом дотримання вимог та правил, встановлених у відповідності до державних стандартів.

- Створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики відповідно до законодавства.
- Забезпечення необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для надійного і безаварійного функціонування у єдиною енергетичну систему України.
- Здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського управління з енергетичними мережами України.
- Здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики з метою запобігання несанкціонованому втручанню.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади та інші органи відповідно до встановленого Кабінетом Міністрів України порядку.

Для правильної роботи системи з сонячних батарей, необхідно встановити додаткові електроприлади, такі як інвертор, акумуляторна батарея та контролер заряду. Охорона праці при експлуатації стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторних батарей регламентується "Інструкцією з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторних батарей".

Оскільки система з сонячних панелей включає електроприлади, такі як інвертор і контролер, варто дотримуватись системи заходів та засобів безпечної експлуатації електроустановок.

Давайте розглянемо можливість виникнення професійних захворювань та травм на робочому місці при обслуговуванні домашньої сонячної електростанції підрядною організацією. Виробничий травматизм виникає внаслідок впливу різних небезпечних виробничих факторів на організм

працівників. Травми, які можуть трапитись на сонячній електростанції, включають:

- Електричні ушкодження, такі як опіки та удари струмом.
- Вплив високої або низької температури, що може призвести до опіків або обмороження.
- Падіння з висоти.
- Комбінація кількох небезпечних факторів.
- Інші можливі ситуації.

Основні причини виробничого травматизму на сонячних електростанціях включають:

- Технічні проблеми.
- Недотримання санітарно-гігієнічних норм.
- Організаційні проблеми.
- Вплив психофізіологічних факторів.

Не виконання правил безпеки може призвести до нещасних випадків, які можна класифікувати за наступними ознаками:

- За кількістю потерпілих: одиночні (з одним постраждалим) або групові (з двома або більше постраждалими).
- За ступенем тяжкості: легкі, тяжкі, летальні (смертельні).
- Залежно від обставин: пов'язані з виробництвом, не пов'язані з виробництвом, але пов'язані з роботою, та нещасні випадки в побуті.

Під час роботи на сонячних електростанціях працівники піддаються впливу різних негативних факторів, які можуть бути виробничого походження або пов'язані з психофізіологічним станом працівників. Недотримання правил безпеки може призвести до виробничого травматизму та професійних захворювань.

Перед початком обслуговування сонячної електростанції необхідно дотримуватись вимог безпеки.

На початку робочої зміни необхідно перевірити робоче місце та обладнання, яке потрібно для виконання завдань, щоб переконатися в їхній

справності та відсутності несправностей. Якщо працівник виявляє несправність, яку він не може самостійно усунути, він повинен повідомити про це безпосередньому керівнику. Оперативно-виробничим працівникам необхідно ознайомитися з інформацією, яка міститься в автоматизованій системі керування сонячною електростанцією (СЕС), а також інформацією про несправності у роботі обладнання, які були зафіксовані в оперативному журналі попередньою зміною. Ця інформація повинна включати наступне:

- Назву несправного обладнання.
- Кількість годин, протягом яких обладнання було у неробочому стані.
- Дату та час виникнення несправності.
- Заходи, які були прийняті для усунення несправності.
- Дату та час проведення обслуговування або ремонту.
- Причину виникнення несправності.
- Замінені деталі.

Також варто документувати аварійні ситуації та заходи, які були прийняті для відновлення нормального режиму роботи.

Виробничі працівники, включаючи ремонтні служби, повинні отримати наряд-допуск або розпорядження на проведення робіт перед початком зміни. Цей документ має вказувати зміст робіт, місце їх проведення, дату та час початку та закінчення робіт. Обов'язковим є проведення цільового інструктажу з правил безпеки, який потребує особистої підписки працівника.

Виробничим працівникам, які працюють з електричною частиною СЕС, повинні бути надані всі необхідні засоби захисту для безпечного виконання робіт. Засоби захисту, прилади, пристрої та інструменти повинні оглядатися та перевірятися відповідно до вимог НАОП 1.1.10-1.07-82 "Правила використання та перевірки засобів захисту, що використовуються в електроустановках" [19].

Під час виконання робіт на електрообладнанні, зокрема в контрольно-розподільчій шафі, дозволяється приступати до робіт тільки після зупинення сонячної електростанції (СЕС) та вимкнення комутаційних апаратів, що з'єднують установку з електричною мережею. Перед початком робіт працівник повинен виконати наступні кроки:

- Отримати завдання та пройти повний інструктаж.
- Ознайомитись з інформацією про особливості об’єкта та правилами монтажу сонячної електростанції.
- Використовувати захисний одяг.
- Перевірити наявність необхідних інструментів для виконання робіт, їх технічний стан, а також наявність попереджувальних знаків.
- Перевірити наявність та оцінити технічний стан засобів індивідуального захисту, зокрема:
- Відсутність будь-яких зовнішніх пошкоджень, таких як тріщини, проколи, розриви.
- Дата наступних випробувань, зазначена на штампі.
- Міцність деталей та їх з’єднань для надійної установки.

Експлуатацію сонячної електростанції проводять оперативно-виробничі працівники відповідно до документів щодо експлуатації, наданих виробником СЕС, з урахуванням специфічних вимог, що стосуються конкретної робочої площадки. Під час виконання робіт на механічній та/або електричній частині СЕС необхідно забезпечити цілісність захисного заземлення. Для визначення технічного стану заземлюючих пристроїв проводяться наступні дії:

- Зовнішній огляд видимої частини заземлюючих пристроїв.
- Огляд з перевіркою цілісності електричних колів між заземленням та елементами, які підлягають заземленню.

ВИСНОВКИ

У першому розділі дипломної роботи було приділено особливу увагу детальному вивченню альтернативної енергетики та принципу роботи сонячної електростанції. Розглянуто переваги та недоліки установки сонячних панелей. Також детально вивчено умови для встановлення сонячних електростанцій в Україні та проаналізовано клімат території житлового об’єкту, на якому планується встановлення сонячних панелей.

У запропонованій системі енергія може бути використана безпосередньо для живлення різноманітних пристроїв постійного струму, а також може бути збережена у акумуляторних батареях для подальшого використання за необхідності. Для отримання 220В змінного струму використовуються інфвертори. Запропоновані результати системи допомагають знизити витрати на обслуговування, повністю уникнути витрат на паливо і, головне, зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

У другому розділі, після аналізу різних типів та характеристик сонячних електростанцій, були розроблені основні схеми автоматизації. Оскільки продуктивність сонячних панелей напряму залежить від отримуваної сонячної енергії, а тому від часу доби, основна мета полягала в поліпшенні існуючих рішень щодо позиціонування сонячних панелей відносно сонця. Цю проблему було вирішено шляхом використання трекінгової системи, яка дозволяє досягти максимальної генерації електроенергії у той час, як робоча поверхня сонячних елементів розміщується перпендикулярно потоку сонячного випромінювання.

Особлива увага була приділена акумуляторним батареям, як одним із найбільш витратних компонентів сонячної електростанції. Головним завданням їх ефективного функціонування було забезпечення оптимальної температури, щоб уникнути перегріву і неправильної роботи акумуляторів. Для цього було використано спеціальну вентиляційну шафу, яка має міцний корпус та утворює робочу камеру. Шафа обладнана двома вентиляторами у

верхній частині, які забезпечують активне охолодження елементів, а також повітропроводом для виведення нагрітого повітря зі шафи.

Для забезпечення якісного протікання технологічного процесу відповідно до встановлених норм, було здійснено вибір технічних засобів автоматизації, які відповідають вимогам щодо якісного протікання технологічного процесу. При виборі було обґрунтовано використання технічних засобів, специфічно для даного об'єкту управління, з урахуванням контрольованих параметрів.

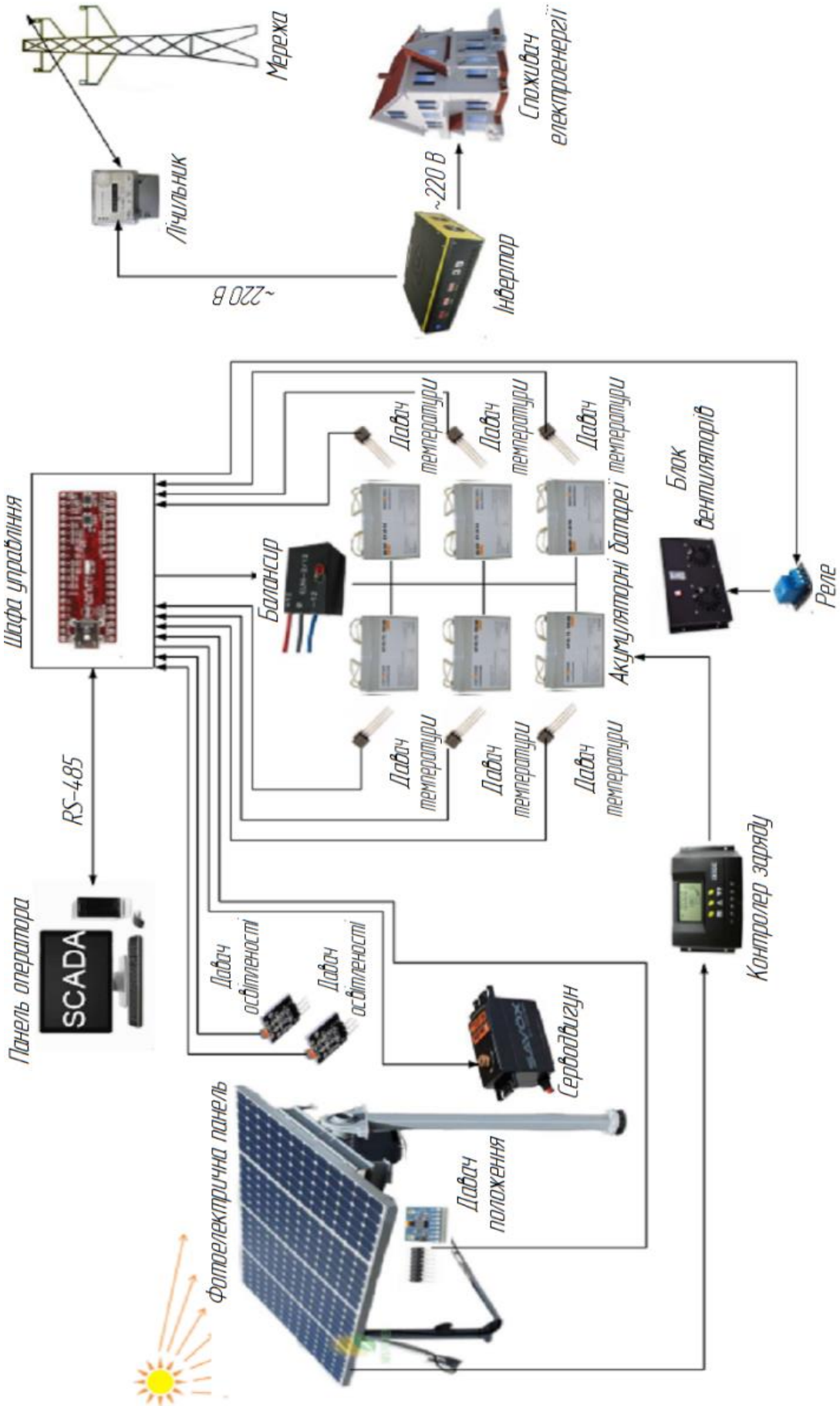
Розроблена сонячна електростанція для приватного призначена для енергоспоживання та зниження витрат. Хоча пропонована система не зможе повністю задовольнити вашу потребу в електроенергії у зимовий період, коли клімат не дозволяє накопичувати достатньо енергії, проте у разі аварійного відключення основного джерела електроенергії, при повністю заряджених акумуляторах, вона зможе забезпечити енергією ваш будинок протягом дня.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018. [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://strategycouncil.com/files/research/en/38.pdf
2. Сонячна електростанція [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_електростанція
3. Сонячна енергетика [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://pidruchniki.com/1579122737970/ekologiya/sonyachna_energetika
4. Енергозбереження в Україні - Монографія / Д. В. Зеркалов. [Електронний ресурс]: –Режим доступу до ресурсу: http://zerkalov.org/files/ezu-mz.pdf#4
5. Типи сонячних електростанцій [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: http://nek-npo.ru/novaya-energetika/solnechnaya-energetika/tipy-solnechnyhelektrostantscii
6. Недоліки та переваги сонячних електростанцій [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://kurs.if.ua/news/perevagy_ta_nedoliky_sonyachnyh_elektrostantsiy_73229.html/
7. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х: Видавництво "Форт", 2017. – 760 с.
8. Екологічний паспорт Львівської області станом на 01.01.2022 [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://drive.google.com/file/d/1f8bUHgOIX7ylfyKE5XCQoi7mHtXpJb15/view
9. Як вибрати акумулятор для сонячної електростанції [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://www.solargarden.com.ua/yak-vybraty-akumulyator-dlya-sonyachnoielektrostantsii/

10. Maple mini [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://www.leaflabs.com/maple
11. Усе про лічильники електроенергії [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://www.dtek-kem.com.ua/ua/metering-devices
12. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 "Теплоенергетика" /Уклад: В.І Шкляр, В.В. Дубровська, – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 52 с
13. Series and Parallel Battery Configurations [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://batteryuniversity.com/learn/article/serial_and_parallel_battery_configurations
14. Lijun Zhang, Hui Peng. Comparative Research on RC Equivalent Circuit Models for Batteries of Electric Vehicles. Applied sciences
15. Основні характеристики сонячних модулів: метод. вказівки / Д.С. Фалеєв, 2013.
16. Л.С. Лунін, А.С. Пащенко. Моделювання та дослідження характеристик фотоелектричних перетворювачів на основі GaAs та GaSb / Журнал технічної фізики, 2011, том 81, вип. 9. – С.71-76.
17. Важливість вибору акумуляторної батареї [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://alternative-energy.com.ua/uk/navchalnij-kurs-chastina-3-sonyachni-stanczi%D1%97-domashnogo-i-komerczijnogo-tipu/
18. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text
19. НАОП 1.1.10-1.07-82 "Правила використання та перевірки засобів захисту, що використовуються в електроустановках

Додаток А


Мережа
Лічильник
~220 В
~220 В
Споживач електроенергії
Інвертор
Шафа управління
Балансир
Давач температури
Давач температури
Давач температури
Акумуляторні батареї
Блок вентиляторів
Реле
RS-485
Панель оператора
SCADA
Давач освітленості
Давач освітленості
Сервоприводи
Давач положення
Фотоелектрична панель
Контролер заряду