

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему **Розроблення геліостанції для приватного будинку**

Виконав: студент 4 курсу, групи 401-МЕ

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

Іванов О. А.

Керівник Єрмілова Н.В.

Рецензент Кислиця С.Г.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматичної,
електроніки та телекомунікацій

О.В. Шефер

«01» квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ Іванову Олексію Анатолійовичу

1. Тема роботи «Розроблення геліостанції для приватного будинку»
керівник роботи Єрмілова Наталя Василівна, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від від 20. 03. 2023 року
№ 236-фа .
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Документація на електрообладнання
житлового будинку. Документація на побутові прилади, що використовуються
в будинку. Номінальна напруга 380/220В. Забезпечити надійне
електропостачання житлового будинку з мінімальними капіталовкладеннями.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Види систем енергозабезпечення. Типи сонячних батарей. Зелений
тариф в Україні. Постановка задач на кваліфікаційну роботу. Опис структури та
основного обладнання геліостанції. Характеристика об'єкту з точки зору
енергоспоживання на зимовий та літній періоди. Розрахунок та вибір
обладнання геліостанції. Визначення оптимального кута нахилу сонячних
панелей.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) системи енергозабезпечення;
 - 2) схема житлового будинку;
 - 3) таблиця споживання електроенергії;
 - 4) запропонована структура геліостанції;
 - 5) схема підключення сонячних панелей;
 - 6) графіки генерації електроенергії по місяцям;
 - 7) графіки оптимального кута нахилу сонячних панелей по місяцях;
 - 8) таблиця обладнання геліостанції.
6. Дата видачі завдання 01.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата	Курс	Відсоток	
1	Види систем енергозабезпечення. Типи сонячних батарей. Зелений тариф в Україні. Постановка задач на кваліфікаційну роботу	26.04.23	I	20%	Пл. 1
2	Опис структури та основного обладнання геліостанції. Характеристика об'єкту з точки зору енергоспоживання на зимовий та літній періоди	10.05.23		40%	Пл. 2
3	Розрахунок та вибір обладнання геліостанції	24.05.23	II	60%	Пл. 4
4	Визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей	07.06.23		80 %	Пл. 5
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	14.06.23	III	100%	Пл. 6

Студент

_____ Іванов.О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Єрмілова Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра "Розроблення геліостанції для приватного будинку"

Робота містить 50 сторінок, 7 ілюстрацій, 12 таблиці, 19 використаних джерел.

Ключові слова: сонячна електростанція, фотомодулі, інсоляція, потік сонячного випромінювання, зелений тариф, альтернативні джерела енергії.

Об'єктом дослідження є сонячна електростанція. Метою роботи є дослідження та розрахунок генерації енергії та умов ефективного функціонування такої станції для будинку, а також оцінка переваг та недоліків сонячних електростанцій. В рамках роботи проведено аналіз функціонування сонячних електростанцій у домах, виявлено їх екологічну безпечність. Також здійснено розрахунки ефективності та прибутковості сонячної електростанції згідно з принципами "Зеленого тарифу". В процесі розробки було вибрано сонячну електростанцію серед інших типів накопичення енергії, таких як вітрові станції та гібридні станції.

REPORT

The report contains 50 pages, 7 illustrations, 12 tables, and 19 references.

Keywords: solar power plant, photovoltaic modules, insolation, solar radiation flux, green tariff, alternative energy sources

The object of study is a solar power plant. The purpose of the work is to study and calculate the energy generation and conditions for the effective functioning of such a station for a house, as well as to assess the advantages and disadvantages of solar power plants. As part of the work, we analyze the functioning of solar power plants in homes and determine their environmental safety. We also calculated the efficiency and profitability of a solar power plant in accordance with the principles of the Green Tariff. In the process of development, a solar power plant was chosen among other types of energy storage, such as wind power plants and hybrid power plants.

Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Види систем енергозабезпечення.....	8
1.2. Автономна сонячна станція.....	8
1.3. Вітрова станція.....	12
1.4. Типова конструкція вітрової станції.....	13
1.5. Типова конструкція вітро-сонячної станції.....	17
1.6. Сонячні станції з підключенням до мережі.....	19
1.7. Зелений тариф.....	20
Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІЛ 2. ОПИС СТРУКТУРИ ТА ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ГЕЛІОСТАНЦІЇ.....	23
2.1. Сонячні модулі.....	24
2.2. Інвертор.....	24
2.3. Система зберігання енергії.....	25
2.4. Система зберігання моніторингу.....	26
2.5. Система зворотного електричного з'єднання.....	27
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	29
3.1. Розрахунок навантаження будинку у зимовий та літній періоди	29
3.2. Визначення необхідної ємності акумулятора	34
3.3. Визначення оптимального положення сонячних батарей.....	36
3.4. Вибір сонячних батарей та основного обладнання.....	41
3.5. Загальна вартість СЕС.....	46
Висновки до розділу 3.....	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	49
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Зворотний процес глобального потепління та пошкодження навколишнього середовища, спричинені спалюванням викопних палив, вимагає широкого використання відновлювальних джерел енергії. Відновлювальні джерела енергії є одним з ключових рішень, які допомагають зменшити залежність від вичерпних джерел палива та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Одна з найпоширеніших форм відновлювальної енергії - це сонячна енергія. Вона використовує сонячні панелі для збору сонячного випромінювання і перетворення його на електричну енергію. Сонячна енергія є безкоштовною та нескінченною. Вона може бути використана для житлових будинків, комерційних споруд та навіть великих електростанцій. Використання сонячної енергії допомагає знизити викиди парникових газів та сприяє створенню більш чистого енергетичного майбутнього.

Інше важливе джерело відновлювальної енергії - це вітрова енергія. Вітряні турбіни використовуються для збору енергії, яка виникає від руху повітря. Це широко застосовується в місцях з сильними вітрами, таких як узбережжя або вітряні ферми. Вітрова енергія надійна та екологічно чиста, і вона може забезпечувати значну кількість електроенергії.

Гідроенергія є ще одним видом відновлювальної енергії, яка використовує рух води для виробництва електричної енергії. Гідроелектростанції використовують енергію течії річок або падіння водоспадів для привода турбін та генераторів. Цей процес є безвідходним і екологічно безпечним. Гідроенергія може бути використана для виробництва електроенергії великими масштабами, а також для малих гідроелектростанцій на річках або потоках.

Біоенергія є ще одним важливим джерелом відновлювальної енергії, яка використовує органічні матеріали, такі як деревина, біомаса, сільськогосподарські відходи, біогаз та біопаливо. Біоенергетичні технології включають процеси, такі як спалювання біомаси для отримання тепла або

виробництва електроенергії, а також виробництво біодизелю та біогазу. Ці методи використання відходів і відновлювальних джерел допомагають знизити викиди вуглецю та залежність від вичерпних джерел палива.

Також існують інші форми відновлювальних джерел енергії, такі як геотермальна енергія, яка використовує тепло землі для генерації електричної енергії, або океанська енергія, яка використовує силу припливів і відпливів для виробництва електричної енергії.

Застосування відновлювальних джерел енергії є кроком до створення сталого та екологічно чистого енергетичного сектору. Використання цих джерел енергії допомагає зменшити залежність від вуглецевих палив, зменшити емісії парникових газів та покращити якість повітря. Крім того, розвиток відновлюваної енергетики створює нові робочі місця та сприяє інноваціям у сфері енергетики.

Метою роботи є вибір доцільного джерела відновлювальної енергії, розроблення структури та підбір компонентів геліостанції для приватного будинку.

Задачі дослідження:

- Проаналізувати системи електропостачання на базі відновлювальних джерел енергії і обрати оптимальний варіант.
- Обрахувати споживання електроенергії в будинку у зимовий та літній періоди.
- Спроекувати структуру геліостанції для приватного будинку, обрати необхідне обладнання.
- Визначити оптимальне положення сонячних батарей.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Види систем енергозабезпечення

Існує багато різних видів систем енергозабезпечення, які можуть використовуватися для забезпечення електроенергією різних промислових, комерційних та житлових будівель, а також для різноманітних інших застосувань.

Одні з найпоширеніших видів систем енергозабезпечення є системи, що працюють від електричної мережі. Ці системи підключені до головної електричної мережі та отримують електроенергію від цієї мережі. Вони зазвичай використовуються для житлових та комерційних будівель.

Автономні системи живлення: ці системи працюють незалежно від головної електричної мережі та використовують збережену електроенергію для забезпечення енергією певних пристроїв або систем.

Гібридні системи: ці системи поєднують у собі елементи систем, що працюють від головної мережі та автономних систем живлення. Вони можуть використовувати джерела енергії, такі як сонячні панелі, вітрогенератори та дизельні генератори.

Альтернативні джерела енергії: до цих джерел енергії відносяться сонячні панелі, вітрогенератори, гідроелектростанції та геотермальні джерела. Ці джерела можуть використовуватися як частина автономних систем живлення або в гібридних системах.

1.2 Автономна сонячна станція

Автономна сонячна станція - це система, що використовує енергію сонця для забезпечення електроенергією приватного будинку. Це може бути особливо корисно в тих регіонах, де не підключено до електромережі, або як додатковий джерело енергії для тих, хто прагне зменшити свій вплив на довкілля.

Основні компоненти автономної сонячної станції включають в себе сонячні панелі, контролери заряду, батареї для зберігання електричної енергії, інвертори для перетворення постійного струму з батареї у змінний струм, а

також різноманітні додаткові компоненти для моніторингу та управління системою.

Першим кроком при проектуванні автономної сонячної станції є визначення загальної потужності, необхідної для забезпечення всіх потреб будинку. Це включає в себе розрахунок потужності для основних електроприладів, таких як холодильник, пральна машина, посудомийна машина та інші, а також освітлення та розеток.

Після цього необхідно вибрати оптимальний тип сонячних панелей та їх кількість, щоб забезпечити достатню кількість електроенергії для будинку. Для забезпечення стійкої роботи системи необхідно також вибрати оптимальний тип та кількість батарей, які забезпечать зберігання електричної енергії для нічного часу та погодних умов.

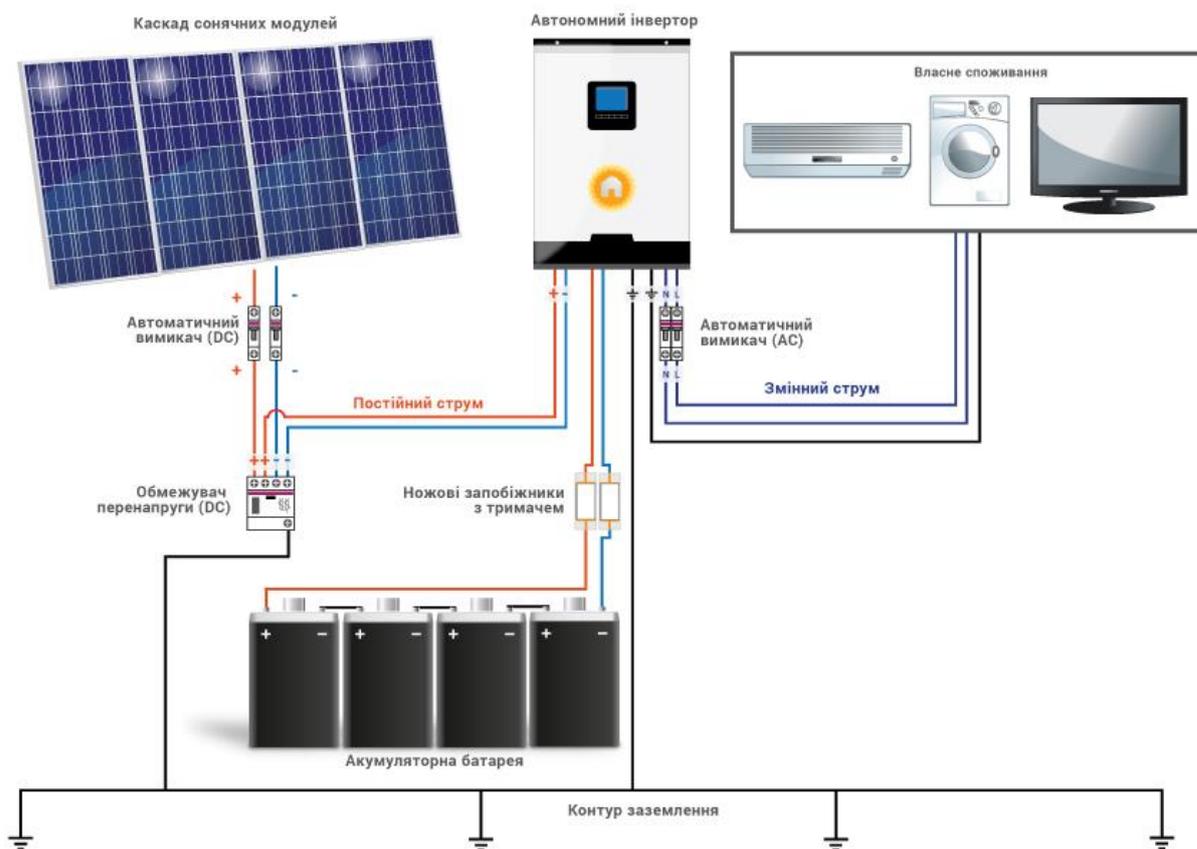


Рисунок 1.1 – Схема підключення автономної геліостанції для житлового будинку

При підключенні до сонячної станції важливо дотримуватися правильної установки та підключення компонентів, а також забезпечити належний догляд та обслуговування системи. Необхідно періодично очищати сонячні панелі від бруду та пилу, а також забезпечувати правильну роботу контролера заряду та батарей.

У разі правильного планування та установки автономна сонячна станція може забезпечити достатню кількість електроенергії для споживання приватного будинку та допомогти зменшити вплив на довкілля.

Підсумовуючи, можна сказати, що:

Автономна сонячна станція є системою, яка використовує сонячну енергію для забезпечення електроенергії в умовах, коли немає доступу до електричної мережі. Це означає, що вона працює незалежно від зовнішніх джерел електроенергії та може бути використана в віддалених або офф-грід місцях (території або регіони, які не мають доступу до централізованої електричної мережі і отримують енергію з альтернативних джерел.).

Особливості використання автономної сонячної станції включають наступне:

1. Незалежність від електричної мережі: Автономна сонячна станція забезпечує електричну енергію без потреби підключення до централізованої електричної мережі. Це особливо корисно у віддалених місцях, де немає доступу до електричної інфраструктури.

2. Сонячні панелі та батареї: Автономна сонячна станція використовує сонячні панелі для збору сонячного світла та генерації електроенергії. Ця енергія може бути збережена в батареях, що дозволяє використовувати електричну енергію навіть вночі або в хмарну погоду.

3. Регулювання споживання електроенергії: Автономна сонячна станція дозволяє регулювати споживання електроенергії в залежності від потреб користувача. Це може включати автоматичне вимкнення електричних приладів в разі нестатку енергії або пріоритетне живлення критичних систем.

4. Довготривала експлуатація: Сонячні панелі та батареї, використовувані в автономних сонячних станціях, мають довгу тривалість експлуатації. Це дозволяє забезпечувати стабільне живлення протягом тривалого часу без необхідності частішої заміни компонентів.

5. Екологічна чистота: Автономні сонячні станції працюють на основі відновлюваної сонячної енергії, що робить їх екологічно чистими джерелами електроенергії. Вони не використовують вугілля, газ або інші шкідливі палива, тому не викидають шкідливі викиди і не спричиняють забруднення довкілля.

Хоча автономні сонячні станції мають численні переваги, вони також мають деякі недоліки, які варто враховувати:

1. Залежність від погодних умов: Ефективність автономних сонячних станцій залежить від наявності сонячного світла. В хмарну погоду або в періоди обмеженої сонячної активності, виробництво електроенергії може бути значно зниженим. Також, у випадку погіршення погодних умов тривалої тривалості, може знадобитись додатковий запас енергії або альтернативний джерело енергії.

2. Вартість інсталяції: Встановлення автономної сонячної станції може бути дорогим, особливо якщо потрібно встановити багато сонячних панелей та батарей для забезпечення достатньої потужності. Вартість компонентів, устаткування та професійної установки може бути значним фактором обмеження для багатьох людей або організацій.

3. Обмежена потужність: Розмір та потужність автономної сонячної станції обмежена доступним простором для встановлення сонячних панелей та кількістю доступних батарей. Це може обмежувати її здатність забезпечувати велику кількість електричної енергії, особливо в умовах високого споживання.

4. Потреба у обслуговуванні та технічному обслуговуванні: Автономні сонячні станції потребують регулярного обслуговування, включаючи очищення сонячних панелей від бруду та періодичну заміну батарей, які мають обмежену тривалість служби. Також, у випадку виникнення поломок або проблем,

потрібно мати доступ до кваліфікованих технічних спеціалістів для їх вирішення.

5. Обмеженість зберігання енергії: Батареї, використовувані для зберігання електроенергії в автономних сонячних станціях, мають обмежений потужність та тривалість роботи. Це може становити проблему у випадку, коли потрібно забезпечити стабільну енергетичну потребу протягом тривалого періоду без сонячної активності.

1.3 Вітрова станція

Вітрогенератор (вітроелектрична установка або скорочено ВЕУ) – це прилад для перетворення енергії вітру на електричну.

Спочатку він перетворює кінетичну енергію вітру на механічну енергію ротора, а потім на електричну енергію. Потужність вітрогенератора може бути від 5 кВт до 4500 кВт. Сучасні пристрої генерують енергію дуже слабого вітру – від 4 м/с. Вітроелектричні установки можуть входити до складу приватної незалежної електростанції та дозволяють продавати зайву енергію державі за умовами «зеленого тарифу». Такі споруди можуть бути джерелом енергії для локальних та острівних об'єктів, оскільки вирішують проблеми енергопостачання автономно.

Робота вітрогенератора полягає в принципі перетворення енергії вітру.

Потоки вітру обертають лопаті вітрогенератора: проходять через турбіну, приводить її в дію і починає обертатися. На валу турбіни виникає енергія, яка пропорційна вітровому потоку. Чим сильніший вітер, тим більше енергії виникає. Далі енергія передається валом ротору на мультиплікатор (якщо він є), який її генерує. Врахуйте, що продуктивнішими є пристрої без мультиплікатора, який прискорює обертання осі, тому що не створюється, а, природно, і не витрачається зайва енергія, а швидкості вітру цілком достатньо для оптимальної роботи вітрогенератора. Генератор перетворює механічну енергію на електричну.

Потужність вітряка вимірюється площею турбіни. Чим більший розмір лопат, тим більшу потужність він створює. Потужність вітрогенератора розраховується виходячи із кубічної залежності швидкості вітру.

Але для того, щоб робота вітрогенератора була збалансованою та видавала потрібну кількість енергії, потрібно на етапі проектування правильно розрахувати всі необхідні параметри вітряної електростанції.

1.4 Типова конструкція вітрової станції:

- Мачта (може бути трубчастого типу або вигляду "ферми");
- Турбіна - це ротор, призначений для перетворення енергії прямолінійного руху повітряного потоку;
- Система управління турбіною;
- Генератор перетворює енергію вітру в електричну;
- Ланцюг передачі енергії (мультиплікатор або сам вал);
- Випрямляч (адже часто в вітряках використовують генератори змінного струму для того, щоб правильно зарядити акумулятор або відправити енергію в мережу (бутовий сегмент));
- Система азимутального приводу або хвіст (іноді встановлюють машини, до яких прикріплюється "хвіст", він орієнтується по вітру самостійно).

Типи вітрогенераторів:

За потужністю та областю застосування вітрогенератори можуть бути:

- Промислові (потужність від 500 кВт);
- Домашні (потужність 0-10 кВт).

По конструкції домашні вітряки відрізняються конструкцією ротора (турбіни):

- З горизонтальною віссю. Вони відрізняються системою управління турбіною (ротором), яка може бути:
 - аеромеханічною (на лопастях встановлені спеціальні «закрилки», які змінюють кут напрямку вітру: чим більша швидкість вітру, тим більший кут атаки лопастей і навпаки). Змінюючи кут атаки, ми можемо керувати турбіною

як на малих, так і на великих швидкостях для ефективної та правильної роботи пристрою.

- з азимутальним приводом (електроніка фіксує швидкість та напрям вітру, повертає або відвертає турбіну від вітру, якщо швидкість вітру перевищує номінальну).

- З вертикальною віссю - це малоефективні пристрої, які не рекомендовано використовувати через ряд недоліків.

Вони відрізняються типом турбін:

- ротор Савоніуса (Savonius). Їх недоліком є коефіцієнт випередження. Якщо швидкість вітру 10 м/с, то закінчення турбіни буде обертатись зі швидкістю 100 м/с, відповідно, коефіцієнт випередження - 10. Фактично вітряк не може самостійно стартувати, його потрібно розганяти, і тільки після цього він починає працювати. Якщо цього не робити, то він почне виробляти енергію тільки при швидкості вітру 10 м/с і більше.

- ротор Дар'є (Darrieus). Застосовуються хіба що як анемоскопи, так як малоефективні.

Зараз широке застосування отримали вітрогенератори з горизонтальною осі відносно обертання (крильчасті), завдяки тому, що у них коефіцієнт використання енергії вітрового потоку (КІЕВ) легко досягає 30% і більше, тоді як у вітрогенераторів з вертикальною осі обертання КІЕВ складає близько 20%.

Система домашнього енергопостачання з використанням вітрогенератора схожа на систему з сонячними модулями, де можуть використовуватися як вітрогенератори, так і сонячні модулі.

Від висоти мачти та діаметру ротора залежить кількість виробленої енергії наступним чином: на кожні 10 метрів підйому вітряка додається 1 м/с швидкості вітру. Чим вище мачта, тим більша ймовірність того, що він буде працювати максимально ефективно. Те ж саме стосується ротора: чим більший діаметр, тим більше вироблення енергії.

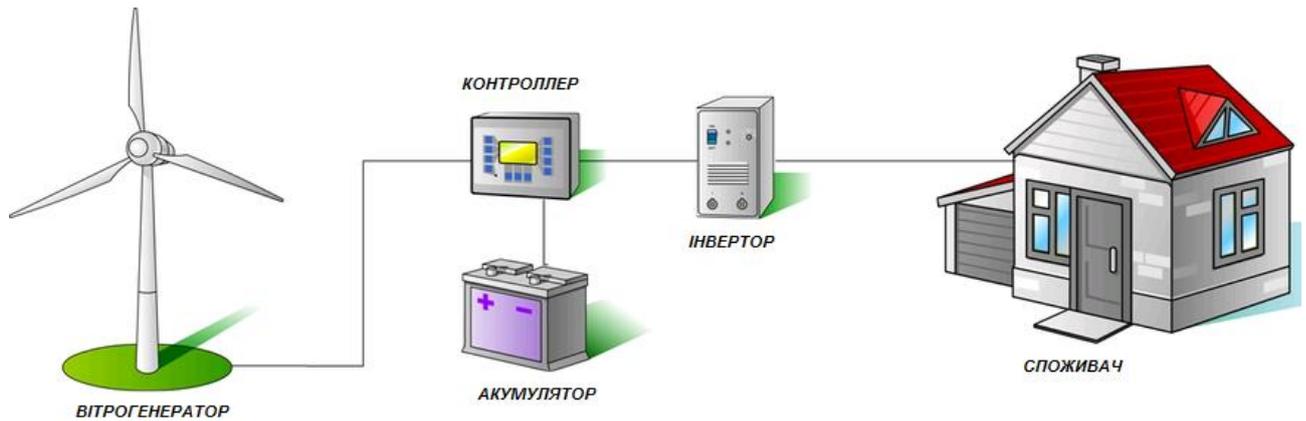


Рисунок 1.2 – Схема підключення вітрової станції

Значення сили вітрового потоку для роботи вітряка:

Швидкість вітру для початку обертання лопастей, при якій потужності немає взагалі - від 1,5 м/с.

Мінімальна швидкість вітру, при якій вже починається генерація потужності - 3 м/с.

Номінальна швидкість вітру (для вітрогенераторів українського виробництва) - 7-9 м/с.

Максимальна швидкість вітру, при якій вітрогенератор українського виробництва зберігає свою працездатність - 52 м/с (200 км/год), що свідчить про високу якість збірки установки та міцність матеріалів виготовлення.

Особливості автономної вітрової станції включають:

1. Використання у вітряних умовах: Автономна вітрова станція ефективна при наявності достатньої сили вітру. Вона може бути особливо ефективною в районах зі стабільними вітровими умовами або в гірських та узбережних районах, де вітрогенератори отримують більше вітрової сили.

2. Екологічна енергія: Вітрова енергія вважається відновлювальним джерелом енергії і має незначний вплив на навколишнє середовище. Використання автономних вітрових станцій допомагає зменшити споживання традиційних палив і викиди шкідливих викидів, сприяючи збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення повітря.

3. Залежність від вітрових умов: Ефективність автономної вітрової станції залежить від наявності стабільного і достатнього вітру. При відсутності або недостатній силі вітру, генерація електроенергії може бути обмеженою, що впливає на її надійність і постачання електроенергії.

До недоліків вітрової станції можна віднести:

1. Несприятливі погодні умови: Один з недоліків автономних вітрових станцій полягає в тому, що вони залежать від погодних умов, зокрема вітру. У випадку, коли вітер занадто слабкий або занадто сильний, ефективність генерації електроенергії може бути обмеженою.

2. Непередбачуваність: Вітрова енергія є непредбачуваною і змінюється залежно від сезону, дня та години. Це може становити виклик для стабільного постачання електроенергії, особливо у випадку, коли споживання є постійним і неперервним.

3. Висока вартість: Вітрові станції вимагають значних інвестицій на початковій стадії встановлення. Кошти потрібні на придбання та встановлення вітрогенераторів, систем зберігання енергії та інфраструктури для підключення до електричної мережі.

4. Візуальний ефект: Великі вітрогенератори можуть мати вплив на візуальну обстановку та ландшафт. Це може стати причиною спірів та протестів з боку місцевих жителів, особливо у випадку, коли станція розташована в житлових або туристичних районах.

5. Звукове забруднення: Вітрогенератори можуть створювати деякий рівень звукового шуму, особливо на високих швидкостях вітру. Це може бути неприємним для мешканців навколишніх районів, особливо якщо станція знаходиться в непосредственной близькості до житлових будинків.

6. Накопичення льоду: У холодних регіонах або в умовах з високою вологістю може відбуватись накопичення льоду на лопатах вітрогенераторів. Це може призвести до зниження продуктивності та потребувати додаткових заходів безпеки.

7. Необхідність відповідної інфраструктури: Для підключення автономної вітрової станції до електричної мережі часто потрібні спеціальні інфраструктурні розробки та заземлення. Це може збільшити загальну вартість проекту та вимагати додаткових досліджень та затрат.

1.5 Типова конструкція вітро-сонячної станції

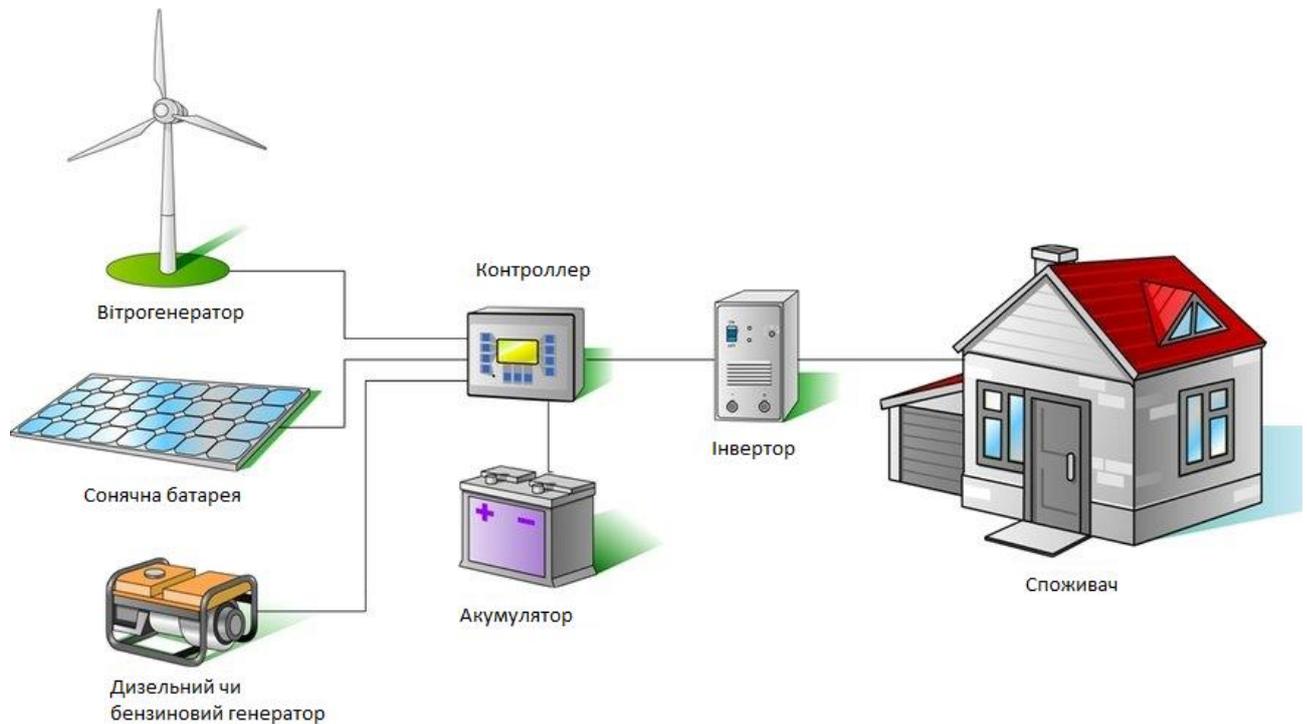


Рисунок 1.3 - Схема підключення вітро-сонячної станції

Вітро-сонячні станції (гібридні станції) поєднують в собі використання енергії вітру та сонячної енергії. Особливості вітро-сонячних станцій включають:

1. Комбіноване використання джерел енергії: Вітро-сонячні станції використовують як вітрогенератори, так і сонячні панелі для генерації електроенергії. Це дозволяє отримувати електричну енергію з двох джерел, що забезпечує більш стабільне та надійне постачання енергії, особливо в умовах змінної погоди.

2. Комплементарність енергетичних джерел: Вітро-сонячні станції демонструють високу комплементарність між вітровою та сонячною енергією. Вітрогенератори можуть бути ефективними вночі або в періоди з недостатньою сонячною активністю, тоді як сонячні панелі виробляють енергію протягом сонячних годин дня. Це дозволяє забезпечувати стабільне та неперервне електропостачання.

3. Універсальність застосування: Вітро-сонячні станції можуть бути використані як для великих масштабних проєктів, так і для менших приватних систем. Вони можуть бути встановлені на землі, на дахах будівель або навіть на плавучих платформах, що розширює їх потенціал застосування в різних географічних областях.

4. Зменшення залежності від електромережі: Вітро-сонячні станції можуть бути підключені до електричної мережі, що дозволяє забезпечити надлишкову електроенергію в мережу або отримувати електроенергію з мережі в періоди недостатньої виробництва. Це сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та може знизити енергетичні витрати.

5. Екологічні переваги: Використання вітро-сонячних станцій сприяє зменшенню викидів парникових газів та негативного впливу на навколишнє середовище, порівняно з традиційними джерелами енергії. Вони є екологічно чистими та сталими джерелами енергії, що сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню екологічного впливу.

6. Вітро-сонячні станції представляють собою ефективний та сталий спосіб генерації електроенергії, поєднуючи переваги обох джерел енергії та забезпечуючи стабільне та екологічно чисте електропостачання.

Серед недоліків виокремлюються:

1. Залежність від погодних умов: Ефективність вітро-сонячних станцій залежить від наявності вітру та сонячної активності. Відсутність вітру або хмарний день можуть знизити їх продуктивність. Це може створювати коливання в постачанні електроенергії та вимагати резервних джерел енергії.

2. Потреба в великій площі: вітро-сонячні станції вимагають значної площі для встановлення вітрогенераторів та сонячних панелей. Це може бути обмеженням для використання в урбанізованих або обмежених площах.

3. Висока вартість: встановлення та підключення вітро-сонячних станцій може бути витратним завданням. Вартість обладнання, інфраструктури, обслуговування та зберігання енергії може бути високою, що може затримати їх широке застосування.

4. Потенційні шкоди для дикої природи: вітро-сонячні станції можуть мати вплив на дикі тварини та їх середовище. Звуковий шум вітрогенераторів та зміни в екологічній ландшафті можуть вплинути на місцевих жителів тварин.

5. Складність інтеграції з електричною мережею: Підключення вітро-сонячних станцій до існуючої електричної мережі може вимагати спеціальних технічних рішень та збалансованості споживання та виробництва електроенергії.

1.6 Сонячні станції з підключенням до мережі

Сонячні станції з підключенням до мережі є системами, які використовують сонячну енергію для виробництва електричної енергії та її подачі в електричну мережу. Вони використовують фотоелектричні панелі, що перетворюють сонячне випромінювання на постійний струм.

Ці сонячні панелі складаються з фотоелектричних клітин, зазвичай зроблених з кристалічного кремнію, які генерують електричний струм при взаємодії зі сонячним світлом. Отриманий струм подається на інвертор, який перетворює постійний струм на змінний струм, що може бути використаний в електричних мережах.

Сонячні станції з підключенням до мережі можуть бути розташовані на покрівлях будівель, на землі або на спеціально відведених ділянках. Вони можуть бути встановлені як на комерційних об'єктах, так і на житлових будинках.

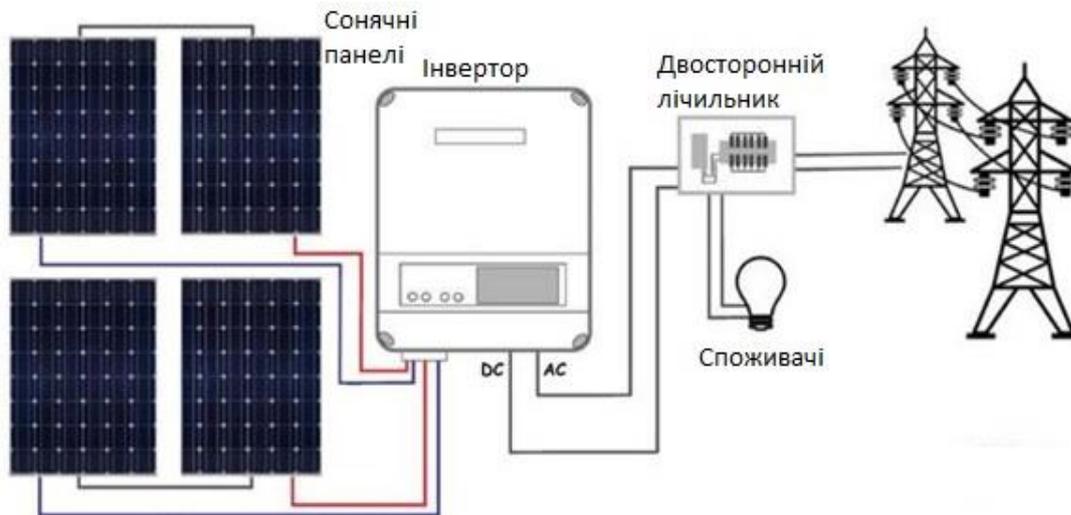


Рисунок 1.4 – Підключення геліостанції з виходом до мережі

Особливістю цих станцій є те, що їх електрична продукція може бути підключена до грид-інфраструктури, тобто до електричної мережі. Це означає, що вироблена сонячна енергія може бути використана для власного споживання, а надлишки електроенергії можуть бути передані у мережу. Такі станції можуть навіть отримувати компенсацію за надлишкову енергію, що була передана у мережу.

Використання сонячних станцій з підключенням до мережі має декілька переваг. Така станція дозволяє зменшити споживання електричної енергії з традиційних джерел, таких як вугілля або газ, тим самим зменшуючи викиди парникових газів та вплив на довкілля. Крім того, це дозволяє власникам сонячних станцій знизити витрати на електроенергію та отримати прибуток від продажу надлишкової енергії.

1.7 Зелений тариф

Зелений тариф – це регулятивний механізм, який сприяє розвитку виробництва електроенергії з використанням відновлювальних джерел енергії. Ідея полягає в тому, щоб створити стимули для інвестицій у відновлювальну енергетику, сприяючи зменшенню використання вуглецю і негативного впливу на навколишнє середовище.

Зелений тариф передбачає, що виробники електроенергії з відновлювальних джерел мають право на гарантований викуп та продаж електроенергії за фіксованою ціною протягом тривалого періоду, який зазвичай становить кілька років. Ці тарифи встановлюються державним органом енергетичного регулювання і зазвичай вищі за ринкову ціну електроенергії, щоб забезпечити інвестиційну привабливість для відновлювальних джерел енергії. На сьогоднішній день вартість зеленого тарифу в Україні поступово зростає. Так станом на травень 2023 року це 430,25 грн/МВт·год, а з 1 липня – зросте на 12,7%, до 485,1 грн/МВт·год.

Основна мета Зеленого тарифу полягає в тому, щоб підтримати перехід до екологічно чистої енергетики, зменшити залежність від імпорту енергоносіїв і зменшити викиди шкідливих газів у атмосферу. Це сприяє створенню стійкого та екологічно відповідального енергетичного сектору.

Зелений тариф може мати позитивний вплив на розвиток відновлювальних джерел енергії, залучення інвестицій, створення робочих місць та зменшення негативного впливу на довкілля. Однак, він також потребує ефективного моніторингу та регулювання, щоб запобігти зловживанням та забезпечити справедливість для всіх учасників енергетичного ринку. Це означає, що розподіл та використання зеленого тарифу повинні бути прозорими, прогнозованими і безперешкодними для всіх зацікавлених сторін, включаючи виробників, споживачів та державні органи. Правила та умови отримання зеленого тарифу повинні бути розроблені з урахуванням принципів рівності, конкуренції та прозорості.

Крім того, справедливість передбачає врахування соціальних аспектів, зокрема доступності енергії для всіх верств населення. Це означає, що розробка тарифів та політик повинна враховувати можливості енергетичного доступу для уразливих груп, забезпечуючи, щоб перехід до відновлювальної енергетики не створював додаткових нерівностей або енергетичної відчуженості.

Таким чином, зелений тариф має бути не лише екологічно ефективним, але й справедливим, що дозволить всім сторонам вигідно брати участь у розвитку відновлювальної енергетики та сприятиме сталому та включеному розвитку.

Висновок до розділу 1

Проаналізувавши переваги та недоліки цих типів станцій для живлення власного житлового будинку можна виокремити сонячну станцію з підключенням до мережі, адже вона є ефективним та вигідним рішенням для виробництва електроенергії. Такий тип сонячних систем не вимагає великого обсягу акумуляційних батарей, що знижує розмір та вартість системи. Завдяки підключенню до мережі, сонячна станція може забезпечувати стабільне електропостачання навіть у періоди недостатньої сонячної активності.

У даному випадку неможливо використати рекомендовану та часто вживану вітро-сонячну станцію з підключенням до мережі, оскільки немає можливості забезпечити дозволений законодавством рівень шуму на рівні 45 дБ через обмеженість території.

Отже, сонячна станція з підключенням до мережі є перспективним рішенням для забезпечення електроенергії, пропонуючи ефективність, фінансові переваги та екологічну сталість.

2 ОПИС СТРУКТУРИ ТА ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ГЕЛІОСТАНЦІЇ

Геліостанція з підключенням до мережі складається з таких основних компонентів:

1. **Сонячні модулі:** це фотоелектричні панелі, які перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію. Вони мають багато малих сонячних клітин, з'єднаних у модуль, ізоляційні матеріали та захисний верхній шар.

2. **Монтажна конструкція:** це каркас або рама, яка служить для кріплення сонячних модулів. Вона може бути розташована на землі, на покрівлі будівлі або на іншій підставці, що забезпечує оптимальне розташування сонячних модулів під кутом до сонячного випромінювання.

3. **Інвертор:** це електронний пристрій, який перетворює постійний струм, що генерується сонячними модулями, на змінний струм, який використовується в електричній мережі. Інвертор також забезпечує контроль і керування системою, включаючи моніторинг продуктивності та захист від перенапруги або короткого замикання.

4. **З'єднувальні проводи:** електричні кабелі і проводи використовуються для підключення сонячних модулів до інвертора та передачі електроенергії від геліостанції до електричної мережі.

5. **Мережевий підключений пункт:** це точка з'єднання геліостанції з електричною мережею. Через цей пункт вироблена електроенергія вводиться в мережу, де вона може бути використана споживачами або продана електропостачальній компанії.

6. **Моніторингова система:** для ефективного контролю та управління геліостанцією з підключенням до мережі використовується моніторингова система. Вона дозволяє відстежувати продуктивність системи, контролювати роботу сонячних модулів, інвертора та інших компонентів, а також збирати дані про вироблену електроенергію.

2.1 Сонячні модулі

Вони складаються з багатьох сонячних клітин, які виробляють електричний струм при взаємодії з сонячним випромінюванням.

Кожна сонячна клітина виготовляється з напівпровідникового матеріалу, зазвичай кремнію. Коли сонячне випромінювання падає на клітину, фотони збуджують електрони у напівпровідниковому матеріалі, що створює потік електричного струму.

Ці модулі зазвичай складаються з декількох сонячних клітин, які з'єднані між собою. Вони можуть мати різні форми та розміри, включаючи прямокутні або квадратні панелі. Крім того, модулі мають захисний верхній шар, який захищає клітки від шкідливих зовнішніх впливів, таких як погодні умови або механічні пошкодження.

Сонячні модулі розташовуються на монтажній конструкції, яка може бути встановлена на землі, на покрівлі будівлі або на спеціальних підставках. Кут нахилу та орієнтація модулів можуть бути налаштовані для максимального збору сонячної енергії.

Ці деталі з'єднуються за допомогою проводів, які переносять вироблений електричний струм до інвертора. Інвертор перетворює постійний струм, що генерується сонячними модулями, на змінний струм, який використовується в електричній мережі.

2.2 Інвертор

Він виконує важливу функцію перетворення постійного струму, який генерується сонячними модулями, на змінний струм, який використовується в електричній мережі. Інвертор також забезпечує контроль та оптимізацію роботи системи. Інвертор отримує постійний струм від сонячних модулів і перетворює його на змінний струм з відповідними характеристиками, такими як напруга і частота. Цей змінний струм потім може бути використаний безпосередньо в будівлі або підключений до громадської електричної мережі.

Інвертори також виконують ряд додаткових функцій, таких як моніторинг продуктивності системи, захист від перевантаження та короткого замикання, а

також забезпечення безпеки під час підключення до громадської мережі. Деякі інвертори можуть мати вбудовані функції зберігання енергії, що дозволяє використовувати надлишкову електроенергію, згенеровану сонячною станцією, для подальшого використання в періоди низької сонячної активності або вночі.

Завдяки інвертору, сонячна станція з підключенням до мережі може надавати стабільну та надійну електроенергію для використання в будівлі або вкладення в громадську електричну мережу, допомагаючи зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяючи сталому розвитку та захисту довкілля.

2.3 Система зберігання енергії

Ця система виконує важливу роль у забезпеченні постійного доступу до електроенергії навіть під час періодів низької сонячної активності або вночі.

Зазвичай використовуються різні технології зберігання енергії, такі як акумуляторні батареї, гідрогенератори або термальні системи зберігання. Ці системи дозволяють зберігати надлишкову електроенергію, згенеровану сонячними модулями або вітряними турбінами, і використовувати її в періоди, коли сонячна чи вітрова активність недостатня для забезпечення потреб споживача.

Система зберігання енергії допомагає забезпечити стабільне живлення і ефективне використання електроенергії, особливо в умовах коливання погодних умов або непостійності енергетичної мережі. Вона забезпечує незалежність від зовнішніх джерел енергії і дозволяє ефективно використовувати сонячну або вітрову енергію, що знижує витрати на електроенергію та має позитивний вплив на довкілля.

Завдяки системі зберігання енергії, геліостанція з підключенням до мережі може забезпечувати надійне та ефективне живлення будівлі або системи, забезпечуючи незалежність від зовнішніх факторів і сприяючи сталому розвитку енергетики.

2.4 Система моніторингу

Вона включає в себе різноманітні сенсори та датчики, які збирають дані про рівень сонячної активності, вироблену електроенергію, стан модулів та інших компонентів станції. Ці дані передаються до центральної системи керування, яка аналізує їх і приймає рішення щодо оптимізації роботи геліостанції.

Система керування забезпечує автоматичне регулювання параметрів роботи станції, таких як нахил і орієнтація модулів, напруга та частота електричного струму, заряд батарей і багато інших. Вона забезпечує оптимальне використання сонячної енергії і підтримує роботу станції на максимальному рівні продуктивності.

Система моніторингу та керування також включає можливості віддаленого доступу та контролю. Це означає, що оператори можуть відстежувати роботу геліостанції, аналізувати дані та вносити необхідні корективи у режим роботи через спеціальне програмне забезпечення або мобільні додатки. Це забезпечує ефективне управління та зниження можливих проблем або відмов у роботі.

Завдяки системі моніторингу та керування, геліостанція з підключенням до мережі може бути ефективно керована, оптимізована та моніторована, що забезпечує надійну та стабільну роботу станції, а також підвищує загальну ефективність та продуктивність геліостанційної системи.

2.5 Система зворотного електричного з'єднання

Ця система дозволяє геліостанції взаємодіяти з електричною мережею і передавати надлишкову електроенергію назад до гріду.

Система зворотного електричного з'єднання включає в себе інвертори, які перетворюють постійний струм, що генерується сонячними модулями, на змінний струм, сумісний з електричною мережею. Цей змінний струм потім може бути використаний для живлення електричних приладів, освітлення будівель та інших електричних систем.

Система зворотного електричного з'єднання також дозволяє передавати надлишкову електроенергію, яку геліостанція виробляє, назад до електричної

мережі. Це може статися в тих випадках, коли споживання електроенергії на об'єкті є нижчим, ніж генерування станцією. Надлишкова електроенергія може бути постачена до мережі, а власник станції може отримати компенсацію за цю енергію або використовувати її у майбутньому.

Ця система є важливою для забезпечення зв'язку між геліостанцією та електричною мережею, дозволяючи ефективно використовувати та управляти електроенергією, а також сприяє зменшенню споживання традиційних джерел енергії та викидів в атмосферу.

Завдяки системі зворотного електричного з'єднання, геліостанція з підключенням до мережі може забезпечувати не лише власні потреби в електроенергії, але й сприяти стабільності електричної мережі, додатковому виробництву зеленої енергії та зменшенню негативного впливу на довкілля.

2.6 Система безпеки та захисту.

Ця система відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки роботи станції та захисту від можливих небезпек.

Система безпеки може включати в себе різні компоненти, такі як датчики пожежі, системи автоматичного відключення електропостачання, системи заземлення та блискавкозахисту, системи контролю температури та інші. Ці компоненти допомагають уникнути небезпечних ситуацій, запобігають пошкодженню обладнання та забезпечують безпеку персоналу.

Крім того, система захисту включає заходи для запобігання несанкціонованому доступу до геліостанції, такі як огороження, системи контролю доступу та відеоспостереження. Це допомагає забезпечити конфіденційність та захист важливих даних та обладнання станції.

Система безпеки та захисту є невід'ємною частиною геліостанції з підключенням до мережі, оскільки вона забезпечує безпечну та надійну роботу станції, а також запобігає можливим негативним наслідкам випадків аварій, пожеж або несанкціонованого доступу.

Висновок до розділу 2

Структурна схема СЕС складається з основних компонентів, таких як сонячні панелі (фотоперетворювачі), інвертори, зарядні контролери, акумулятори та електричні мережі. Сонячні панелі виконують функцію перетворення сонячної енергії у електричну енергію. Інвертори забезпечують зміну постійного струму, виробленого сонячними панелями, на змінний струм, який може бути використаний у побуті або переданий до електричної мережі. Зарядні контролери регулюють процес зарядки акумуляторів і захищають їх від перевантаження та перезаряду. Акумулятори слугують для зберігання надлишкової електроенергії, яка може бути використана в нічний час або в періоди недостатньої сонячної активності. Електричні мережі забезпечують розподіл електроенергії до споживачів.

Беручи до уваги всі перераховані компоненти можна виокремити декілька головних, які будуть значно впливати на потужність та вартість системи, а саме це:

- інвертор,
- сонячні батареї,
- акумуляторні батареї.

3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Проектування сонячної електростанції (СЕС) включає наступні етапи:

- Встановлення обсягу споживаної енергії.
- Розрахунок вхідної та вихідної потужності інвертора.
- Визначення необхідної ємності акумуляторної батареї.
- Визначення оптимального положення сонячних батарей.
- Визначення необхідної кількості сонячних батарей та їх потужності.
- Підбір компонентів, які потребує схема.

3.1 Розрахунок навантажень будинку у зимовий та літній періоди

Для розрахунку навантаження змінного струму та визначення необхідної кількості споживаної енергії, слід дотримуватися наступних кроків:

1. Необхідно обчислити загальну кількість навантаження змінного струму шляхом додавання потужностей на всіх пристроях, вказаних в Таблиці 3.1, а також зазначити їх номінальну потужність і кількість годин роботи протягом тижня.

2. Ще одним кроком потрібно поррахувати сумарну кількість споживаної енергії за тиждень, шляхом перемноження потужності кожного пристрою на кількість годин його роботи, а потім додати всі отримані добутки. Результат позначається як Вт. Значення потужностей пристроїв наведені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – споживання електроенергії в зимовий період

Назва	Потужність $P_{\text{ср}}, \text{Вт}$	Час роботи, годин за тиждень	Вт*год/ тиждень
Лампа світлодіодна	40	70	2800
Холодильник	520	160	83200
Ноутбук	100	20	2000
Спутникова антена	25	42	1050
Телевізор	150	42	6300

Продовження таблиці 3.1

Насос свердловини	500	7	3500
Пральна машина	1000	3.5	3500
Праска	2000	3.5	7000
Бойлер	1500	25	37500
Фен	2000	1.4	3200
Всього:	6125		143750

Таблиця 3.2 – споживання електроенергії в літній період

Назва	Потужність $P_{ср}$, Вт	Час роботи, год/тиждень	Вт*год/тиждень
Лампа світлодіодна	40	40	1600
Холодильник	520	160	83200
Ноутбук	100	7	700
Спутникова антена	25	42	1050
Телевізор	150	42	6300
Насос сквердловини	500	7	3500
Пральна машина	1000	3.5	3500
Праска	2000	3.5	7000
Фен	2000	1	2000
Пилосос	1500	1	1500
Кондиціонер	1000	8	8000
Всього:	7835		118350

З цих обрахунків можна дізнатись, що найбільше споживання електроенергії припадає на зимовий період року, тому обрахунки будуть вестись враховуючи, що $W_{зм}=144$ кВт·год/тиждень.

Для визначення необхідної потужності постійного струму W_H , почнемо з перемноження сумарної потужності змінного струму $W_{зм}$ на коефіцієнт $k = 1,2$, який враховує опір інвертора:

$$W_H = W_{зм} \cdot k \quad (3.1)$$

Отже, необхідна потужність постійного струму з врахуванням опору інвертора становить:

$$W_H = 144 \cdot 1,2 = 173 \text{ кВт}$$

Значення вхідної напруги інвертора $U_{інв}$ визначається в залежності від умов і залежить від характеристик обраного інвертора. Зазвичай це 12 або 24 В, але для потужних систем може бути 48 В і більше. Інвертор обирається таким чином, щоб його потужність була більшою за потужність змінного струму, помножену на коефіцієнт k .

Для вибору інвертора враховують активну потужність $P_{інв}$, яку можна обчислити, розділивши значення W_H на кількість годин за тиждень, тобто на $7 * 24 = 168$ годин.

$$P_{інв} = \frac{W_H}{168} \quad (3.2)$$

$$P_{інв} = \frac{173}{168} = 1.03 \text{ кВт}$$

При виборі інвертора необхідно враховувати наступні критерії:

1. Надійність конструкції: Обравши інвертор з надійною конструкцією, вона забезпечує довгий термін служби і мінімізує можливість виникнення поломок або несправностей.

2. Простота в експлуатації: Взявши інвертор, який має простий і зрозумілий інтерфейс управління, дозволить легко налаштувати і контролювати його роботу без необхідності глибоких технічних знань.

3. Наявність захисту вхідних і вихідних електричних кіл: Потрібно бути впевненим, що інвертор має вбудовані захисні механізми для захисту від перенапруги, перевантаження, короткого замикання та інших небезпечних ситуацій.

4. Висока точність підтримки частоти і значення вихідної напруги: Необхідно переконатись, щоб інвертор забезпечував стабільне та точне підтримування потрібної частоти і значення вихідної напруги для надійної роботи підключених пристроїв.

5. Висока перевантажувальна здатність: інвертор мусить мати достатню перевантажувальну здатність, щоб впоратися з тимчасовими піковими навантаженнями, які можуть виникнути при роботі деяких пристроїв.

6. Синусоїдальна форма вихідної напруги: Важливо, щоб інвертор генерував чисту синусоїду на вихідній напрузі, оскільки деякі електронні пристрої можуть бути чутливими до нестабільної або спотвореної форми хвилі.

Крім того, слід враховувати потужність інвертора, яка повинна бути достатньою для забезпечення потрібної вихідної потужності в 1 кВт і більше.

Тому перевага була віддана автономному інвертору «Full Energy BBGI-3024MP» паспортні дані якого показані в таблиці 3.3.

Даний інвертор ний перетворювач має повну вихідну потужність 2,4 кВт, вхідна напруга постійного струму в діапазоні від 90 до 280 В. Вибір потужності, дещо більший, ніж розрахунковий (964 Вт), це обумовлено необхідністю мати запас по потужності для забезпечення необхідного пускового струму та стабільної роботи електроприладів .

Для інвертора такої потужності доречно підключати сонячні панелі кількістю, до 10 штук послідовно і потужністю, до 285 Вт.

Ціна такого інвертора на ринку становить 16 500 грн.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики інвертора

Виробник:	Axioma Energy
Модель:	ISMPT BF 2500
Країна - виробник:	Китай
Тип інвертора:	мережевий
Кількість фаз:	1
Кількість МРРТ :	1
ККД, %:	93
Інтерфейс:	USB/RS232
Вхідні характеристики	
Номінальна потужність, Вт:	3000
Максимальна потужність, Вт:	4000
Діапазон вхідної напруги, В:	120-430
Номінальна напруга, В:	230
Максимальна напруга, В:	450
Вхідний струм, А:	13
Максимальний струм МРРТ трекера, А:	13
Вихідні характеристики	
Номінальна потужність, Вт:	3000
Максимальна потужність, Вт:	3000
Вихідний струм, А:	13
Вихідна напруга, В:	3000±5%
Форма синусоїди:	правильна
Частота , Гц:	50/60

3.2 Визначення необхідної ємності акумулятора

Ємність, яку повинен мати акумулятор для тижневого періоду відповідного навантаження змінного струму обраховується як:

$$q_{\text{тиж}}^{\text{ЗМ}} = \frac{W_{\text{н}}}{U_{\text{інв}}} \quad (3.3)$$

$$q_{\text{тиж}}^{\text{ЗМ}} = \frac{173}{230} = 0.75 * 10^3 \text{ А * г}$$

Припустимо, що в будинку немає навантаження постійного струму

$W_{\text{пост}} = 0$, то загальна шукана ємність акумуляторної батареї для забезпечення електроенергії на тижневий період $q_{\text{тиж}}$:

$$q_{\text{тиж}} = q_{\text{тиж}}^{\text{ЗМ}} \quad (3.4)$$

$$q_{\text{тиж}} = 0.75 * 10^3 \text{ А * г}$$

За день значення споживаних ампер-годин буде розрахованим при діленні $q_{\text{тиж}}$ на 7:

$$q_{\text{д}} = \frac{q_{\text{тиж}}}{7} = 107 \text{ А * г} \quad (3.5)$$

Для визначення максимальної кількості послідовних "днів без сонця" ($N_{\text{бс}}$), ми можемо скористатись таблицею А.1 з додатку А, яка надає орієнтовані дані для режиму експлуатації. Якщо ми використовуємо фотоелектричну систему (ФЕС) з дублюванням від міської енергомережі, ми можемо обрати мінімальну кількість днів без сонця - 1, щоб знизити витрати. У такому випадку, коли сонячна енергія недоступна, акумулятори будуть заряджатися від резервного джерела електроенергії.

Крім того, цей параметр також враховує обрану кількість днів, протягом яких акумуляторні батареї зможуть жити навантаження самостійно без підзарядки.

Приймаємо, що $N_{\text{бс}} = 1$.

Тоді загальна ємність АКБ, враховуючи кількість днів без сонця:

$$q_N = q_d * N_{bc} \quad (3.6)$$

$$q_N = 107 * 1 = 107 \text{ А} * \text{г}$$

Акумуляторні батареї мають фактор глибини допустимого розряду, який становить 70% від загальної ємності. Цей фактор позначається як коефіцієнт γ , що дорівнює 0,7. Заряд акумуляторної батареї, враховуючи глибину розряду, обчислюється наступним чином:

$$q_\gamma = \frac{107}{7} = 153 \text{ А} * \text{г} \quad (3.7)$$

Для обрахування температури приміщення, де розташовані акумуляторні батареї, ми вибираємо коефіцієнт α з таблиці А.2 (з додатку А). Цей коефіцієнт враховує зменшення ємності АКБ при зниженні температури. Зазвичай використовується середня температура в зимовий період. Наприклад, якщо акумуляторні батареї знаходяться в будівлі і температура становить 21,2 °С, то коефіцієнт α дорівнює 1,04. Загальна необхідна ємність акумуляторних батарей буде обчислена за наступною формулою:

$$q_{\text{заг}} = q_\gamma * \alpha \quad (3.8)$$

$$q_{\text{заг}} = 153 * 1.04 = 159 \text{ А} * \text{г}$$

Якщо, номінальна напруга $U_{\text{ном.}} = 12 \text{ В}$, ємність $q_{\text{ном.}} = 100 \text{ А} \cdot \text{год}$. Поділивши загальну необхідну ємність батарей $q_{\text{заг}}$ на номінальну ємність обраної акумуляторної батареї $q_{\text{ном}}$ і округлити отримане значення отримаємо кількість батарей, які необхідно з'єднати паралельно $N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}}$:

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{заг}}}{q_{\text{ном АКБ}}} \quad (3.9)$$

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{159}{150} \approx 1$$

Поділивши номінальну напругу постійного струму інвертора $U_{\text{інв.}}$ на номінальну напругу акумуляторної батареї $U_{\text{ном. АКБ}}$ отримаємо кількість батарей які необхідно з'єднати послідовно $N_{\text{посл.}}^{\text{АКБ}}$:

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном АКБ}}} \quad (3.10)$$

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{230}{12} = 20$$

Вибираємо необхідну кількість АКБ $N^{\text{АКБ}}$:

$$N^{\text{АКБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} * N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} \quad (3.11)$$

$$N^{\text{АКБ}} = 20 * 1 = 20$$

При напрузі 12 В та ємності 150 А·год найкращим вибором стане акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12W. Враховуючи ринкову вартість, яка становить 5600 грн. Додавши вартість 20 таких АКБ, кінцеві затрати будуть складатись з 106 тис грн.

Після проведених розрахунків стало очевидним, що вартість необхідних акумуляторних батарей є значною. Оскільки такі великі капітальні витрати недоцільні, ми вирішили відмовитися від такої кількості акумуляторів і встановити лише декілька на випадок відключення електроспоживання від мережі. Це спричинено аварійними відключеннями через військовий стан в країні.

Взявши до уваги екстренну ситуацію, при якій не буде постачання світла, то для автономної роботи будинку на добу, враховуючи використання найнеобхідніших приборів, таких як холодильник, лампи, бойлер, тощо, досить буде 2х акумуляторів, загальна вартість яких буде становити 11200 грн.

3.3 Визначення оптимального положення сонячних батарей

Для визначення кількості пікових сонце-годин потрібно знати середнє значення сонячного випромінювання в Полтавській області протягом місяця. Коли фотоелектрична система (СБ) встановлюється під кутом β відносно горизонту, необхідно перерахувати сонячне випромінювання з горизонтальної поверхні на похилу. Кути нахилу сонця для конкретної місцевості наведені в таблиці 3.4.

Розрахунок кількості пікових сонце-годин проводиться на основі середньорічної величини для економії на фотоелектричній схемі з дубльованою

системою. У теплий період року, коли інсоляція більша, надлишкова енергія, вироблена системою, може бути передана до міської електромережі, а в холодний період - компенсована.

Якщо СБ встановлюється під кутом β до горизонту, середнє значення денної кількості сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню E_H , можна обчислити за допомогою наступної формули:

$$E_H = R * E \quad (3.12)$$

де E – середнє значення денної кількості сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню; R – відношення середньої денної кількості сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) * R_n + \frac{E_p}{E} * \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho * \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (3.13)$$

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної площини на похилу з південною орієнтацією розраховується як сума значень розсіяного, відбитого і прямого випромінювання:

Де, E_p – середня кількість розсіяного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню, кВт·г/м²;

$\frac{E_p}{E}$ - середня-денна частка розсіяного сонячного випромінювання

R_n – середній місячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню;

β – кут нахилу поверхні СБ до горизонту;

ρ – коефіцієнт відбивання поверхні Землі і навколишніх тіл.

Зимом $\rho = 0,7$; Влітку $\rho = 0,2$.

Середній місячний коефіцієнт перетворення прямого сонячного випромінювання з горизонтальної поверхні на похилу:

$$R_n = \frac{[\cos(\phi - \beta) * \cos\delta * \sin\omega_{3H} + \frac{\pi}{180} * \omega_{3H} * \sin(\phi - \beta) * \sin\delta]}{\cos\phi * \cos\delta * \sin\omega_3 + \frac{\pi}{180} * \omega_3 * \sin\phi * \sin\delta} \quad (3.14)$$

де, ϕ – широта місцевості;

β – кут нахилу сонячної батареї до горизонту;

$$\delta = 23,45 * \sin \left(360 * \frac{284+n}{365} \right) \quad (3.15)$$

δ – кут нахилу Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора):

де, n – порядковий номер дня (від 1 січня).

Значення δ вибирають з таблиці 3.4

Часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні визначиться так:

$$\omega_3 = \arccos [-tg\varphi * tg\delta] \quad (3.16)$$

Часовий кут заходу Сонця для похилій поверхні з південною орієнтацією

$$\omega_{3н} : \omega_{3н} = \arccos [-tg(\varphi - \beta) * tg\delta] \quad (3.17)$$

Таблиця 3.4 – Значення кута нахилу сонця

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345
$\delta, ^\circ$	-21,3	-13,6	-2,4	9,4	18,8	23,3	21,7	14,4	3,4	-8,5	-18,2	-23,1

Генерація електроенергії сонячною фотоелектричною батареєю (СБ) залежить від кута, під яким падають сонячні промені на СБ. Найбільша ефективність досягається при куті падіння 90 градусів. При зміщенні від цього кута більша частина променів відбивається, а не поглинається.

У зимовий період потік сонячної радіації значно менший через скорочені дні, більшу кількість хмарних днів та нижче положення Сонця на небосхилі. Якщо планується використовувати систему лише влітку, можна використовувати літні значення кута. Але якщо система буде працювати протягом усього року, раціонально обрати значення кута, відповідне зимі. Для забезпечення надійного електропостачання зазвичай вибираються середні місячні значення, які є найменшими для періоду, протягом якого планується використовувати фотоелектричну систему (ФЕС).

З урахуванням цих фактів, в нашій системі будуть використовуватися штативи для батарей, які дозволяють змінювати кут нахилу батарей для

переходу на зимовий або літній режим. Оптимальний кут нахилу буде вибиратися на основі середнього значення для конкретного періоду року.

За формулою коефіцієнта перерахунку з горизонтальної на похилу поверхню стає очевидним, що цей коефіцієнт залежить від кута нахилу β . Тому ми повинні визначити значення кута нахилу, при якому функція досягає максимального значення.

Для цього ми виконаємо розрахунки у програмі MathCad.

Розглянемо це на прикладі для місяця червня. Для цього ми використаємо такі параметри:

- Середню денну частку розсіяного сонячного випромінювання, $E_p/E = 0.4$, яка відповідає відношенню розсіяного випромінювання до середнього значення за червень.

- Коефіцієнт відбивання (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, який приймається рівним 0.2 для літа.

- Кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і його проекцією на площини екватора, $\delta = 23.3^\circ$.

- Часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні, $\omega_z = 65$.

- Часовий кут заходу Сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією, $\omega_{zn} = 61^\circ$.

- Широту місцевості, яка дорівнює 50° .

- Умову для визначення оптимального кута нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту β , при максимальному значенні R . Значення були розраховані за допомогою програмного забезпечення MathCad, текст програми та приклад розрахунку наведено в додатку Б. Знайдений кут нахилу β дорівнює 69.5° , а $R(\beta) = 2$.

В результаті проведених розрахунків були визначені залежності коефіцієнта перерахунку з горизонтальної на похилу поверхню від кута нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту. На прикладі січня, для широти місцевості 50° , ця залежність показана на рисунку 3.1.

Графіки залежностей для інших місяців відповідно до широти місцевості 50° наведені в Додатку Б.

Отже, ми визначимо максимальні значення коефіцієнта перерахунку з горизонтальної на похилу поверхню з південною орієнтацією R при куті нахилу сонячної батареї до горизонту β . Отримані дані представлені в Таблиці 3.5.

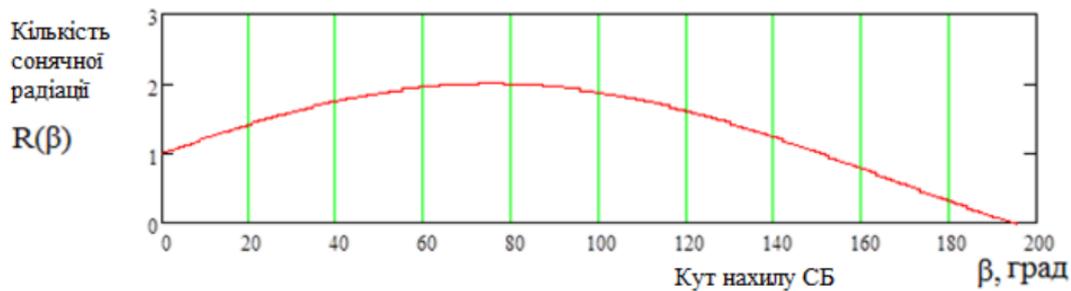


Рисунок 3.1 – Залежність коефіцієнта перерахунку з горизонтальної площини на похилу від кута нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту

Таблиця 3.5 – Оптимальне значення нахилу СБ

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\beta, ^\circ$	73	68	56	26	16	11	14	23	34	64	70	75

Таким чином, ми можемо зробити наступні висновки. З таблиці 3.5 видно, що для холодної пори року (з жовтня по березень) кут нахилу сонячних батарей є вищим, ніж для "теплих" місяців. Це означає, що для оптимізації роботи нашої станції ми повинні змінювати кут нахилу СБ при переході з теплої пори року до холодної і навпаки.

Отже, середнє значення кута нахилу, залежно від пори року, буде наступним:

- Теплий період (квітень-вересень): $\beta = 21^\circ$.
- Холодний період: $\beta = 68^\circ$.

Визначення пікових сонце-годин для червня, в якому середнє місячне значення сонячної радіації в Полтавській області, широтою 50°, становить:

$$P_{\text{сум.випром.}} = 158 \text{ кВт} \cdot \text{г/м}^2$$

Обране середнє-місячне значення $P_{\text{сум.випром.}}$ для менш-сонячного місяця розділимо на число днів у місяці. Отримуємо середню місячну кількість пікових сонце-годин ($i_{\text{пiк.годин}}$), яке буде використовуватися для розрахунку положення фотоелектричної системи (СБ).

Формула для розрахунку $i_{\text{пiк.годин}}$:

$$i_{\text{пiк.годин}} = \frac{P_{\text{сум.випром}} * R}{n} = \frac{0.96 * 158}{30} \quad (3.18)$$

де: $i_{\text{пiк.годин}}$ - середня місячна кількість пікових сонце-годин,

$P_{\text{сум.випром.}}$ - середньо-місячне значення сонячного випромінювання,

n - кількість днів у місяці.

Ця величина буде використовуватися для визначення положення СБ під час установки.

3.4 Вибір сонячних батарей та основного обладнання

Якість та тривалість роботи сонячних батарей є важливими факторами з кількох причин. По-перше, якщо сонячні батареї мають лише 10-річну гарантію, то вони повинні виробляти достатньо енергії, щоб виплатити свою вартість протягом цього десятирічного періоду. Якісні панелі мають гарантію не менше 25 років. Найкраще вибирати батареї від виробників з відомими брендами, які вже зарекомендували себе на ринку.

Я вибрав сонячні полікристалічні панелі Altek ALM-285M-120. Їх ціна на ринку становить 4600 грн. Їх характеристики наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Характеристики сонячної панелі

Параметр	Значення
Вага	18.8 кг
Ширина	992 мм
Довжина	1665 мм
Товщина	35 мм
Виробник	Altek
Максимальна робоча температура	85 °C
Гарантійний термін	120 міс

Продовження Таблиці 3.6

Країна-виробник	Китай
Матеріал рамки	Алюміній
Напруга	24 В
Мінімальна робоча температура	-40 °С
Потужність	285 Вт
Сила струму при максимальній потужності	8.82 А
Тип панелі	Полікристалічна
Кількість елементів	132 шт.
ККД, не менше	17.08 %
Сила струму при короткому замиканні	9.56 А
Температурний коефіцієнт напруги	-0.3 %/°С
Температурний коефіцієнт потужності	-0.38 %/°С
Температурний коефіцієнт струму	0.05 %/°С

Щоб визначити, яку силу струму повинна виробляти СЕС, необхідно поділити q_d на значення пікових сонце-годин для нашої місцевості $i_{\text{пiк.годин}}$

$$I^{\text{СБ}} = \frac{q_d}{i_{\text{пiк.годин}}} \quad (3.19)$$

$$I^{\text{СБ}} = \frac{100}{4.37} = 22.88 \text{ А}$$

Де $I^{\text{СБ}}$ – необхідний струм СЕС; i – кількість пікових сонце годин.

Необхідна кількість сонячних батарей обраховується наступним чином:

$$N^{\text{СБ}} = \frac{I^{\text{СБ}} * U_{\text{iнв}}}{P_{\text{ном}}^{\text{СБ}}} \quad (3.20)$$

$$N^{\text{СБ}} = \frac{22,88 * 230}{285} = 20 \text{ шт.}$$

Де $P_{\text{ном}}^{\text{СБ}}$ – номінальна потужність сонячних батарей, Вт.

Щоб визначити необхідну кількість сонячних батарей, що потрібно з'єднати послідовно, потрібно поділити напругу постійного струму $U_{\text{iнв}}$ на номінальну напругу сонячної батареї (24 В):

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}^{\text{СБ}}} \quad (3.21)$$

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

Число сонячних батарей, які потрібно з'єднати паралельно:

$$N_{\text{ном}}^{\text{СБ}} = \frac{N^{\text{СБ}}}{N_{\text{посл}}^{\text{СБ}}} \quad (3.22)$$

$$N_{\text{ном}}^{\text{СБ}} = \frac{20}{10} = 2 \text{ шт.}$$

За результатами обрахунків, кількість сонячних батарей, яка потрібна становить 20 шт. З урахуванням вартості на ринку, загальна сума складатиме: 87 тис. гривень.

Знайти площу для монтажу СЕС можна наступним чином:

$$S_3 = S * N^{\text{СБ}} = 32 \text{ м}^2 \quad (3.23)$$

Тож, система буде складатись з двох паралельних рядів по 10 послідовно з'єднаних батарей в кожній. Також, для коректної роботи і стабільності системи потрібно використати контролер. Було вибрано Контролер MPPT 30A 12/24V (Tracer3210A), фірми EPsolar(EPEVER).

Цей контролер є передовим контролером з функцією пошуку точки максимальної потужності (MPPT) для автономних сонячних систем. Цей контролер забезпечує найвищий коефіцієнт корисної дії (ККД) понад 98% і мінімізує втрати потужності.

MPPT - це основна топологія в економічних схемах перетворення, яка реалізується на мікропроцесорі для інтелектуального регулювання робочої точки сонячних панелей, що дозволяє панелям розвивати максимальну потужність. У разі зміни умов, коли робоча точка сонячних панелей відхиляється від точки максимальної потужності, мікропроцесор регулюватиме робочу точку сонячних батарей, використовуючи алгоритм MPPT, щоб отримати максимально можливу потужність з батарей.

Порівняно з контролерами з модуляцією ширини імпульсів (ШІМ), контролер MPPT може збільшити вихідну потужність сонячних батарей на 5%

~30%. Збільшення вихідної потужності залежить від таких факторів, як особливості сонячних панелей, умови довкілля та рівень освітленості.

Особливості

- Технологія пошуку точки максимальної потужності MPPT
- ККД перетворення 98%
- Ефективність пошуку точки максимальної потужності понад 99,5%
- Висока швидкість перебування точки максимальної потужності
- 3-ступеневе заряджання із ШІМ регулюванням
- Керування режимом роботи навантаження, вибір типу акумулятора

Таблиця 3.7 – технічні характеристики контролера

Власне споживання	<20мА (12В); <16мА (24В)
Температурна компенсація	-5мВ / ° C / 2В
Робоча температура	-25 ° C ~ +45 ° C
Клас захисту	IP30
Габарити	228 мм*164мм*55мм
Вага	1,2кг
Максимальна напруга холостого ходу сонячної батареї	100 В за мінімально можливої температури 92 В за температури +25 градусів
Максимальна вхідна потужність від сонячної батареї	12В — 390 Вт; 24 В - 780 Вт
Напруга підтримувальної зарядки	13,8В
Напруга вимкнення навантаження	11,1В
Напруга відновлення живлення навантаження після вимкнення	12,6 В

Електричні характеристики захисту :

- Захист сонячних батарей від короткого замикання
- Захист від зворотної полярності сонячних батарей.
- Аварійний захист від перенапруги сонячних батарей.
- Захист акумулятора від перезарядження
- Захист акумулятора від перерозрядження
- Захист від зворотної полярності акумулятора
- Захист від короткого замикання в навантаженні
- Захист від перегрівання
- Захист від перевантаження

На рисунку 3.2 наведена вольт-амперна характеристика обраного контролера.

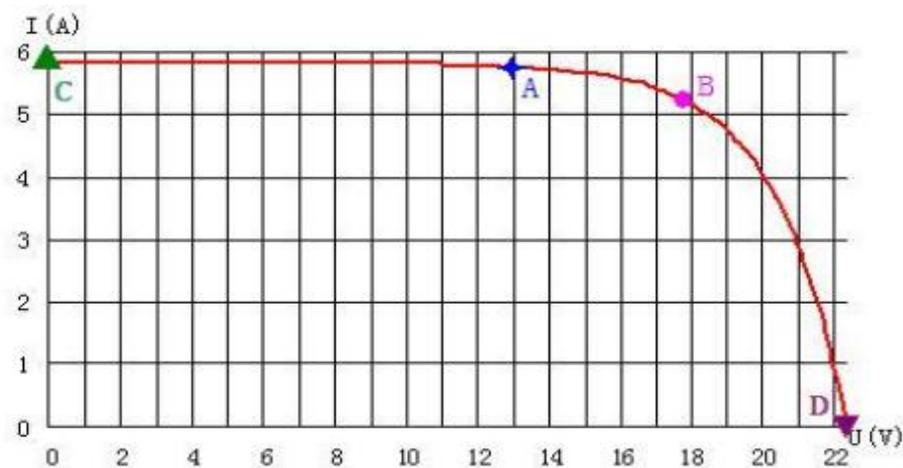


Рис. 3.2 – Вольт-амперна характеристика контролера

Риночна вартість такого пристрою відносно невелика і становить 4700 грн. Враховуючи ці данні, можна сказати, що цей контролер нас влаштовує.

3.5 Загальна вартість СЕС

Всі підрахунки головних модулів наведені в таблиці 3.8.

В переліку не було враховано вартість дротів для електропроводки. Об'єм і тип кабелю визначаються під час проведення монтажних робіт.

Таблиця 3.8 – Загальна вартість СЕС

Найменування елемента	Кількість	Ціна за штуку, грн	Загальна вартість, грн
Інвертор «Full Energy BBGI-3024MP»	2	16 500 грн	33 000 грн
Акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12W	2	5600 грн	11 200 грн
Панелі Altek ALM-285M-120	20	4600 грн	87 000 грн
Контролер MPPT 30A 12/24В (Tracer3210A) EPsolar(EPEVER)	1	4700 грн	4 700 грн
Лічильник GAMA 300 G3B 5(100)A	1	5400 грн	5 400 грн
		Всього:	141 300 грн

Вартість встановлення залежить від багатьох факторів, таких як тип обладнання, кількість модулів, які потрібно встановити. Враховую середню вартість в 20 000 гривень.

Тож, загальна вартість буде становити 161 300 грн.

Висновки до розділу 3

1. Були розраховані значення кількості споживаної енергії та вибраний відповідний інвертор для домашньої сонячної енергетичної системи (СЕС).
2. Згідно з розрахунками, вартість акумуляторних батарей для забезпечення автономності системи становить 106 000 гривень, що призводить до подвоєння вартості системи. Тому було прийнято рішення встановити тільки 2 батареї на випадок тимчасового відключення енергії з мережі, вартістю в 11 200 грн.
3. Були визначені оптимальні кути нахилу сонячних батарей в різні періоди року: для теплого періоду (квітень-вересень) $\beta = 21^\circ$, для холодного періоду (жовтень-березень) $\beta = 68^\circ$.
4. Були вибрані відповідні сонячні батареї та основне обладнання.
5. Загальна вартість розробки складає 161 300 гривень.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз стану української "зеленої" енергетики та оцінено доцільність побудови геліостанції в Полтавській області. Виявлено, що реалізація проекту геліостанції є перспективною з урахуванням наявності "Зеленого тарифу" як економічного механізму стимулювання інвестицій у сектор відновлюваних джерел енергії.

Визначено основні компоненти, що входять до складу геліостанції, та описані основні схеми їх підключення до СЕС.

Розроблений проект побутової СЕС, включаючи підбір основного обладнання та обрахунок оптимального положення сонячної батареї (СБ) у відповідну пору року за допомогою програмного забезпечення MathCad.

Визначено необхідну кількість генерованої потужності для конкретних географічних умов та розраховано загальну вартість побудови СЕС.

Максимальна потужність проекрованої СЕС складає 2,5 кВт, що відповідає вимогам та ресурсам місцевих умов.

У цілому, проведені дослідження та розроблені рекомендації дозволяють побудувати енергоефективну та вартісно-ефективну побутову сонячну електростанцію для Полтавської області.

Список літератури

1. Олександр Бохман, Євген Бохман. Сонячна енергетика: Теорія і практика використання сонячної енергії. Київ: КНЕУ, 2016 – 185 с.
2. Микола Кульбіда, Олександр Лупаренко, Андрій Сербін. Відновлювана енергетика. Київ: Кондор, 2018 – 320 с.
3. Олександр Шуляк. Сонячні батареї: Технологія, монтаж, експлуатація. Київ: БІК-М, 2017– 240 с.
4. Володимир Кліщук, Ігор Коваленко. Сонячні електростанції: Проектування та будівництво. Київ: Видавництво Леся, 2019 – 256 с.
5. Михайло Герус, Ігор Глушков, Олександр Мельник. Відновлювана енергетика: Сучасні технології та перспективи розвитку. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020 – 328 с.
6. Олександр Бабіч. Сонячні електростанції: Теорія та практика. Київ: Видавничий дім "Слово", 2017 – 208 с.
7. Ігор Чухрай. Сонячна енергетика: Практичний посібник. Київ: Видавничий дім "Слово", 2018 – 208 с.
8. Лариса Ковальова, Євген Семенюта. Сонячні електростанції для житлових будинків. Київ: Видавничий дім "Наш формат", 2017– 176 с.
9. Володимир Кирилов, Олег Микитюк. Відновлювана енергетика: сонячна енергія. Київ: Національний університет "Львівська політехніка", 2016 – 198 с.
10. Михайло Луців, Ігор Завгородній. Сонячна енергетика: від теорії до практики. Київ: Видавництво "Університетська книга", 2015 – 224 с.
11. Олександр Завадський, Олексій Лисак. Сонячна енергетика: технології, проектування, експлуатація. Київ: ТОВ "Технологічний центр", 2014 – 304 с.
12. Ігор Словацький, Олександр Красовський. Сонячна енергетика: принципи та технології. Київ: Видавництво "Комп'ютерпрес", 2018 – 288 с.
13. Марія Ковальська, Віталій Мельник. Сонячна енергетика: технологія та економічний аналіз. Київ: Видавництво "Університетська книга", 2017 – 216 с.

14. Андрій Харченко, Олександр Жилияєв. Сонячні електростанції: теорія, проектування, експлуатація. Київ: Видавничий дім "Академперіодика", 2018 – 240 с.
15. Леонід Григоренко, Валерій Сидоров. Сонячна енергетика: принципи, технології, практичні аспекти. Київ: Видавничий дім "Альтерпрес", 2016 – 352с.
16. Олександр Литвин, Олег Михалевич. Відновлювана енергетика: сонячна енергія. Київ: ШПАП НАНУ, 2015 – 232 с.
17. Анатолій Петров, Валерій Волошин. Сонячна енергетика: теорія, проектування, впровадження. Київ: Видавництво "Нова книга", 2019 – 320 с.
18. Євгеній Михайлов, Олександр Старостенко. Сонячні системи житлових будинків. Київ: Видавництво "Кондор", 2017 – 184 с.
19. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Ковальчук О.А., Хоменко В.О. Розосереджені джерела електроенергії в електричних мережах. Чернігів: ЧДТУ, 2011– 108 с.

Додатки

Додаток А

Таблиця А.1 - Кількість днів без сонця, обумовлене 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 А.2 – Температурні коефіцієнти АКБ

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

Розрахунок оптимального кута нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту,
при максимальному значенні коефіцієнта перерахунку з горизонтальної
площини на похилу

Результати розрахунків в MathCad:

$$\epsilon_{pE} := 0.4$$

$$\varphi := 50$$

$$\omega_{3h} := 61$$

$$\delta := 23.3^\circ$$

$$\omega_3 := 65$$

$$\rho := 0.7$$

$$C :=$$

$$C := \frac{\left(\cos[(\varphi - \beta) \text{deg}] \cdot \cos(\delta \cdot \text{deg}) \cdot \sin(\omega_{3h} \cdot \text{deg}) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{3h} \cdot \sin[(\varphi - \beta) \text{deg}] \cdot \sin(\delta \cdot \text{deg}) \right)}{\cos(\varphi \cdot \text{deg}) \cdot \cos(\delta \cdot \text{deg}) \cdot \sin(\omega_3 \cdot \text{deg}) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin(\varphi \cdot \text{deg}) \cdot \sin(\delta \cdot \text{deg})}$$

$$D := \epsilon_{pE} \cdot \frac{1 + \cos(\beta \cdot \text{deg})}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos(\beta \cdot \text{deg})}{2}$$

$$R(\beta) := (1 - \epsilon_{pE}) \cdot C + D$$

$$\beta := 0$$

Given

$$-10^{10} < \beta < 10^{10}$$

$$\beta := \text{Maximize}(R, \beta) = 12.543$$

$$\beta = 1.032$$

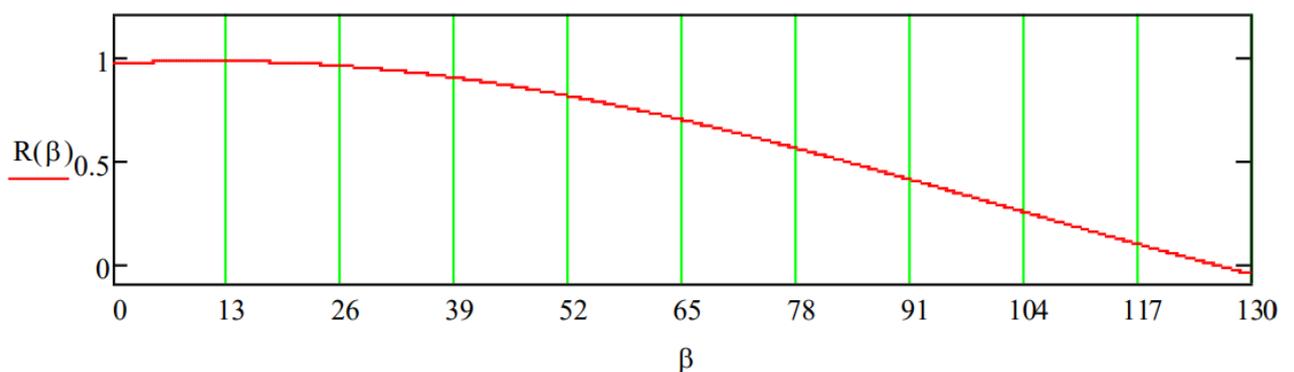


Рисунок Д.2.1 – Розрахунок оптимального кута для літнього періоду

$$\beta := \text{Maximize}(R, \beta) = 72.537$$

$$\beta = 2.547$$

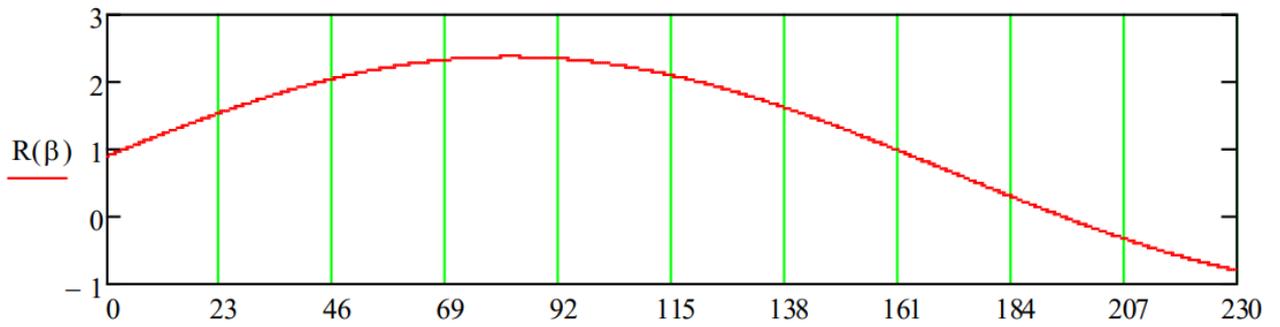


Рисунок Д.2.2 – Розрахунок оптимального кута для зимового періоду

2. DESCRIPTION OF THE STRUCTURE AND MAIN EQUIPMENT OF THE SOLAR POWER PLANT

A grid-connected solar power plant consists of the following main components:

1. **Solar modules:** these are photovoltaic panels that convert solar radiation into electrical energy. They have many small solar cells connected into a module, insulating materials, and a protective top layer.

2. **Mounting structure:** This is the frame or framework that serves to mount the solar modules. It can be located on the ground, on the roof of a building, or on another support, which ensures the optimal positioning of the solar modules at an angle to the solar radiation.

3. **Inverter:** An electronic device that converts the direct current generated by solar modules into alternating current used in the electrical grid. The inverter also provides control and management of the system, including performance monitoring and protection against overvoltage or short circuit.

4. **Connecting wires:** electrical cables and wires are used to connect the solar modules to the inverter and to transfer electricity from the solar power plant to the electrical grid.

5. **Grid connection point:** this is the point where the solar power plant is connected to the electrical grid. Through this point, the generated electricity is introduced into the grid, where it can be used by consumers or sold to the electricity supply company.

6. **Monitoring system:** a monitoring system is used to effectively monitor and manage a grid-connected solar power plant. It allows you to track system performance, monitor the operation of solar modules, inverter and other components, and collect data on the electricity generated.

2.1 Solar modules

They consist of many solar cells that produce an electric current when they interact with solar radiation.

Each solar cell is made of a semiconductor material, usually silicon. When solar radiation strikes the cell, photons excite electrons in the semiconductor material, which creates a flow of electric current.

These modules usually consist of several solar cells that are interconnected. They can come in a variety of shapes and sizes, including rectangular or square panels. In addition, the modules have a protective top layer that protects the cells from harmful external influences such as weather conditions or mechanical damage.

The solar modules are placed on a mounting structure that can be installed on the ground, on the roof of a building, or on special stands. The angle and orientation of the modules can be adjusted to maximize solar energy collection.

These parts are connected by wires that carry the generated electric current to the inverter. The inverter converts the direct current generated by the solar modules into alternating current that is used in the electrical grid.

2.2 The inverter

The inverter performs the important function of converting the direct current generated by the solar modules into alternating current used in the electrical grid. The inverter also provides control and optimization of the system. The inverter receives the direct current from the solar modules and converts it into alternating current with appropriate characteristics such as voltage and frequency. This alternating current can then be used directly in the building or connected to the public electricity grid.

Inverters also perform a number of additional functions, such as monitoring system performance, overload and short circuit protection, and providing security when connected to the public grid. Some inverters can have built-in energy storage functions, which allows you to use excess electricity generated by the solar station for further use during periods of low solar activity or at night.

Thanks to an inverter, a grid-connected solar power plant can provide stable and reliable electricity for use in a building or for contribution to the public electricity

grid, helping to reduce dependence on traditional energy sources and contributing to sustainable development and environmental protection.

2.3 Energy storage system

This system plays an important role in ensuring constant access to electricity even during periods of low solar activity or at night.

Various energy storage technologies are commonly used, such as batteries, hydroelectric generators, or thermal storage systems. These systems allow you to store excess electricity generated by solar modules or wind turbines and use it during periods when solar or wind activity is insufficient to meet the needs of the consumer.

An energy storage system helps to ensure stable power supply and efficient use of electricity, especially in conditions of fluctuating weather conditions or unstable power grid. It ensures independence from external energy sources and allows efficient use of solar or wind energy, which reduces energy costs and has a positive impact on the environment.

Thanks to the energy storage system, a grid-connected solar power plant can provide reliable and efficient power to a building or system, ensuring independence from external factors and contributing to sustainable energy development.

2.4 Monitoring system

It includes a variety of sensors and detectors that collect data on the level of solar activity, electricity generated, and the status of modules and other components of the plant. This data is transmitted to the central control system, which analyzes it and makes decisions on how to optimize the operation of the solar power plant.

The control system provides automatic adjustment of the station's operating parameters, such as module tilt and orientation, voltage and frequency of electric current, battery charge, and many others. It ensures optimal utilization of solar energy and maintains the station's operation at the maximum level of performance.

The monitoring and control system also includes remote access and control capabilities. This means that operators can monitor the operation of the solar power plant, analyze data and make the necessary adjustments to the operating mode

through special software or mobile applications. This ensures efficient management and reduces possible problems or failures.

Thanks to the monitoring and control system, the grid-connected solar power plant can be effectively managed, optimized and monitored, which ensures reliable and stable operation of the plant, as well as increases the overall efficiency and productivity of the solar power system.

2.5 Electricity grid-connection system

This system allows the solar power plant to interconnect with the electricity grid and transfer excess electricity back to the grid.

The grid-connected system includes inverters that convert the direct current generated by the solar modules into an alternating current that is compatible with the electrical grid. This alternating current can then be used to power electrical appliances, building lighting, and other electrical systems.

A grid-connected system also allows for the transfer of excess electricity that a solar power plant produces back to the grid. This can happen in cases where the electricity consumption at the facility is lower than the electricity generated by the station. Excess electricity can be supplied to the grid, and the plant owner can receive compensation for this energy or use it in the future.

This system is essential to ensure the connection between the solar power plant and the electricity grid, allowing for efficient use and management of electricity, and contributes to reducing the consumption of traditional energy sources and emissions.

Thanks to the grid-connected system, a grid-connected solar power plant can not only meet its own electricity needs, but also contribute to the stability of the electricity grid, additional green energy production, and reduce the negative impact on the environment.

2.6 Safety and security system.

This system plays an important role in ensuring the safety of the plant's operation and protection against possible hazards.

The safety system may include various components, such as fire detectors, automatic power outage systems, grounding and lightning protection systems,

temperature control systems, and others. These components help to avoid dangerous situations, prevent damage to equipment, and ensure the safety of personnel.

In addition, the security system includes measures to prevent unauthorized access to the solar power plant, such as fencing, access control systems, and video surveillance. This helps to ensure the confidentiality and protection of important data and equipment.

The security and protection system is an integral part of a grid-connected solar power plant, as it ensures safe and reliable operation of the plant, as well as prevents possible negative consequences of accidents, fires or unauthorized access.

Conclusion to Chapter 2

A PV system consists of the main components such as solar panels (photovoltaic cells), inverters, charging controllers, batteries, and power grids. Solar panels perform the function of converting solar energy into electrical energy. Inverters change the direct current produced by solar panels into alternating current that can be used in the home or transmitted to the power grid. Charging controllers regulate the charging process of batteries and protect them from overloading and overcharging. Batteries are used to store excess electricity that can be used at night or during periods of insufficient solar activity. Power grids distribute electricity to consumers.

Taking into account all the above components, we can distinguish several main ones that will significantly affect the capacity and cost of the system, namely

- inverter
- solar panels
- and batteries.

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

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

Розроблення геліостанції для приватного будинку

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

Студент групи 401МЕ

Іванов О.А.

Керівник:

доцент, канд. техн. наук

Єрмілова Н.В.

Полтава 2023

Метою роботи є дослідження та розрахунок генерації енергії та умов ефективного функціонування геліостанції для будинку.

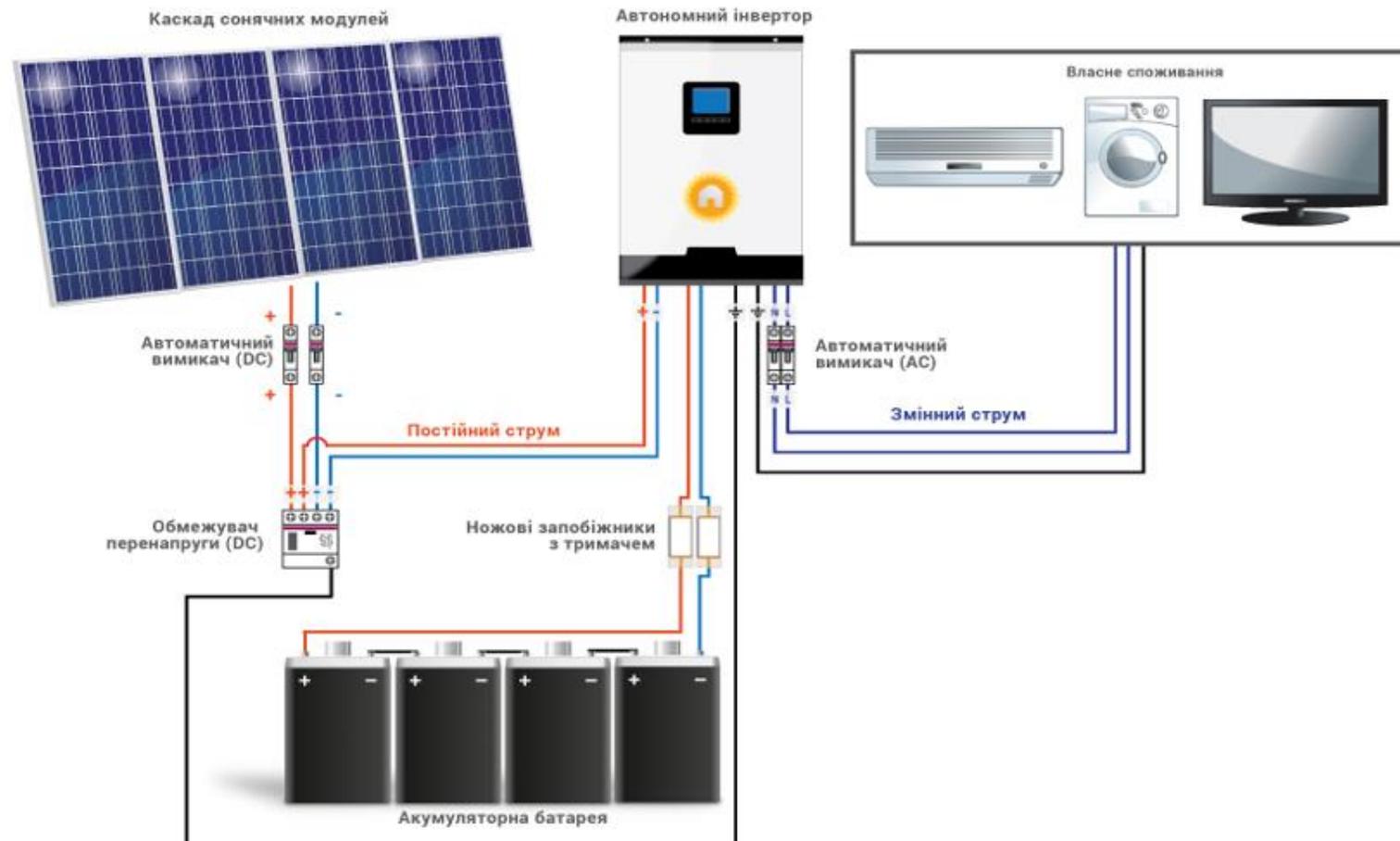
Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання**:

- Проаналізувати системи електропостачання на базі відновлювальних джерел енергії і обрати оптимальний варіант;
- Обрахувати споживання електроенергії в будинку у зимовий та літній періоди.;
- Спроектувати структуру геліостанції для приватного будинку, обрати необхідне обладнання;
- Визначити оптимальне положення сонячних батарей.

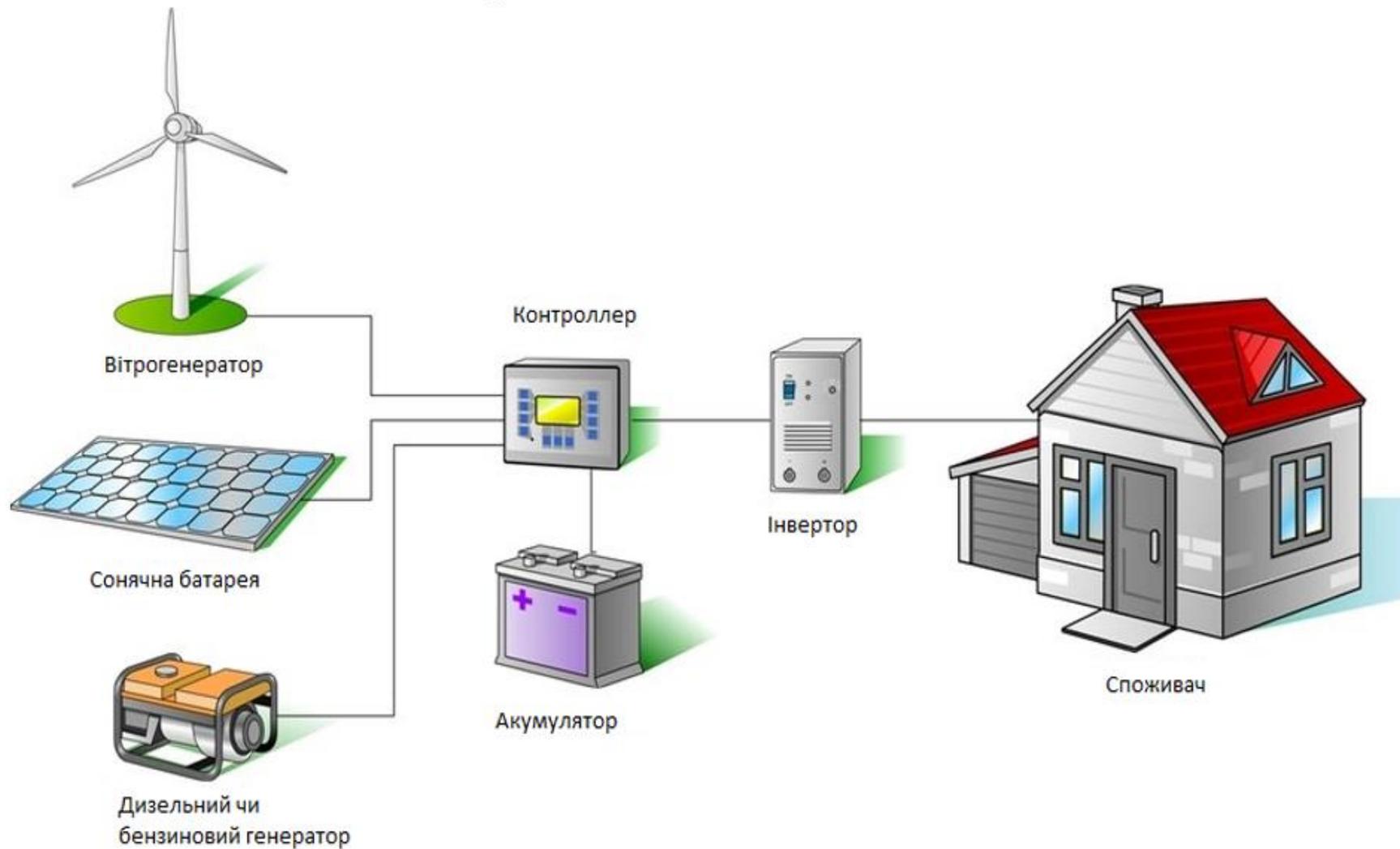
Об'єкт дослідження – Сонячна електростанція

Предмет дослідження – Розроблення геліостанції для приватного будинку

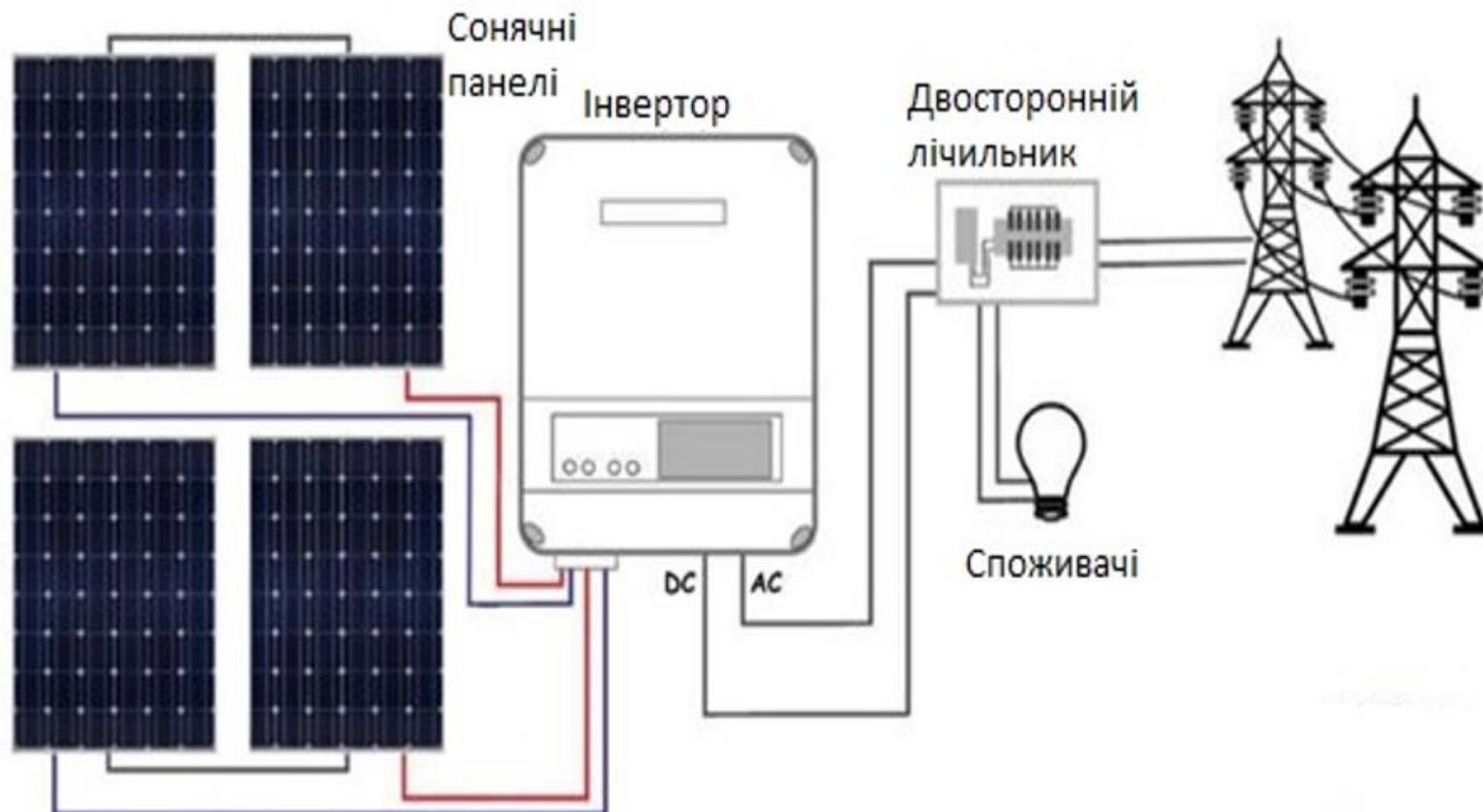
Структурна схема підключення автономної сонячної станції



Структурна схема підключення автономної вітро-сонячної станції



Структурна схема підключення сонячної станції з виходом до мережі



Споживання електроенергії в зимовий період

Назва	Потужність P _{ср} , Вт	Час роботи, годин за тиждень	Вт*год/тиждень
Лампа світлодіодна	40	70	2800
Холодильник	520	160	83200
Ноутбук	100	20	2000
Спутникова антена	25	42	1050
Телевізор	150	42	6300
Насос сквердловини	500	7	3500
Пральна машина*	1000	3.5	3500
Праска*	2000	3.5	7000
Бойлер*	1500	25	37500
Фен*	2000	1.4	3200
Всього:	6125		143750

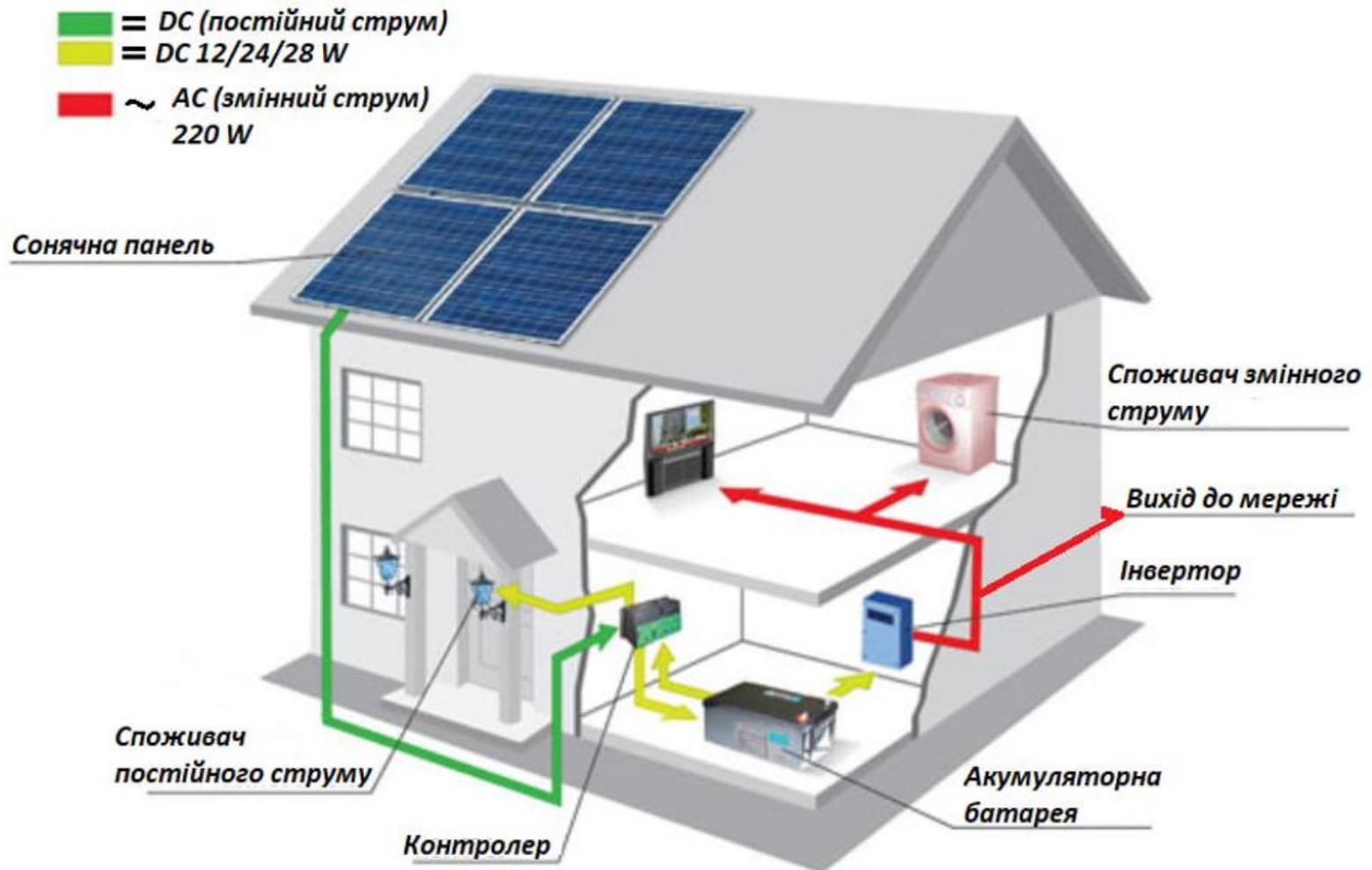
* - виключається можливість одночасного використання цих електроприладів

Споживання електроенергії у літній період

Назва	Потужність P _{ср} , Вт	Час роботи, год/тиждень	Вт*год/тиждень
Лампа світлодіодна	40	40	1600
Холодильник	520	160	83200
Ноутбук	100	7	700
Спутникова антена	25	42	1050
Телевізор	150	42	6300
Насос сквердловини	500	7	3500
Пральна машина*	1000	3.5	3500
Праска*	2000	3.5	7000
Фен*	2000	1	2000
Пилосос*	1500	1	1500
Кондиціонер*	1000	8	8000
Всього:	7835		118350

* - виключається можливість одночасного використання цих електроприладів

Розміщення обладнання в житловому будинку



Вибір обладнання

У даній роботі пропонується використовувати:

- Акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12W
- Інвертор «Full Energy BBGI-3024MP»
- Панелі Altek ALM-285M-120
- Контролер MPPT 30A 12/24В (Tracer3210A) EPsolar(EPEVER)
- Двосторонній лічильник ГАМА 300 G3В 5(100)А



10

Загальна вартість геліостанції

Найменування елемента	Кількість	Ціна за штуку, грн	Загальна вартість, грн
Інвертор «Full Energy BBGI-3024MP»	2	16 500 грн	33 000 грн
Акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12W	2	5600 грн	11 200 грн
Панелі Altek ALM-285M-120	20	4600 грн	87 000 грн
Контролер MPPT 30A 12/24В (Tracer3210A) EPsolar(EPEVER)	1	4700 грн	4 700 грн
Лічильник GAMA 300 G3B 5(100)A	1	5400 грн	5 400 грн
Вартість встановлення			20 000 грн
		Всього:	161 300 грн

11

Розрахунок оптимального кута нахилу сонячних панелей

$$\beta := \text{Maximize}(R, \beta) = 12.543$$

$$\beta = 1.032$$

$$E_p E := 0.62 \quad w3h := 69$$

$$\varphi := 51 \quad \delta := -21.3$$

$$w3 := 65 \quad \beta := 0$$

$$p := 0.7$$

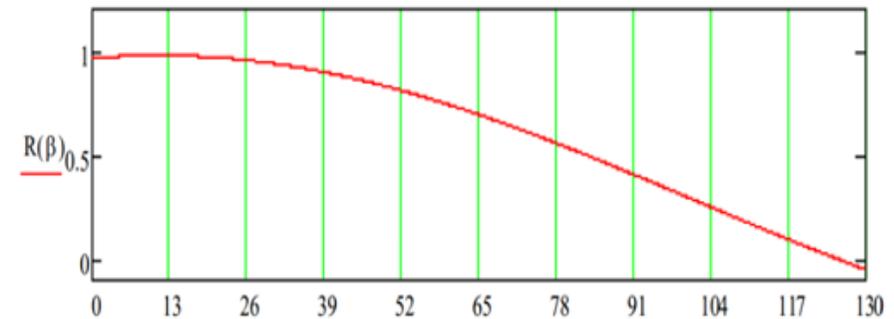
$$C := \frac{\cos[(\varphi - \beta) \text{deg}] \cdot \cos(\varphi \text{ deg}) \cdot \sin(w3h \text{ deg}) + \frac{\pi}{180} \cdot w3h \cdot \sin[(\varphi - \beta) \text{ deg}] \cdot \sin(\delta \text{ deg})}{\cos(\varphi \text{ deg}) \cdot \cos(\delta \text{ deg}) \cdot \sin(w3 \text{ deg}) + \frac{\pi}{180} \cdot w3 \cdot \sin(\varphi \text{ deg}) \cdot \sin(\delta \text{ deg})}$$

$$D := E_p E \cdot \frac{1 + \cos(\beta \text{ deg})}{2} + p \cdot \frac{1 - \cos(\beta \text{ deg})}{2}$$

$$R(\beta) := (1 - E_p E) \cdot C + D$$

Given +

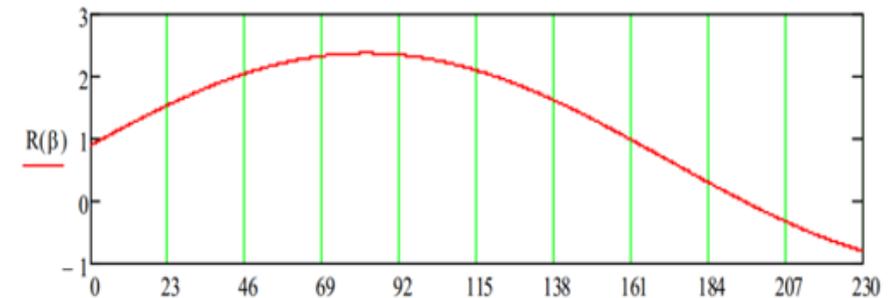
$$-10^{10} < \beta < 10^{10}$$



Розрахунок кута у літній період

$$\beta := \text{Maximize}(R, \beta) = 72.537$$

$$\beta = 2.547$$



Розрахунок кута у зимовий період