

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Фарафонов Гліб Русланович

УДК 621.311:243

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування та аналіз можливостей підвищення ефективності

використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та

впровадження нових технологій

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

Фарафонов Г. Р.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Фомін Микола Павлович

к.т.н., доцент кафедри

електрифікації, автоматизації

виробництва та інженерної екології

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Фарафонов Г. Р. Обґрунтування та аналіз можливостей підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Основною метою кваліфікаційної роботи являється аналіз та обґрунтування використання нових технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії шляхом їх впровадження.

Отримані результати дозволяють запропонувати більш ефективне використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій для їх використання в теплоенергетичних установках.

Ключові слова: електростанція, енергоефективність, установка, сонячна енергія, панелі, фотоелектричні перетворювачі.

ABSTRACT

Farafonov G. R. Substantiation and analysis of opportunities to increase the efficiency of solar energy use through the improvement and introduction of new technologies. Qualification work for the degree of Master's degree in speciality 141 Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The main purpose of the qualification work is to analyse and justify the use of new technologies to improve the efficiency of solar energy use through their implementation.

The results obtained allow us to propose a more efficient use of solar energy through the improvement and implementation of new technologies for their use in thermal power plants.

Keywords: power plant, energy efficiency, installation, solar energy, panels, photovoltaic converters.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ	
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	9
1.1. Сучасний стан розвитку сонячної енергетики	9
1.2. Геліоенергетичні установки.....	9
1.3. Геліосистеми на гібридних геліотермальних - фотоелектричних колекторах.....	9
Висновки до першого розділу	11
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ	
ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ	
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	12
2.1. Дослідження фотоелектричних перетворювачів на основні компонентів фотовольтаїки	12
2.2. Дослідження та аналіз можливостей ефективного використання сонячних променів.....	13
2.3. Дослідження можливості ефективного використовувати двосторонніх сонячних панелей Risen Energy RSM132	14
Висновки до другого розділу	17
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ	
ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ	
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	18
3.1. Використання сонячних елементів нового покоління для сонячних фотомодулів електростанцій	18
3.2. Розробка конструкції для монтажу сонячних фотомодулів на електростанції.....	18
3.3. Розробка принципової електричної схеми сонячної електростанції	21
Висновок до третього розділу	26

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	27
4.1. Проектування електростанції на базі сонячних панелей	27
4.1.1. Розрахунок потужності сонячних панелей	28
4.1.2. Розрахунок кількості сонячних панелей	30
4.1.3. Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей	32
4.2. Розрахунок та вибір акумуляторів для сонячної електростанції..	33
4.3. Вибір генератора як резервне джерело живлення на 60 кВт.....	35
4.4. Вибір пристрою автоматичного перемикавання електроживлення на резерв типу АВР.....	35
Висновки до четвертого розділу	37
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39
ДОДАТКИ.....	41

ВСТУП

Актуальність теми. Об'єктом проектування являється сонячна електростанція, яка знаходиться на території Поліського національного університету підрозділу «Левківка» за адресою місто Житомир вул. Корольова 39.

Сонячна електростанція пропрацювала десять років. Дослідження і аналіз виявили ряд недоліків так як вона не зможе відповідати тим характеристикам і функціям по електропостачанню, які потрібно буде виконувати після реконструкції і модернізації електротехнологічного обладнання автономної котельні для водяного обігріву навчальних та виробничих приміщень і теплиці.

До недоліків сонячних панелей можна віднести: зниження потужності, к. к. д., отримана електроенергія від сонячної електростанції подається по кабельній мережі до інвертора, де перетворювалась в трифазну змінну електроенергію, яка подається в загальну міську електричну мережу.

Облік електроенергії здійснюється при допомозі трифазного лічильника.

Роль цієї сонячної електростанції закладається тільки в тому що відпускаючи електроенергію організація враховує вироблену електроенергію при розрахунках з університетом.

На даному етапі під час війни ворог планує максимально знищити енергоструктуру по всій Україні. Особливо це буде негативно впливати на електроспоживачі першої і другої категорії, якими в даному випадку будуть являються модернізована автономна котельня для водяного обігріву навчальних та виробничих приміщень і теплиці при спалювання біомаси.

В роботі будуть розглянуті питання обґрунтування та аналіз можливостей підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій для отримання електричної та теплової енергії.

Будуть впроваджені нової сонячної електро та теплові установки з використанням сучасних енергоефективних сонячних панелей з відповідною необхідною потужністю, розроблена схема електропостачання як автономне резервне джерело живлення та геліосистеми для нагріву води на основі сонячної енергії тому тема роботи являється актуальною.

Мета роботи – наукове обґрунтування використання нових технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії шляхом їх впровадження.

Для досягнення вказаного необхідним є вирішення наступних завдань:

- провести аналіз змісту процесу використання сонячної енергії у діяльності університету;
- дослідити економічну ефективність використання сонячної енергії, розробити шляхи вдосконалення процесу реалізації проектів сонячної енергетики;
- практично впровадити нові технології для підвищення ефективності використання сонячної енергії.

Об'єкт дослідження: підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій по виробництву і використанню сонячних панелей та геліосистем для нагріву води на основі сонячної енергії.

Предмет дослідження: збільшення ефективності використання сонячної енергії.

Методи дослідження: наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в магістерській роботі базуються на положеннях системного аналізу, теорії ймовірності, математичних методів моделювання, статистичної оцінки прийнятих рішень.

Наукова новизна отриманих результатів. Аналіз змісту процесу використання сонячної енергії у діяльності університету, розкрив економічну ефективність використання сонячної енергії вдосконалено шляхи процесу реалізації проектів сонячної енергетики.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці рекомендацій щодо вдосконалення процесу реалізації проектів сонячної енергетики для енергопостачання в підрозділі університету для виробничих і побутових потреб.

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати магістерської роботи заслухувалися й обговорювалися на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів і студентів (місто Житомир Національний університет, 2024 рік;

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано тези доповідей в збірнику доповідей науково – практичної конференції факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 в Поліському національному університеті м. Житомир на теми:

1. Фарафонов Г. Р. Роль альтернативних, відновлювальних джерела енергії в загальному виробництві енергії.

Житомир: Поліський національний університет, 2024. – С 115-118.

2. Прядко В. А., Фарафонов Г. Р. Розробка конструкції для монтажу сонячних фотомодулів на електростанції. Житомир: Поліський національний університет, 2024. –С 100 – 102.

3. Прядко В. А., Фарафонов Г. Р. Вибір встановленої потужності на сонячних електростанціях для електропостачання споживачів електроенергії.

Житомир: Поліський національний університет, 2024 (дивитися додатки).

Вихідні дані для досліджень та розрахунків. Характеристика об'єкта: сонячні елементи, типи установок сонячної енергетики; технічні характеристики; вимоги до обладнання; напруга мережі; потужність електроспоживання, вимоги до надійності роботи обладнання сонячних енергетичних установок, встановлена потужність електроспоживачів об'єкту проектування.

Для проектування сонячної електростанції маємо наступні вихідні дані по встановлених потужностях:

Загальна встановлена потужність електродвигунів для мостового однобалочного крана буде становити 15,75 кВт.

Загальна встановлена потужність електродвигунів для роторного подрібнювача буде становити 9,55 кВт.

Загальна встановлена потужність електроприводів по першому розділу буде становити $\Sigma = 15,75 \text{ кВт.} + 9,55 \text{ кВт.} = 25,3 \text{ кВт}$

Загальна встановлена потужність електроприводів по другому розділу транспортування біопалива. буде становити $\Sigma = 15 \text{ кВт.} + 5,5 + 1,5 \text{ кВт.} = 22 \text{ кВт}$

Загальна встановлена потужність електроприводів подачі біопалива в водогрійний котел та видалення попелу по третьому розділу буде становити $\Sigma = 1,5 + 1,1 + 0,55 + 1,5 = 4,65 \text{ кВт}$

Загальна встановлена потужність освітлювальної установки буде становити: в котельні 1,9 кВт + механізованому складі 0,120 кВт + + на площадці під навісом 0,28 кВт. **Всього 2,3 кВт**

По котельні Всього 54,25 кВт

Крім того до сонячної електростанції планується підєднати електроспоживачі діючої теплиці потужністю 5,75 кВт.

Загальна встановлена потужність для розрахунку сонячної електростанції буде становити 60 кВт.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.

1.1. Сучасний стан розвитку сонячної енергетики

Перетворення сонячної енергії на електричну займається електроенергетика, на основі: монокристалічних; полікристалічних; тонкоплівкових сонячних елементів (дивитися додатки А).

Перетворенням сонячної енергії на теплову енергію займається сонячна теплоенергетика з використанням геліоенергетичних установок на основі сонячних колекторів (дивитися додатки А) [14].

1.2. Геліоенергетичні установки. Геліоенергетичні розрахунки зазвичай проводяться для обґрунтування параметрів і режимів роботи СЕУ різного типу в різних умовах або варіантах їх функціонування. В даний час в геліоенергетичних розрахунках використовується так звана базова інформація по ресурсам сонячної енергетики для двох основних розрахункових випадків: – одинична невелика за потужністю СЕУ, розташована в заданій умовній точці А земної поверхні з координатами(φ , ψ); – СЕС, розташована на деякій території S (м^2 або км^2). Із заданими координатами по широті ($\varphi_{\max}$, $\varphi_{\min}$) і довготі ($\psi_{\max}$, $\psi_{\min}$).

1.3 Геліосистеми на гібридних геліотермальних - фотоелектричних колекторах

Ще одним класом геліоколекторів для цілорічного використання є гібридні сонячні колектори. Вони поєднують в собі функцію підігріву води та вироблення електрики за рахунок енергії сонця і скорочено називаються PVT-колектори. Крім одночасного вироблення в одному пристрої тепла та електричної енергії, PVT-колектори володіють додатковою перевагою – їх електроефективність вище простих сонячних панелей, що досягається завдяки охолодженню фотомодуля постійним відведенням тепла на циркулює в колекторі теплоносії. Їх можна автономно встановити на гаражах, тваринницькій фермі побутових приміщеннях в теплиці [14].

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ



Рис. 1.1. Вигляд геліоколектора та сонячної батареї

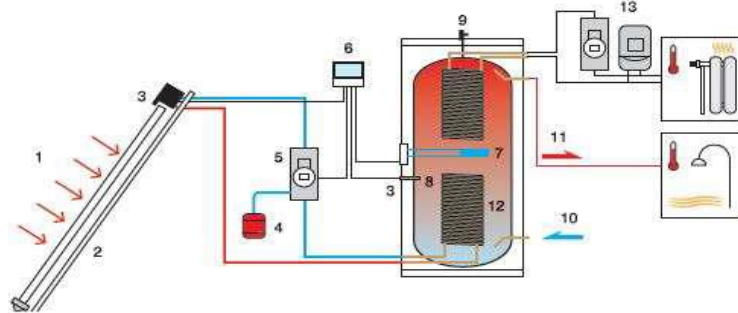


Рис.1.2. Геліосистема для нагріву води на основі сонячної енергії:

1. Сонячні промені; 2. Сонячний колектор; 3. Температурний датчик № 1;
4. Бак; 5. Насосна станція; 6. Контролер; 7. ТЕНи; 8. Температурний датчик № 2;
9. Вентиль; 10. Вхід холодної вода; 11. Вихід гарячої вода; 12. Бойлер
13. Система опалення.



Рис.1.3. Фотографія лицеві
поверхні кремнієвого
сонячного елемента



Рис.1.4. Сонячна
батарея на 50 Вт

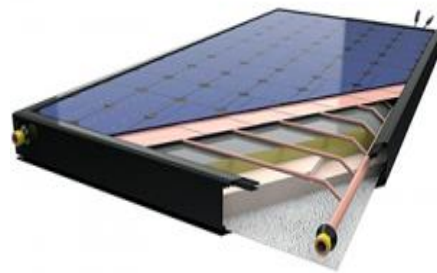


Рис.1.5. Гібридний
геліотермальний-
фотоелектричний колектор

Висновки до першого розділу

Проведено дослідження та аналіз процесів використання сонячної енергії.

Сучасний стан розвитку сонячної енергетики являється пріоритетним напрямком розвитку теплоенергетики.

Особливостями використання сонячної енергії являються поділ її на два напрямки: сонячна електроенергетика, яка базується на перетворенні сонячної енергії на електричну і сонячна теплоенергетика, яка займається перетворенням сонячної енергії на теплову [14].

Обґрунтовано доцільності використання геліоенергетичних систем.

Слід відмітити, що використання сонячної енергії в значній мірі зменшить енергетичні і фінансові витрати.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1. Дослідження фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) на основні компонентів фотовольтаїки

Виготовляють фотоелектричні перетворювачі та сонячні батареї на основі: монокристалічного, полікристалічного та аморфного кремнію з відповідними ККД (табл. 2.1)

Таблиця 2.1.

Характеристики ККД фотоелементів в виробництві

Тип ФЕП	ККД, %
Si (кристалічний)	18,7
Si (полікристалічний)	17,3
Si (тонкоплівковий)	13,6
InTeCd (тонкоплівковий)	10,4

Провівши дослідження та аналіз характеристик фотоелектричних перетворювачів можна зробити висновок, що при монтажі сонячних панелей, батарей одним із важливих факторів для найбільшого ККД являється основа компонентів фотовольтаїки. При цьому слід звертати увагу на затрати, ціну і на інші характеристики такі як встановлена потужність по відношенню площі сонячних панелей до площі їх установки.

Крім того слід звернути увагу на функціональні можливості сонячних панелей. Мається на увазі, що виготовляються панелі з одностороннім і двостороннім використанням.

До комплекту сонячних батарей входить відповідна кількість елементів, апаратів, додаткове електрообладнання.

Більш детальні характеристики ФЕП наводяться в таблиці додатку Б.

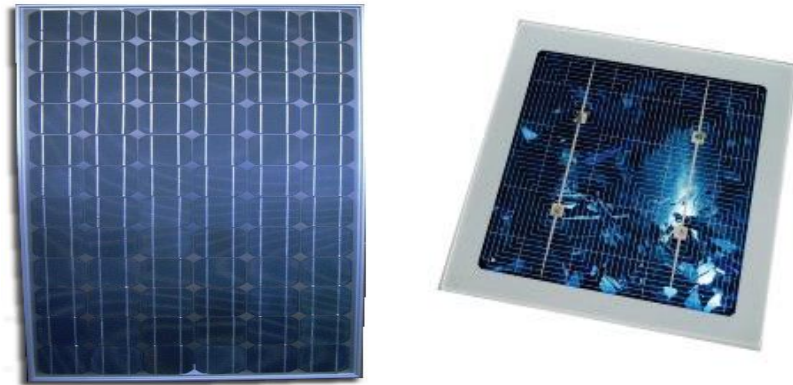
Фотоелектричні перетворювачі*a)**б)**в)*

Рис. 2.1. Приклади зовнішнього вигляду та монтажу фотоелектричних перетворювачів на основі: *а)* монокристалічного кремнію; *б)* полікристалічного кремнію; *в)* тонкоплівкових модулів.

2.2. Дослідження та аналіз можливостей ефективного використання відбиття сонячних променів

Дослідження показують що значна частина сонячних променів не в повній мірі використовується при роботі сонячних панелей. Тому доцільно створити умови для більш повного попадання сонячних променів на панелі.

Для цього використовують відбиття сонячних променів від різних поверхнь з направленням променів на сонячні панелі.

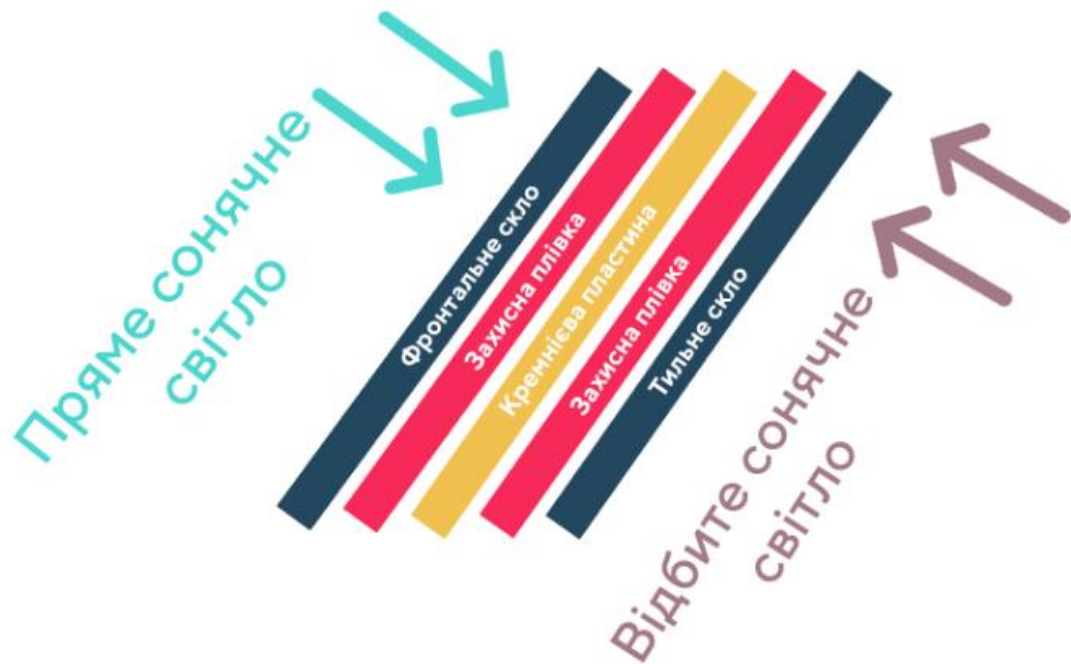
У деяких випадках використання дзеркал для функціонування СЕС можна назвати обов'язковою або рекомендованою умовою. Це відбувається в таких випадках:

- при проблемах з позиціюванням робочих поверхонь панелей в напрямку сонця і/або під кутом до нього – наприклад, на північних сторонах капітальних будівель або в нішах будівель;
- при використанні системи з відсутністю трекерів і жорстко закріпленими модулями при низькому розташуванні сонця – зокрема, в зимову пору року так можна збільшувати продуктивність системи на 25-30%;
- необхідності отримати максимальну продуктивність незалежно від фінансових витрат на установку – в системах-«рекордсменів» за рівнем ККД і космічній техніці;
- з нижньої сторони двосторонніх панелей;
- в СЕС баштового типу – де кожне дзеркало є відбивачем, а місцем фокусування променів служить не класична сонячна батарея, а бак з водою [14].

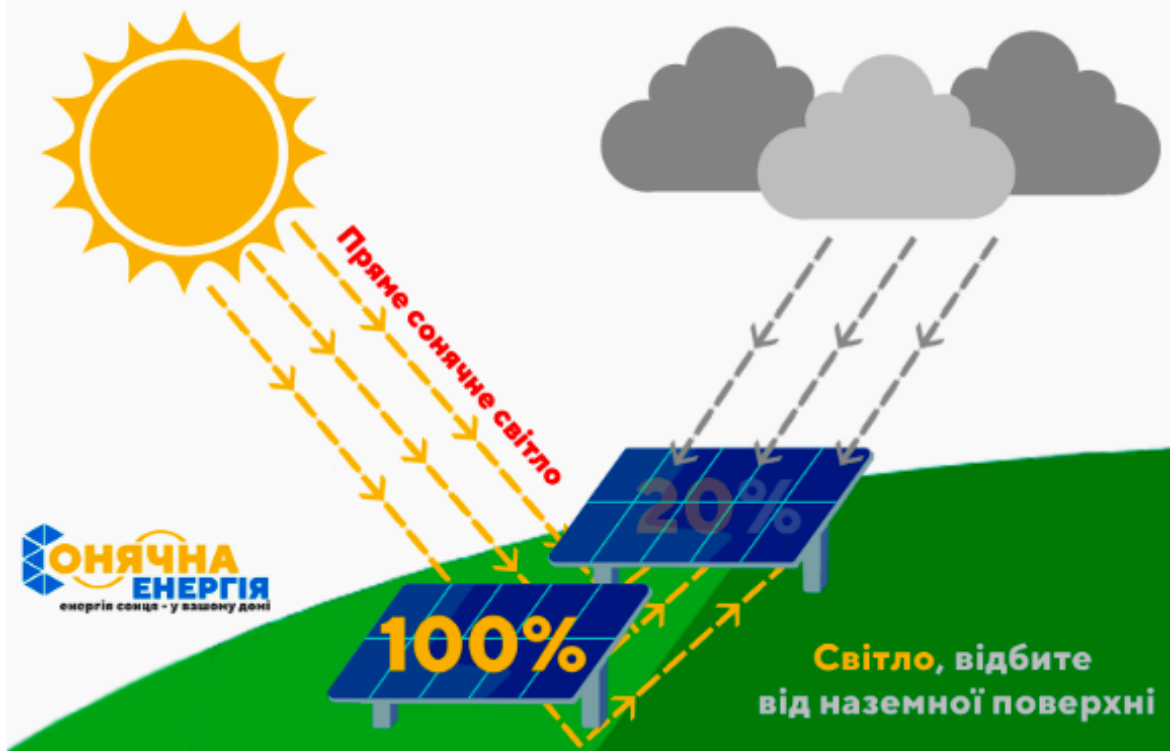
2.3. Дослідження можливості ефективного використовувати двосторонніх сонячних панелей Risen Energy RSM132-8-700-725BHDG

Сучасні технології дали можливість розробити і використовувати двосторонні панелі до 700 Вт та ефективністю до 24 %).

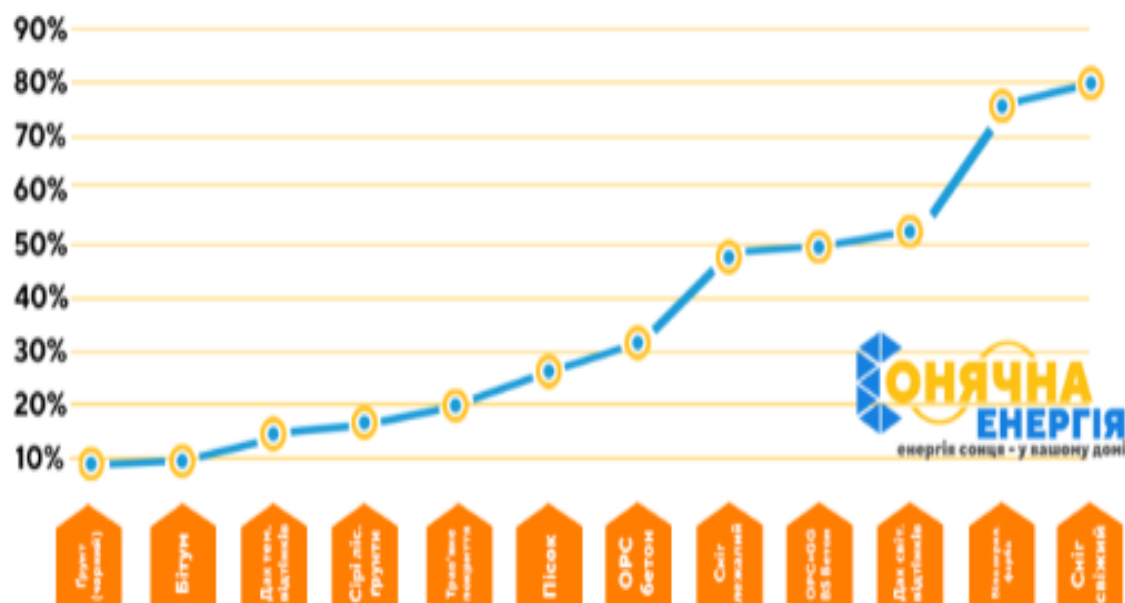
Структура двохсторонньої панелі



Біфракційні фотомодулі



Показники альbedo різних поверхностей



Розміщення біфракційної панелі на даху



Двосторонні панелі з однієї сторони працюють при отриманні сонячних променів заверху, а з другої сторони відбиті дзеркально промені потрапляють з нижньої сторони на двосторонні панелі;

Як приклад, альbedo (показники різних поверхнь) становлять: покриття: асфальту 10 %, дахів темного відтінку 10 – 20 %, трави 25%, бетону 45 %, снігу лежаний 54 %, дахів світлого відтінку 40 – 70 %, снігу свіжого 84 %, фарби білого кольору до 80%, установка дзеркал з нижньої сторони двосторонніх панелей до 100 % [1].

Висновки до другого розділу

Проведені дослідження можливостей сучасних технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії при допомозі фотоелектричних перетворювачів на основні компонентів фотовольтаїки.

Проаналізовані шляхи підвищення енергетичної ефективності промислових фотоелектричних перетворювачів.

Розглянуті можливості ефективного використовувати двосторонніх сонячних панелей, що в значній мірі покращить їх к. к. д, та зменшить площі на яких будуть встановлюватися двосторонні сонячні панелі.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1. Використання сонячних елементів нового покоління для сонячних фотомодулів електростанцій

В результаті проведених досліджень та аналізу впровадження нових технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії пропоную розробки які доцільно буде впроваджувати.

При монтажі для сонячних фотомодулів електростанцій використовують сонячні елементи нового покоління.

Для покращення ефективності роботи фотомодулів використовують каскадні багатоперехідні, сонячні елементи з двох і більше СЕ з різною шириною забороненої зони, а також використовуються концентратори сонячного випромінювання (дивитися додаток В).

3.2. Розробка конструкції для монтажу сонячних фотомодулів на електростанції

Розробка відноситься до сонячних електростанцій, які призначені для перетворення сонячної променевої енергії в електричну, як в сонячну погоду, так і в пасмурну.

Відома сонячна електростанція, яка включає в себе вертикальний і горизонтальний валки повороту , на останньому з яких встановлена сонячна фотобатарея [7].

Недоліком електростанції є низька ефективність, так як. зенітна установка проводиться вручну раз на місяць або квартал, що відповідає загальному азимуту по широті і часу року. Добовий поворот конструкції з фотопанелями здійснюється автоматично за допомогою двох циліндричних (лівого та правого) термоприводів, що нагріваються сонячними променями, що має малу

надійність в умовах низьких температур і високих вітрових навантажень. Недоліком також є повна відсутність повернення станції у вихідне положення «ранок» [9].

Прототипом розробки є сонячна електростанція, що включає в себе вертикальний вал з приводом азимутальної повороту, на якій закріплена сонячна фотобатарея, оснащена системою автоматики азимутального привода спостереження за сонцем, а з зворотної сторони сонячної фотобатири в зворотну сторону азимутального спостереження встановлений командний фотоелемент, що включає в себе поляризовані малоточні і виконавчі реле реверсивного приводу.

Недоліком прототипа є висока металоємність та складність конструкції, велика і складна система автоматики спостереження за сонцем, що веде до зниження надійності та підвищення вартості електростанцій. Наведений винахід дозволяє отримати новий технічний ефект - спрощення та зменшення металоємності конструкції, спрощення системи автоматики стеження за сонцем, підвищення надійності та зниження вартості електростанцій.

Цей технічний ефект досягається тим, що сонячна фотобатарея закріплена під кутом до площини горизонту, рівною половині максимального зенітного кута сонця, і розділена на два рівних частини, між якими закріплена вертикальна пластина, переважно з відбиваючою поверхнею, при цьому аналогічні фази половинок сонячної фотобутири взагалі включені на обмотку малоточного полірованого реле з розділяючими діодами після обмотки реле.

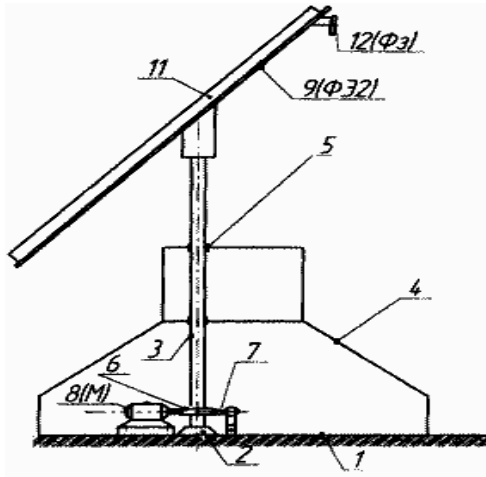


Рис. 3.1. Загальний вигляд сонячний вид збоку

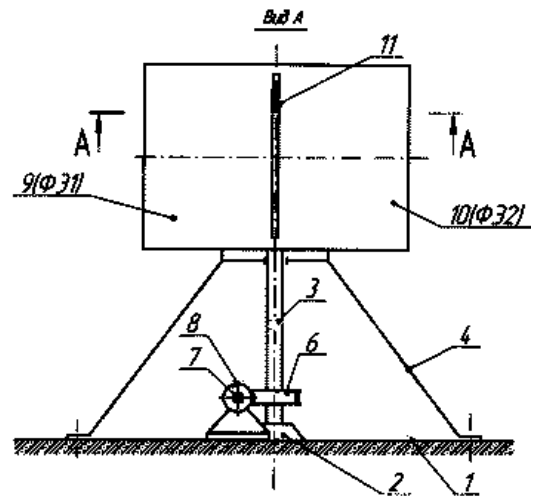


Рис. 3.2. Вид на рис. 3.1. електростанції, по перерізу А

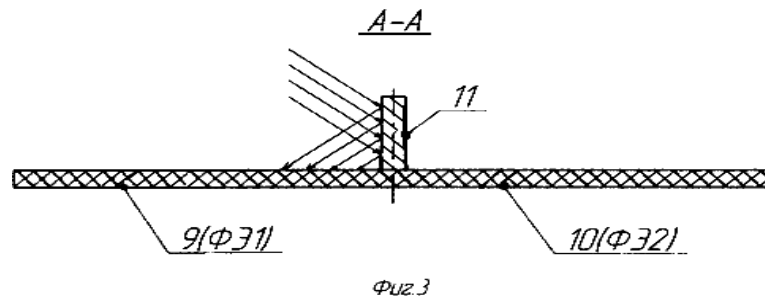


Рис. 3.3. Вид електростанції по перерізу А-А.

Сонячна електростанція включає в себе підставу 1, на якій на опорному підшипнику 2 встановлений вертикальний вал 3 з рамою 4 та радіальною муфтою 5 орієнтації вертикального вала 3. На нижньому кінці вала встановлено зубчате колесо 6 з черв'ячним валом 7 його привода, оснащений реверсивним електроприводом 8 (М) постійного струму. На верхньому кінці вертикального вала 3 жорстко закріплена сонячна фотобатарея (ФЕ), що складається з двох частин 9 (ФЕ1) та 10 (ФЕ2), які розділені між собою на довгою перегородкою 11, яка встановлена ребром, з відбиваючими (зеркальними) бічними поверхні. Ззади (з зворотної сторони) встановлено командний фотоелемент 12 (Фз). Кут установки сонячної фотобатареї (ФЕ) до вертикалі або горизонталі складає переважно 45° , тобто середньому кутку максимального зенітального кута сонця. Це обґрунтовується тим, що відповідно до закону

фізики відображення світлового потоку від падіння на скло відбувається в наступному процентному відношенні:

Кут падіння, град. 0 20 30 40

Відбиття, % 4,7 4,7 4,9 5,3

Вранці падіння горизонтальних сонячних променів на сонячну фотобатарею відбувається під кутом 45° . Практично горизонтальних променів не буває і перші 15° піднімання сонця над горизонтом відбувається за кілька хвилин, за допомогою яких можна знехтувати. Тоді для початку роботи сонячної фотобатареї 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) можна прийняти кут падіння сонячного світла на її поверхні, що дорівнює 30° , що складає втрату від мінімального відображення 4,7% всього на 0,2%. Установлюється повна потужність роботи сонячної фотобатареї 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) на менших кутах падіння сонячних променів.

3.3. Розробка принципової електричної схеми сонячної електростанції

При повному зенітальному підйомі сонячного кута падіння сонячних променів на поверхню сонячних фотобатарей 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) для наших широт складає 35° , а то і тільки в червні 20 ... 24 числа, а потім зменшується до 30° і нижче, тобто постійно фотобатарея буде працювати на повну потужність.

Ввечері з заходом сонця спостерігається та сама картина, що і вранці з восходом, в зворотному порядку.

Таким чином, немає ніякої необхідності зенітного спостереження за сонцем. Тільки азимутальне спостереження за сонцем відбувається практично без втрати потужності, оскільки в кілька разів спрощуються конструкції та електрична схема автоматики, підвищується надійність і знижується вартість електростанцій.

При використанні сонячної електростанції в екваторіальних умовах слід встановити сонячну фотобатарею 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) з поворотом кута нахилу на $8 \dots 10^\circ$ в сторону зенітального підйому сонця.

Електрична схема сонячної електростанції включає в себе сонячної фотобатарей ФЕ, яка складається з двох рівних частин ФЕ1 і ФЕ2, які зустрічні полюса (наприклад «-») через діоди Д1 і Д2 виведені на загальній фазі (зокрема «-») електростанція. При цьому між зустрічним полюсами ФЕ1 і ФЕ2 до діодів Д1 і Д2 і реостатів R1 і R2 включений вольтметр V і обмотка малоточного поляризованого реле РП1 з нейтральним якорем, підключений на фазі електростанція, зокрема «-», а на бічному його контакти підключені обмотки виконавчий реле РС1 і РС2, зокрема в фазу «+» харчування електростанції. На задньому командний фотоелементі Фз включена обмотка поляризований малоточного реле РП2 з нейтральним якорем, який через нормально замкнуті контакти РС2.1 підключена до фази «-» електростанція, а на бічному його контакт підключена обмотка виконавчого реле РС3 на фазі «+» електростанція, при цьому боковой контакт РП2 запараллелен нормально відкритими контактами РС3.1. Якоря реле РС1 і РС2 підключені до реверсивному електроприводу 8 (М) постійний струм, при цьому їх нормально замкнутих контактах РС1.1 і РС2.2 замикається на одну фазі живлення, зокрема «-», а нормально розімкнутих через кінцеві вимикачі, КВП - правий і КВЛ - левий, на другий етап, зокрема "+" електростанції. Контакти РС2.2 запаралелені контактами РС3.2. Між фазами електростанції встановлений акумулятор АК.

Електростанція працює в наступному вигляді. При азимутальному падінні сонячних променів на сонячну фотобатарею паралельно плоскості довгої пластини 12 незалежно від зенітного кута падіння її частин 9 (ФЕ1) та 10 (ФЕ2) знаходяться в рівній освітленості і обидві її частини виробляють електричний струм рівних потенціалів, фази яких електрично з'єднані і на виході станції ці потенціали сумуються, при цьому між взаємопов'язаними фазами частин 9 (ФЕ1) і 10 (ФЕ2) на обмотці РП1, зокрема «-», немає різниць потенціалів і через обмотку РП1 не протікає електричний струм. За мірою азимутального пересування сонця, від сходу до заходу, сонячні промені починають освітлювати західну, тобто правую половину пластини 11, поверхню якої відбиває сонячні раді на поверхню правого частини 9 (ФЕ1) сонячної

фотобатареї, тим самим посилює її активність. У той же час пластина 11 відбиває тень і затінює іншу, ліва частина 10 (ФЕ2) сонячної фотобатареї, активність якої по виготовленню електричного струму знижується. Між фазами частин 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) з'являється постійно зростаюча різниця потенціалів. В зокрема, ця різниця появляється на фазах «-» половини 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2),

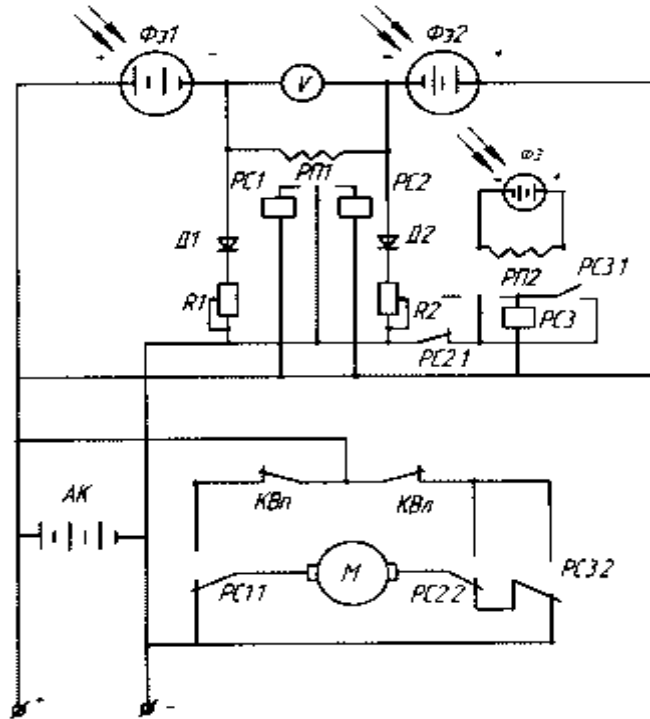


Рис. 3.4. Електрична схема сонячної електростанції

вирівнювання яких не відбувається завдяки діодам Д1 і Д2, встановленим на кожній фазі до їх об'єднання.

Ця різниця потенціалів починає вирівнюватися через обмотку малоточного реле РП1, тобто з'являється струм, що протікає через обмотку реле РП1 зліва направо (по креслюнку), тобто від 9 (ФЭ1) до 10 (ФЭ2). Реле РП1 спрацьовує, його якір закривається на лівий контакт (за креслюнком) і ставиться під струм обмотки реле РС1. Реле РС1 працює і свої нормально замкнені контакти РС1.1 переводить на нормально відкриті, тобто замикається на фазу «+» через нормально замкнені контакти КВп-кінцевого вимикача правого повороту. По колу «мінус» живлення, нормально замкнені контакти РС3.2 і РС2.2, нормально відкриті РС1.1 и нормально замкнені КВп на «плюс» живлення ставитися під струм реверсивний привод «М» постійного струму. Привод обертає свій

черв'ячний вал 7 і через зубчате колесо 6 обертає вертикальний вал 3 вправо разом із сонячною фото батареєю ФЕ до тих пір, поки сонячні промені вирівнюються вздовж площини пластини 11, тим самим вирівнюються освітленість частин 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) сонячної фото батареї ФЕ, в яких встановлюється однаковий потенціал електричного струму на фазах. Обмотка реле РП1 знеструмлюються, що відпускає свій анкер, розмикає лівий контакт і знеструмлене реле ПК1. Реле відпускає свій якір і розмикає свої нормально відкриті контакти ПК 1.1, тим самим знеструмлює реверсивний електропривод 8 (М). Електропривод зупиняється, зупиняється правий поворот всієї електростанції. При подальшому азимотальному переміщенні сонячної хвилі правильне поворот електростанції здійснюється в описаному вигляді до заходу сонця.

Станція ночує «задом» до сходу.

При сході сонця вранці його промені потрапляють на задній командний фотоелемент 12 (ФЗ), який виробляє електричний струм на малострумівій обмотці реле РП2. Реле працює і його якорем замикає свій контакт (праворуч по кресленню) і ставить під струм обмотки реле РС3. Реле РС3 через нормально замкнуті контакти РС2.1 спрацьовує і замикає свої нормально відкриті контакти РС3.1, паралельні контакти РП2, які самоблокуються. Одночасно реле РС3 пересуває свої контакти і замикає нормально відкриті контакти РС3.2 і по ланцюгу «мінус» живлення, нормально закриті контакти ПК 1.1, контакти РС3.2, нормально замкнені контакти КВл (кінцевого вимикача лівого) на «плюс» живлення ставить під струм реверсивний електропривод 8 (М) на зворотну полярність. Привод 8 (М) через черв'ячний вал 7 і зубчате колесо 6 обертає вертикальний вал 3 вліво, тобто розвертає всю електростанцію з заходу на південь. Фотоелемент 12 (Фз) виходить з-під сонячного випромінювання, обмотка РП2 забезпечує і його якор розриває свій правий контакт. В цей час закритий контакт РС3.1 утримує РС3 під потоком самоблокування. В схемі нічого не змінилося і поворот електростанції вліво продовжується до тих пір, поки в сонячні промені потрапляє сонячна

фотобатарея ФЕ, ліва частина 10 (ФЕ2), яка потрапляє під сонячне освітлення з відбиванням на неї від пластини 11, а її права частина 9 (ФЭ1) залишається затемненою пластиною 11. На фазах половин 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2) сонячної фотобатареї ФЕ виникає різниця потенціалів з перевагою на правому. Описаним чином через обмотку РП1 протікає струм в зворотному напрямку, РП1 замикає свій якір на правий контакт і ставить під струм обмотку реле РС2. Реле РС2 спрацьовує і контактами РС2.2 замикає свої нормально розімкнуті контакти паралельно контактам РС3.2. Одночасно реле РС2 розмикає свої контакти РС2.1 і розриває коло живлення реле РС3, останній розриває свої контакти РС3.1 самоблокування і контакти РС3.2 в колі живлення приводу «М». Однак живлення приводу «М» продовжує здійснюватися замкнутим станом нормально розімкнутих контактів РС2.2 реле РС2. Розворот електростанції вліво триває до азимутального вирівнювання освітленості частин 9 (ФЭ1) і 10 (ФЭ2), різниця потенціалів між якими вирівнюється, обмотка РП1 знеструмлюється, його якір приходить в нейтральне положення, розриваючи свій правий контакт, знеструмлюється реле РС2, яке відпускає свої контакти РС2.2 і обезструмлює реверсивний електропривод 8 (М). Розворот електростанції припиняється, встановлюється черговий режим.

Подальша робота електростанції здійснюється описаним чином. У будь-якому випадку зупинки електростанції (її орієнтації) азимутальне положення буде відновлюватися.

Реостати (резистори) R1 і R2, включені в фази, є допоміжними елементами кола опору, які можуть служити для посилення фазових потенціалів. Вольтметр V, включений паралельно обмотці РП1, може служити для візуального контролю фазових потенціалів при налаштуванні.

Акумулятор АК заряджається в процесі роботи електростанції в денний час і служить джерелом необхідного електроживлення в нічний час.

Кінцеві вимикачі КВП і КВЛ - правий і лівий, служать для обмеження правого і лівого поворотів електростанції.

Пристрій з сонячними панелями для слідування за сонцем – трекер (див. додаток В). Наземну системі установки двосторонніх сонячних панелей (див. додаток В). Система слідування за Сонцем розглядається в додатках В.

Висновок до третього розділу

Розглянуто практичне впровадження нових технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії з використанням сонячних елементів нового покоління для сонячних фотомодулів електростанцій:

каскадних сонячних елементів, з концентрованим сонячним випромінюванням, на основі сенсibilізованих барвникових напівпровідників (СБСЕ).

Розглянуті конструкції для монтажу сонячних фотомодулів на сонячній електростанції.

Виконані розробки: принципової електричної схеми сонячної електростанції, система слідування за Сонцем для сонячних батарей

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

4.1. Проектування електростанції на базі сонячних панелей

Сонячні панелі вибираємо згідно перевіреного виробника, вартості, потужності, ККД, типу панелі виконаних відповідно вдосконалення та впровадження нових технологій при їх розробці та виготовленні, які розглядалися в попередніх розділах [11].

Розглянемо три основні типи сонячних панелей:
монокристалічні (Mono-Si); полікристалічні (Poly-Si); тонкоплівкові (TFSC).

Згідно таблиці 4.1 розглянемо характеристики типів сонячних панелей

Таблиця 4.1.

Характеристики трьох типів сонячних панелей

Параметр	Монокристалічні	Полікристалічні	Тонкоплівкові
Ефективність	Висока	Середня	Низка
Ціна	Висока	Середня	Низка
Довговічність	Висока	Середня	Низка
Температурний коефіцієнт	Низький	Високий	Середній

Дослідивши та проаналізувавши дані таблиці, можна зробити відповідний вибір того типу панелі, який буде відповідати вимогам і можливостям покупця.

При проектуванні необхідно враховувати потужність панелі так як вона являється важливим параметром характеристики сонячних панелей.

Потіжність вимірюється у ватах (Вт) і показує, скільки енергії виробляє сонячна панель за одну годину.

Для визначення розрахункової потужності сонячної електростанції визначаємо кількість спожитої енергії за місяць при допомозі лічильника електроенергії.

Для встановлення сонячних панелей будемо використовувати дах навчального корпусу який знаходиться поруч з котельнею.

При розрахунку потрібної потужності сонячних панелей електростанції потрібно розділити споживану електроенергію за місяць на кількість годин сонячного світла у регіоні. Проведені розрахунки визначають необхідну потужність сонячних панелей електростанції.

4.1.1. Розрахунок потужності сонячних панелей

Для розрахунку необхідної потужності сонячних панелей розділіть споживану енергію на місяць на кількість годин сонячного світла у відповідному регіоні. Отримане число й буде потрібною потужністю сонячних панелей. Наприклад, якщо потрібно

$$\sum P_p = P_v \cdot T_{\text{год.}} \cdot D_{\text{днів}} \cdot K_{\text{коеф.}}, \quad (4.1)$$

де $\sum P_p$ – розрахункова необхідна потужність сонячних панелей;

P_v – встановлена потужність;

$T_{\text{год}}$ – кількість годин на добу;

$D_{\text{днів}}$ – кількість днів на місяць;

$K_{\text{коеф.}}$ – коефіцієнт використання електротехнологічного обладнання.

$$\sum P_p = 60 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 0,8 = 34560 \text{ кіловат-годин на місяць}$$

Для регіону в середньому 240 годин сонячного світла, потрібні сонячні панелі загальною потужністю 144 кіловати.

Крім цього необхідно враховувати втрати які виникають в системі електропостачання від сонячних панелей до електроспоживачів, що становлять від 4 до 10 % виробленої електроенергії. В зв'язку з тим що сонячна електростанція буде розміщена поряд приймаємо втрати 4 %.

Проаналізувавши результати розрахунків можна зробити висновок, що

загальна встановлена потужність сонячних панелей 150 кВт забезпечить надійне та ефективне постачання енергоспоживачів котельні і теплиці.

При виборі сонячних панелей слід буде звернути увагу на коефіцієнт корисної дії панелей, який характеризує здатність панелі перетворювати сонячну енергію в електричну. Чим більший коефіцієнт корисної дії тим більше електроенергії можна отримати на виході [14].

Коефіцієнт корисної дії панелей залежить від **типу сонячних панелей** та вибору матеріалу для виготовлення сонячних панелей (див. таблицю 4.2).

Таблиця 4.2.

Типові показники ККД для різних типів панелей

Тип сонячної панелі	ККД, %
Монокристалічні	18–24 %
Полікристалічні	15–18 %
Тонкоплівкові	5–10 %

Крім того потрібно буде обов'язково звертати увагу на технічні параметри панелей: напругу, силу струму наскільки швидко й ефективно сонячні панелі перетворюватимуть сонячну світлову енергію на електричну і використовуватися споживачами. При зниженій напрузі і струмі панелі будуть працювати менш ефективно і повільніше. Слід відмітити, що чим більший ККД тим дорожчі панелі але вони служать довше і працюють краще при зменшеній освітленості.

При придбанні панелей необхідно звернути увагу на: репутацію виробника, тривалість гарантії, сертифікати якості та безпеки, наявність офіційного представництва в Україні

Такий аналіз дасть можливість вибрати панелі які будуть відповідати умовам експлуатації і задовольняти енергетичні потреби.

Таблиця 4.3.

Терміни служби сонячних панелей

Тип сонячної панелі	Середній термін служби (років)
Монокристалічні	25–30
Полікристалічні	25–30
Тонкоплівкові	15–25

4.1.2. Розрахунок кількості сонячних панелей

Перш ніж починати розрахунок сонячних панелей для об'єкту проектування потрібно визначитися, яке завдання ставиться перед майбутньою електростанцією.

Якщо планується її зробити резервним джерелом електроенергії у зв'язку з частим відключенням світла — це один варіант підрахунку кількості панелей. Ну, а якщо потрібно побудувати повністю автономну сонячну станцію, то в цьому випадку для підрахунку застосовуються зовсім інші підходи

Розрахунок потужності сонячних панелей

Цей спосіб підрахунку застосовують для об'єктів, які не відключають від основної мережі електроживлення, а в якості резервного джерела енергії підключають сонячні панелі. Такий варіант підключення рекомендований більшістю фахівців, тому що він є більш доступним та економічно вигідним.

Насамперед можна споживати енергію, вироблену власними сонячними панелями, а в разі нестачі енергії можна здійснювати електропостачання споживачів від загальної електромережі. Ну, а в ті дні, коли є надлишок електроенергії або не користуєтеся взагалі, її можна подавати в загальну мережу і продавати згідно з «Зеленим тарифом».

Для розрахунку потужності сонячних панелей необхідно враховувати такі чинники:

Споживана потужність приладів. В першу чергу потрібно розрахувати загальну встановлену потужність усіх електроспоживачів, які плануються

використовувати в автономному режимі. Або увімкнути рівно на одну годину всі електроспоживачі, які будете використовувати одночасно. Це необхідно, щоб визначити пікове навантаження. Різниця показань лічильника до та після – це і буде цей показник [11].

Коефіцієнт втрат. Потрібно враховувати втрати енергії, які виникають у процесі перетворення та зберігання електроенергії. Зазвичай це становить до 10 %.

Середні показники сонячної радіації. Цей коефіцієнт залежить від регіону проживання.

Час роботи електроспоживачів. Враховується, як довго планується використовувати кожен електроспоживач.

Об'єкт проектування знаходиться в Житомирській області. Загальна споживана потужність електроспоживачів об'єкту проектування становить 60 кВт · год.

Планується використовувати двосторонню сонячну панель **Risen Energy RSM132-8-700-725BHDG**, високоефективні фотовольтаїчні модулі потужністю 700 Вт. [1].

Розрахунок потужності однієї панелі визначаємо за формулою

$$W = k \cdot P_{\text{п}} \cdot E \quad (4.2)$$

де: k — коригувальний коефіцієнт для зими й літа, який враховує зниження потужності сонячної панелі в зимові місяці через зменшення сонячної радіації;

$P_{\text{п}}$ — максимальна проєктна потужність сонячної панелі;

E — показник сонячної радіації для зимового та літнього місяців.

Згідно з формулою, кількість енергії, що виробляється однією панеллю, залежить від k — коригувального коефіцієнта (для зими $k=0,7$, а для літа $k=1,2$) і від E -показника сонячної радіації для літа 1,69, для зими 1,14.

Розраховуємо реальна потужність панелі:

для літа:
$$W = 1,2 \cdot 700 \cdot 1,69 = 1419,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

для зими: $W = 0,7 \cdot 700 \cdot 1,14 = 558,6 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$

4.1.3. Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей

Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей визначаємо за формулою

$$N = (P_w \cdot 1,2) / W, \quad (4.3)$$

де: P_w — споживана або пікова потужність,

W — реальна потужність однієї батареї.

Мінімально необхідна кількість панелей для літа становитиме:

$$N = 60000 \cdot 1,2 / 1419,6 = 50,4 \text{ шт}$$

округляємо до 50 панелей.

Для зими:

$$N = 60000 \cdot 1,2 / 558,6 = 129,5$$

округляємо до 130 панелей.

Для гарантованого забезпечення енергією споживачів об'єкту проектування в літній і зимовий час знадобиться різна кількість сонячних панелей. І це зрозуміло, кількість сонячних днів і його тривалість істотно відрізняються. Тому, у цих формулах потрібно використовувати усереднені значення [11].

Середнє значення коефіцієнта k , що використовується для розрахунку усередненої потужності сонячної панелі на рік в Україні, становить — 0,95.

А усереднене значення показників сонячної радіації можна взяти по Житомирській області 1,36.

З урахуванням цих даних:

$$W = 0,95 \cdot 700 \cdot 1,36 = 904 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

$$N=60000 \cdot 1,2/904,4 = .79,6$$

округляємо до 80 сонячних панелей.

Для оптимального забезпечення електроспоживачів об'єкту проектування і взимку, і влітку знадобиться система з 80 сонячних батарей, що повністю покриває потреби в літній час. У критичних випадках може бути використана енергія акумуляторів [11].

Взимку нестачу електроенергії, при необхідності доведеться компенсувати із іншого джерела електроенергії – генератора.

4.2. Розрахунок та вибір акумуляторів для сонячної електростанції

Розрахунок ємності акумуляторів визначаємо за формулою

$$C = P_w \cdot T \cdot D_o / U \quad (4.4)$$

де: C — ємність акумулятора в ампер-годинах;

P_w — сумарна споживана потужність електроспоживачів у ватах;

T — час роботи електроспоживачів у годинах;

D_o — глибина розряду акумуляторів у відсотках;

U — напруга акумуляторів у вольтах.

Мінімальний запас ємності акумуляторів мусить забезпечити виживання в темний час доби або в похмуру погоду. Оптимальним вважається добовий запас в АКБ [11].

Використовуючи задані умови розрахуємо ємність літнєвого акумулятора

$$C = 60000 \text{ Вт} \cdot 24 \text{ год} \cdot 0,7 / 48 \text{ В} = 21000 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Розрахунок ємності АКБ для 8 годин автономної роботи:

$$C = 60000 \text{ Вт} \cdot 8 \text{ год} \cdot 0,7 / 48 \text{ В} = 7000 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Отже, для забезпечення потреб в електроенергії знадобиться акумулятори ємністю не менше 21000 А · год., а для забезпечення автономної роботи на протязі 8 годин при повному навантаженні необхідно встановити акумулятори в кількості 18 шт ємністю не менше 7000 А · год.

Якщо акумулятори розряджаються то електроживлення перемикається на мережу або дизельний генератор. При їх роботі акумулятори знову заряджаються.

Для забезпечення роботи системи енергопостачання для сонячних панелей використовуємо літєві акумулятори 20 кВт chisage ess 48v 400 ah 20 kw/h lifepo4 ce48200-w. У час відключень світла ми зможемо мати електроенергію завдяки використанню літєвого акумулятора та інвертора відповідної потужності.

Акумулятори оснащені інтелектуальними процесорами, які оптимізують роботу пристрою відповідно до необхідних потреб, енергозатратності підключених електроприладів, заряду акумулятора та умов зовнішнього середовища.

Підключивши дані акумулятори до сонячних батарей ми створюємо власну автономну сонячну електростанцію.

Основні характеристики акумулятора

Ємність, кВт/год 20,48. Атестація CE, UN38.3, IEC62619. Виробник CHISAGE ESS. Гарантія 5 років. Діапазон робочої напруги (В) 51.2 . Макс. Безперервний струм розряду (А) 200. Макс. Паралельні підключення (шт.) 4 Макс. постійний струм заряду (А) 200. Номінальна ємність (Ah) 400. Акумулятори. Рекомендований струм заряду (А) 200. Рекомендований струм розряду (А) 200. Розмір (ДхШхВ), мм 665х530хх895. Тип з'єднання CAN, RS485

4. 3. Вибір генератора як резервне джерело живлення на 60 кВт

Дослідження та аналіз показали, що дизельний генератор Malcomson ML90-B3 успішно буде забезпечувати електроенергією електротехнологічне обладнання і теплиці. (див. додаток 4).

Характеристики дизельного генератора Malcomson ML90-B3

Тип генератора Дизельний генератор. Виробник Malcomson (Великобританія). Модель ML90-B3. Максимальна потужність, кВт 70.4. Вид палива Дизель. Номинальна потужність, кВт 64.

Вихідна напруга, В 380В/220 В-універсальний.

Вибір гібридного інвертора та вибір типу контролера для сонячної електростанції розміщені в додатку Г.

4.4. Вибір пристрою автоматичного перемикання електроживлення на резерв типу АВР

Електропостачання об'єкту проектування буде здійснюватися за рахунок кабельної лінії напругою 0,4 кВ, які отримує живлення від ТП, сонячної електростанції і генератора.

Тому розглянемо схему шафи автоматичного вмикання резерву АВР де в схемі повинно передбачатися три вводи:

Один з них являється робочим вводом по кабельній лінії від ТП, другий резервним від сонячної електростанції, третій ввід являється резервним для підключення мережі від генератора.

Згідно проведених розрахунків, відповідно схеми вибираємо пристрій автоматичного перемикання електроживлення на резерв типу АВР-300-160, який має наступні характеристики: номінальний струм мережі 160 А, номінальна напруга силових кіл 380 В, 50 Гц, тип ввідних автоматичних вимикачів ВА 5735, тип комутаційних апаратів ПМА6502.

Контроль параметрів. Схема реагує на зникнення хоча б однієї з фаз, симетричне або асиметричне зниження напруги однієї з фаз, контроль чергування фаз час перемикання 0,6 – 30 с.

В пристрої АВР-300-160 оперативне автоматичне перемикання здійснюється витримкою часу, яка регулюється на робочому та резервному вводах, при зміні чергування фаз, асиметрії фазних напруг, відсутності однієї та більше фаз, симетричному падінні напруги, аварійних режимах короткого замикання [4].

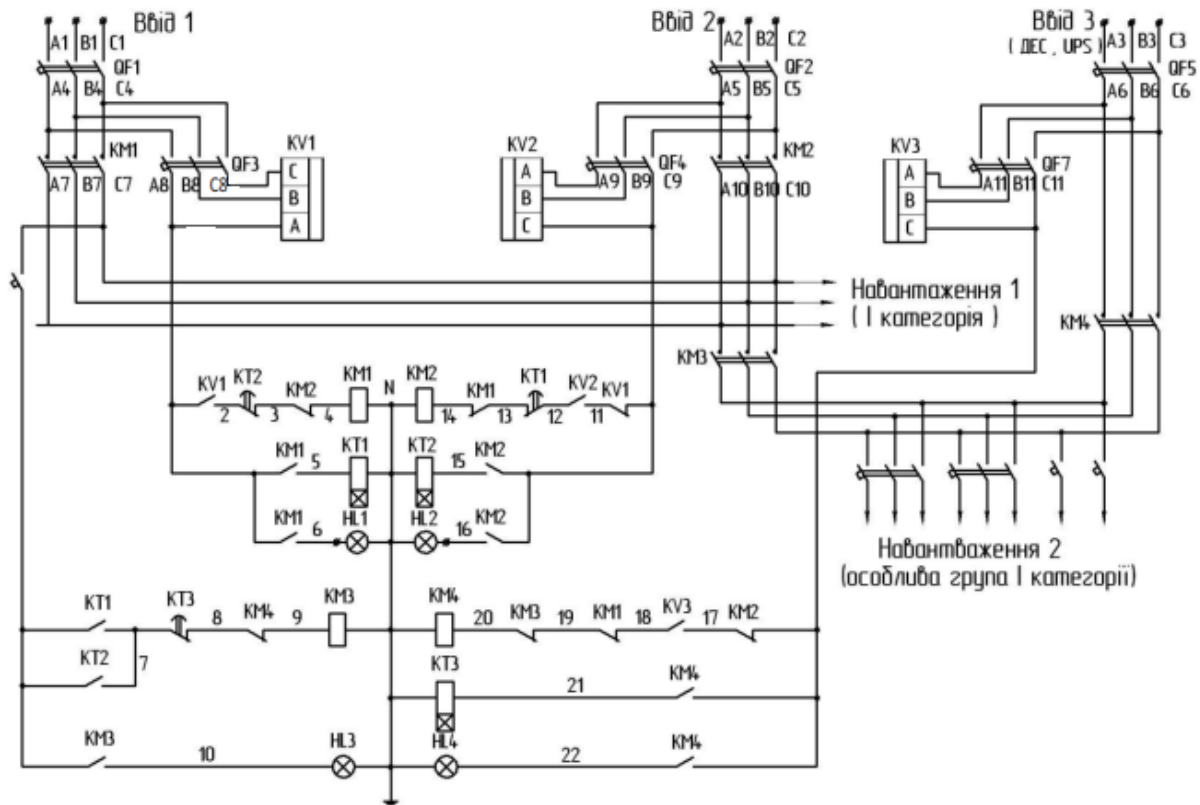


Рис. 4.1. Схема пристрою автоматичного перемикання електроживлення на резерв типу АВР-300-160.

Для комутації вводів використовуємо вимикачі QF1...QF3.

Для автоматичного перемикання мереж застосовуємо пускачі KM1...KM4.

Перемикання вводів здійснюється з відповідними витримками використовуючи реле часу KT1...KT3. Витримка часу регулюється на робочому та резервних вводах при виконанні пуско налагоджувальних робіт.

Для контролю зміни чергування фаз, асиметрії фазних напруг, відсутності однієї та більше 3 фаз, симетричному падінні напруги, аварійних режимах короткого замикання застосовується реле контролю фаз KV1...KV3

Арматура сигнальна АС-220 HL1...HL4 надає інформацію про вмикання, роботу відповідних вводів.

Автоматичний вимикач SF типу ВА47-29М 1Р служить для захисту кіл керування від струмів короткого замикання [4].

Висновки до четвертого розділу

Проведено проектування електростанції на базі сонячних панелей.

Виконано розрахунок, кількість, потужність, вибір: сонячних панелей, акумуляторів для сонячної електростанції, гібридних **трифазних** інверторів, генератора, контролера.

Проведено аналіз та вибір пристрою автоматичного перемикання електроживлення на резерв типу АВР.

Електрична схема АВР має три вводи для підключення електроспоживачів: від ТП при допомозі кабельної мережі, сонячної електростанції і генератора.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі були розглянуті питання обґрунтування та аналіз можливостей підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій для отримання електричної та теплової енергії.

Були впроваджені нової сонячної електро та теплові установки з використанням сучасних енергоефективних сонячних панелей з відповідною необхідною потужністю, розроблена схема електропостачання як автономне резервне джерело живлення та геліосистеми для нагріву води на основі сонячної енергії тому тема роботи являється актуальною так як в кваліфікаційній роботі розглянуто питання безперебійного електропостачання автономної котельні для спалювання біомаси з основним та резервними джерелами електропостачання.

Розглянуті питання проектування та вибір резервних джерел живлення: сонячної електростанції з двосторонніми сонячними панелями, акумуляторів для сонячної електростанції, гібридних трифазних інверторів, контролера, генератора, з використанням пристрою автоматичного перемикання електроживлення на резерв типу АВР

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Двосторонні Сонячні панелі: Вичерпний посібник На 2023 рік
Режим доступу. <https://sungoldsolar.com/uk/bifacial-solar-panels-2023/>
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 року. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html
3. Енергозбереження в університетських містечках [Текст] : посібник для студ. вищих закл. освіти / К.Р. Сафіуліна, А.Г. Колієнко, Р.Ю. Тормосов. К. : ТОВ «Поліграф плюс», 2010. – 328 с.
4. Каталог виробництво електрощитового обладнання.ТОВ Бутон. Житомир, 2018. С-100.
5. Кращі практики щодо енергозбереження у житлово-комунальному господарстві України. – К.: Центр громадської експертизи, 2011. – 184 с.
6. Литовченко В., Стріха М. Сонячна енергетика – як альтернатива колективному самознищенню [Електронний ресурс] / Щоденна всеукраїнська газета «День» №187, 31 жовтня 2007. – Режим доступу: <http://www.day.kiev.ua/190550/>
7. Лукомський Д. До питання розвитку альтернативних джерел енергії [Електронний ресурс] / Сонячна енергетика // Альтернативні джерела енергії. №1. –вересень 2009 року. –Режим доступу: http://solareview.blogspot.com/2009/03/blog-post_23.html
8. Любезна І. В. Удосконалення роботи системи опалення підприємства шляхом переходу на альтернативні джерела енергії [Текст] / І. В. Любезна, А. І. Дідик // Український журнал прикладної економіки. – 2016. – Том 1. – № 1. – С. 122-130. – ISSN 2415-8453.
9. Малая М. Державна політика у сфері розвитку відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс] / Сонячна енергетика в Україні (матеріали круглого столу). – 2011- 03-30. – Режим доступу: <http://ua-energy.org/post/6636>

10. Матвієнко М.Т. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні / М.Т.Матвієнко // ЕКОінформ, 2011. – № 6. – С. 11-12
11. Остимчук Г. Методика проектування сонячних електростанцій. Режим доступу: <http://naer.gov.ua/sonyachna-energetika>
12. Розум, Руслан. Еколого-економічна оцінка впровадження природоохоронних заходів [Текст] / Руслан Розум, Марина Мотрюк // Прикладна економіка - від теорії до практики : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. [м. Тернопіль, 20 жовт. 2016 р.]. - Тернопіль : Вектор, 2016. - С. 195-196.
13. Розум Р.І. Якість продукції: основні аспекти / Р.І. Розум, Н.В. Штохмал // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції за участю іноземних студентів. – Тернопіль, 15-17 квітня 2016. – С. 212-213.
14. Р.Титко, В. Калініченко. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України). Варшава – Краків – Полтава: «OWG», 2010 р. – 533 с.
15. Сонячна енергетика [Електронний ресурс] / Державне Агентство з енергоефективності та енергозбереження України. – 2009. – Режим доступу: gostimcuk@gmail.com.
16. Солнечная батарея HH-MONO60W [Електронний ресурс]: сайт компанії «Helios-House». – Режим доступу. : <http://www.helios-house.ru>
17. Скришевський В.А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона сьогодні Україні? [Електронний ресурс] / Еко клуб "Зелена Хвиля". – 27.01.08. Режим доступу: <http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>
18. Сіденко. В. Відновлювальні джерела енергії: реалії та можливості [Текст] / В. Сіденко // Економіка України. – 2008. - №5(558). - С. 91 – 93.
19. Стаття О. Бородіна, М. Шевчишин. Відновлювальна енергетика – перспективи для сільського господарства України
<http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2769&11jun=90>
20. www.sida.se