

Міністерство освіти і науки України  
Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації  
Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук  
Харківської обласної ради»

Відділення інженерії та матеріалознавства  
Секція: екологічно безпечні технології та ресурсозбереження

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

Роботу виконала:

Кузнєцова Вікторія Дмитрівна,  
учениця 11 класу Красноградського ліцею  
№ 2 Красноградської міської ради  
Харківської області

Наукові керівники:

Леонтєв Дмитро Миколайович, декан  
автомобільного факультету Харківського  
національного автомобільно-дорожнього  
університету, професор, доктор технічних  
наук

Ткаченко Юрій Віталійович, учитель  
інформатики Красноградського ліцею № 2  
Красноградської міської ради Харківської  
області, спеціаліст вищої категорії,  
учитель-методист

Харків – 2024

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

**Кузнєцова Вікторія Дмитрівна**, Харківське територіальне відділення Малої академії наук України, Красноградський ліцей № 2 Красноградської міської ради Харківської області. 11 клас, м. Харків

**Леонтьєв Дмитро Миколайович**, декан автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, професор, доктор технічних наук;

**Ткаченко Юрій Віталійович**, вчитель інформатики «спеціаліст вищої кваліфікаційної категорії», учитель-методист

**Актуальність.** Використання сонячної енергетики залишається актуальною та надзвичайно важливою темою досліджень. Зокрема постійно проводяться дослідження позитивного її впливу на зменшенні викидів парникових газів та зниженні впливу на зміну клімату. Сонячна енергія надає можливість країнам стати менш залежними від імпорту нафти чи газу, що піддаються коливанням цін та геополітичним ризикам. Це сприяє енергетичній незалежності та забезпеченню стабільності в постачанні електроенергії. Швидкі темпи розвитку технологій сонячних панелей та зберігання енергії сприяють зростанню ефективності та зниженню вартості виробництва сонячної енергії. Це відкриває шлях до нових можливостей у сфері енергетики та промисловості.

В цей же час актуальною темою постає використання портативних сонячних станцій під час енергетичних колапсів та під час ведення бойових дій населенням країни. На перший план виходять доступність при створенні пристроїв генерації та накопичення енергії та простота реалізації таких проєктів.

**Метою роботи** є дослідження можливості створення сонячної станції для забезпечення побутових потреб, під час перебоїв з електропостачанням. Порівняльний аналіз компонентів для монтажу станції та їх доступність на ринку України. Обрахунок потужності сонячної панелі, часу заряджання акумулятора та часу роботи різних побутових приладів.

**Об'єкти дослідження:** сонячна станція в цілому та сонячні панелі, конвертори заряду сонячних панелей, акумулятори зокрема.

**Завдання:**

- Дослідити види, характеристики та технології роботи сонячних панелей.
- Розробити схему побудови сонячної станції.
- Провести обрахунок потужності сонячної панелі.
- Провести порівняльний аналіз компонентів сонячної станції.
- Підібрати набір комплектуючих для монтажу приладу.
- Провести складання сонячної станції із наявних компонентів
- Зробити обрахунок часу заряджання та часу роботи побутових приладів від акумулятора та порівняти їх із результатами практичного використання.

У ході написання роботи були виконані всі поставлені завдання, а саме: детально розглянуто види, характеристики та принцип роботи сонячних панелей, розроблено схему сонячної батареї та змонтовано її із доступних компонентів, проведено порівняння за ключовими характеристиками базових комплектуючих пристрою, обраховано потужність сонячної панелі, періоду заряджання акумулятора та часу роботи різних побутових приладів від неї, проведено фактичні заміри деяких характеристик та порівняння їх із теоретичними розрахунками.

**Наукова новизна роботи.** У процесі збору сонячної панелі було проведено ряд досліджень ефективності паралельного та послідовного їх підключення. У ході проведення експериментів було визначено, що при похмурій погоді, коли ефективність сонячного світла падає паралельне з'єднання панелей дає більший вихідний струм ніж послідовне.

За результатами дослідження зроблено висновки, що створення сонячної станції у домашніх умовах є доступним, як з огляду на наявність компонентів так і їх вартості, пристрій легкий у реалізації та не потребує спеціальних навичок та може вирішити проблему браку електроенергії при вимкненні світла на декілька днів.

**Ключові слова:** сонячна панель, вихідна потужність, електричний струм, вихідна напруга, контролер заряду сонячної батареї, акумуляторна батарея, інсоляція, ємність акумуляторної батареї, витрати енергії за годину.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Поняття види та принципи роботи сонячних панелей, як приклад впровадження ресурсозберігаючих технологій .....	8
РОЗДІЛ 2. Оцінка ефективності використання сонячної станції для забезпечення енергонезалежності в умовах війни .....	13
2.1. Порівняльний аналіз компонентів сонячної станції та розрахунок її ефективності. ....	13
2.2. Створення сонячної станції та аналіз її ефективності у реальних умовах експлуатації.....	17
ВИСНОВКИ.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	26

## ВСТУП

Екологічно чиста енергія є надзвичайно важливою для збереження нашої планети та забезпечення сталого розвитку людства. Вона включає в себе джерела енергії, які не викликають значних забруднень довкілля або шкідливого впливу на нього. Використання енергії з відновлюваних джерел, таких як сонце, вітер, вода та інші, допомагає значно знизити рівень викидів в атмосферу шкідливих речовин, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту та сірки. Це сприяє зменшенню забруднення повітря, водойм та ґрунту. Використання відновлюваних джерел енергії допомагає зберегти природні ресурси, так як вони не вичерпуються в процесі виробництва енергії. Наприклад, сонячна та вітрова енергія є нескінченними джерелами, що робить їх важливими для забезпечення майбутніх поколінь енергією. Використання альтернативних джерел енергії допомагає різноманіттю в енергетичному секторі та зменшує залежність від нестабільних джерел, таких як нафта чи природний газ, що піддаються коливанням цін та геополітичним ризикам.

Але, якщо розглянути такі доступні джерела енергії як сонячні станції, можна простежити їх беззаперечну користь і в умовах війни. Якщо проаналізувати користь сонячної енергетики для населення, можна виділити наступні фактори:

- Під час конфлікту чи війни, доступ до імпортованої енергії може бути обмеженим або припиненим через перешкоди на транспортних маршрутах або внаслідок економічних санкцій. Сонячні електростанції, встановлені на місцевому рівні, можуть забезпечити енергетичну незалежність та забезпечити електроенергію для життєво важливих систем.
- Сонячні панелі можуть бути використані для забезпечення енергії для основних життєвих потреб, таких як освітлення, робота медичних установ, насоси для водопостачання та забезпечення електроенергією комунікаційних мереж для зв'язку.
- Сонячні електростанції, які обладнані системами зберігання енергії, можуть працювати навіть під час перебоїв у постачанні електроенергії з

централізованих джерел та зменшити навантаження на енергосистему. Це дозволяє забезпечити постійний доступ до електрики у критичні моменти.

- Після війни сонячні електростанції можуть виступити як ключовий елемент відновлення інфраструктури. Вони дозволяють швидко відновити постачання електроенергії у тих місцях, де централізовані системи можуть бути пошкоджені або зруйновані.

**Актуальність.** Використання сонячної енергетики залишається актуальною та надзвичайно важливою темою досліджень. Зокрема постійно проводяться дослідження позитивного її впливу на зменшенні викидів парникових газів та зниженні впливу на зміну клімату. Сонячна енергія надає можливість країнам стати менш залежними від імпорту нафти чи газу, що піддаються коливанням цін та геополітичним ризикам. Це сприяє енергетичній незалежності та забезпеченню стабільності в постачанні електроенергії. Швидкі темпи розвитку технологій сонячних панелей та зберігання енергії сприяють зростанню ефективності та зниженню вартості виробництва сонячної енергії. Це відкриває шлях до нових можливостей у сфері енергетики та промисловості.

В цей же час актуальною темою постає використання портативних сонячних станцій під час енергетичних колапсів та під час ведення бойових дій населенням країни. На перший план виходять доступність при створенні пристроїв генерації та накопичення енергії та простота реалізації таких проєктів.

**Метою роботи** є дослідження можливості створення сонячної станції для забезпечення побутових потреб, під час перебоїв з електропостачанням. Порівняльний аналіз компонентів для монтажу станції та їх доступність на ринку України. Обрахунок потужності сонячної панелі, часу заряджання акумулятора та часу роботи різних побутових приладів.

**Об'єкти дослідження:** сонячна станція в цілому та сонячні панелі, конвертори заряду сонячних панелей, акумулятори зокрема.

**Завдання:**

- Дослідити види, характеристики та технології роботи сонячних панелей.
- Розробити схему побудови сонячної станції.

- Провести обрахунок потужності сонячної панелі.
- Провести порівняльний аналіз компонентів сонячної станції.
- Підібрати набір комплектуючих для монтажу приладу.
- Провести складання сонячної станції із наявних компонентів
- Зробити обрахунок часу заряджання та часу роботи побутових приладів від акумулятора та порівняти їх із результатами практичного використання.

**Практична цінність одержаних результатів:** результати роботи можуть допомогти населенню нашої держави забезпечити себе електроенергією навіть під час довгострокового вимкнення світла. Компоненти станції дуже легко можна замінити користуючись схемою, яка наведена у роботі та розробити схему зарядної станції на власний розсуд залежно від потреб та бюджету.

**Наукова новизна роботи.** У процесі збору сонячної панелі було проведено ряд досліджень ефективності паралельного та послідовного їх підключення. У ході проведення експериментів було визначено, що при похмурій погоді, коли ефективність сонячного світла падає паралельне з'єднання панелей дає більший вихідний струм ніж послідовне.

## РОЗДІЛ 1

### ПОНЯТТЯ ВИДИ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, ЯК ПРИКЛАД ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сонячна панель – збірка фотоелектричних комірок, у паралельних та послідовних комбінаціях для досягнення заданої напруги та сили струму. Збірка може бути виготовлена як для умов зовнішнього використання, так і для умов внутрішнього використання. Зовнішні збірки мають скло, алюмінієву рамку, пластик, рідше — епоксидна смола. Використання скла знижує ефективність через поглинання частини ультрафіолетових променів, але є компромісним вирішенням проблеми деградації пластикового покриття від погодних умов. Портативні збірки можуть використовуватись із пластику інколи із використанням лише епоксидної смоли, часто можуть бути частково гнучкі.

Вихідна потужність модулів для зовнішнього використання за стандартних умов використання знаходиться в межах від 10 до 650 Вт, а для портативного використання — від кількох сотих (калькулятори, садові ліхтарики) до сотень ватт (легкі портативні панелі для мобільних пристроїв, акумуляторів, зарядних станцій). [11]

Види сонячних панелей:

– Монокристалічні:

Кожна чарунка таких панелей складається з монокристала кремнію. Вони мають найвищий рівень ККД, який становить 17–25%, та термін служби 20–25 років. Ці панелі легко впізнати за зовнішнім виглядом – чарунки мають форму квадрата зі зрізаними кутами та однорідний темно-синій або чорний колір. Монокристалічні сонячні панелі є найдорожчими та водночас найбільш ефективними в перерахунку на кількість кВт, які можна отримати з одиниці площі.

– Полікристалічні:

Полікристалічні сонячні панелі виготовляють із кремнію з домішками. Чарунки мають квадратну форму та неоднорідний колір. ККД таких панелей становить 15–18%. Вони потребують значно більших площ, ніж монокристалічні панелі. Водночас



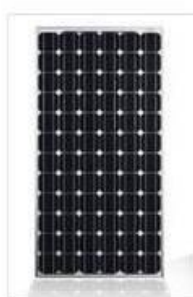
технологія їхнього виробництва більш проста та дешева, тож вартість таких панелей нижча у порівнянні з монокристалічними.

– Тонкоплівкові (аморфні):

Цей вид панелей є найдешевшим, але й найменш продуктивним – їхній ККД лише 9–13%, а строк служби суттєво поступається іншим двом видам. Вага сонячної панелі цього виду є найнижчою, бо її виготовляють з тонких шарів кремнію, які наносять на основу з фольги чи скла. Низька продуктивність зумовлює потребу у великих площах і підвищених витратах на допоміжні матеріали, як-от системи кріплення [12].



• тонкоплівочні  
(аморфний кремній)



• монокристалічні



• полікристалічні

Рис. 1.1 Види сонячних панелей [13]

Коли сонячні промені потрапляють на цей напівпровідник, то він починає нагріватися, частково поглинаючи виділену від променів енергію. Фотони світла «вибивають» електрони з загальної атомної структури напівпровідника та вільні електрони формують заряд.

Загалом, кожна з комірок не є суцільним сегментом кремнію, а по суті складається з двох шарів. Проте навіть цього не буде достатньо для створення повноцінного електричного поля, оскільки в чистому вигляді кремній не є надто хорошим провідником. Тож для формування позитивного та негативного зарядів кремнієвих шарів, додатково домішують сторонні речовини.

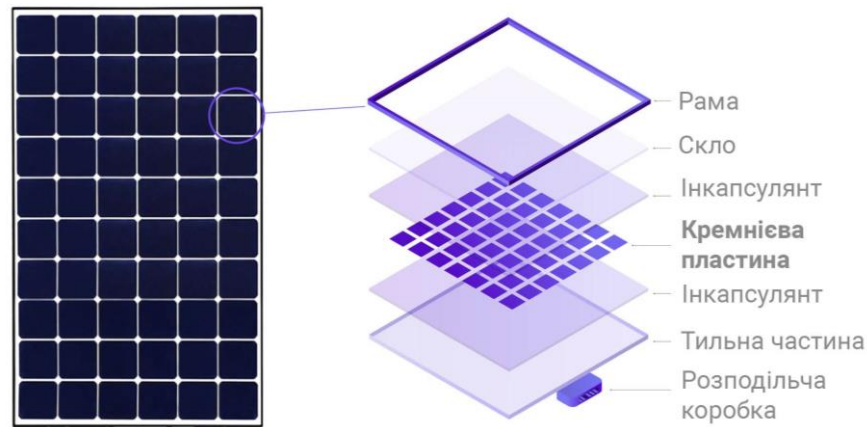


Рис. 1.2. Конструкція сонячної панелі [13]

Верхній шар кремнію насичується фосфором, який додає йому зайві електрони з негативним зарядом. Тож цей шар отримав назву n-тип (negative). В той час нижній сегмент насичується бором, що зменшує кількість електронів і формує позитивний заряд. Такий кремній отримав назву р-типу. Внаслідок цього, між кремнієвими шарами формується електричне поле. І як вже було сказано вище, коли фотон сонячного світла вибиває вільний електрон, електричне поле виштовхує його із з'єднання кремнію. Так формується струм. Тип такого провідника отримав назву P-N.

Таким чином заряд сформовано. Кожна комірка оснащується струмознімними шинами і електропровідними пластинами по боках, які виводять отриманий струм в систему [13].

Що може впливати на генерацію? Погодні умови. Для максимального показника виробітку, інтенсивність сонячної інсоляції повинна бути високою. Але є одне «але». Надто сильне перегрівання панелі провокує втрати потужності. Як було виявлено в ході лабораторних досліджень, це значення становить приблизно 0.4 % при нагріванні панелі на 1 градус від номінальної температури (45 градусів Цельсія.) Тому зимою показники продуктивності фотомодулів падають, адже рівень інсоляції є суттєво нижчим.

Сонячні панелі є екологічною заміною багатьом видам добутку електроенергії які шкодять навколишньому середовищу. Так наприклад: теплові електростанції викидають в атмосферу багато парових відходів; Ядерна енергетика завдає шкідливого техногенного впливу; Гідроенергетика несе шкоду підводним мешканцям та навколишнім лісам й поселенням. В свою чергу видобуток електроенергії за

допомогою сонячних панелей несе менші збитки для природи, навколишнього оточення та екосистеми в цілому [14].

Розглянемо, як сонячні панелі сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище:

1. Нульові викиди CO<sub>2</sub>: Виробництво електроенергії за допомогою сонячних панелей не включає в себе викиди парникових газів, таких як діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>). Це робить сонячні панелі важливим інструментом для боротьби з кліматичними змінами та забрудненням повітря.

2. Водозбереження: Виробництво електроенергії з використанням сонячних панелей не вимагає великих обсягів води, як це має місце у випадку низькоефективних систем охолодження, що використовуються у деяких типах енергетичних станцій, таких як теплові та ядерні електростанції.

3. Мінімальні втрати в ресурсах: Виробництво, встановлення та експлуатація сонячних панелей має відносно низьку витрату в порівнянні з видобутком та транспортуванням традиційних джерел енергії, таких як вугілля, нафта і природний газ. Це допомагає зменшити негативний вплив на довкілля у вигляді втрат ресурсів та забруднення.

4. Відновлювальна енергія: Сонячна енергія є відновлювальним джерелом, оскільки сонце є сталим джерелом енергії та буде існувати ще мільярди років. Це означає, що сонячні панелі можуть продовжувати виробляти енергію без вичерпання природних ресурсів.

5. Зменшення сміття: В порівнянні з батареями і акумуляторами, які мають обмежений термін служби і потребують утилізації після закінчення життєвого циклу, сонячні панелі мають значно довший термін служби та потребують меншої кількості обслуговування [7].

У воєнний час, забезпечення електроенергією стає серйозною проблемою, особливо в умовах відсутності стійкого джерела живлення. Військові постійно потребують енергії для роботи засобів зв'язку та інших важливих приладів. У таких ситуаціях сонячні панелі можуть стати важливим джерелом електроенергії, що вирішує цю проблему та забезпечує необхідну електрику для забезпечення роботи різних систем та обладнання.

Сонячні панелі можуть мати кілька корисних застосувань під час воєнних конфліктів і воєнного часу:

– Енергозабезпечення: сонячні панелі можуть служити джерелом електроенергії в обстановці, коли звичайні джерела енергії можуть бути обмежені або недоступні. Це може бути особливо важливо для забезпечення енергією комунікаційних систем, медичного обладнання, безпілотних літальних апаратів, а також для зарядки портативних електронних пристроїв військових.

– Мобільність: переносні сонячні панелі можуть бути легко переміщені і встановлені на полі бою або на транспортних засобах. Це дозволяє військовим одиницям отримувати енергію під час пересування та у віддалених районах.

– Забезпечення незалежності: використання сонячних панелей допомагає зменшити залежність від традиційних джерел енергії, таких як паливо або генератори, що може бути критичним під час воєнних конфліктів або в умовах обмежень на постачання ресурсів.

– Екологічна стійкість: сонячні панелі є екологічно чистими джерелами енергії і не викидають шкідливі викиди в атмосферу. Вони можуть допомогти знизити вплив воєнних операцій на навколишнє середовище.

– Довготривала ефективність: сонячні панелі мають довгий термін служби і вимагають мінімального обслуговування, що робить їх ефективними на тривалих військових операціях та в умовах віддалених районів [2].

Усі ці переваги роблять сонячні панелі важливим ресурсом для військових під час бойових дій та допомагають забезпечити надійне та стійке енергозабезпечення для цивільного населення в умовах воєнного часу.

## РОЗДІЛ 2

### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

#### 2.1. Порівняльний аналіз компонентів сонячної станції та розрахунок її ефективності

Для реалізації проєкту створення сонячної станції необхідна наявність основних компонентів: пристрої генерування електричного струму (сонячна панель), пристрою передачі електричного струму (контролер заряду), пристрою накопичення електричного струму (акумуляторна батарея) та пристрою перетворення струму низької напруги у побутову (інвертор напруги).

Сонячні панелі генерують електричний струм та передають його на контролер заряду. Вони можуть відрізнятися робочою напругою, силою струму, потужністю та габаритними розмірами. Про проектуванні сонячної станції ці параметри обов'язково слід враховувати: адже напруга і сила струму має не перевищувати робочого діапазону контролера заряду, від габаритних розмірів та потужності використаних панелей буде залежати розмір та потужність усієї станції. Технічні характеристики сонячних панелей наведено у таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

#### Технічні характеристики сонячних панелей

Назва	Потужність, Вт	Розміри, мм	Робоча напруга, В	Робочий струм, мА	Орієнтовна вартість за шт., грн
Сонячна панель 6/1	1	110x60x2.5	6	165	70
Сонячна панель 6/2	2	136x110x3	6	330	130
Сонячна панель 6/3	3	145x145x3	6	500	140
Сонячна панель 6/6	6	165x210x3	6	960	260
Сонячна панель 12/3	3	145x145x3	12	250	160
Електричні параметри виміряні для інтенсивності освітлення 1000Вт/м. кв., спектр АМ1.5, температура панелі 25°C					

Контролер заряду сонячної батареї призначений для отримання заряду із сонячних панелей та його передачу до акумуляторної батареї та на зовнішні пристрої споживання. Вони відрізняються робочою напругою та силою струму, граничною потужністю та додатковими характеристиками (наявність захисту від короткого замикання, дисплею, USB-портів тощо). Технічні характеристики контролерів заряду сонячної батареї наведено у таблиці (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

### Технічні характеристики контролерів заряду сонячної батареї

Назва	Фото	Характеристики	Орієнтовна вартість за шт., грн
Контролер заряду для сонячних батарей 12/24В 10А		Для 10А 12/24В Pv систем: 120/240 Вт сонячна панель, 12/24В кислотний акумулятор, 21/42 В максимальна вхідна напруга. Вбудований промисловий мікроконтролер. Налаштування однією кнопкою, цифровий дисплей і функція автоматичного запам'ятовування параметрів. Захист від короткого замикання, обриву з'єднання, зворотної полярності і перевантаження. Ключі зворотного струму і низький нагрів при роботі.	280
Контролер заряду сонячних батарей 12/24В 10А		Автоматичне керування роботою панелі сонячних батарей і акумулятора в сонячній системі. Захист від перевантаження і від короткого замикання. Захист від зворотного струму і зворотної полярності. Захист від зниженої напруги і надмірної зарядки акумулятора. Захист від струмових імпульсів. Робоча напруга: 12/24 В постійного струму Номінальний струм: 10А	330

Контролер заряду сонячної батареї YJSS-20A		Вбудований промисловий мікроконтролер. Налаштування однією кнопкою, цифровий дисплей і функція автоматичного запам'ятовування параметрів. Захист від короткого замикання, обриву з'єднання, зворотної полярності і перевантаження Робоча напруга: 12/24 В постійного струму. Номинальний струм: 20А	280
Контролер заряду від сонячної батареї UKC DP-510A		Налаштування однією кнопкою, цифровий дисплей і функція автоматичного запам'ятовування параметрів. Захист від короткого замикання, обриву з'єднання, зворотної полярності і перевантаження Робоча напруга: 12/24 В постійного струму. Номинальний струм: 10А	290

Пристроєм накопичення електричного струму сонячної станції буде акумуляторна батарея для джерела безперебійного живлення напругою 12В. Технічні характеристики акумуляторів наведено у таблиці (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

### Технічні характеристики акумуляторів

Тип акумуляторної батареї	Напруга, В	Ємність, А*год	Ціна, грн
AGM	12	7	від 480
Свинцево-кислотний	12	7.5	від 510
AGM	12	9	від 550
AGM	12	12	від 750
AGM	12	14	від 1050
AGM	12	18	від 1200

Контролери заряду сонячної батареї зазвичай мають виходи для підключення пристроїв напругою 12В також часто їх оснащують USB-портами, які дають можливість підключити пристрої напругою 5В (смартфони, ліхтарики, навігатори тощо). Але часто виникає потреба підключити пристрої напругою 220 В, для цього

використовують інвертори напруги. Технічні характеристики інверторів напруги наведено у таблиці (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

### Технічні характеристики інверторів напруги

Потужність, Вт	Вхідна напруга, В	Вихідна напруга, В	Додаткові характеристики	Ціна, грн
1000	12	220	Індикатор роботи Вбудований запобіжник Роз'єм USB	від 500
2000	12	220	Індикатор роботи Вбудований запобіжник Роз'єм USB	від 1500
3000	12	220	Індикатор роботи Вбудований запобіжник Роз'єм USB	від 2700
4000	12	220	Індикатор роботи Вбудований запобіжник Роз'єм USB	від 4000

Перш ніж перейти до конструювання сонячної станції необхідно дослідити як правильно обрахувати потужність сонячної батареї.

Формула розрахунку потужності сонячної батареї виглядає наступним чином:

$$W = \frac{k \times P_w \times E}{1000} \quad (2.1)$$

$k$  — фіксоване значення. Коефіцієнт дорівнює 0,5 – в літній період і 0,7 – в зимовий;

$P_w$  — заводська потужність батареї;

$E$  — значення інсоляції за обраний період.

Інсоляція — це кількість радіації сонця, яка потрапляє на поверхню планети. А також той фактор, який дозволяє виміряти, скільки світить сонце в тому чи іншому регіоні. Використовує значення кВт/год/м<sup>2</sup>/доба. Для розрахунку потужності сонячної батареї потрібно враховувати рівень інсоляції, адже в кожній області він різний, а відповідно потужність панелей теж буде різна. Чим нижче рівень інсоляції у регіоні, тим потужніше потрібна сонячна станція. Щоб дізнатися коефіцієнт



інсоляції необхідно скористатися відповідними довідниками [4]. Наприклад, середнє значення річного рівня інсоляції в місті Красноград рівне 1250 кВт\*год/м<sup>2</sup>.

З'ясувавши реальну потужність батареї, слід переглянути витрати електроенергії. Для цього до розрахованого показнику потрібно додати розміри втрат від роботи самої сонячної установки (головним чином, акумуляторів). Такі витрати зазвичай не перевищують 25%. Потенційна виробнича спроможність сонячних панелей залежить від кількох факторів, включаючи кути нахилу та орієнтацію. Ідеальний кут нахилу панелі в Україні сягає близько 35-45 градусів, оскільки це дає найбільшу здатність до збору сонячної енергії протягом року [7]. Також важливо враховувати орієнтацію панелей. У Північній півкулі оптимальною орієнтацією є приблизно на південь, в той час як в Південній півкулі це може бути на північ. Залежно від цих параметрів, сонячна панель може забезпечити виробництво електроенергії від 240 до 300 кВт/год на квадратний метр на рік. Однак, варто враховувати також інші фактори, такі як погодні умови і наявність тіні, які можуть вплинути на здатність панелі до збору енергії. Дотримуючись оптимальних налаштувань та умов, сонячна панель може стати ефективним джерелом енергії для будь-якого дому чи підприємства [3].

## 2.2. Створення сонячної станції та аналіз її ефективності у реальних умовах експлуатації

Для створення сонячної зарядної станції мною було взято комплектуючі, які мають найменшу вартість. Основою сонячної батареї є сонячні панелі 6В/1Вт, а контролером заряду - контролер заряду сонячної батареї YJSS-20A.



Рис 2.1. Сонячна панель 6В/1Вт та контролер заряду сонячної батареї YJSS-20A  
(фото автора)

Так як робочий діапазон напруги контролера становить 12/24 В, то панелі були об'єднані блоками по три послідовно, а десять блоків – паралельно.

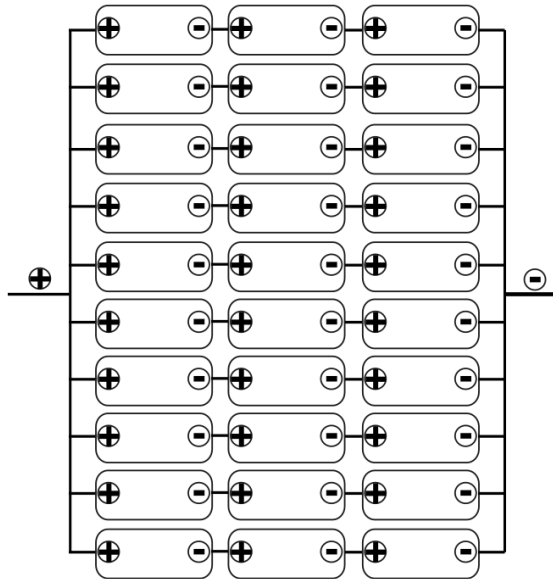


Рис. 2.2. Схема підключення сонячних панелей (фото автора)

В результаті на виході отримано максимальна напруга 18В, сила струму 1650 мА та розрахункова потужність 30 Вт

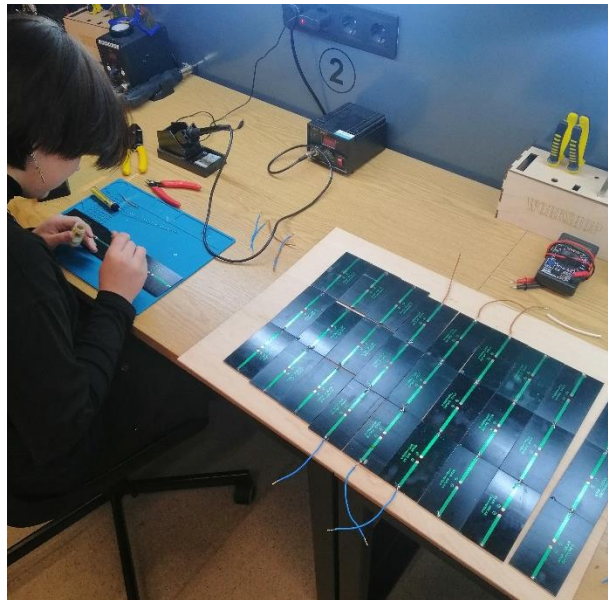


Рис 2.3. Процес пайки сонячних панелей (фото автора)

Для накопичення енергії використано акумулятор для джерела безперебійного живлення Enot AGM 12V-7Ah (NP7.0-12/по VAT) напругою 12В та ємністю 7 А\*год та інвертор напруги 1000 Вт 12/220 В

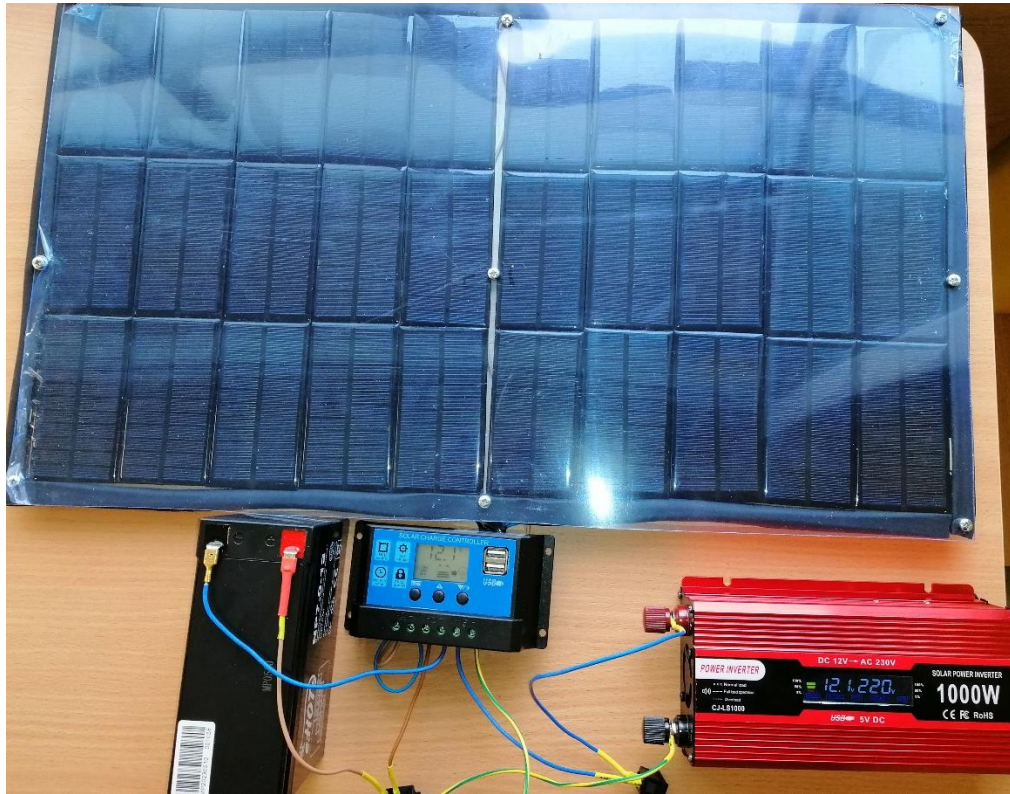


Рис 2.4. Робота сонячної станції (фото автора)

Обрахуємо потужність створеної сонячної станції за формулою (2.1).

$k = 0,7$  – в зимовий;

$P_W$  — 30 Вт;

$E$  — 1250 кВт\*год/м<sup>2</sup>.

$$W = \frac{0,7 \times 30 \times 1250}{1000} = 26,25 \text{ Вт}$$

Тепер необхідно розрахувати час зарядки акумулятора від сонячної панелі. Ємність акумулятора зазвичай написана на його корпусі або в технічних характеристиках. Наприклад, якщо ємність акумулятора становить 7 Ампер\*годин, то ми знаємо, що він може видати струм 7 Ампер протягом однієї години. У деяких акумуляторах ємність може бути вказана в міліампер\*годинах, а не в Ампер\*годинах. У такому випадку ємність акумулятора слід перевести в Ампер\*години, щоб можна було використовувати формулу для збільшення Вт\*годин. Для перетворення ємності акумулятора з міліампер\*годин в Ампер\*години необхідно розділити значення ємності на 1000. Наприклад, якщо ємність акумулятора вказана як 7000

міліампер\*годин, то його ємність в Ампер\*годинах буде рівною 7 Ампер\*годин. Напруга акумулятора також пишеться на його корпусі або в технічних характеристиках. Наприклад, якщо напруга акумулятора становить 12 В, то ми знаємо, що він може видавати енергію під напругою 12 В.

Формула для вираховування Вт\*год акумулятора виглядає так:

$$W_h = A_h \times V \quad (2.2)$$

де  $W_h$  – Вт\*години,  $A_h$  – Ампер\*години,  $V$  – напруга.

Для обраної акумуляторної батареї це значення обраховуємо за формулою (2.2), воно становить 84 Вт\*год:

$$W_h = 7 \text{ А} * \text{год} \times 12 \text{ В} = 84 \text{ Вт} * \text{год}$$

Важливо, що ця формула застосовна тільки для теоретичного розрахунку Вт\*год акумулятора. У реальному світі ємність і напруга акумулятора можуть змінюватися в залежності від багатьох факторів, таких як температура навколишнього середовища, навантаження на акумулятор тощо [10].

Для того щоб розрахувати час зарядки акумулятора від сонячної батареї, можна виключити просту формулу:

$$\text{Час зарядки} = \frac{\text{Ємність акумулятора}}{\text{Потужність сонячної батареї}} \quad (2.3)$$

Для акумуляторної ємності 84 Вт\*год і сонячної батареї потужністю 26 Вт зарядки становитиме близько 3,23 годин:

$$T = \frac{84 \text{ Вт} * \text{год}}{26 \text{ Вт}} \approx 3,23 \text{ год}$$

Отже, за умови, що ефективність зарядки є стабільною, акумулятор зарядиться приблизно за 3,23 години від цієї сонячної батареї. Треба також забезпечити ефективність перетворення енергії, яка може варіюватись у залежності від умов довкілля та системи заряду. Після проведення випробувань було встановлено, що реальний час заряджання збільшується у 1,3 – 1,5 в залежності від інтенсивності сонячного світла. Тобто реальний час зарядки становить 4,2 – 5 годин.

На останньому етапі обрахуємо час роботи різних приладів від акумулятора із використанням інвертору напруги. Час роботи приладу від акумулятора розраховується за такою формулою:

$$\text{Кількість годин(разів)} = \frac{\text{Ємність акумулятора}}{\text{Витрата енергії за одну годину(або заряд)}} \quad (2.4)$$

Таким чином маємо, що ємність акумулятора становить 7А\*год або 1540Вт\*год відповідно.

Для розрахунків візьмемо такі прилади і данні про них:

- Зарядка для телефона витрачає приблизно 5-10 Вт годин електроенергії для одного повного заряджання.
- Потужність електрокомфорки може значно варіюватися, але в середньому вона зазвичай споживає від 1000 до 3000 Вт на годину користування.
- Електрочайник зазвичай споживає приблизно 1200 до 2000 Вт електроенергії за одне користування, залежно від його потужності та часу, необхідного для закипання води.
- Економ лампочки, такі як LED, зазвичай споживають від 6 до 15 Вт на годину користування, що робить їх значно ефективнішими в порівнянні з традиційними лампочками.
- Потужність насоса для опалення може значно варіюватися, але в середньому вона зазвичай становить від 50 до 700 Вт.
- Тепловентилятори зазвичай мають потужність від 750 до 2000 Вт.
- Потужність підігріву в електропростирадла може варіюватися, але в середньому вона становить близько 50-200 Вт. Залежно від конкретного простирадла і його потужності [3].

Використовуючи середнє значення споживання приладів взятих для обрахунків маємо: акумулятор зможе витримати приблизно 2 заряди телефона, 1,03 години роботи електрокомфорки, 1 година користування електрочайником, 102,67 години роботи LED-лампи, 1,54 години роботи насоса для опалення, 1,03 години роботи тепловентилятора, 10,27 годин роботи електропростирадла. Але варто зазначити, що використання перетворювачів зменшує час роботи приладів в середньому на 10 –

20%. Тобто якщо брати час роботи тепловентилятора то він зменшується до 50 – 55 хвилин. При реальних випробуваннях він пропрацював від акумулятора 45 хвилин.

**Наукова новизна проєкту.** У процесі збору сонячної панелі було проведено ряд досліджень ефективності паралельного та послідовного їх підключення. У ході проведення експериментів було визначено, що при похмурій погоді, коли ефективність сонячного світла падає паралельне з'єднання панелей дає більший вихідний струм ніж послідовне. Такі дослідження у науковцями у таких умовах раніше не проводилися. Графіки залежності вихідного струму від вихідної потужності можна побачити на малюнку (2.5).

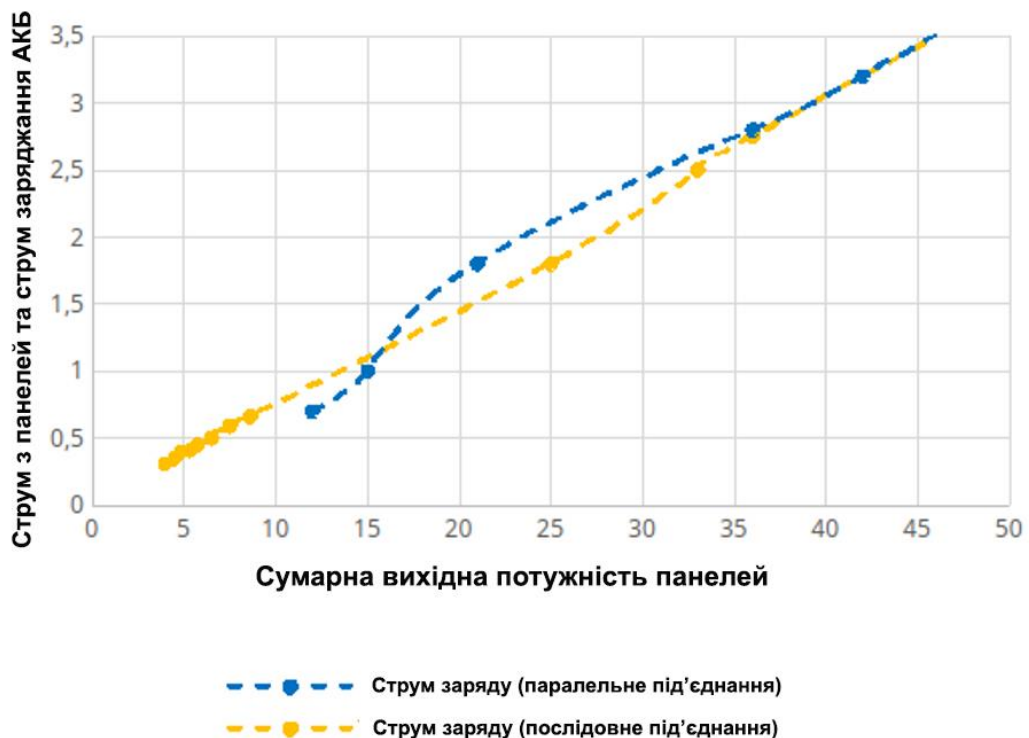


Рис 2.5. Зміна струму при паралельному та послідовному з'єднанні панелей малої потужності у похмуру погоду (фото автора)

На ньому видно, що для панелей невеликої потужності 20-40 Вт різниця у струмі достатньо суттєва і становить близько 0,5 А. Що вказує на доцільність саме такого під'єднання панелей за умов хмарної погоди чи затіненості. Слід зауважити, що при збільшенні потужності панелей і відповідно при збільшенні вихідного струму існує небезпека перегріву провідників і пошкодження ізоляції. Тому для більш ефективного та безпечного використання виявленого ефекту, можна створити та

провести дослідження системи яка буде містити перемикачі послідовного на паралельне з'єднання в залежності від погодних умов та ефективності сонячного світла.

## ВИСНОВКИ

Процес дослідження та проектування був надзвичайно захопливим, але й у той час достатньо не простим. Після аналізу перспектив розвитку екологічно чистої енергетики можна зробити висновки, що використання сонячних станцій є перспективною темою. Але "чиста" енергетика включає в себе використання сили вітру, енергію річок та хвиль, тому є достатньо багато матеріалу для дослідження та впровадження у користування.

У роботі було детально досліджено види, характеристики та принципи роботи сонячних панелей як основного компоненту електростанції. Їх розуміння дало старт реалізації проєкту та допомогло при розробці його схеми. На наступному етапі здійснено розробку схеми пристрою та проведено порівняльний аналіз компонентів, які представлені на ринку України. Ключовим моментом є те, що комплектуючі повинні бути наявними у постачальників та легкодоступними для пересічного громадянина.

Під час монтажу сонячної панелі було перевірено декілька схем монтажу. Потрібно було врахувати такі параметри, як габарити пристрою, його вихідну напругу та силу струму, вони мали відповідати характеристикам контролера заряду батареї, потужність батареї. Як результат, отримано сонячну станцію потужністю 26,25 Вт, яка може заряджати акумуляторні батарею 12 В 7А\*год приблизно за 4 години. Хоча практичні дослідження показали, що час зарядки восени та взимку у похмуру погоду може збільшитися 1,3-1,5 рази.

Наукова новизна дослідження. Під час монтажу станції було виявлення ефект різниці вихідного струму при паралельному та послідовному підключенні панелей низької потужності. В умовах низької освітленості або затіненості станції різниця становить близько 0,5 А, що є суттєвим для станцій малої потужності, але при збільшенні потужності слід звертати увагу на перевантаження провідників, та дослідити можливість побудови системи з перемикачем з паралельного на послідовне підключення.

Як підсумок, можна впевнено стверджувати, що всі цілі дослідження досягнуто. А також доведено можливість створення сонячної станції у домашніх умовах, яка



допоможе забезпечити базові побутові потреби у разі довгострокового вимкнення світла. Тема ефективного використання сонячної станції є надзвичайно важливою, адже у перспективі, для невеликих панелей, можна дослідити можливість ефективного налаштування кута нахилу, орієнтації та зміни паралельного на послідовне підключення за допомогою відповідних датчиків та мікроконтролера.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дмитренко Л.В., Барандіч С.Л.. Оцінка кліматичних ресурсів сонячної енергії в Україні. URL : [https://uhmi.org.ua/pub/np/256/9\\_Dmytrenko\\_Barand.pdf](https://uhmi.org.ua/pub/np/256/9_Dmytrenko_Barand.pdf)
2. Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкту. /О.О. Казіміров, К.В. Власов, А.І. Куртов, А.І. Потіхенський // Система обробки інформації, 2017.- №1(147).- С. 58-61
3. Кудря С.О. та ін. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України: НАН України; Інститут електродинаміки та ін. Київ, 2001. 41с.
4. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «КІМ».- 2019. -250 с.
5. Постанова “Про затвердження Порядку продажу та обліку електричної енергії, виробленої споживачами, а також розрахунків за неї ”. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v2804874-19>
6. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20.02.2003. № 555-IV.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.
7. Світові тенденції застосування та виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел енергії. Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=353>
8. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П. та ін. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007. 490с.
9. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу. Посібник для інвесторів. Міжнародна фінансова корпорація (IFC). Київ. 2017 р. 80 с.
10. Щербина О. Енергія для всіх: технічний довідник з енергоощадності та відновних джерел енергії / О. Щербина. – Ужгород: Вид. В. Падяка, 2007. – 340 с
11. Solarcart [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solarcart.com.ua/2018/08/13/pokazateli-insolyatsii-po-ukraine/>

12. Solarfamily [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://solarfamily.ua/blog/yaki-buvayut-sonyachni-paneli-yihni-riznovidi-ta-harakteristiki\\_1](https://solarfamily.ua/blog/yaki-buvayut-sonyachni-paneli-yihni-riznovidi-ta-harakteristiki_1)
13. Sun-energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://sun-energy.com.ua/articles/yak\\_pratsuyut\\_sonyachni\\_paneli](https://sun-energy.com.ua/articles/yak_pratsuyut_sonyachni_paneli)
14. Vipmart [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vipmart.com.ua/ua/a486669-elektronnaya-kniga-solnechnaya.html>
15. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org>