

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка міні сонячної електростанції

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

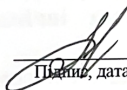
Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу групи ЕМ-20-1


Підпис


Альбанська А.А.
Ініціали, прізвище

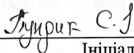
Керівник


Підпис, дата

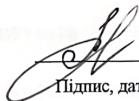
д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата


Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

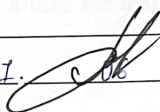
11 06 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


11. 02 2024

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Альбанська Ангеліна Андріївна

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка міні сонячної електростанції**
керівник роботи **Поліщук О.С., д.т.н., проф.**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики міні сонячних електростанцій аналогів.**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 **Огляд та аналіз технічних джерел щодо альтернативної електроенергетики**

2 **Розробка конструкції автономної переносної міні сонячної електростанції**

3 **Розрахунки, що підтверджують працездатність автономної міні сонячної електростанції**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Типи сонячних електростанцій. Док. оглядовий (A1). Аркуш 2.

Міні сонячна електростанція. Схема структурна (A1). Аркуш 3. Міні

сонячна електростанція. Схема електрична комбінована (A1). Аркуш 4.

Міні сонячна електростанція. Документ ілюстраційний (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

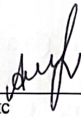
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

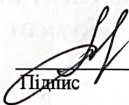
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз технічних джерел щодо альтернативної електроенергетики	21.05.24р.	
2 Розробка конструкції автономної переносної міні сонячної електростанції	07.06.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність автономної мін сонячної електростанції	17.06.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	20.06.24р.	

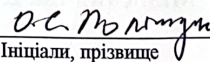
Студент


Підпис

_____ Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис


Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Альбанська Ангеліна Андріївна

2. Тема бакалаврської роботи
Розробка міні сонячної електростанції

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 4 арк., сторінок записки 67

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

1 Огляд та аналіз технічних джерел щодо альтернативної електроенергетики

2 Розробка конструкції автономної переносної міні сонячної електростанції

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність автономної міні сонячної електростанції

Висновки

Перелік джерел посилання

Підпис студента _____

"11" 06 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол № від "27" 06 2024 р.

Оцінка проекту ЕК _____

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____





"27" 06 2024 р.

ЗМІСТ

стор.

	Вступ	6
1	Огляд та аналіз технічних джерел щодо альтернативної електроенергетики	8
1.1	Сонячна енергетика, установки та технології	8
1.2	Сонячні елементи та принципи їх роботи	11
1.3	Види фотоелектричних систем	16
1.4	Основні елементи фотоелектричних систем	20
1.5	Перспективи розвитку та інновації	27
1.6	Висновки до першого розділу	32
2	Розробка конструкції автономної переносної міні сонячної електростанції	33
2.1	Блок-схема автономної міні сонячної електростанції	33
2.2	Розробка структурної схеми автономної міні сонячної електростанції	34
2.3	Вибір основних елементів сонячної панелі	37
2.4	Розробка електричної схеми з'єднання елементів міні сонячної електростанції	53
2.5	Розробка конструкції автономної міні сонячної електростанції	55
2.6	Принцип роботи міні сонячної електростанції	56
2.7	Висновок до другого розділу	57
3	Розрахунки, що підтверджують працездатність автономної міні сонячної електростанції	58
3.1	Розрахунок ємності акумуляторної батареї	58

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	Надком.	Підпис	Дата				
Виконав		Альбанська			Розробка міні сонячної електростанції	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Поліщук					4	67
Н.контр.		Поліщук			ХНУ гр.ЕМ-20-1			
Затвер.		Поліщук						

3.2	Розрахунок потужності сонячної панелі	60
3.3	Висновки до третього розділу	61
	Висновки	62
	Перелік джерел посилання	63
	Додатки	67

ВСТУП

Сучасний світ стикається з низкою екологічних викликів, серед яких найбільш гострими є зміна клімату та виснаження традиційних енергетичних ресурсів. У зв'язку з цим, зростає потреба у розвитку альтернативних джерел енергії, зокрема, сонячної енергетики. Сонячна енергія є однією з найперспективніших галузей, яка може забезпечити чисту, невичерпну та безпечну енергію для людства.

Розробка автономних міні сонячних електростанцій є особливо актуальною темою в контексті забезпечення енергетичної незалежності окремих домогосподарств, малих підприємств та віддалених населених пунктів. Такі електростанції дозволяють використовувати сонячну енергію без необхідності підключення до центральної енергетичної мережі, що є суттєвою перевагою для регіонів з обмеженим доступом до традиційних джерел електроенергії.

Перспективним джерелом поновлюваної енергії є сонячна енергія, акумульована за допомогою фотоелектричних батарей.

Фотоелектричні батареї частково забезпечують електропостачання промислових підприємств, їх використовують для живлення телекомунікаційного та навігаційного обладнання, метеостанцій і військових об'єктів, науково-дослідних станцій.

Для того щоб фотоелектричні батареї (фотоелектричні модулі) були надійним джерелом електроенергії, необхідно мати додаткові елементи в системі: кабелі, підтримуюча структура і, в залежності від типу системи (приєднана до мережі, автономна чи резервна), ще й електронний інвертор і контролер заряду з акумуляторною батареєю. Така система в цілому

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

називається сонячною фотоелектричною системою, або фотоелектричною станцією.

Розробка автономної переносної сонячної електростанції є актуальною через зростаючу потребу в незалежних, екологічно чистих джерелах енергії, особливо для віддалених районів, де відсутня централізована електромережа. Така електростанція забезпечує стабільне енергопостачання в умовах екстрених ситуацій, кемпінгу або польових робіт, підвищуючи енергонезалежність та сприяючи зниженню викидів парникових газів. Завдяки компактності і мобільності, переносні сонячні електростанції є зручним і ефективним рішенням для забезпечення електроенергією в будь-яких умовах.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Сонячна енергетика, установки та технології

Сонячна енергія може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: фотоелектричним і термодинамічним [1].

При термодинамічному методі електричну енергію за рахунок застосування сонячної енергії можна отримати використовуючи традиційні схеми в теплових установках, в яких теплота згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Принципова схема отримання електричної енергії в сонячній тепловій електростанції приведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1-Принципова блок-схема сонячної теплової електростанції.

Сонячна енергетика - використання сонячної енергії для отримання електричної або теплової енергії в будь-якому зручному для їх застосування вигляді. Сонячна енергетика використовує поновлюване джерело енергії і майбутньому, може стати екологічно чистою, тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів [14].

Сонячна енергія широко використовується і є економічно виправданою в ситуаціях, коли доступність інших джерел енергії низька, а сонячного випромінювання достатньо.

Закладання основи для експлуатації сонячних теплових електростанцій (СЕС).

Принцип полягає в концентрації енергії сонячних променів на теплоприймачі, заповненому теплоносієм, і перетворення її в теплову енергію. Діапазон температур теплоносія від 200 °С до 1000 °С в залежності від конструктивних особливостей СЕС. Як і на звичайних ТЕС, тепла енергія перетворюється в електричну за допомогою газової або парової турбіни. На практиці використовують дві принципово різні схеми теплових СЕС.

Перша схема передбачає використання двоконтурного компонування. У першому контурі відбувається нагрів теплоносія в теплообміннику (колекторі), який потрапляє в акумулюючу систему. Теплоносій першого контуру в акумулюючому середовищі («буфер» в системі теплоприймач/нагрівач робочого тіла) виконує роль джерела тепла для другого (робочого) контуру, робоче тіло якого обертає турбіни теплового двигуна.

Друга схема теплової СЕС – одноконтурна. Контур теплоносія виконує функції робочого контуру. У сонячному теплоприймачі відбувається нагрів робочого тіла. Теплоносій частково потрапляє безпосередньо на вхід теплового двигуна, частково – в акумулятор (якщо передбачено

конструкцією).

Всі існуючі термодинамічні СЕС для досягнення високих температур теплоносіїв використовують концентратори, які відображають сонячні випромінювання з великою дзеркальної поверхні на меншу поверхню колектора (приймача).

Основні елементи теплових СЕС:

- концентратор;
- колектор;
- тепловий акумулятор (ТА) ;
- система передачі енергії;
- система стеження за сонцем (трекер).

Головний недолік, який притаманний усім сонячним установкам і СЕС – періодичність роботи, пов’язана з відсутністю сонячного випромінювання (через погоду, певний час дня, пору року). Конструктивно вирішити цю проблему допомагає установка додаткових концентраторів. Отримана рано вранці, або в години низького споживання електроенергії, енергія може накопичуватися в спеціальних акумуляторах. Запасена в ТА енергія використовується для отримання електроенергії при пікових навантаженнях і в години, коли припиняється надходження тепла від концентраторів. Можливість накопичувати та зберігати теплову енергію вночі або в сутінки – перевага теплової СЕС над електростанціями, на яких застосований фотоелектричний метод перетворення енергії [2].

Сонячна енергія, на поверхні Землі.

Потік сонячного випромінювання, що проходить крізь площу 1 м^2 , розташовану перпендикулярно потоку випромінювання на відстані однієї астрономічної одиниці від центру Сонця (тобто зовні атмосфери) Землі, дорівнює 1367 Вт/м^2 (сонячна постійна) (рис. 1.2).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Через поглинання атмосферою Землі, максимальний потік сонячного випромінювання на рівні моря — 1020 Вт/м². Середньодобове значення потоку сонячного випромінювання як мінімум втричі менше. Взимку в помірних широтах, це значення удвічі менше. Ця кількість енергії з одиниці площі, визначає можливості сонячної енергетики [3].

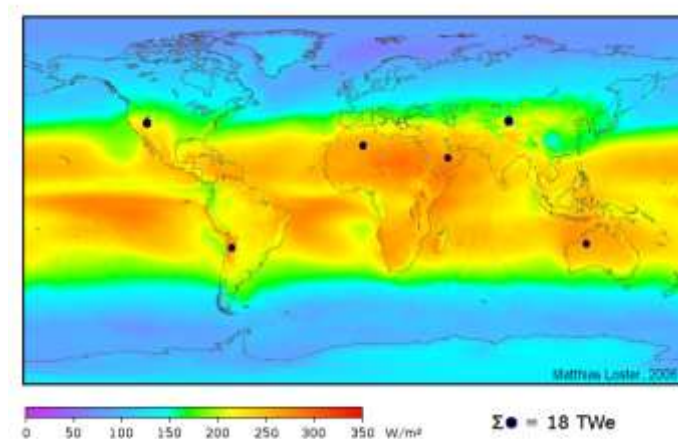


Рисунок 1.2 –Мапа сонячного випромінювання

1.2 Сонячні елементи та принципи їх роботи

Найпростіша конструкція сонячного елемента (СЕ), приладу для перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну приведена на рис. 1.3.

На невеликій глибині від поверхні кремнієвої пластини сформований р-п перехід з тонким металевим контактом.

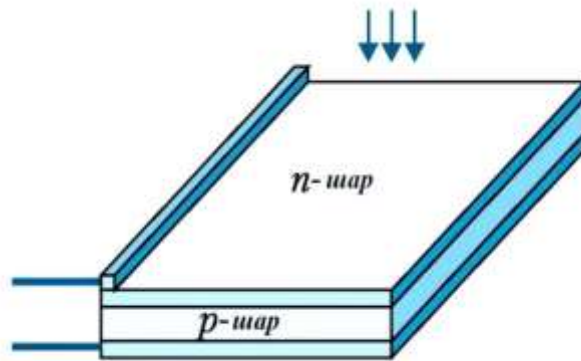


Рисунок 1.3 – Конструкція сонячного елемента

В основі СЕ - два шари кремнію або іншого напівпровідника = матеріалу, який стає провідником струму за певних умов. Один шар негативний, другий - позитивний. При попаданні світла на фотоелементи відбувається перетікання електронів, і виробляється електричний струм (рис. 1.4).

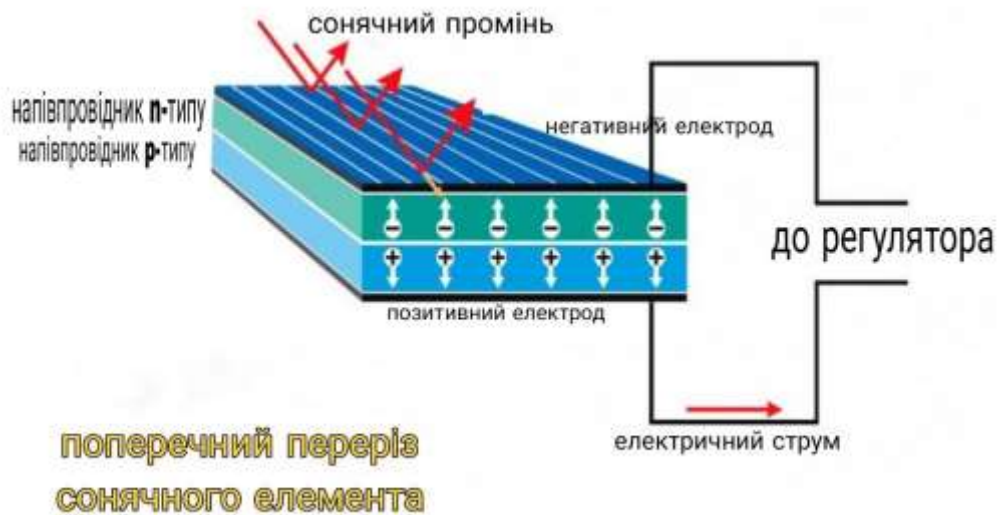


Рисунок 1.4 – Поперечний переріз сонячного елемента

Більшість вироблених кремнієвих СЕ - монокристалічні та полікристалічні. Перші найбільш ефективні, але коштують приблизно на 10%

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

дорожче за другі. Монокристалічні на вигляд відрізняються від полікристалічних зрізаними кутами.

На панелях з моноелементів на перетинах квадратних осередків видно невеликі ромбики. Фотомодулі з поліелементів складаються з прямокутних осередків, розділених тонкими смужками.

Для ефективної роботи сонячних елементів потрібне дотримання ряду умов:

- оптичний коефіцієнт поглинання активного шару напівпровідника повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити поглинання значної частини енергії сонячного світла в межах товщини шару;

- електрони і дірки, що генеруються при освітленні мають ефективно збиратися на контактних електродах з обох сторін активного шару;

- повний опір, включений послідовно з сонячним елементом (виключаючи опір навантаження), повинен бути малим для того, щоб зменшити втрати потужності (тепло джоуля) в процесі роботи;

- сонячний елемент повинен мати значну висоту бар'єру в напівпровідниковому переході;

- структура тонкої плівки повинна бути однорідною по всій активній області сонячного елемента, щоб виключити замикання і вплив опорів шунтування на характеристики елемента [4].

Сонячні панелі.

Модуль кристалічних осередків є «сандвіч», в якому СЕ знаходяться всередині, а зверху і знизу розташовані захисні шари:

- скло;

- герметичний прошарок;

- сонячні елементи;

- скло або захисна плівка.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

т. ч. різну портативну техніку, енергозберігаючі джерела світла, наприклад, ті ж світлодіодні лампи [4].

Для того щоб фотоелектричні батареї (фотоелектричні модулі) були надійним джерелом електроенергії, необхідно мати додаткові елементи в системі: кабелі, підтримуюча структура і, в залежності від типу системи (приєднана до мережі, автономна чи резервна), ще й електронний інвертор і контролер заряду з акумуляторною батареєю. Така система в цілому називається сонячною фотоелектричною системою, або фотоелектричною станцією.

1.3 Види фотоелектричних систем

Автономні системи. Автономні фотоелектричні системи (АФС) використовуються там, де немає мереж централізованого електропостачання.

Для забезпечення енергією в темний час доби або в періоди без яскравого сонячного світла необхідна акумуляторна батарея. АФС часто використовуються для електропостачання окремих будинків. Малі системи дозволяють жити базове навантаження (освітлення та іноді телевізор чи радіо). Потужніші системи можуть також жити водяний насос, радіостанцію, холодильник, електроінструменти тощо. Система складається з панелі, контролера, акумуляторної батареї, кабелів, електричного навантаження та підтримуючої структури (рис. 1.5) (аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]).

Переваги автономних сонячних електростанцій:

- чиста та безпечна електроенергія;
- повна незалежність від центрального електропостачання;
- швидко монтується та прості у користуванні;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

-дозволяють контролювати необхідний рівень споживання електроенергії.

Недоліки автономної сонячної електростанції:

-не підходить для тих, хто планує скористатися перевагами «зеленого тарифу»;

-містить акумуляторні батареї, які потребують періодичної заміни та значно збільшують вартість СЕС;

-обмежені у ресурсі при зменшенні сонячної активності;

-потребує аварійного джерела живлення;

-висока вартість обладнання СЕС [15].



Рисунок 1.5 - Приклад автономної СЕС

Приєднані до мережі сонячні фотоелектричні системи. Якщо є мережа централізованого електропостачання, але є бажання мати електроенергію від чистого джерела (Сонця), сонячні панелі можуть бути приєднані до мережі. За умовою підключення достатньої кількості фотоелектричних модулів, певна частина навантаження в будинку може житися від сонячної електрики. Приєднані до мережі фотоелектричні системи зазвичай складаються з одного чи багатьох модулів, інвертора, кабелів, підтримуючої структури та електричного навантаження (рис. 1.6).

1.4 Основні елементи фотоелектричних систем

Фотоелектричні батареї.

Фотоелементи виготовляються з модулів із кристалів кремнію. Залежно від сфери застосування сонячні модулі можуть мати різну конструкцію та різну вихідну потужність. Для забезпечення автономного живлення використовуються фотоелементи. Фотоелементи класифікуються відповідно до розташування атомів кремнію в кристалі сонячного елемента: монокристалічні, полікристалічні та аморфні.

Фотоелементи виготовляються у вигляді панелей, вбудованих в каркас з алюмінієвих профілів. Панель являє собою фотоелектричний генератор, що складається зі скляної пластини, на тильній стороні якої розміщені сонячні батареї між двома шарами герметичної (ламінованої) плівки, електрично з'єднаних один з одним через металеві шини. Нижній шар повітронепроникної мембрани захищений від зовнішніх впливів захисною плівкою (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд фотоелектричних батарей різного типорозміру і потужності

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

До внутрішньої сторони корпусу модуля прикріплений блок терміналів, під кришкою якого розміщені електричні контакти. Основними технічними характеристиками фотоелектричних батарей є: вихідна потужність, максимальна напруга і струм, тип елементів з яких виготовлена батарея, габаритні розміри і вага [6].

Монокристалічні фотоелектричні батареї виготовляють з надчистого кремнію, який досить добре освоєний у виробництві напівпровідників.

Оптимальна кількість елементів, що використовуються для побудови батарей – 36 штук. Батареї, отримані з елементів монокристалів кремнію, користуються найбільшою популярністю. ККД монокристалічних батарей – 14-17 % (рис. 1.10)



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд монокристалічної фотоелектричної батареї

Полікристалічні фотоелектричні батареї виготовляють з кремнію, який виходить з повільно охолоджуваного кремнієвого розплаву. Такий спосіб менш енергоємний і дешевий. Кремній, який отримують для

полікристалічних фотоелектричних батарей, яскравого синього кольору. ККД полікристалічних батарей – 10-12 % (рис. 1.11) [7].



Рисунок 1.11 –Зовнішній вигляд полікристалічної сонячної батареї

Батареї з аморфного кремнію виготовляють шляхом «техніки випарної фази». Тонка плівка кремнію при цьому методі просто осідає на несучий матеріал і захищається покриттям, тому такі батареї також називаються тонко плівковими. Цей метод виготовлення найпростіший і дешевший, проте ефективність батареї значно нижча, ніж в кристалічних батареях, до того ж елементи з аморфного кремнію схильні до процесу деградації. Працюють тонко плівкові батареї при розсіяному випромінюванні, встановлюються на стіни будівель. ККД батарей з аморфного кремнію - 5-6% (рис. 1.12) [8].



Рисунок 1.12 –Аморфна батарея

Акумуляторні батареї (АКБ).

Невід’ємним компонентом фотоелектричних систем є акумуляторні батареї (рис. 1.13) великої ємності, що не обслуговуються. Такі АКБ гарантують незмінну якість і збереження функціональних можливостей на протязі всього заявленого життєвого циклу – пристрій для накопичення енергії з метою її подальшого використання. Різні типи акумуляторів відрізняються за кількістю циклів заряду-розряду, терміном зберігання, ємністю і розмірами, температурним діапазоном роботи, можливостям швидкої зарядки, мають різну вартість тощо.



Рисунок 1.13 - Акумуляторні батареї фотоелектричних систем

Акумуляторні батареї для фотоелектричних систем повинні відповідати певним вимогам. А саме:

- низький рівень саморозряду;
- здатність працювати в режимах глибокого розряду;
- робота з малими струмами заряду;
- робота при негативних температурах (для систем круглорічного використання);
- мінімальні вимоги з використання.

Для фотоелектричних систем використовують спеціалізовані акумулятори типу AGM і GEL.

Акумулятори AGM розшифровуються, як абсорбуючі скляні мати. Фактично, це звичайна склотканина, розташована між позитивними і негативними свинцевими пластинами. У цій склотканині у «зв'язаному» стані знаходиться електроліт. Завдяки тому, що електроліт знаходиться у зв'язаному стані, можлива експлуатація батарей в будь-якому положенні.

Акумулятор GEL розшифровується як Gelled Electrolite. У гелевих акумуляторах в якості сепаратора між свинцевими пластинами застосовується силікагель яким заливається простір між пластинами в процесі виробництва. Силікагель після застигання являє собою тверду речовину з величезною кількістю пор, в яких утримується електроліт. Завдяки тому, що силікагель повністю займає простір між пластинами, в гелевих акумуляторних батареях практично неможливе осипання свинцевих пластин і як наслідок, закорочування і вихід з ладу.

Контролери заряду акумуляторних батарей.

Контролери (рис. 1.14) призначені для управління режимами заряду і розряду акумуляторних батарей у складі фотоелектричних системах, забезпечують максимальну працездатність і довговічність всіх елементів системи, захищають її від перевантажень і коротких замикань.

Основними функціями контролерів заряду є:

- регулювання та індикація процесів заряду і розряду АКБ;
- запобігання перезаряду АКБ;
- запобігання глибокого розряду АКБ;
- вимкнення/вмикання навантаження, якщо навантаження підключене через контролер.



Рисунок 1.14 –Контролери заряду АКБ

Інвертори напруги.

Інвертори напруги – це перетворювачі постійного струму напруги 12, 24, 36 або 48 В в змінний струм напруги 220В з промисловою частотою 50 Гц. Джерелами постійного струму є акумуляторні батареї, фотоелектричні батареї або вітрогенератори. Інвертор використовує енергію однієї або декількох акумуляторних батарей (рис. 1.15).

За допомогою інвертора можна жити від акумулятора практично будь-який електроприлад, а також освітлювати весь будинок. Це дозволяє користуватися електроприладами там, де немає постійних джерел електричної енергії. В умовах, коли в центральній електромережі є напруга, акумуляторні батареї заряджаються від фотоелектричних батарей. Як тільки подача центральної електроенергії припиняється, тоді в роботу вступають вони самі. Інвертор перетворює струм акумуляторних батарей і повністю або частково замінює центральне енергопостачання на автономне. Звичайні інвертори, які підключені до системи стаціонарного електропостачання в комплекті з сонячними батареями чи іншими генераторами працюють саме таким чином.

Після подачі центрального електропостачання розряджені АКБ знову живляться від сонячних панелей. Після повного набору ємності акумуляторних батарей сонячні модулі стають незатребуваними, оскільки електроенергію, яку вони проводять, нікуди витратити. Гібридні інвертори дозволяють не тільки зарядити АКБ, але і витратити «зайву електроенергію», вироблену сонячними модулями або іншими альтернативними джерелами електропостачання, направити в загальну мережу.

За формою вихідного сигналу перетворювачі напруги розділяються на перетворювачі з:

- чистою синусоїдою;
- з модифікованою синусоїдою;
- з псевдосинусоїдою.



а



б

Рисунок 1.15 – Інвертори напруги фотоелектричних систем:
а-автономні; б-гібридні

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
26

1.5 Перспективи розвитку та інновації

Новітні технології в сонячній енергетиці.

Сонячна енергетика продовжує стрімко розвиватися завдяки інноваціям, які підвищують ефективність, знижують вартість та розширюють можливості використання сонячних панелей. Ось деякі з найновіших технологій, що сприяють прогресу в цій галузі(рис 1.16).



Рисунок 1.16 - Стадії розвитку сонячних фотоелектричних технологій

1) Перовскітні сонячні елементи.

Перовскітні сонячні елементи є однією з найперспективніших технологій у сонячній енергетиці. Вони відзначаються високою ефективністю перетворення світла на електроенергію та можливістю виробництва за низькою вартістю. Перовскіти мають потенціал замінити кремнієві панелі завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока абсорбція світла і легкість нанесення на різні поверхні(рис.1.17).



Рисунок 1.17 – Загальний вигляд сонячних панелей на перовскітніх елементах

2) Біперсторонні(двосторонні) сонячні панелі.

Біперсторонні сонячні панелі здатні генерувати електроенергію як з передньої, так і з задньої сторони. Це дозволяє збільшити загальну ефективність системи, особливо в умовах відбитого світла, наприклад, від снігу або світлих поверхонь. Така технологія є особливо корисною в регіонах з високою відбивною здатністю ґрунту. Вони більш довговічні, тому що обидві сторони стійкі до ультрафіолетового випромінювання і менш схильні до проблеми деградації, викликаній потенціалом (PID). Витрати на баланс системи (BOS) також знижуються, тому що двосторонні модулі можуть генерувати більше енергії при меншому розмірі масиву(рис.1.18)[9].



Рисунок 1.18 - Загальний вигляд двосторонніх сонячних панелей

3) Тандемні сонячні елементи.

Тандемні сонячні елементи поєднують кілька різних шарів матеріалів, кожен з яких поглинає різні частини сонячного спектру. Тандемні сонячні батареї — це стоси окремих комірок, які розміщуються кількома шарами, причому кожен вибірково перетворює певну смугу випромінювання в електричну енергію. Це дозволяє значно підвищити ефективність перетворення сонячної енергії у порівнянні з традиційними монокристалічними кремнієвими елементами. Тандемні елементи часто складаються з комбінації кремнієвих та перовскітних матеріалів[10].

4) Технологія PERC (Passivated Emitter and Rear Cell).

Технологія PERC є вдосконаленням традиційних кремнієвих сонячних елементів, що дозволяє підвищити їх ефективність за рахунок пасивації задньої поверхні. Це зменшує рекомбінацію електронів та дірок, що сприяє збільшенню кількості електроенергії, яку генерує панель. PERC-панелі вже набули значного поширення у комерційному використанні завдяки своїй доступності та підвищеній продуктивності. Сонячні елементи PERC мають додатковий шар оксиду на задній стороні елемента, що дозволяє частині сонячного випромінювання ефективніше відбиватися назад у сонячний фотоперетворювач, надаючи йому ще одну можливість перетворитися на електроенергію. Також цей шар зменшує рекомбінацію електронів, яка блокує вільне переміщення електронів у напівпровіднику. У PERC фотоперетворювачах електрони, що генеруються біля заднього контакту, можуть вільно рухатися до емітера і збільшувати струм, що генерується. І нарешті додатковий діелектрично пасивований шар відбиває світло з довжиною хвилі понад 1180 нм за межі сонячного елемента. У звичайному елементі ця частина сонячного світла призводить до нагрівання елемента, що негативно впливає на ефективність (рис.1.19)[11].



Рисунок 1.19 – Конструкція сонячної панелі PERC

5) Гнучкі сонячні панелі.

Гнучкі сонячні панелі - різновид панелей, які відносяться до типу «тонкоплівкові». Принцип їх роботи такий же як моно і полікристалічних пристроїв і заснований на фотоелектричному ефекті. Типові кристалічні сонячні панелі складаються з кремнієвих пластин, розмір кристалітів яких становить до 1000 мкм. Гнучкі панелі складаються з кремнієвих шарів, які в 300 рази менше, ніж у стандартних панелей, що дозволяє їм згинатися і при цьому зберігати свою функціональність. Їх виробляють з наступних матеріалів: аморфного a-Si або тонкоплівкового TF-Si кремнію; Cd-Te - телурид кадмію; CIGS - діселеніда галію-міді-індія; синтетичних матеріалів; OPV/DYSC - органічних полімерів; TiO₂ - діоксиду титану, з покриттям органічним барвником; генно-інженерних бактерій; GaAs/CIS - багат шарових тонкоплівкових (рис.1.20)[12].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.20 - Зовнішній вигляд гнучкої сонячної панелі

б) Інтегровані фотовольтаїчні системи (BIPV).

Інтегровані фотовольтаїчні системи (BIPV) включають сонячні елементи, інтегровані у будівельні матеріали, такі як дахи, фасади та вікна. Це дозволяє будівлям генерувати електроенергію без додаткових встановлень сонячних. Системи BIPV (від англійського Building-integrated photovoltaics) – це сонячні електростанції, які тісно інтегровані в будівлі і споруди. Такі системи крім свого безпосереднього призначення – генерації електроенергії, також виконують функції конструктивних елементів будівлі, доповнюючи або повністю замінюючи традиційні будівельні матеріали (фасадні і покрівельні конструкції). BIPV-системи стають все більш популярними у сучасному будівництві енергоефективних будівель(рис.1.21)[13].



Рисунок 1.21– Загальний вигляд BIPV системи

Новітні технології у сонячній енергетиці значно підвищують ефективність та знижують вартість виробництва електроенергії з сонячного світла. Впровадження інноваційних матеріалів, вдосконалення існуючих технологій та розвиток нових рішень у сфері зберігання енергії сприяють поширенню сонячної енергетики по всьому світу, роблячи її все більш доступною та привабливою для широкого кола користувачів.

1.6 Висновки до першого розділу

На основі проведеного аналітичного огляду можна зробити наступні висновки:

- розглянуто сонячну енергетику в цілому та проаналізовано перспективи її розвитку в майбутньому;
- розглянуто схеми, основні елементи та недоліки теплових СЕС;
- описано детально основні сонячні елементи та їх принципи роботи;
- розписано види фотоелектричних мереж та наведено приклади на рисунках.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АВТОНОМНОЇ ПЕРЕНОСНОЇ МІНІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1 Блок-схема автономної міні сонячної електростанції

Автономні сонячні електростанції застосовуються для забезпечення електроенергією окремих будинків, ферм, де відсутні мережі централізованого електропостачання. Основна перевага полягає в незалежності від електромереж. Блок-схему автономної сонячної електростанції (АСЕ) зображено на рис. 2.2 [26].

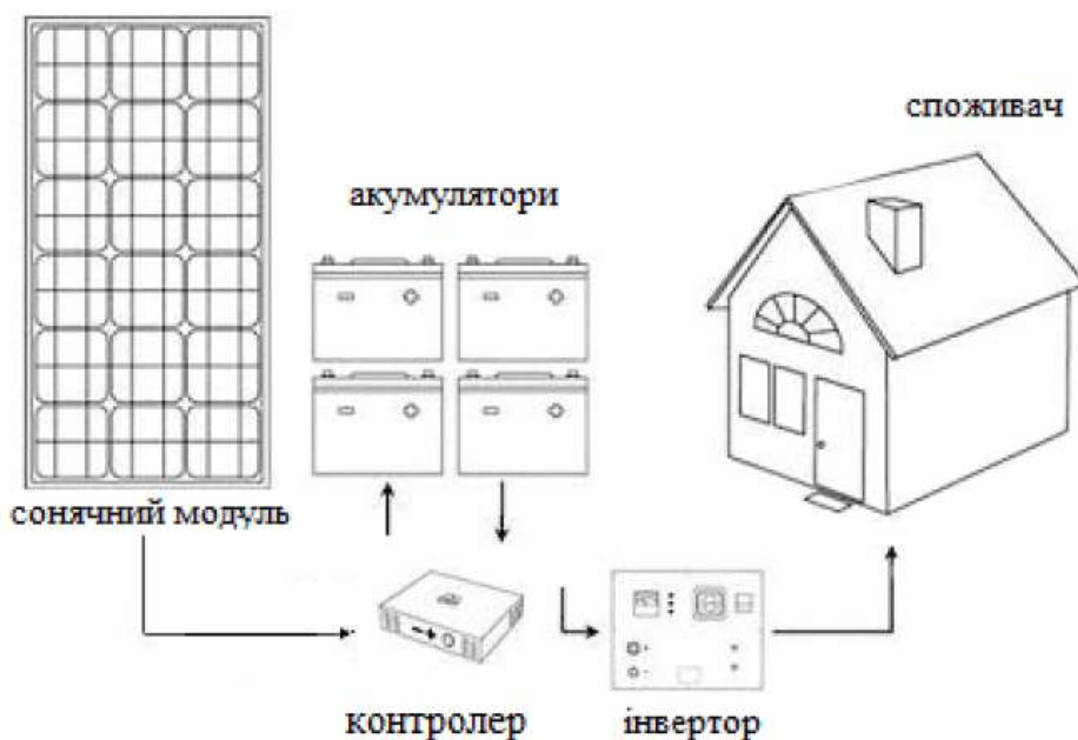


Рисунок 2.1 – Блок-схема автономної сонячної електростанції

Для проєктування автономної сонячної електростанції, необхідно визначити [26]:

- тип і номінальну потужність сонячних панелей, їх кількість,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- тип та ємність акумуляторної батареї,
- тип контролера.
- тип та потужність інвертора,

Вихідними даними для розрахунку потужності автономної сонячної електростанції є:

- добова інсоляція, для відповідного району розташування;
- загальна площа дахів приміщень та ін. придатних для встановлення сонячних панелей споруд;
- споживачі автономної сонячної електростанції (їх потужність і напруга, час роботи).

2.2 Розробка структурної схеми автономної міні сонячної електростанції

Необхідність розробки структурної схеми автономної міні сонячної електростанції обумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, така схема дозволяє чітко визначити та структурувати всі необхідні компоненти системи, що сприяє її ефективній роботі та надійності. Це включає в себе сонячні панелі, інвертори, акумуляторні батареї, контролери заряду та інші елементи, що забезпечують стабільне виробництво та споживання енергії.

Структурна схема допомагає виявити оптимальні шляхи інтеграції цих компонентів для досягнення максимальної енергоефективності. Вона дозволяє оцінити енергетичні потоки та втрати на кожному етапі, що є критично важливим для зниження експлуатаційних витрат та підвищення загальної продуктивності електростанції.

Схема забезпечує можливість точного планування та прогнозування технічного обслуговування системи. Завдяки наявності чіткої структурної схеми, технічний персонал може легко ідентифікувати та усунути потенційні

проблеми, що знижує ризик тривалих простоїв та підвищує загальну надійність електростанції.

Розробка структурної схеми є важливою для забезпечення відповідності автономної міні сонячної електростанції нормативним та стандартам. Це дозволяє гарантувати, що система відповідає вимогам безпеки та якості, що, в свою чергу, сприяє довготривалому і безпечному використанню електростанції.

На основі проведеного огляду існуючих конструкцій сонячних електростанцій було розроблено структурну схему автономної міні сонячної електростанції, що включає фотобатарею, контролер заряду-розряду, акумуляторну батарею, інвертор, споживачів змінної та постійної напруги.

Фотобатарея відповідає за перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію, яка потім подається на контролер заряду-розряду. Контролер заряду-розряду здійснює регулювання процесу зарядки акумуляторної батареї, запобігаючи її перенапрузі та розряду, забезпечуючи таким чином довговічність і ефективність роботи батареї. Акумуляторна батарея накопичує вироблену енергію, дозволяючи використовувати її в періоди, коли сонячна активність знижена або відсутня.

Інвертор перетворює постійний струм, накопичений в акумуляторній батареї, в змінний струм, що необхідний для живлення більшості побутових і промислових споживачів. Завдяки інвертору система може забезпечувати електроенергією різні пристрої, як зі змінною, так і з постійною напругою, задовольняючи широкий спектр енергетичних потреб.

Споживачі змінної та постійної напруги підключаються до системи відповідно до їхніх вимог до живлення, що дозволяє використовувати сонячну електростанцію для різних задач – від живлення освітлювальних приладів і

побутової техніки до зарядки електронних пристроїв і живлення обладнання на виробництві.

Таким чином, розроблена структурна схема автономної міні сонячної електростанції забезпечує ефективне та надійне використання сонячної енергії, сприяючи економії електроенергії та зменшенню залежності від традиційних джерел енергії.

На рис. 2.2 (аркуш [БРМА24.00.00.000С1]) зображено структурну схему автономної міні сонячної електростанції.

Термін служби таких станцій становить 20 - 30 років, а експлуатаційні витрати мінімальні [2].

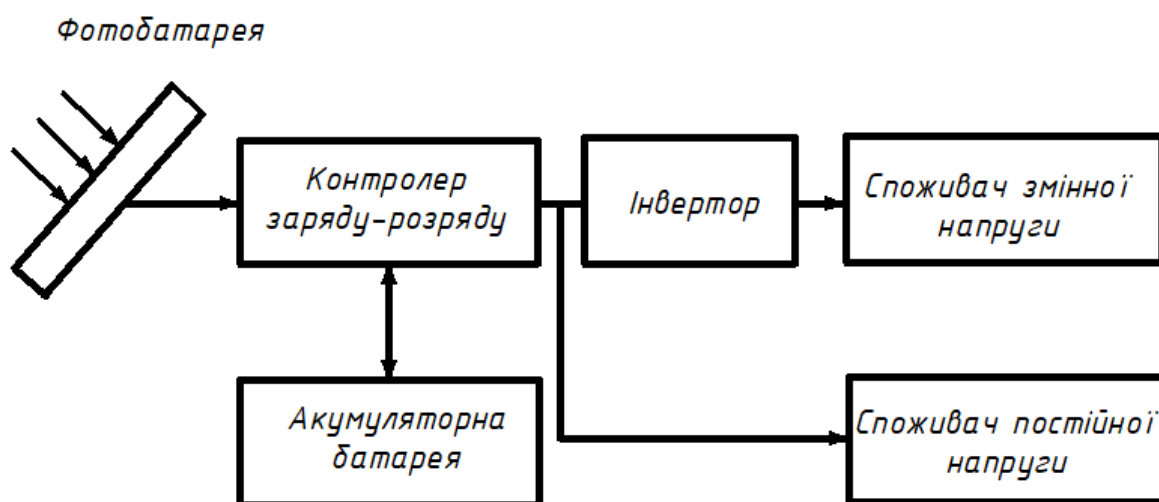


Рисунок 2.1 – Структурна схема автономної міні сонячної електростанції

При виборі способу побудови сонячної електростанції можливі наступні підходи [26]:

- розрахунок і проектування сонячної електростанції із застосування потрібних рішень і приладів;

- вибір типових рішень з серійно виготовленого устаткування для сонячної електростанції заданої потужності з розрахунком графіка навантаження для обраної потужності.

Наявність різноманітних вимог потребує визначення вимог до складових сонячної електростанції. Нижче розглянуто функціональні можливості складових електричного устаткування, які враховують при проєктуванні сонячної електростанції.

2.3 Вибір основних елементів сонячної панелі

2.3.1 Вибір сонячної панелі

Ефективність фотоелектричної панелі залежить від того як з'єднані фотомодулі між собою. При паралельному з'єднанні сонячних модулів напруга в ланцюзі буде рівнятися напрузі однієї сонячної панелі, але при цьому струм підсумовується в залежності від кількості модулів. При послідовному з'єднанні – напруга кожної панелі сумується, струм в цьому випадку відповідає слабкій сонячній панелі.

При неоднакових умовах освітленості (затінненні) сонячної панелі блокуючі діоди для запобігання зворотного струму блокують цей струм через слабо освітлений модуль, тим самим запобігаючи зменшенню результуючого струму через навантаження сонячної електростанції. При затінненні площини модуля на половину потужність сонячної панелі знижується на 60% від номінального значення, при повному затінненні – на 70% від номінального значення.

Для міні сонячної електростанції була вибрана сонячна панель Altek ALM-30M-36. Монокристалічна сонячна батарея Altek ALM-30M-36 має потужність 30 Вт і напругу 12 В (рис.2.3) [20].

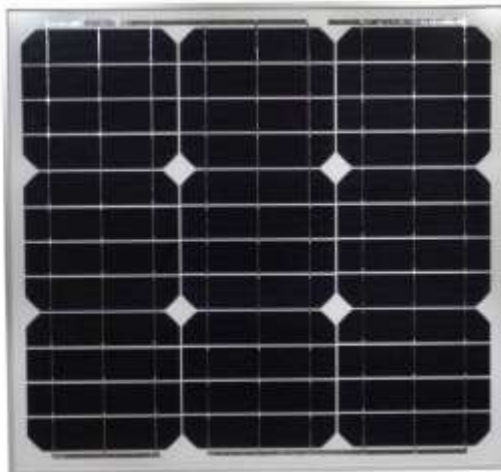


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд сонячної панелі
Altek ALM-30M-36

Такі фотоелектричні модулі (ФЕМ) виготовлені на сучасному обладнанні з якісних матеріалів, що відповідають стандарту ІЕС 61215: 1993. Це гарантує відмінні електричні характеристики та термін служби 25 років.

Сонячна панель є фотоелектричним генератором, який перетворює потоки світла в електричну енергію.

Монокристалічна сонячна батарея конструктивно складається з текстурованого загартованого скла з герметично ламінованими на ній фотоелектричними осередками з монокристалічного кремнію, укладеного в каркас з алюмінієвого профілю з антикорозійним покриттям. Монокристалічні сонячні панелі ALM-30M можна поєднувати як послідовно, так і паралельно. Дуже зручно збирати невеликі за потужністю електростанції, коли обмежено місце для монтажу. Клас вологостійкості IP 65, просте з'єднання та сучасний дизайн.

Технічні характеристики:

- клас сонячної панелі: Class A;
- допустиме відхилення потужності панелі 0/+3;
- максимальна потужність сонячної панелі: $P_m(W)$ 30;
- напруга в точці максимальної потужності $V_m (V)$ 17.7;
- напруга при розімкненому контурі $V_{oc} (V)$ 22.6 ;
- струм в точці максимальної потужності $I_m (A)$ 1.69 ;
- струм короткого замикання $I_{sc} (A)$ 1.81;
- максимальна напруга в ланцюзі зібраної з даних сонячних панелей DC (V) 715.

2.3.2 Вибір контролеру заряду-розряду

Для сонячної міні електростанції було вибрано контролер заряду SOLAR 30 (рис.2.4).



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд контролера заряду SOLAR30

Багатофункціональний ШІМ-контролер SOLAR 30 є приладом із інтелектуальним алгоритмом заряду акумуляторних батарей (АБ). Контролер призначений для керування режимами заряду та розряду АБ у складі сонячної електростанції, а також режимами підключення навантаження. Контролер

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

оснащений РК-дисплеєм для відображення операцій та індикації параметрів роботи, а також для можливості проведення користувачем гнучкої настройки параметрів. Контролер забезпечує захист від перевантажень і короткого замикання ланцюга навантаження, від перезарядки і перерозряду АБ, неправильної полярності підключення АБ. Залежно від напруги АБ, контролер буде регулювати струм заряджання і подавати/відключати живлення навантаження. Контролер автоматично підлаштовується під АБ із напругою 12В або 24 В. Контролер призначений для роботи з автономними системами потужністю не більше 360Вт (12В) або 720Вт (24В). У контролері використовується технологія температурної компенсації напруги в режимі заряду АБ, для чого в комплекті поставки є зовнішній температурний датчик, що встановлюється спеціальний роз'єм, розташований на верхній панелі корпусу. Для ефективного відведення тепла та захисту від перегріву самого контролера в ньому застосовано пасивну систему природного охолодження - задня стінка виконана у вигляді радіатора. Органами управління контролера є три функціональні кнопки на передній панелі (зліва направо): кнопка кругового перемикачів інтерфейсів, кнопка зміни збільшення, кнопка зміни параметрів зменшення з функцією відключення навантаження (рис.2.3).

Технічні характеристики:

- тип контролера – PWM;
- режим заряду АБ – інтелектуальний ШІМ алгоритм;
- індикація режимів та параметрів роботи - РК;
- кнопок керування – три;
- номінальна напруга - 12В або 24В (автовизначення);
- номінальний струм зарядки – 30А;
- номінальний струм навантаження – 30А;
- максимальна напруга, що подається із сонячних панелей - 48В;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

- час допустимого навантаження за потужністю навантаження на 20% - до 3 секунд;
- власне споживання – $< 30\text{mA}$;
- падіння напруги, що вноситься - $< 0.17\text{V}$;
- напруга відключення навантаження * - $10.7\text{V}/21.4\text{V}$;
- напруга відновлення живлення навантаження * - 12.5V або 25.0V ;
- напруга відключення заряду АБ* - $13.8\text{V}/27.6\text{V}$;
- максимальний переріз проводів, що підключаються - 16mm^2 ;
- компенсація температури, при 25°C - $-4\text{mV}/^\circ\text{C}$ (12V) / $-8\text{mV}/^\circ\text{C}$ (24V);
- діапазон робочих температур – $-10\dots+60^\circ\text{C}$;
- вага нетто – 360 г;
- габарити – $188\times 90\times 50\text{ mm}$ [21].

Внутрішня будова цього контролера представлено на рис.2.5.

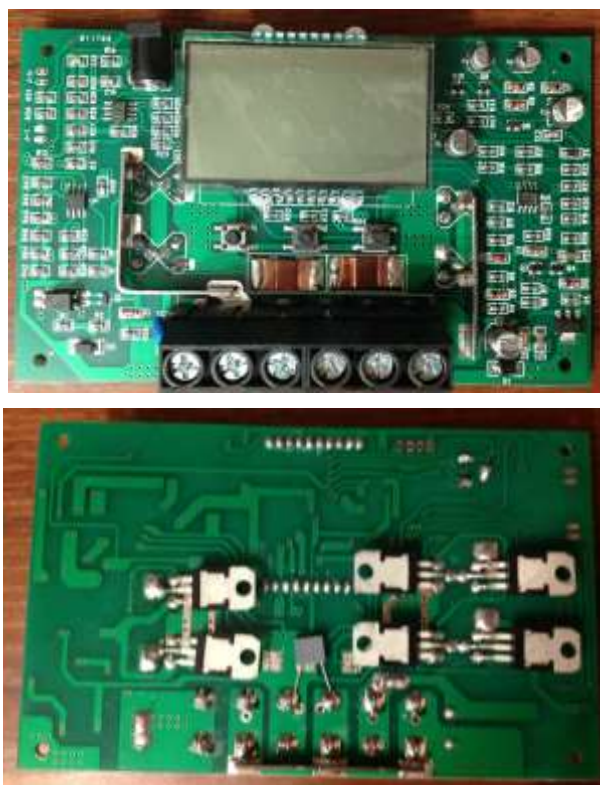


Рисунок 2.5 – Внутрішня будова контролера Solar30

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

Схема підключення контролера до сонячної батареї, акумулятора та навантаження наведено на рис.2.6.



Рисунок 2.6 – Схема підключення контролера

2.3.3 Вибір акумуляторної батареї

Щоб забезпечити енергією в темний час доби або під час недостатнього вироблення енергії, необхідно використовувати акумуляторну батарею (АКБ). Електричні акумулятори розглядаються як джерела постійного струму багаторазового використання, здатні виконувати оборотні хімічні процеси завдяки багаторазовим циклам заряду та розряду.

Існує декілька типів АКБ, які використовуються з сонячними електростанціями (СЕС):

- свинцево-кислотні акумулятори (Absorbent Glass Mat (AGM) технологія) або гелеві акумулятори (GEL);
- літій-іонні (Li-ion) та літій-полімерні (Li-pol) акумулятори;
- нікель-кадмієві (NiCd) та нікель-металогідридні (NiMH) акумулятори.

До основних експлуатаційних параметрів акумулятора відносяться:

- ємність;
- саморозряд;
- питома потужність;
- температурні та атмосферні режими.

Ємність акумулятора визначається величиною заряду, що вимірюється при віддачі енергії споживачам від повного зарядженого стану до мінімально допустимої величини вихідної напруги. Дотримання режимів заряду та розряду для АКБ дуже важливо, оскільки це впливає на їх термін служби.

АКБ для сонячної станції з сумарною ємністю формується з окремих серійно вироблених акумуляторів невеликої ємності шляхом їх послідовного та паралельного з'єднання.

Для міні сонячної електростанції було вибрано акумуляторну батарею Challenger AS12-18 (рис.2.7).



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд акумуляторної батареї Challenger AS12-18

Технічні характеристики акумуляторної батареї Challenger AS12-18:

- технічна напруга: 12 В;
- ємність: 18.50 Ач;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

- довжина: 181 мм;
- ширина: 77 мм;
- висота: 167 мм;
- вага: 5 кг.

Переваги використання цієї батареї:

- не потребує обслуговування;
- удароміцний корпус (ABS);
- герметичне виконання;
- рекомбінація 99% газу, що виділяється;
- висока густина енергії;
- мінімальний саморозряд;
- великий термін служби.

Принцип дії.

Робота акумуляторних батарей ґрунтується на взаємодії рідини та металів. Цей процес є оборотним і виникає у разі замикання контактів негативних та позитивних пластин. При розряді, що відбувається при підключенні до споживачів, активна маса електродів входить у реакцію з електролітом. Для заряджання акумуляторів використовується спеціальний пристрій.

Заряд акумулятора повинен здійснюватися при оптимальному рівні напруги. Робота АКБ залежить від температури довкілля. При її підвищенні збільшується потужність, що віддається, але в той же час збільшується корозія електродів і саморозряд. Зниження температурного режиму супроводжується зниженням ємності, зменшенням щільності електроліту та уповільненням хімічних процесів [19].

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.3.4 Вибір перетворювача напруги

Інвертор – це пристрій, який дозволяє перетворювати постійний струм, що надходить від сонячних батарей та акумуляторних батарей (АКБ), у змінний струм напругою 220-380 В і більше, залежно від призначення. Існує багато різновидів інверторів, які відрізняються за потужністю і типом [26].

Залежно від призначення, інвертори поділяються на три основні типи:

- автономні (off grid) – інвертори, які не підключені до зовнішньої електричної мережі і призначені для автономних фотоелектричних систем. В таких системах для живлення стандартних побутових пристроїв і приладів використовується напруга 220 В.

- гібридні (hybrid) – інвертори, призначені для роботи з одночасним використанням АКБ та підключенням до загальної мережі. Надлишок виробленої енергії може віддаватися в загальну мережу за «зеленим тарифом». Гібридні інвертори мають багато налаштувань для оптимізації роботи.

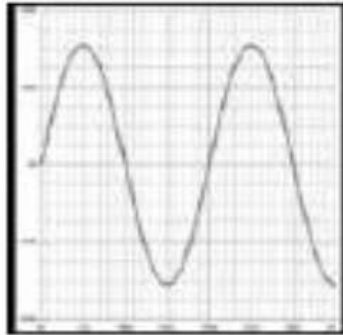
- мережеві (on grid) – інвертори, які працюють синхронно з централізованою мережею електропостачання. Вони підходять для сонячних систем без АКБ, і надлишок виробленої енергії також віддається в загальну мережу за «зеленим тарифом». Мережевий інвертор призначений для підключення до трифазної зовнішньої мережі. СЕС може мати один або кілька інверторів залежно від типу та потужності системи.

Залежно від форми вихідної напруги, інвертори поділяються на:

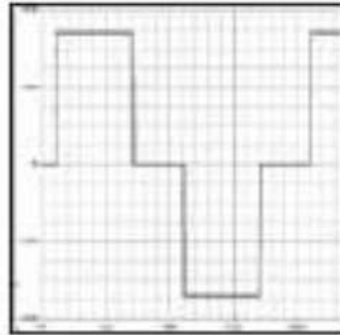
- інвертори з синусоїдальною вихідною напругою (рис.2.8, а), які можуть жити будь-яке навантаження змінного струму;

- інвертори з квазісинусоїдальною (прямокутною) вихідною напругою (рис. 2.8, б), яка підходить для нагрівальних елементів, але непридатна для

асинхронних двигунів, трансформаторів, холодильників, насосів, пральних машин тощо.



а



б

а – синусоїдальна; б- квазісинусоїдальна (прямокутна)

Рисунок 2.8 – Форма вихідної напруги інвертора:

Інвертори мають дуже високу ефективність. Частина енергії неминуче втрачається при перетворенні - від 5% до 15%, залежно від якості та потужності інвертора і його режиму роботи. Якщо інвертор тривалий час перебуває без навантаження, необхідно обирати той, який має низьке споживання в режимі очікування.

Якщо інвертор буде більшу частину часу жити навантаження, потрібно обирати інвертор з максимальним ККД. Тип інвертора обирається відповідно до типу сонячної електростанції: автономний для автономної сонячної електростанції (АСЕ), гібридний для гібридної сонячної електростанції, мережевий для мережевої сонячної електростанції [26].

Для малопотужних АСЕ вхідна напруга автономного інвертора може бути: 12 В, 24 В, 48 В (а іноді 96 В і більше) і вихідна 220 В (однофазний). Для більш потужних СЕС вхідна напруга може досягати 1000 В (мережевий інвертор) і вихідна - 380 В (трифазний). Вхідна напруга залежить від типу та потужності інвертора, оскільки зі збільшенням вихідної потужності зростають

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

вхідні струми, що призводить до важчих умов роботи транзисторів вихідного каскаду і до більших втрат потужності в сполучних проводах. Знизити вхідні струми і відповідно зменшити втрати потужності дозволяє більш висока вхідна напруга [26].

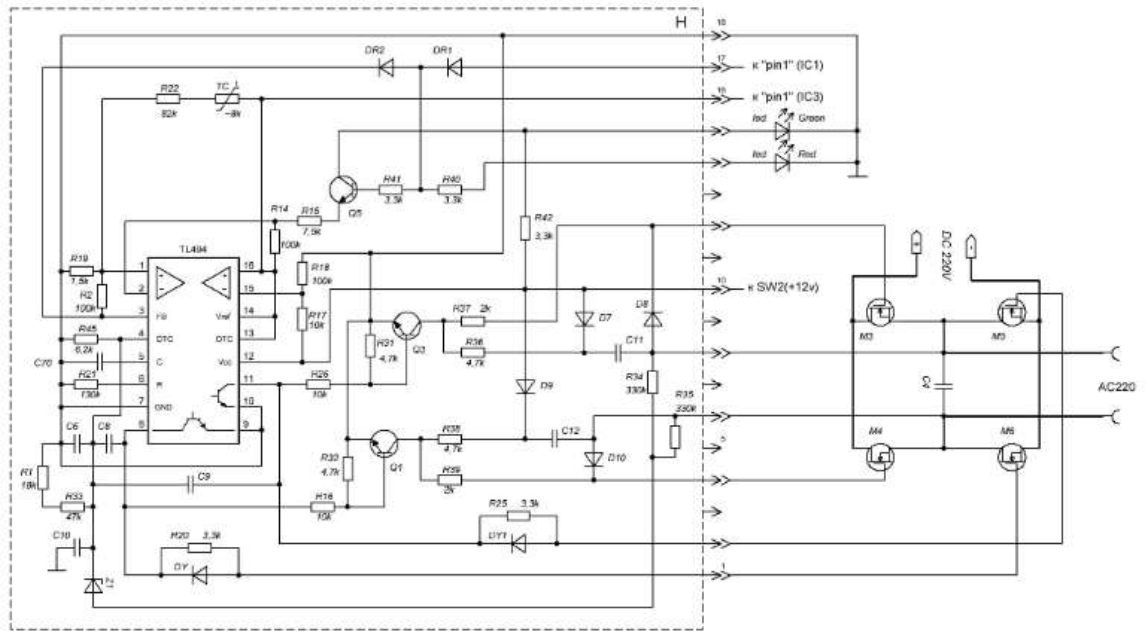
Для міні сонячної електростанції було вибрано перетворювач напруги UKC 500W (рис.2.9).



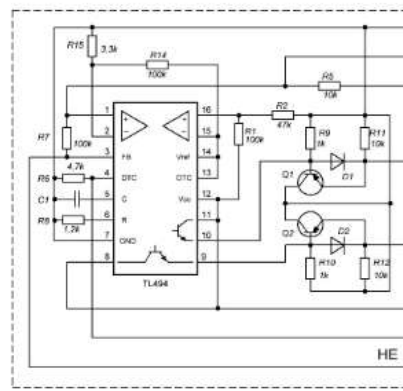
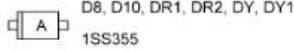
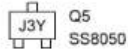
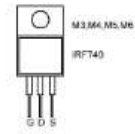
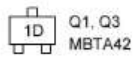
Рисунок 2.9 – Загальний вигляд перетворювач напруги UKC 500W

У передній частині перетворювача UKC 500W знаходяться: кнопка увімк./викл, вихід USB з напругою 5В, розетка. Зверху є LCD дисплей, де відображається вольтаж та інші параметри. Перетворювач, можливо підключити через прикурювач автомобіля, а також безпосередньо до клем акумулятора за допомогою затискачів (рис.2.9).

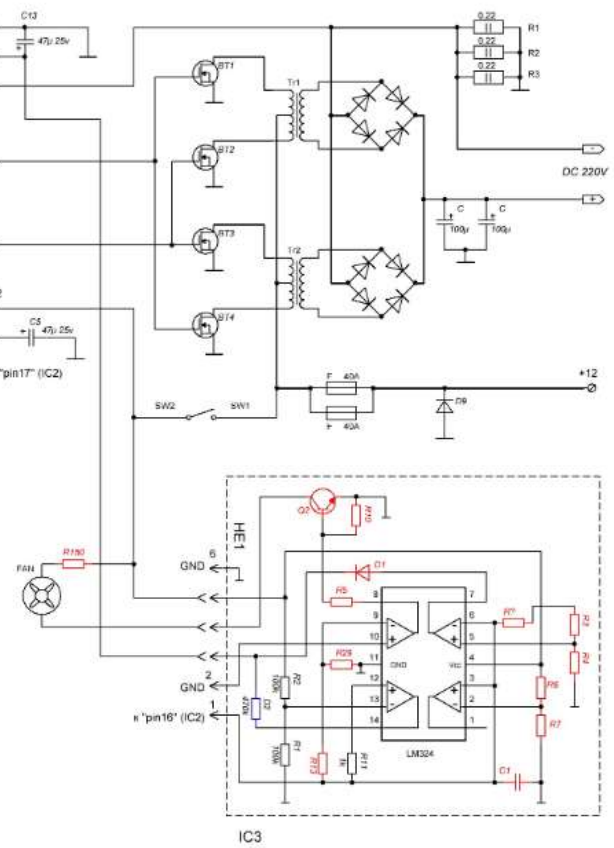
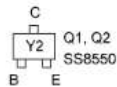
Електрична схема інвертора приведена на рис.2.10.



IC2



IC1



IC3

Рисунок 2.10 – Електрична схема інвертора УКС 500W

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
48

Технічні характеристики:

- напруга на виході: 220В;
- максимальна потужність: 500Вт;
- вхідна напруга – 10-15В;
- частота на виході: 50±2%;
- кордон низької напруги - 9,7 - 10,3 В;
- кордон високої напруги - 14,5 - 15,5 В;
- форма вихідного сигналу - ступінчаста апроксимація синусоїди;
- ККД 90%;
- температура довкілля: -10...+50С;
- розміри: 147 x 90 x 52 мм.

Перетворювач напруги має захист від короткого замикання, перевантаження, високої та низької напруги, перегріву.

Принцип роботи заснований на зміні ширини електричних імпульсів: постійна напруга за допомогою контролера комутується із заданою частотою, а потім, надходячи на комутатор і фільтри, набуває вихідної напруги зі стандартизованою амплітудою[18].

2.3.5 Вибір роз'ємів

Роз'єм авто, гніздо прикурювача 12 В - підкурювач є критичним компонентом у міні-сонячній електростанції, оскільки він забезпечує безпечне та ефективне перетворення, зберігання і розподіл енергії від сонячних панелей для живлення навантаження (рис. 2.11).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 - Гніздо прикурювача 12В

Роз'єм прикурювача монтажний в отвір діаметром 16 - 18мм.

Фіксація гнізда в отворі – металева гайка.

Можна застосовувати для 12В в автомобілях, мотоциклах, вантажівках і ін.

Довжина гнізда - 44мм.

Внутрішній діаметр для штекера - 12мм.

Гніздо має кришку, яка захищає гніздо від вологи та бруду.

Роз'єм розрахований на підключення пристроїв до 300Вт[22].

2.3.6 Вибір розетки USB

Розетка USB 5V, 2.1 А, вбудована, автомобільна з двома роз'ємами USB 2.1 А/1А

Пристрій призначений для живлення та заряджання портативного обладнання за допомогою кабелю USB (рис.2.12).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 2.12 - Розетка USB з двома роз'ємами
2.1 А/1А.

Розміри корпусу дають змогу встановити його на місце прикурювача або замість стандартної кнопки. Розетка забезпечена світлодіодним індикатором напруги АКБ і підсвіткою.

Вхідна напруга: 12-24 В постійного струму. Вихідна напруга: 5 В постійного струму, 2.1А [23].

2.3.7 Вибір перемикача контролера

Клавішний перемикач є важливим інтерфейсом контролера, який дозволяє користувачеві керувати основними функціями та налаштуваннями міні-сонячної електростанції вручну без використання додаткового обладнання (рис.2.12).



Рисунок 2.12 - Клавішний перемикач

Перемикач дозволяє повністю вимкнути контролер, коли система не використовується, щоб запобігти розряджанню акумуляторів.

Технічні характеристики:

- номінальна робоча напруга АС: 250 ;
- номінальний струм АС: 15 ;
- діелектрична міцність: 1500 В, 1хв;
- тип індикатора: світлодіод;
- перемикач 2-позиційний з підсвічуванням;
- тип контактів: 1NO;
- кількість контактів: 3[24].

2.3.8 Освітлювальні прилади (навантаження).

Світлодіодна стрічка може бути корисним навантаженням для міні-сонячної електростанції завдяки наступним перевагам: низьке енергоспоживання, низька напруга живлення, компактність і мобільність, тривалий термін служби (рис.2.13) [25]



Рисунок 2.13 – Світлодіодна стрічка 12 В.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Світлодіодна лампа 12 В(рис.2.14).

Тип підключення : двосторонній.

Потужність, Вт: 9.

Напруга, В: 12.

Кольорова температура: холодний білий

Форма колби : циліндрична.

Місце кріплення: для стельових світильників.

Температура світіння: 8000К.

Світловий потік : 900 Лм.

Індекс кольору Ra (CRI): >80.

Еквівалент потужності лампи розжарювання: 90 Вт.

Термін служби (тільки LED), год: 50000.

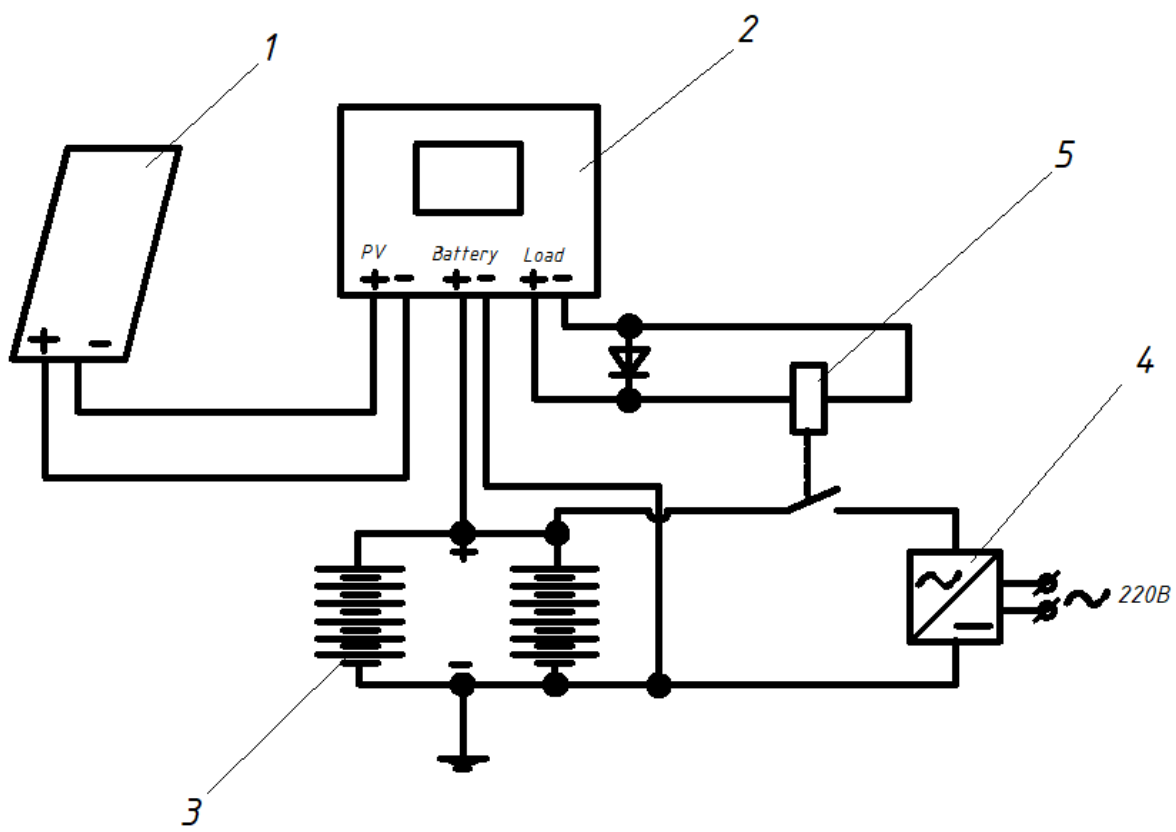


Рисунок 2.14 – Світлодіодна лампа 12 В.

2.4 Розробка електричної схеми з'єднання елементів міні сонячної електростанції

На рис.2.15 (аркуш [БРМА24.00.00.000Е1]) наведено електричну схему з'єднання елементів автономної сонячної електростанції.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53



1 – сонячна панель; 2 – контролер; 3 – акумуляторна батарея;
4 – інвертор; 5 - реле

Рисунок 2.15 – Електрична схема з'єднання елементів міні сонячної електростанції

На рис.2.16 наведено схему з'єднання усіх елементів сонячної електростанції між собою.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

підключення навантаження до АКБ – зарядний струм за допомогою контролера заряду знову збільшується для компенсації відбору енергії від АКБ. Інвертор напруги - 3 перетворює постійну напругу від АКБ у змінну синусоїдальну напругу 220В з промисловою частотою 50 Гц, яку можна використовувати для живлення більшості електроприладів.

Таким чином, переносна автономна сонячна електростанція забезпечує безперебійне електропостачання в умовах відсутності централізованої мережі, використовуючи відновлювану сонячну енергію.

2.7 Висновок до другого розділу

В цьому розділі описано блок-схему сонячної фотоелектричної станції. Розроблено її структурну схему. Розглянуто і описано детально основні елементи СЕС. Складено електричну схему їх підключення. Розроблено автономну переносну міні сонячну електростанцію.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ АВТОНОМНОЇ МІН СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Розрахунок ємності акумуляторної батареї

Ємність АКБ.

З визначенням ємності АКБ пов'язані кілька термінів, серед них струм розряду акумулятора, енергетична та резервна ємність та інші. Розглянемо основні їх.

1) Залежність ємності АКБ від струму розряду.

При підключенні до акумулятора захищеного навантаження без перетворювача величина струму не змінюється. При цьому час роботи АКБ виглядатиме як співвідношення ємності до струму. У вигляді формули ця залежність виглядає так:

$$Q = I * T, \quad (3.1)$$

де Q - ємність акумулятора (А * год або мА * год);

I – постійний струм розряду акумулятора (А);

T – час розряду батареї (год).

2) Залежність ємності АКБ від енергії

Здатність до накопичення енергії батареєю пов'язана з напругою: чим вона більша, тим більше енергії накопичить АКБ. Таким чином, електрична енергія визначається як добуток струму, напруги та часу:

$$W = I * U * T, \quad (3.2)$$

де W - Енергія накопичена батареєю (Дж);

U – напруга акумулятора (В);

I – постійний струм (А);

T – час розряду (год).

3) Енергетична ємність.

Під цим поняттям мається на увазі енергія, що віддає повністю заряджений акумулятор при розряді до мінімальної напруги. Для розрахунку енергетичної ємності використовують формулу:

$$Q = W/4 \quad (3.3)$$

де Q - ємність акумулятора (А * год);

W – енергетична ємність акумулятора (Вт/елемент).

4) Резервна ємність.

Цей термін використовується для розрахунку ємності автомобільних акумуляторів. Він визначає здатність АКБ жити електроустаткування автомобіля, коли вбудований генератор не функціонує. Резервна ємність розраховується так:

$$Q = T/2 \quad (3.4)$$

де Q - ємність акумулятора (А * год);

T – резервна ємність акумулятора (хв).

Розрахунок ємності акумуляторної батареї.

Вимір обсягу батареї необхідний у разі визначення кількості енергії для тривалої автономної роботи будь-яких пристроїв (наприклад, для ноутбука, смартфона і т.п.);

Для того щоб визначити ємність АКБ, необхідно застосувати стандартну формулу:

$$Q=(P*t)/V*k, \quad (3.5)$$

де Q - ємність АКБ, що розраховується (А * год або мА * год);

P – навантажувальна потужність (Вт);

t - часовий проміжок резервування (год);

V – напруга батареї (В);

k - коефіцієнт, що відображає якась частина ємності АКБ використовується.

Значення k компенсує ситуацію неповного заряду батареї. До речі, повний розряд після кількох повних циклів роботи суттєво збільшує працездатність пристрою.

Визначимо ємність акумулятора за даними:

$$Q=(17*10)/12*0,8=17,7 \text{ А*год};$$

Визначивши ємність АКБ, було підбирано акумулятор ємністю 18 А*год Challenger AS12-18.

3.2 Розрахунок потужності сонячної панелі

Припустимо, що світлова радіація активна протягом 10 годин на добу. Отже, цього достатньо для повного заряджання акумуляторної бататреї.

Для визначення мінімальної потужності сонячної панелі потрібно визначити мінімальний струм заряджання від сонця за формулою:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\min} = Q/t, \quad (3.6)$$

$$I_{\min} = 18/10=1,8 \text{ А.}$$

Вирахуємо мінімальну потужність сонячної панелі за формулою:

$$P_{\min} = I_{\min} * V, \quad (3.7)$$

$$P_{\min} = 1,8 * 12 = 21,6 \text{ Вт.}$$

Враховуючи отриманий результат з формули 3.7 було обрано сонячну панель потужністю 30 Вт.

3.3 Висновки до третього розділу

У цьому розділі було здійснено розрахунок ємності акумуляторної батареї та сонячної панелі.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі розроблено конструкцію автономної міні сонячної електростанції.

В першому розділі проведено огляд технологічних та технічних рішень щодо питання сонячної енергетики. Було проаналізовано методи та технологію отримання електроенергії перетворенням сонячної. Розглянуто основні види та елементи фотоелектричних систем.

В другому розділі наведено блок-схему автономної міні сонячної фотоелектричної станції. Розроблено її структурну схему. Розглянуто і описано детально основні елементи, що входять в СЕС. Складено електричну схему їх підключення. Розроблено автономну переносну міні сонячну електростанцію.

В третьому розділі здійснено розрахунки ємності акумуляторної батареї та потужності сонячної панелі.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Клименко Л.П. Системи технологій [Текст] : навчальний посібник. /Клименко Л.П., Соловйов С.М., Норд Г.Л.; Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – 600 с.
2. Форкун Я. Б. Сонячна теплоенергетика : конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми – «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / Я. Б. Форкун, О. О. Шкурпела ; Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 88 с. [Електронний ресурс] . Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/55818/1/2019%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%20103%D0%9B%20pdf.pdf> (дата звернення: 23.05.2024).
3. Вікіпедія: сонячна_енергетика [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0 (дата звернення: 26.05.2024).
4. Гременок В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. [Текст] Гременок В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б.; Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. – 222 с
5. Сонячні панелі [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.mojo.ua/ua/news/kak_rabotayut_solnechnye_batarei_ikh_aktualnost_v_ukraine_v_2022_godu.html (дата звернення: 31.05.2024).
6. Яворський А.В., Ващишак І.Р. Відновна енергетика: лабораторний практикум. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. – 87с.
7. Полікристалічні фотоелектричні батареї [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ekosystem.lviv.ua/p-solar> (дата звернення: 24.05.2024).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

8. Аморфні сонячні батареї [Електронний ресурс]. Режим доступу сайту: <https://jak.koshachek.com/articles/amorfni-sonjachni-batarei-z-amorfnogo-kremniju.html> (дата звернення: 24.05.2024). .

9. Біперсторонні(двосторонні) сонячні панелі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://alteco.in.ua/ua/tekhnolohiyi/soniachna-enerhetyka/dvostoronni-bifacial-soniachni-paneli>(дата звернення: 02.06.2024). .

10. Тандемні сонячні елементи [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://razumkov.org.ua/statti/perspektyvni-tekhnologii-fotoelektrychnoi-soniachnoi-energetyky> (дата звернення: 02.06.2024)..

11. Технологія PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avenston.com/articles/perc/> (дата звернення: 03.06.2024).

12. Гнучкі сонячні панелі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.solargarden.com.ua/gnuchki-sonyachni-paneli-osoblyvosti-ta-zastosuvannya/> (дата звернення: 07.06.2024).

13. Інтегровані фотовольтаїчні системи (BIPV) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avenston.com/services/commercial-pv/bipv-systems/> (дата звернення: 10.06.2024).

14. Плачкова С.Г. Сонячна енергетика [Електронний ресурс]/ Плачкова С.Г.Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/87-entsiklopediya/elektroenergetika-ta-okhorona-navkolishnogo-seredovishcha-funktsionuvannya-energetiki-u-suchasnomu-sviti> (дата звернення: 09.06.2024) .

15. Автономна, мережева чи гібридна СЕС — Відмінності та переваги [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solarsystem.com.ua/ru/avtonomna-merezheva-chy-gibrydna-ses-vidminnosti-ta-perevagy/> (дата звернення: 14.06.2024).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

16. Автономна сонячна електростанція [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://sun-energy.com.ua/articles/avtonomna_ses (дата звернення: 03.06.2024).

17. Як влаштована автономна сонячна електростанція? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solar-tech.com.ua/ua/kak-ustroena-avtonomnaya-solnechnaya-elektrostanciya-2018-11-11.html> (дата звернення: 24.05.2024).

18. Перетворювач напруги [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lambix.prom.ua/ua/p730791538-preobrazovatel-napryazheniya-invertor.html> (дата звернення: 06.06.2024).

19. Акумуляторна батарея Challenger AS12-18 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://hotline.ua/ua/computer-akkumulyatory-dlya-ibp/challengeras1218/?tab=prices&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwg8qzBhAoEiwAWagLrDsKVZUPe_5uxw9FWS56tNzwqyF6qGGFIMvI0QKeH1EUnit7_-ntYxoCU34QAvD_BwE (дата звернення: 11.06.2024)..

20. Сонячна панель Altek ALM-30M-36 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ohrana.ua/peredacha-video-kabel/ibp-video/solnechnaya-panel-30w-altek-alm-30m.html> (дата звернення: 13.06.2024)..

21. Контролер заряду SOLAR30 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vipmart.com.ua/ua/p21390739-kontroller-zaryada-solar.html> (дата звернення: 14.06.2024).

22. Роз'єм авто, гніздо прикурювача 12V/24V. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.audiojack.kiev.ua/ua/vse-dlya-avto/rozyemy-dlya-avto/rozyem-avto-hnizdo-prykuryuvacha-mini-z-kryshkoyu-euro-12v-24v> (дата звернення: 15.06.2024).

23. Розетка USB 5V, 2.1 А [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1760356507-rozetka-usb-vstraivaemaya.html> . (дата звернення: 16.06.2024).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

24. Перемикач контролера [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://amperok.com.ua/peremykach_asko_1_klav_zelenyj_z_pidsvichuvannjam_. (дата звернення: 17.06.2024).

25. Світлодіодна стрічка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://decordesign.kh.ua/ua/p1522526851-led-lenta-12v.html> (дата звернення: 17.06.2024).

26. Побудова сонячної електростанції [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/trofce>

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		