

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

***ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СФЕРИЧНИХ ТА
ЦИЛІНДРОВИХ МОДУЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ФОТО-
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ***

Виконав: студент (ка) _____ 6 курсу груп ЕМ_м-
_____, _____ и 61

спеціальності (напряму підготовки) _____

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Ковалевський В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Лупенко А.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

РЕФЕРАТ

Тема дипломного проекту: «Енергоефективність сферичних та циліндрових модульних поверхонь фотоелектричних панелей». Пояснююча записка містить 101 сторінок формату А4, рисунків, таблиць та 26 посилань на літературні джерела.

Метою даної роботи теоретичне дослідження параметрів і перспектив використання сонячних фотоелектричних панелей (СФЕУ) у формі сфери та циліндра у сонячних електричних станцій (СЕС) автономних об'єктів.

У роботі розглянуто: склад і способи підключення фотоелектричної системи, проаналізувати структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею, розглянути енергетичні втрати у СЕС, проведено моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача; проведено розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми, запропоновано конструкцію міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СОНЯЧНА БАТАРЕЯ, ССОНЯЧНИЙ МОДУЛЬ, КРИВОЛІНІЙНА ПОВЕРХНЯ

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розробив	Ковалевський В.В.						
Перевірів	Лупенко А.М.						
Консульт.	Лупенко А.М.						
Н. Контр.	Коваль В.П.						
Зав каф.	Тарасенко М.Г.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						3	

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1. Сучасний стан світової геліоенергетики	9
1.2. Батареї з аморфного кремнію	13
1.3. Батареї на основі CdTe	13
1.4. Батареї на основі селеніду міді-індію	14
1.5. Батареї на основі полімерів	15
1.6. Сонячний модуль (батарея)	16
1.7. Послідовне з'єднання сонячних батарей	18
1.8. Сонячні батареї (SunCharger) на гнучких фотоелементах 4/6/8/11/15 Вт	19
1.9. Висновки до розділу	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	22
2.1. Енергетичний баланс СЕС	22
2.2. Використання фотоелектричних батарей при електропостачанні автономних об'єктів	26
2.3. Міні сонячна електростанція (геліостанція) на сонячних батареях	32
2.3.1. Загальний опис	32
2.3.2. Переваги і особливості	33
2.4. Робота сонячного перетворювача для автономного споживача	35
2.5. Модель сонячного модуля	35
2.6. Режим роботи сонячних батарей	39
2.7. Розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок	44

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Ковалевський			ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Лупенко А.М.					4	
Консульт.		Лупенко А.М.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

2.7.1. Розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок у формі сфери	46
2.7.2. Розрахунок електричної потужності, орієнтованої циліндричної сонячної батареї	54
2.8. Циліндрична сонячна фотоелектрична установка для зарядки мобільних пристроїв	57
2.9. Висновки до розділу 2	59
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	61
3.1. Способи створення формул в Microsoft Excel, використані при проведенні обрахунків дипломного проектування	61
3.2. Використання формул масиву	65
3.3. Використання функцій. Робота з майстром функцій	66
3.4. Висновки до розділу 3	68
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	69
4.1. Поняття техніко – економічного аналізу.....	69
4.2. Визначення економічної ефективності спроектованого приладу	70
4.2.1. Вихідні дані.....	70
4.2.2. Визначення собівартості спроектованого приладу.....	70
4.3. Визначення терміну служби спроектованого приладу.....	76
4.4. Визначення економічного ефекту в умовах експлуатації приладу	81
4.5. Висновки про економічну ефективність спроектованого пристрою.....	83
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
5.1. Заходи безпеки при монтажі електроустановок	84
5.2. Допомога при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В	86

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час.....	88
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ	92
6.1. Забруднення довкілля, що виникають при виробництві електроенергії тепловими електростанціями	92
6.2. Зменшення забруднення довкілля із використанням сонячних електростанцій	94
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	99

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність роботи. Одна з важливих проблем людства в ХХІ столітті є зміна клімату. За прогнозами учених очікується подальше підвищення середньої температури повітря в порівнянні з даними минулого століття на 1–2 °С, до 2025 року – на 2–3 °С, до 2050 року – на 3–5 °С.

Традиційна енергетика, заснована на використанні органічного палива, завдає значного збитку довкіллю. При виробництві енергії за рахунок спалювання палива щорік в атмосферу Землі викидається 150 млн. т золи, 100 млн. т діоксиду сірки, 60 млн. т оксидів азоту, 300 млн. т оксидів вуглецю, вуглекислого газу і багатьох інших речовин, які поглинають довгохвильове випромінювання, що йде від поверхні Землі. Знаходження в атмосфері цих домішок триває до 120 років (двоокис сірки - 3 дні, вуглекислий газ - 5 років, фреон - 50 - 70 років, закис азоту - 120 років), а довгострокове знаходження їх може привести до небажаних глобальних змін клімату.

Одним з основних забрудників (до 50 %) є енергетичний комплекс, енергоносієм якого служить органічне паливо. Накопичення CO₂ та інших газів антропогенного походження, викликає «парниковий ефект», який впливає на зміну клімату.

Поновлювані джерела енергії за останні десятиліття отримали значний розвиток в світі. Світовий сонячний фотоелектричний ринок розвивається з темпами зростання більше 30 % у рік, а обсяг виробництва сонячних фотоелектричних установок склав в 2006 р. - 2,4 ГВт, в 2010 р. досягнув практично 10 ГВт.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський В.В.			ВСТУП	Літ.	Аркуш
Перевірив		Лупенко А.М.					6
Консульт.		Лупенко А.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	

У зв'язку з вищевикладеним, проблема використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ), в першу чергу для сонячних енергетичних установок, є актуальною. Впровадження сонячної енергетики в цілому допоможе стійкому розвитку економіки, малого бізнесу і створенню нових робочих місць в регіонах України і сприятиме виконанню «Національної програми по Енергозбереженню».

Враховуючи вищевикладене, були визначені мета і завдання дипломної роботи.

Об'єкт дослідження: процес перетворення сонячної променевої енергії у електричну.

Предмет дослідження: ефективність поглинання сонячної променевої енергії криволінійними поверхнями фотоелектричних панелей (батарей).

Мета роботи: теоретичне дослідження параметрів і перспектив використання сонячних фотоелектричних установок (СФЕУ) у формі сфери та циліндра у сонячних електричних станціях (СЕС).

Для поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання.

- проаналізувати будову та принцип дії сонячних батарей;
- проаналізувати структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею;
- розглянути енергетичні втрати у СЕС;
- провести аналіз автономних міні СЕС;
- провести моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача;
- провести розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми.

опис конструкції виготовленої міні СЕС для живлення портативних приладів із гручкою фотоелектричною батареєю.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Отримано аналітичні рівняння для розрахунку вольт-амперних характеристик реального сонячного (фотовольтаїчного) модуля.
2. Встановлено аналітичний взаємозв'язок між струмом сонячного модуля та інтенсивністю сонячного випромінювання при якому його енергоефективність найвища. Для цього використано метод інтерполяції експериментальних даних, поліномом 1-го порядку.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Запропоновано систему регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.
2. Розроблено та виготовлено фізичну модель зарядного пристрою для портативних приладів на основі гнучкого фотоелектричного модуля, якому надається циліндрична форма.

Апробація результатів роботи. Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. ТНТУ, 2019 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 101 арк. формату А4, графічна частина – 24 аркушів презентації.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. P-N перехід. Принцип роботи кремнієвих перетворювачів.

Згідно з визначенням «р -п - переходом називають тонкий шар, що утворюється в місці контакту двох областей напівпровідників акцепторного і донорного типів. Обидві області напівпровідника, зображені на рис 1.1, електрично нейтральні, оскільки як сам матеріал напівпровідника, так і домішки електрично нейтральні. Відмінності цих областей - в тому, що той що ліва з них містить вільно рухомі дірки, а права вільно рухомі електрони». Схема представлена на рис. 1.1 [1]

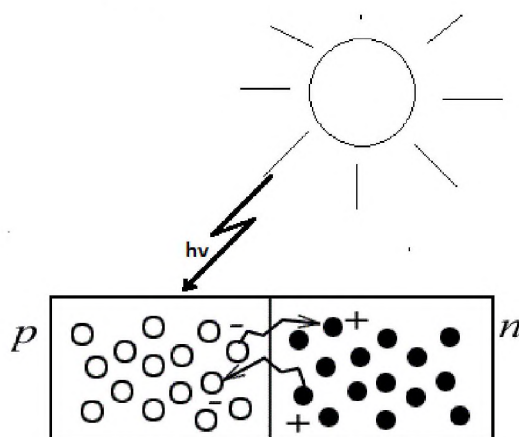


Рис. 1.1. - р -п - перехід

Розглянемо принцип роботи напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Будучи основою сонячних батарей, ці пристрої дають пряме (без застосування механічних рухомих частин і елементів) перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський В.В.			РОЗДІЛ 1		
Перевірів		Лупенко А.М.					
Консульт.		Лупенко А.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						9	
					гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		

Світлочутливість напівпровідників, на якій побудована робота ФЕП, викликана особливостями їх мікроструктури. Енергія атомів напівпровідника змінюється квантами. Коли атоми знаходяться в кристалічній решітці напівпровідника їх квантові рівні, що представляють характеристики енергетичних станів атомів діляться на енергетичні зони. Ці зони знаходяться один від одного на величину енергії, що носить назву забороненої зони. Ця зона лежить в області видимої частини спектру сонячного випромінювання. Зона, яку займають зовнішні, тобто валентні, електрони носить назву валентної зони (рис 1.2.). Електричні властивості напівпровідника визначаються структурою енергетичних зон і наповненістю їх електронами.

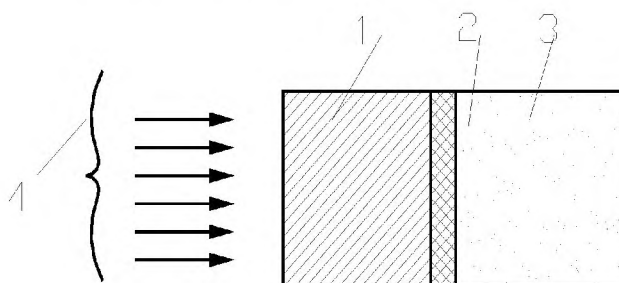


Рис 1.2. Розподіл енергетичних зон в напівпровідниках: 1 - дозволена зона (зона провідності); 2 - дуже вузька заборонена зона (0,1-1,5 еВ); 3 - частина дозвленої зони, заповненої електронами (валентна зона); 4 світло

Під дією світла в заборонених зонах фотоелектричних напівпровідників з'являються вільні електрони. На місці звідки пішов вільний електрон, залишається позитивно заряджений іон або «дірка», утворюються електронно - діркові пари. Поділ електронів і дірок забезпечується р (концентрація дірок) - n (концентрація електронів) переходом.

Таким чином електрони, що оточують ядро атома в напівпровіднику мають різні енергії. Ті з них, які міцно пов'язані з ядром (валентні електрони), мають енергію, що знаходиться в межах заповненої (валентної) зони. Енергія вільних електронів (електронів провідності) вище і лежить в зоні провідності. Є енергетичний зазор або енергетична заборона зона, що розділяє зону

провідності і валентну зону. Для напівпровідника це зазор менше ніж в діелектрику і в ньому при будь-якій температурі є носії заряду. Це - електрони або дірки (вакансії), тобто те місце в кристалічній решітці, де знаходилися електрони.

Електрон сусіднього атома потрапляє в дірку, утворюючи нову дірку на колишньому місці і так далі. Переміщення (дрейф) дірки - переміщення позитивного заряду, а дрейф електрона - переміщення негативного заряду. Концентрацію електронів позначають «п», а концентрацію дірок - «р».

При створенні в напівпровіднику градієнта концентрації (тобто вектора характеризує інтенсивність концентрації електронів і дірок) виникає ЕРС, яка веде до появи на зовнішніх поверхнях напівпровідника зарядів протилежного знака, або, якщо поверхні покриваються металевими струмознімачами і з'єднуються провідниками через навантаження, з'являється електричний струм.

Найбільш досконалими фотоелектричними перетворювачами з 60-их років вважаються кремнієві. Основний матеріал для них монокристалічний і полікристалічний кремній. На їх основі проводиться до 70 % випущених фотоперетворювачів. І це зберігалось протягом 10 - 15 років. Вибір кремнію зумовлений низкою факторів [2]:

- найбільше, після кисню, поширення на Землі цього елемента;
- найбільша вихідна потужність для сонячного спектра, ширина забороненої зони 1-1,5 еВ;
- підходяща для сонячного випромінювання спектральна чутливість;
- менша, в порівнянні з іншими напівпровідниками, чутливість до температурних коливань;
- досягнення мінімальних втрат на відбиття сонячного світла.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фотоелементи на полікристалічному кремнії у вигляді плоскої стрічки з одностороннім покриттям зернами кремнію з невеликою дифузією по всій довжин на товщу шару ККД близько 14 %.

Максимальний (досягнутий в лабораторії) коефіцієнт корисної дії сонячних елементів на основі каскадних гетероструктур становить 36,9 % (фірма «Спектролаб», США). Для сонячних елементів з кремнію він дорівнює 24 %. Компанія «Sun Power Зігрій.» (США) почала в 2003 р виробництво сонячних елементів з кремнію з ККД 20%.

Нові технології і матеріали дозволяють в найближчі п'ять років збільшити коефіцієнт корисної дії сонячних елементів на основі каскадних гетероструктур до 40 % в лабораторії і до 26-30 % у виробництві. ККД сонячних елементів з кремнію може досягти в лабораторії 28 %, а в промисловості – 22 %.

Розробляється також покоління сонячних елементів з граничним ККД до 93 %, що використовує нові фізичні принципи і матеріали. Основні зусилля спрямовані на більш повне використання спектра сонячного випромінювання і енергії фотонів за принципом: кожен фотон повинен поглинатися в напівпровіднику із забороненою зоною, ширина якої відповідає енергії цього фотона. Новий метод дозволить на 47 % знизити втрати в сонячних елементах.

Для цього створюються:

- каскадні сонячні елементи з напівпровідників з різною шириною забороненої зони;
- сонячні елементи зі змінною шириною забороненої зони;
- сонячні елементи з домішковими енергетичними рівнями в забороненій зоні.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Батареї з аморфного кремнію

Якщо проводити розподіл в залежності від використовуваного матеріалу, то аморфні батареї відносяться до кремнієвих, а якщо в залежності від технології виробництва - до плівкових. У разі виготовлення аморфних панелей, використовується не кристалічний кремній, а силан або кремневодень, який тонким шаром наноситься на матеріал підкладки. ККД таких батарей становить всього 5-6 %, у них дуже низький показник ефективності, але, незважаючи на ці недоліки, вони мають і ряд переваг [3]:

1. Показник оптичного поглинання в 20 разів вище, ніж у полі- і монокристалів.
2. Товщина елементів менше 1 мкм.
3. В порівнянні з полі- та монокристалом має більш високу продуктивність при похмурій погоді.
4. Підвищена гнучкість.

Крім описаних вище видів кремнієвих сонячних батарей, існують і їх гібриди. Так для більшої стабільності елементів використовують двофазний матеріал, що представляє собою аморфний кремній з включеннями нано- або мікрочастин. За властивостями отриманий матеріал схожий з полікристалічним кремнієм.

Розробка плівкових батарей обумовлена [4]:

1. Потребами в зниженні вартості сонячних батарей.
2. Необхідністю в поліпшенні продуктивності та технічних характеристик.

1.3. Батареї на основі CdTe

Дослідження телуриду кадмію, як світлопоглощаючого матеріалу для сонячних батарей почалися ще в 70-х роках.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У той час його розглядали як один з оптимальних варіантів для використання в космосі, сьогодні ж батареї на основі CdTe, рисунок 1.3, є одними з найперспективніших в земній сонячній енергетиці. Так як кадмій є кумулятивною отрутою, то дискусії виникають лише з одного питання: токсичний чи ні? Але дослідження показують, що рівень кадмію, що вивільняється в атмосферу, мізерно малий, і побоюватися його шкоди не варто. Значення ККД становить близько 11 %. Цифра невелика, зате вартість вата потужності таких батарей на 20-30 % менше, ніж у кремнієвих.

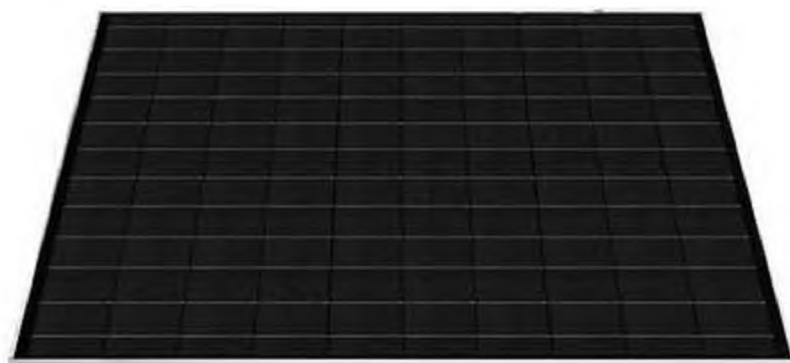


Рис. 1.3. CdTe сонячна батарея

1.4. Батареї на основі селеніду міді-індію

Як зрозуміло з назви, в якості напівпровідників використовуються мідь, індій і селен, іноді деякі елементи індію заміщають галієм. Приклад на рис. 1.4. [4]

Така практика пояснюється тим, що більша частина виробляється на сьогодні індію потрібно для виробництва плоских моніторів. Саме тому з метою економії індій заміщають на галій, який має схожі властивості. Плівкові сонячні батареї на основі селеніду міді-індію мають ККД рівний 15-20%. Слід мати на увазі, що без використання галію ефективність сонячних батарей зростає приблизно на 14%.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

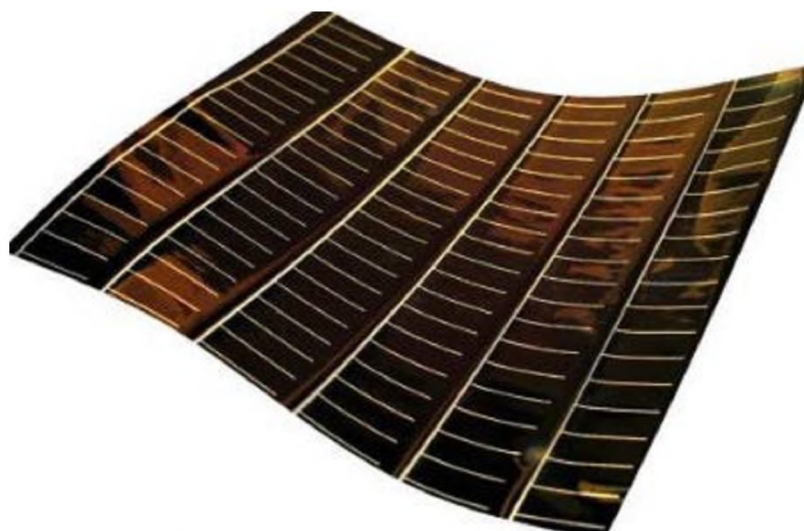


Рис. 1.4. Батареї на основі селеніду міді-індію

1.5. Батареї на основі полімерів

Розробка даного виду батарей почалася порівняно недавно. Як світлопоглинаючі матеріали використовуються органічні напівпровідники, такі як поліфенілен, вуглецеві фулерени, фталоціанин міді та інші [4].

Товщина плівок становить 100 нм. Полімерні сонячні батареї, як на рис 1.5, мають на сьогоднішній день ККД всього 5-6 %.

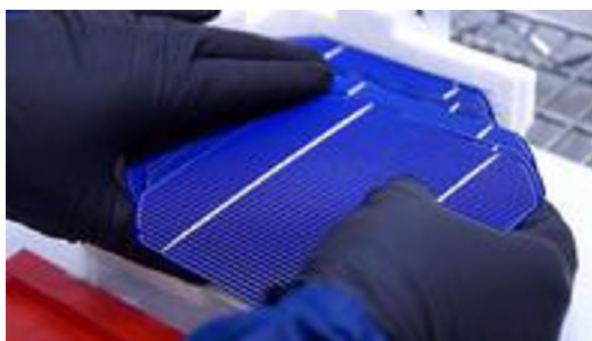


Рис. 1.5. Батареї на основі полімерів

Але їх головними достоїнствами вважаються:

1. Низька вартість виробництва.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. Легкість і доступність.

3. Відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Застосовуються полімерні батареї в областях, де найбільше значення має механічна еластичність і екологічність утилізації. У таблиці 1.1 наведені узагальнені дані про ККД різних видів сонячних батарей.

Таблиця 1.1

ККД різних видів сонячних батарей

ККД сонячних елементів, що випускаються в виробничих масштабах	
Моно	17-22%
Полі	12-18%
Аморфні	5-6%
На основі телуриду кадмію	10-12%
На основі селеніду міді-індію	15-20%
На основі полімерів	5-6%

1.6. Сонячий модуль (батарея)

Кристалічний модуль (сонячна батарея) складається з декількох окремих сонячних елементів, практично завжди з'єднаних послідовно, що дозволяє збільшити напругу і вихідну потужність у порівнянні з одним сонячним елементом. Зазвичай напруга модуля проектується так, щоб воно відповідало напрузі батареї 12В. Напруга окремого сонячного елемента при 25 °С і атмосферній масі 1.5 становить близько 0,6 В [4]. Беручи до уваги те, що продуктивність сонячних елементів зменшується при збільшенні температури, а для зарядки акумулятора потрібна напруга порядку 15 В, більшість модулів включають в себе 36 елементів, з'єднаних послідовно. Такий модуль виробляє напругу 21 В при стандартних умовах тестування та має робочу напругу рівне 17-18 В при максимальній потужності і температурі. Надмірна напруга необхідна, щоб компенсувати падіння напруги на інших елементах фотоелектричної системи і роботу не в точці

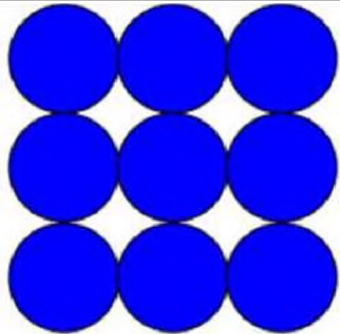
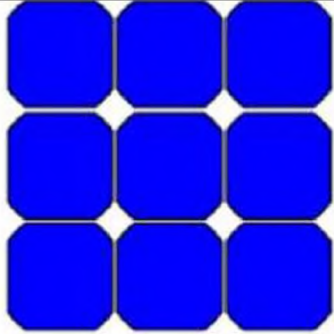
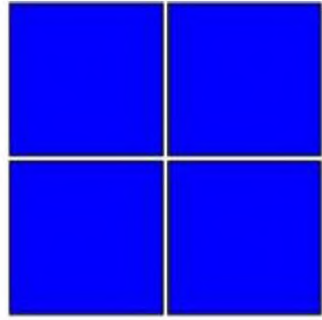
					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимальної потужності в наслідок зменшення інтенсивності випромінювання.

Густина упаковки сонячних елементів в модулі дорівнює відношенню площі модуля, яку займають сонячні елементи до загальної площі. Густина упаковки на ряду з робочою температурою і ККД ФЕП є фактором, що визначає вихідну потужність батареї. Густина упаковки залежить від форми використовуваних сонячних елементів. Наприклад монокристалічні елементи бувають круглими або напівкруглими, полікристалічні елементи зазвичай квадратні. Тому густина упаковки монокристалічних елементів нижче, ніж полікристалічних. Можливі варіанти упаковки круглих і квадратних елементів показана в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Геометрична форма батарей

Монокристалічні		Полікристалічні
Круглі	Обточені	
		

Якщо між елементами спеціально залишити зазори і задню поверхню зробити з білого матеріалу, то можна збільшити вихідну потужність за рахунок ефекту концентрації випромінювання. Певна кількість світла, що потрапляє в області між сонячними елементами і проводкою, розсіюється і направляється в активні області модуля.

Густина упаковки полікристалічних сонячних елементів в модулі більша, але вони виробляють меншу потужність так як їх ефективність нижче.

1.7. Послідовне з'єднання сонячних батарей

Часткове затінення окремого модуля в колі може бути причиною протікання зворотного струму через затінений модуль, викликаючи локальний нагрів і знижуючи загальну продуктивність кола. Байпасний діод підключений паралельно з серією фотоактивних осередків ФЕМ в прямому напрямку протікання струму, струм ланцюга (в разі затінення) пройде через діод, тим самим мінімізуючи нагрів модуля і втрати в ланцюзі, як на рис. 1.6.

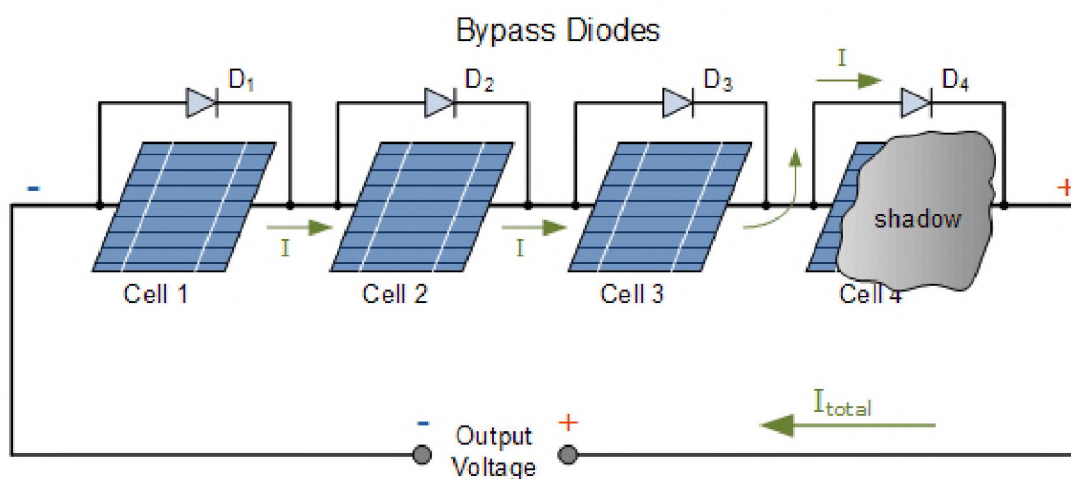


Рис. 1.6. Послідовне з'єднання

Схема, рис 1.7, зображує з'єднання «плюса» першого модуля з «мінусом» другого, і вивід зовнішніх проводів від «мінуса» першого фотомодуля і «плюса» другого [5, 6, 7]. Не має значення, скільки сонячних панелей буде об'єднано в одну батарею. Головне - не порушити принцип. «Плюс» першого на «мінус» другого, «плюс» другого на «мінус» третього, «плюс» третього на «мінус» четвертого і т.д. Провід від незадіяних клем (

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

18

«мінус» першого модуля і «плюс» останнього) виводяться на контролер або акумулятор.

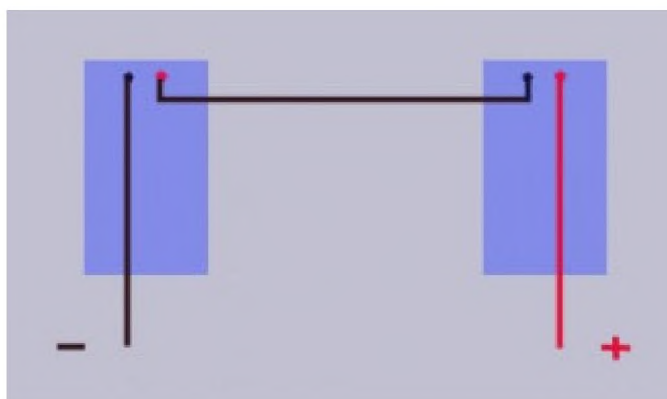


Рис. 1.7. Під'єднання полюсів

1.8. Сонячні батареї (SunCharger) на гнучких фотоелементах 4/6/8/11/15 Вт

Сонячні батареї, представлені на сайті <http://www.mobi-power.ru/> [8], дозволяють зарядити майже всі мобільні пристрої в польових умовах. Електроніка облегчає виконання цього завдання. Часто їх купують для створення своїх автономних пристроїв мобільного електроживлення.

Майже всі представлені сонячні батареї виготовлені з аморфного кремнію, тому вони мають мінімальну вагу на одиницю потужності, а також є гнучкими, тобто не ламаються при вигині, що важливо в похідних умовах (рис. 1.8)

Електроніка виконує два завдання:

- узгодження нестабільних вихідних параметрів сонячної батареї з необхідними для мобільного споживача;
- накопичення енергії від сонячної батареї.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.8. Гнучка SunCharger

Щоб обрати сонячну батарею, то спочатку визначаємося з необхідною потужністю сонячної батареї, потім вибираємо електроніку, яка найкраще підходить під наші завдання. Сонячна батарея живить споживачів неопосередованих, то її потужність повинна бути не менше, ніж поточні потреби споживача (плюс запас в пару-трійку раз, на «неідеальність» погоди).

Однак якщо використовувати накопичувач, то необхідна потужність сонячної батареї може бути в кілька разів менше, ніж в випадку безпосереднього живлення від неї. Тобто, сонячна батарея цілий день заряджає акумулятор, а ввечері протягом пари годин цей акумулятор живить, наприклад, КПК. Це дозволяє використовувати менш потужну, тобто легшу і дешеву сонячну батарею і мати запас енергії на «чорний день».

1.7. Висновки до розділу

1. Серед основних переваг геліоенергетики це перспективність, доступність і невичерпність джерела енергії в умовах постійного зростання цін на традиційні види енергоносіїв.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

2. Сонячні фотоелектричні системи мають ряд переваг: їх робота механічно дуже проста, немає частин, що обертаються, вироблення електричної енергії фотоелектричним процесом зовсім безшумне, фотоелектричні сонячні панелі незамінні у важкодоступних і видалених районах.

3. Недоліки використання сонця як альтернативного джерела енергії: залежність від погоди і часу доби; сезонність в середніх широтах і неспівпадання періодів вироблення енергії і потреби в ній; нерентабельність у високих широтах, і як наслідок, необхідність акумуляції енергії; необхідність періодичного очищення відбиваючої/поглинаючої поверхні від забруднення; нагрівання атмосфери над електростанцією.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Енергетичний баланс СЕС

Для України розширення обсягів використання ВДЕ дуже актуально і багатообіцяюче, особливо після прийняття «Закону про зелений тариф». В Україні річний прихід сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які вже сьогодні активно використовують його для отримання екологічно чистого і фактично безкоштовного електрики (Швеція, Німеччина, США, Японія і багато інших). Наприклад, у Німеччині останнім часом спостерігається інтенсивний розвиток сонячної енергетики, а сумарна встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилася вдвічі [9-13].

В даний час з'явилася проблема побудови таких систем, за умови ефективної автономної роботи і роботи в загальній енергосистемі. Проблема полягає в якісному управлінні режимами роботи генеруючих елементів і допоміжного обладнання. Досить слабо досліджено вплив цих систем на існуючу енергосистему і навпаки.

Першочерговим завданням для нас є вирішення проблеми правильного структурної побудови фотоелектричної системи з центральною системою управління (ЦСУ) і підвищення її енергетичної ефективності.

Фотоелектричні системи для постачання споживачів змінного і постійного струму можна класифікувати наступним чином:

- фотоелектрична система, інтегрована в центральну енергосистему;
- автономна фотоелектрична система з акумуляторними батареями;
- гібридні автономні системи з дизельним або бензиновим генератором.

У даній роботі ми зупинимося на системах автономного електропостачання на базі фотоелектричних установок (ФЕУ).

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський В.В.			РОЗДІЛ 2	Літ.	Аркуш
Перевірів		Лупенко А.М.					22
Консульт.		Лупенко А.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	

Представлена на рис.2.1 структурна схема системи, є найбільш досконалою, на даний момент, і зручною в експлуатації. Дана система ще не доведена до високого рівня якості, необхідно вдосконалювати систему контролю, управління та оптимізації роботи.

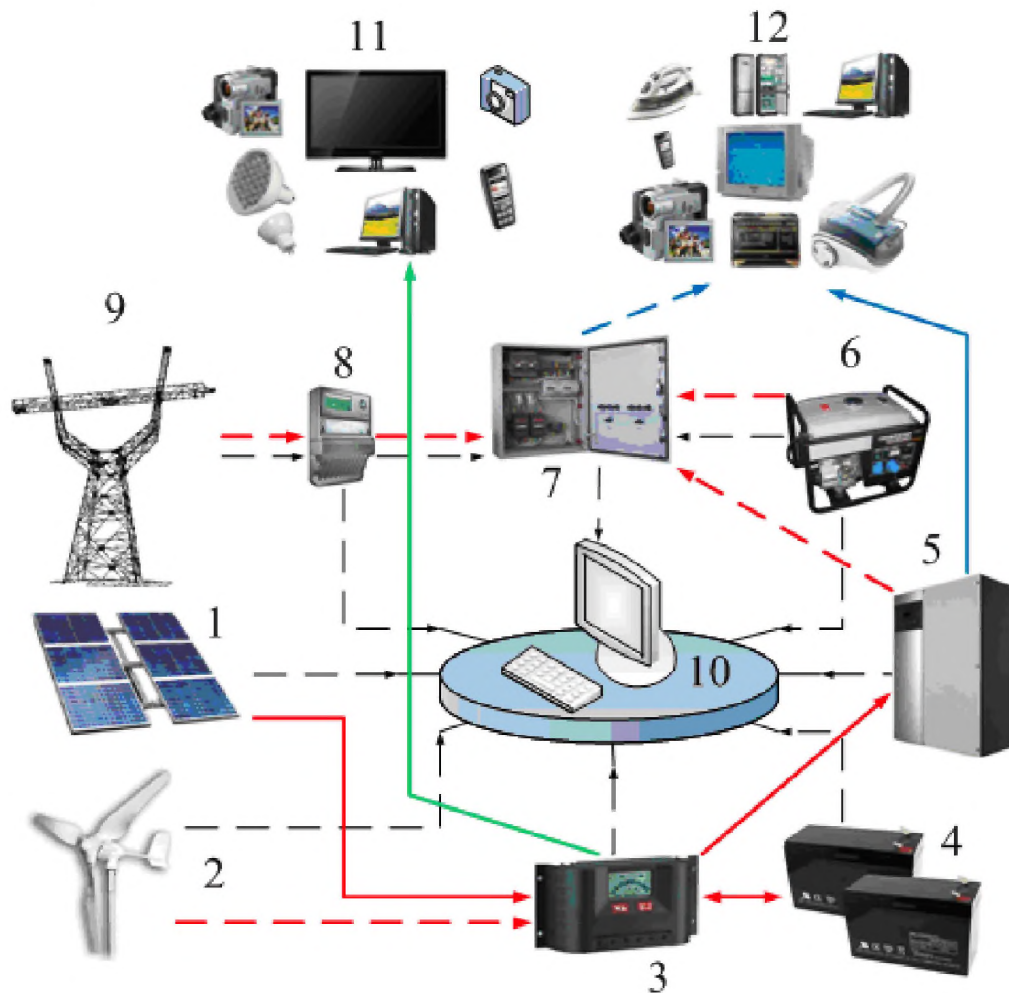


Рис. 2.1. Структурна схема системи автономного електропостачання:

1 - фотоелектрична установка; 2 - вітроенергетична установка; 3 - контролер заряду-розряду акумуляторних батарей; 4 - акумуляторні батареї; 5 - інвертор; 6 - дизель- або бензиновий генератор; 7 - пристрій автоматичного введення резерву; 8 - електронний лічильник електроенергії; 9 - зовнішня енергосистема; 10 - центральна система управління; 11 - споживачі постійного струму; 12 - споживачі змінного струму.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

Основним джерелом енергії в даній системі є фотоелектрична установка, що складається з кремнієвих фотоелектричних модулів включених паралельно (послідовно). Спираючись на технічні характеристики промислово випущених пристроїв можна оцінити ККД проектованої системи.

На рис.2.2 показана енергетична діаграма розглянутої системи з урахуванням того, що в середньому ККД кремнієвих фотоелектричних модулів дорівнює 20 %, втрати при заряді-розряді сучасних акумуляторних батарей приблизно 20 %, а втрати при інвертуванні постійного струму в змінний 15%.

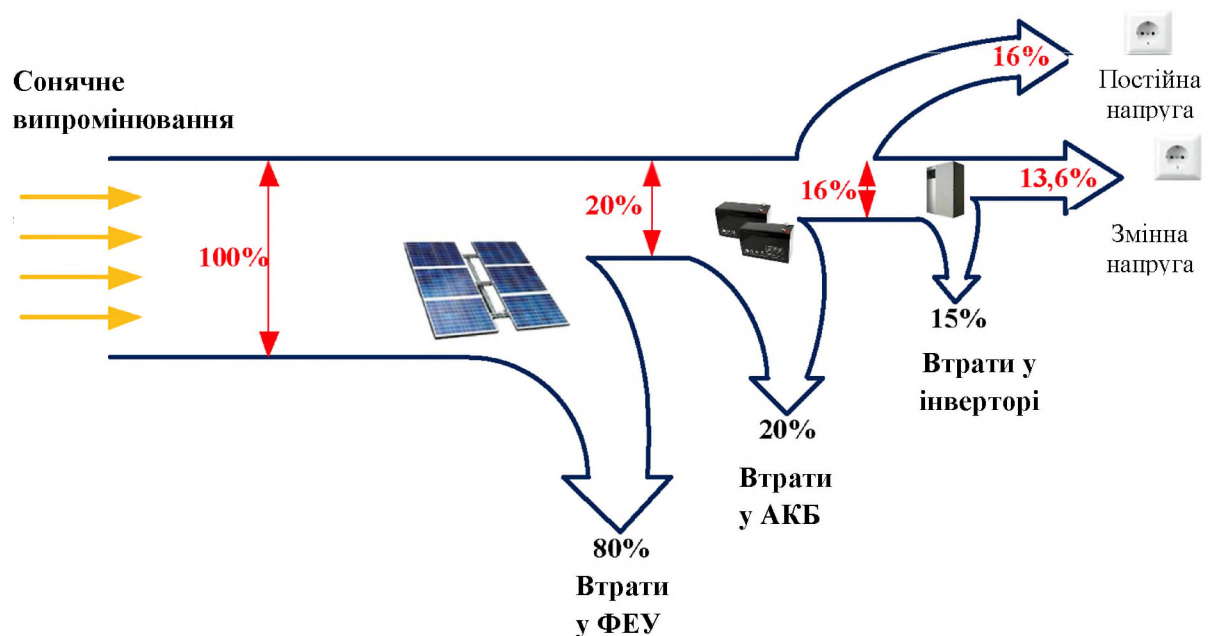


Рис. 2.2. Енергетична діаграма перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію

Таким чином, як видно з діаграми, при живленні споживача змінного струму може бути корисно використано близько 13,6 % енергії сонячного випромінювання.

Для підвищення енергетичної ефективності таких систем, доцільно частину споживачів перевести на живлення від постійного струму. У першу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

24

чергу такими споживачами повинні стати освітлювальні прилади. Найсучасніші світлодіодні лампи якраз і є яскравими представниками споживачів постійного струму, які можуть замінити існуючі лампи розжарювання і навіть так звані енергоефективні лампи, так як потужність діодних ламп в рази нижче існуючих енергоефективних ламп. Можна замінити істотний ряд інших всім відомих побутових приладів: телевізори, комп'ютери (ноутбуки), пральні машини і безліч дрібної побутової техніки. Такий перехід дозволить істотно знизити втрати в цих системах і підвищити їхню енергетичну ефективність, вона складе, як видно все з тієї ж енергетичної діаграми, приблизно 16 % від потужності що надходить від сонячного випромінювання.

Зображена на рисунку 2.2 енергетична діаграма дозволяє вирішувати завдання проектування автономних фотоелектричних систем. За допомогою діаграми можна оцінити кількість генерованої електричної енергії постійного (змінного) струму, в залежності від величини інсоляції та площі робочої поверхні ФЕУ або, навпаки, при відомій величині споживаної електричної енергії можна визначити необхідну площу фотоелектричних модулів для покриття відомої величини споживання електричної енергії постійного (змінного) струму.

Таким чином, при проектуванні автономних систем електропостачання на базі ФЕУ, може вирішуватися як пряма задача: сонячне випромінювання - обсяг електричної енергії, так і зворотна: необхідний обсяг електричної енергії - площа робочої поверхні ФЕП.

Для забезпечення надійного та якісного електропостачання, автономна система повинна бути оснащена центральною системою управління. Її можна порівняти з центральною нервовою системою людини або з уже існуючими штучними нейронними мережами, які створені як математична модель існуючих в природі з'єднань.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автономні системи електропостачання на базі фотоелектричних установок можна широко використовувати в промислових і соціальних структурах, наприклад: для освітлення вулиць і автомагістралей; як джерела резервного живлення (важливих об'єктів); мобільні енергетичні системи; навчальний процес, а також у створенні та вивченні Smart Grid (Інтелектуальні мережі). Попри істотні фінансові витрати і ряд практичних проблем, які необхідно вирішувати, ці системи, як фотоелектричні так і гібридні, можуть стати для України істотним доповненням до традиційній енергетиці.

2.2. Використання фотоелектричних батарей при електропостачанні автономних об'єктів

Система електропостачання для заміського будинку має більше значення, ніж для міської квартири. Якщо в місті відключення електроенергії викликає дрібні незручності, то за містом це може привести до справжньої катастрофи. Зате в заміських умовах, на відміну від мегаполісу, є можливість вибору джерела енергії.

Загострення проблем з підключенням заміських будинків і віддалених об'єктів до мереж централізованого електропостачання змушують шукати альтернативні способи електропостачання. Великий інтерес викликають системи з використанням енергії поновлюваних джерел.

Сонячні батареї, які встановлюються на дахах будинків, можуть працювати не тільки вдень, але і під час низького сонцестояння або в похмуру погоду. Ні вітер, ні низька температура повітря - не перешкода збору енергії. Крім того, ці батареї безшумні, що вигідно відрізняються від вітрових систем.

Як не дивно, у відношенні сонячних батарей європейці оцінюють наш ринок як дуже перспективний, перш за все через високі темпи розвитку

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заміського будівництва. Значне зростання заміської власності збільшує і попит на альтернативні джерела енергії. Крім того, треба враховувати, що у нас нерідкі випадки, коли в котеджах відсутнє централізоване тепло та газопостачання, вводяться жорсткі ліміти на електроенергію. А тоді на виручку можуть прийти сонячні системи. Для зменшення капітальних вкладень у систему на сонячних панелях, необхідно використовувати електрообладнання з високою енергоефективністю. При виборі побутових електроприладів необхідно звертати особливу увагу на клас енергоефективності.

Для освітлення можна використовувати світлодіодні лампи, які в 10 разів ефективніше ламп розжарювання, і більш ніж в 2 рази ефективніше енергозберігаючих люмінесцентних ламп. Максимальну ефективність сонячні панелі мають при «падінні» сонячних променів перпендикулярно до поверхні модуля. Так як сонце весь час «переміщається» по небу, для ефективного використання панелі можливе застосування пристроїв стеження і повороту панелі до сонця.

Можна виділити два типи фотоелектричних систем: автономні і сполучені з електричною мережею. Останні віддають надлишок електричної енергії в мережу, яка служить резервом в разі виникнення внутрішнього дефіциту електроенергії. Побутові сонячні батареї здійснюють практично автономне енергопостачання будинку, використовуючи при цьому тільки енергію сонця. Останнім часом все частіше можна побачити мобільні житлові вагончики з подібними системами електрифікації. Сонячні малопотужні батареї для дачі дозволяють не залежати від муніципального електропостачання і назавжди звільняють від плати за електроенергію.

Сучасний метод обробки фасадів склом і алюмінієм може бути не тільки красивим, але і корисним, зокрема забезпечувати резервне електропостачання будівлі. Для цього необхідно замінити фасадне скло сонячними аморфними прозорими і не прозорими батареями, які до того ж

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом 25 років гарантовано будуть забезпечувати додатковою або резервною електрикою. Фотоелектричні панелі генерують електроенергію не тільки при прямому сонячному освітленні, але навіть і в похмурі дні. Обробка фасаду сонячними батареями не порушує вентиляцію будівлі. З економічної і технічної точки зору дуже вигідно використовувати фотоелектричні панелі в обробці будинку.

У багатьох країнах розвиток «сонячного» житлового будівництва став одним з напрямів державної політики. Питаннями енергозберігаючого будівництва займаються ЮНЕСКО, Європейська комісія, ООН, Департамент енергії США. Особливо широко упроваджуються «сонячні» будинки в Німеччині в рамках національної програми «500 тисяч «сонячних» будинків». Такий «сонячний будинок», оснащений ефективною тепловою установкою, може повністю задовольнити потребу його мешканців в теплі і світлі навіть без використання інших джерел енергії. Причому держава допомагає громадянам переходити на альтернативні джерела енергії, пропонуючи безпроцентні позики і знижки на закупівлю устаткування.

Практичний досвід застосування сонячних батарей показує, що і в нашому кліматі ці електростанції здатні забезпечити електропостачання будинку в потрібному обсязі.

Сонячні батареї в якості резервного електропостачання заміського будинку мають цілий ряд переваг: немає необхідності в паливі, відсутність шкідливих виділень у навколишнє середовище, абсолютна безшумність, простота в обслуговуванні і експлуатації.

Крім того, використання сонячних батарей не вимагає погодження з контролюючими інстанціями, а термін служби панелі становить близько 20 років.

Сучасні технології виготовлення сонячних батарей, в поєднанні з енергозберігаючими і світлодіодними лампами, забезпечують гарантоване енергопостачання і освітлення розумного будинку в будь-якій кліматичній

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зоні. При електрифікації будинку з використанням сонячних батарей важливо встановити сонячні батареї з урахуванням всіх рекомендацій і без помилок. Якщо будинок тільки в планах будівництва слід заздалегідь передбачити можливість використання сонячних батарей в якості покрівельного матеріалу. Не обов'язково закривати весь скат даху сонячними батареями. Досить одного ряду на рівні людського зросту. П'ять - вісім стандартних сонячних батарей в сонячний день будуть генерувати від 5 до 12 кВт екологічно чистої, безкоштовної енергії, вони ще додадуть естетично привабливий, ультрасучасний шарм.

Сонячні електростанції можуть бути застосовані там де перепади і відключення електроенергії не рідкість в основному це відбувається в приміській зоні, що призводить до вимикання всіх електроприладів, а також до зіпсованого відпочинку та незручностей (наприклад розморозився холодильник з продуктами або неможливість перегляду улюбленої телепередачі), при підключенні сонячної електростанції необхідної потужності ці проблеми зникають.

Резервне, автономне електропостачання для заміського житла має більше значення, ніж для міської квартири. Відключення електроенергії в великих містах відбувається рідко, в основному, в холодні зими, а ось за містом, в котеджних селищах, кемпінгах, мотелях, туристичних комплексах це призводить до серйозних фінансових втрат і труднощів.

Системи електропостачання і сонячне обладнання в період найбільшої активності Сонця (з березня по серпень) повністю забезпечують електроенергією житловий будинок, дачу. Перш за все, це залежить від обраної потужності сонячного обладнання.

Сонячний будинок з автономним підключенням - це будинок з незалежним і безперебійним електропостачанням. Головне в концепції житлового «сонячного» будинку - максимальне використання сонячного випромінювання, перетворення його в тепло і збереження теплової енергії в

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будинку з найменшими втратами. Сонячна батарея автономно з'єднується з акумуляторною батареєю, контролером заряду і домашньою технікою.

Під розрахунком сонячної електростанції мається на увазі визначення номінальної потужності сонячних модулів, їх кількість, ємність АБ, потужність інвертора і контролера заряду-розряду. Кількість сонячних модулів слід вибирати, виходячи з кількості споживаної енергії, площі даху будинку (або будь-якого відповідного майданчика необхідного для розміщення сонячних модулів), а так само з вартісних показників. Для акумуляування енергії необхідні акумуляторні батареї. При виборі інвертора порахувати все сумарне навантаження приладів яке потрібно підключити і помножити на 30 % (такі прилади як: компресорний холодильник у момент запуску споживає потужність в 12 разів, глибинні насоси в 3 - 4 рази більше паспортної).

Необхідні дані для розрахунку сонячної електростанції:

1. Район розташування.
2. Існуючі підводки (якщо вони є).
3. Загальна площа будинку.
4. Кількість приміщень.
5. Які електроприлади будуть застосовуватись.
6. Опалення та гаряче водопостачання.
7. Необхідно вказати сумарну максимальну потужність всіх електроприладів.
8. Необхідно вказати приблизний час роботи кожного з електроспоживачів.

На рис. 2.3. зображено установку для живлення побутової техніки в котеджі. До енергоустановки котеджу входить сонячні батареї, хімічні акумулятори та регулятор - перетворювач. Удень сонячні батареї заряджують акумулятори та живлять як електричні прилади. Вночі джерелом живлення є виключно акумулятори. Регулятори-перетворювачі автоматично керують

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесами зарядки-розрядки акумуляторів, живленням навантаження від сонячна батареї чи акумулятора та стабілізують вихідну напругу батареї на заданому рівні. Відповідно до статистики, навіть в умовах середніх широт, для невеликого котеджу достатньо сонячної батареї з 2-3 кВт, яка займає площу на даху всього 20-30 м².

Ефект від застосування «живлення від сонця» підвищується, якщо споживачі енергії енергоефективні, або спеціально спроектовані для роботи з фотовольтаїчними батареями (телевізори, освітлення, холодильники, насоси).

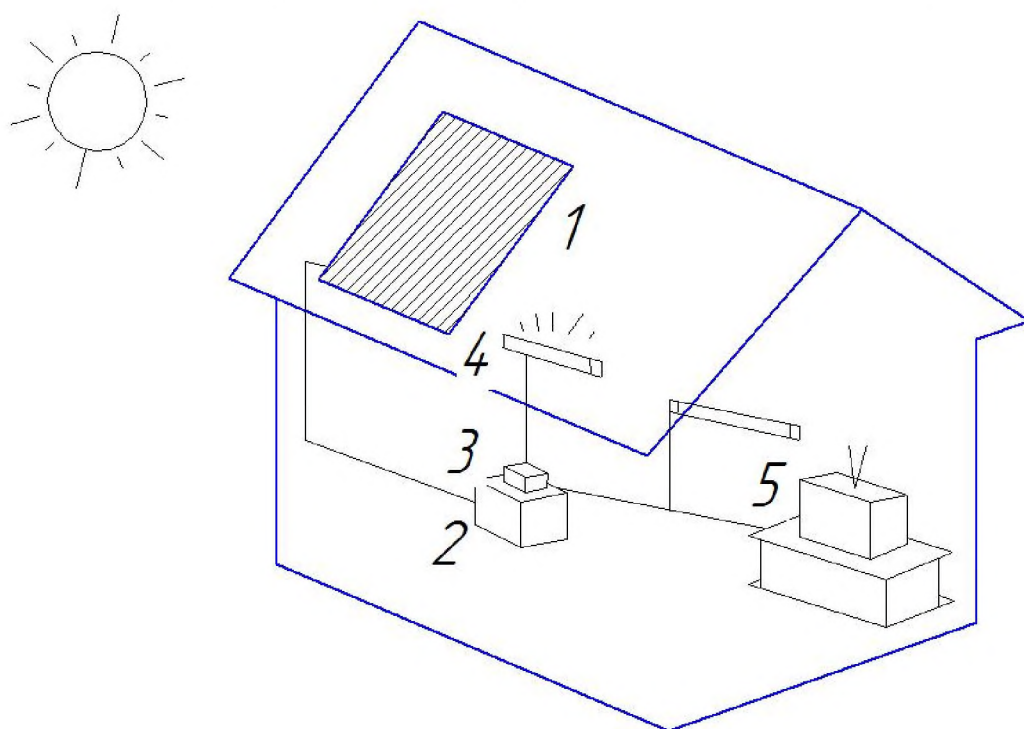


Рис. 2.3. Схема живлення котеджу сонячними батареями:

- 1 – сонячна батарея,
- 2 – хімічні акумулятори,
- 3 – регулятор-перетворювач,
- 4 – електричний кабель та освітлення,
- 5 – телевізор чи інший споживач електроенергії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

2.3. Міні сонячна електростанція (геліостанція) на сонячних батареях

2.3.1. Загальний опис

З настанням теплої погоди все більш привабливою стає перспектива провести пару днів на природі і відпочити від розпеченого мегаполісу. Однак багатьох зупиняє думка про те, що на ці кілька днів вони повністю випадуть з звичного світу цивілізації і будуть змушені задовольнятися світлом багаття і «милуватися» сім телефоном або планшетом. Насправді уникнути подібних ситуацій дуже легко, адже навіть далеко від міста є невичерпне джерело енергії - сонце. А скористатися їм допоможе портативна сонячна електростанція.

Мобільна геліостанція (рис. 2.4) - це прекрасна «похідна» альтернатива вже звичним стаціонарним установкам. Вона виробляє електроенергію практично в будь-яких умовах, забезпечуючи тим самим відповідний рівень комфорту і не вимагаючи ніякого додаткового обслуговування. Цей пристрій стане воістину незамінним і для забезпечення життєдіяльності туристичного табору, і для підтримки побутового освітлення дачного будинку.



Рис. 2.4. Мобільна геліостанція

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

Як правило, подібна електростанція являє собою компактний складаний модуль, одним з головних елементів якого є фотокомірки з аморфного кремнію. Корпус модуля зазвичай виконується у вигляді невеликого валізки і має високий ступінь захисту від вологи і пилу (рис. 2.4., 2.5). Для зниження загальної ваги пристрою корпус найчастіше виготовляють з високоміцних полімерних матеріалів. Це дозволяє надійно захистити «начинку» виробу від трясіння, ударів і інших механічних факторів і при цьому значно полегшити його перенесення.



Рис. 2.5. Мобільна геліостанція у формі валізи

Саме тому електростанції на сонячних батареях є незамінними помічниками в походах або в далекій дорозі, або ж просто на відпочинку, коли відсутні інші джерела електропостачання.

2.3.2. Переваги і особливості

Переваг у переносних електростанціях багато:

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мобільність і автономність електрозабезпечення;
- простота використання;
- наявність запасу енергії для нічного використання;
- можливість використання в несприятливих умовах (наприклад, при опадах);
- автоматична робота;
- надійний захист вхідних / вихідних кіл від різного роду перевантажень;
- робота з широким спектром вхідних напруг;
- можливість використання в якості зарядного пристрою для свинцево-кислотних акумуляторів.

Ціна подібних мобільних електростанцій цілком прийнятна, а купити підходящу модель можна в спеціалізованому магазині. Крім того, вони нерідко продаються і серед туристичного спорядження.

Потужність і продуктивність подібних пристроїв різні і залежать від конкретної моделі. У середньому електростанція на сонячних батареях здатна безперервно працювати до 8:00 в автономному режимі. Час зарядження акумулятора при стандартній освітленості займає звичайно від 4-х годин. Крім того, в деяких виробках реалізована можливість комутації навантаження безпосередньо до сонячній батареї, без задіяння акумуляторного модуля.

У комплектацію переносний станції зазвичай входить набір шнурів і адаптерів для підключень різної техніки, а також універсальний адаптер постійного струму для автомобіля і модуль живлення для заряджання в стаціонарних умовах (наприклад, будинки).

Така сонячна електростанція використовується любителями активного відпочинку і тривалих турпоходів. Адже вона здатна не тільки забезпечити енергією дрібну електроніку типу навігаторів, відеокамер або планшетів. Вона також може виробляти електрику для освітлювальних приладів або

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

невеликих холодильників. Іншими словами, дозволить насолоджуватися благами цивілізації навіть в самому віддаленому поході.

Але переваги цих пристроїв вже оцінили і дачники. Адже не секрет, що на багатьох заміських ділянках перебої з електрикою - НЕ форс-мажор, а норма. Тому компактна сонячна електростанція для дачі найчастіше є не розкішшю чи примхою «мазуна цивілізації», а необхідним пристроєм, що забезпечує комфортні умови і незалежність від центральних мереж.

2.4. Робота сонячного перетворювача для автономного споживача

Аналіз приходу сонячного випромінювання, підкреслює змінний характер сонячної радіації. У цих умовах сонячний модуль виробляє потужність, відмінну від номінальної і можуть виникати перепади потужності. Таким чином, завданням даного розділу є оптимізація вироблення сонячного модуля при даному енергетичному потоці. Сонячна батарея віддає свою енергію акумулятору і еквівалентному навантаженню, внаслідок чого складовою частиною цього завдання є діагностування стану акумулятора, як елемента системи управління сонячним модулем.

Для обґрунтування вибору сонячного модуля необхідно розглянути їх основні типи, принцип роботи сонячного елемента. Маючи достовірну схему заміщення і параметри всіх елементів системи, можливо створити систему регулювання, що забезпечує віддачу максимальної потужності від сонячної батареї.

2.5. Модель сонячного модуля

Сонячний модуль (СМ) можна представити у вигляді еквівалентної схеми, представленої на (рис. 2.6). Перетворення енергії в СМ засноване на

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фотовольтаїчному ефекті, який виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при впливі на них сонячного випромінювання.

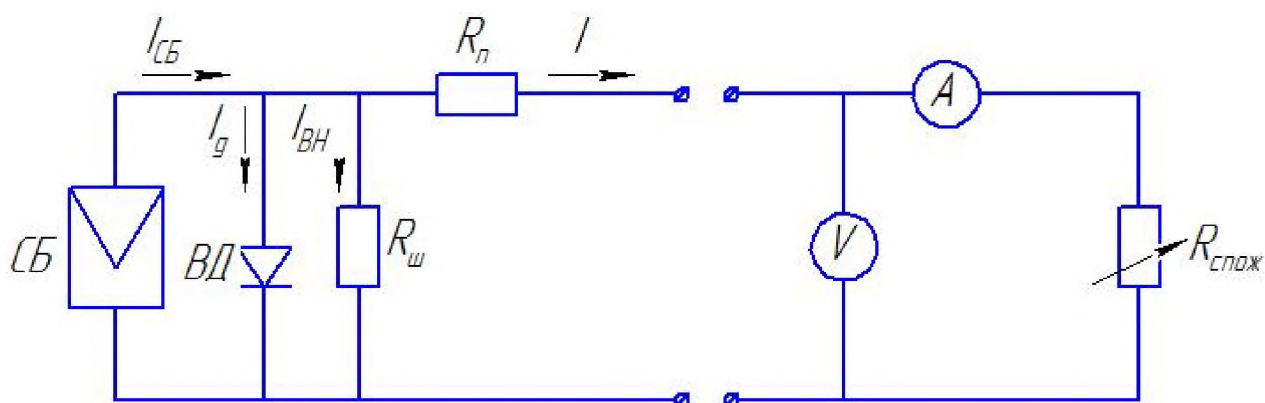


Рис. 2.6. Еквівалентна схема сонячного модуля

При цьому через р-п перехід в обох напрямках буде протікати струм неосновних нерівноважних носіїв заряду - фотоелектронів і фотодірок, а струму основних носіїв заряду перешкоджає утворений на переході потенційний бар'єр, що і визначає можливість отримання в СМ фото-ЕРС. Струм I_ϕ , генерований елементом, збігається за напрямом з електричним полем всередині елемента, яке при розімкнутому ланцюзі представляється напругою холостого ходу. Освітлення CU_{xx} М призводить до зниження потенційного бар'єру і як наслідок зростання дифузійних потоків основних носіїв, тобто до виникнення так званого струму витоку I_∂ .

$$I_\partial = I_{\text{зв}} \left[e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right], \quad (2.1)$$

де $I_{\text{зв}}$ - зворотний струм насичення; U - напруга; q - заряд електрона; k - стала Больцмана.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

36

Якщо СМ підключити до навантаження R_n , то стаціонарний стан встановиться при меншій напрузі U_n і струм у зовнішньому колі I дорівнюватиме:

$$I = I_\phi - I_\partial = I - I_{\text{зв}} \left[e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right]. \quad (2.2)$$

Це рівняння описує вольт-амперну характеристику (ВАХ) ідеального СЕ з р-п-переходом.

У реальних СМ поряд з розглянутими втратами по струму і напрузі існують втрати, пов'язані з послідовним опором фотоперетворювача R_n і такими процесами в р-п-переході, як шунтування $R_{ш}$, тунелювання, емісія та ін. Для оцінки ступеня наближення параметрів реального елемента до характеристик ідеального вводиться коефіцієнт A , який різний для кожного фотоелемента і визначається експериментально. Таким чином, отримуємо:

$$I = I_\phi - I_{\text{зв}} \left[e^{\frac{q(U + IR_n)}{AkT}} - 1 \right]. \quad (2.3)$$

$$U = \frac{AkT}{q} \ln \left[\frac{I_\phi - I}{I_{\text{зв}}} \right] - IR_n. \quad (2.4)$$

Рівняння (2.3) і (2.4) дозволяють розрахувати ВАХ реального СМ (рис 2.7). Вихідна потужність, що відповідає піковій номінальній потужності, $P_{\text{ном}}$ може бути оцінена з співвідношення:

$$P_{\text{ном}} = (I_n \cdot U_n)_{\text{макс}} = K' \cdot K'' \cdot I_{\text{кз}} \cdot U_{\text{кз}}, \quad (2.5)$$

де K' - коефіцієнт заповнення ВАХ; K'' - втрати потужності в реальному СМ, що виникають за рахунок шунтуючого опору і інших ефектів.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт корисної дії СМ залежить в основному від власної температури, яка зростає при використанні концентраторів сонячного випромінювання або при роботі в космічному просторі (рис. 2.8).

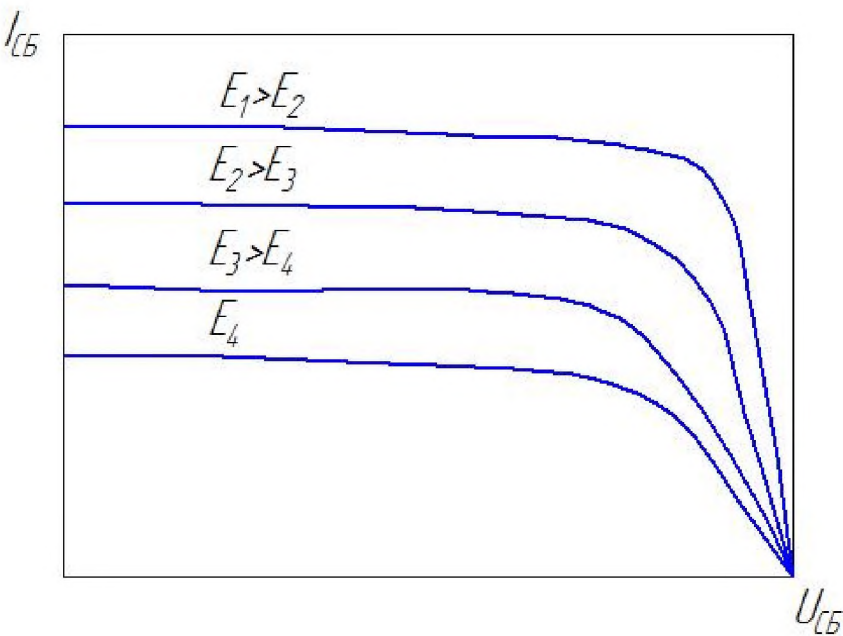


Рис. 2.7. Воль-амперна характеристика ідеального СЕ з р-п-переходом

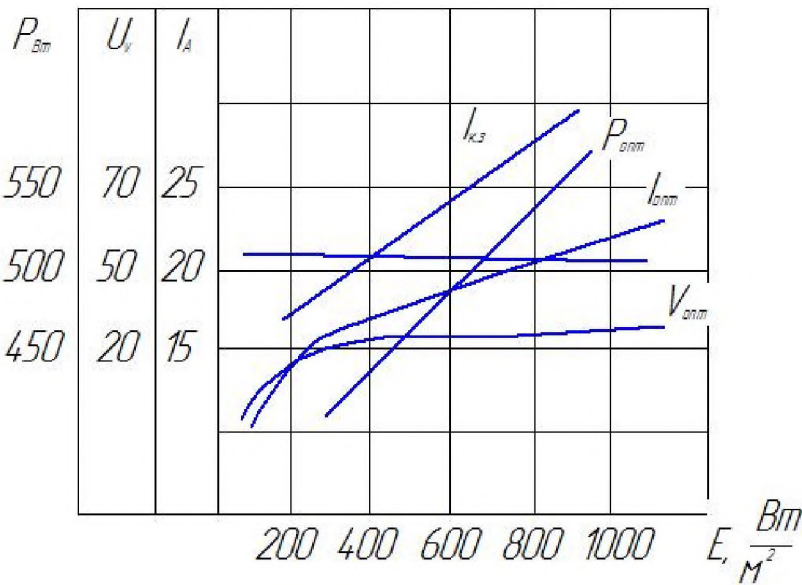


Рис. 2.8. Основні залежності параметрів сонячного модуля

Однак, в наземних умовах і при застосуванні плоских фотоелектричних панелей температура змінюється у вузькому діапазоні (від 20° до 45°C), що істотно не впливає на його ККД. Тим не менш, при зміні температури, ККД сонячного елемента визначається за наступною формулою:

$$\eta = \eta_r (1 - \Delta(T_c - T_r)), \quad (2.6)$$

де T_r - еталонна температура СЕ; T_c - справжня температура СМ; η_r - еталонний ККД СМ; Δ - температурний коефіцієнт (для кремнію може бути прийнято $45 - 10^{-4}^{\circ}\text{C}$).

Робота сонячної батареї в наземних умовах відбувається при змінній густині радіації, надходження якої залежить від добових змін, метеоумов та інших факторів. Відзначимо, що зміна номінальної потужності відбувається в основному за рахунок зміни струму (рис. 2.7), зміни напруги лежать у вузькій межі. Аналізуючи залежності основних параметрів СБ від рівня радіації, можна встановити, що із зростанням інтенсивності сонячних променів, ростуть струм I_n і потужність P_n при цьому напруга U_n змінюється у вузькому діапазоні зміни інтенсивності. Однак, цей закон зберігається лише для порівняно високих значень інтенсивності, при низьких ($E < 100 \text{ Вт/м}^2$) напруга різко падає до нульового значення, а отже і інші параметри СБ. Тому, при прямому включенні СБ до споживача можуть виникнути перепади потужності. Звідси виникає необхідність ввести в модель обмеження по мінімальному рівню інтенсивності, при якому ще можливо нормальне функціонування СБ і системи в цілому.

2.6. Режим роботи сонячних батарей

Сонячні модулі складаються з окремих фотоелементів, що з'єднуються послідовно для отримання заданої напруги модуля і паралельно, що

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує необхідну навантажувальну здатність модуля по струму. У свою чергу, сонячні модулі, що розміщуються на платформі, з'єднуються послідовно з числом n_{noc} для отримання необхідної напруги сонячного модуля (СМ). Для забезпечення необхідної здатності навантаження СМ по струму послідовні групи з'єднуються між собою паралельно. Число паралельних груп - $n_{пар}$.

Виходячи з середнього за технічними даними значення вихідної потужності модуля $P_{нсер} = 36$ Вт, розраховується число модулів n_n , що забезпечують номінальну потужність гами СФЕУ. Виходячи з геометричних розмірів модуля і рекомендацій по числу послідовних модулів, визначається робоча напруга U_6 , число паралельних модулів ($n_{пар}$) і послідовних модулів (n_{noc}). Дані розрахунку зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Рекомендації по з'єднанню модулів

Планована номінальна потужність СФЕУ, Вт	Кількість модулів в СБ (n_{CB}), шт	Рекомендована робоча напруга, В	Площа СБ, м ²	Число послідовних і паралельних груп	
				n_{noc} , шт	$n_{пар}$, шт
500	18	12,5(12)	4,5	1	18
1000	36	25(24)	9	2	18
1500	50	25(24)	13,5	2	25
2000	72	50(48)	18	4	18
3000	100	50(48)	27	4	25
4000	136	50(48)	36	4	34
5000	180	75(72)	45	6	30
7500	252	75(72)	67,5	6	42
10000	360	75(72)	90	6	60

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Широкі дослідження модуля KV 30/12М, що експлуатується у лабораторії № 402 кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту ТНТУ ім. І.Пулюя, дають достатній базис для вирішення поставлених завдань.

Сімейство вольт-амперних характеристик наведено на рис. 2.9.

Як видно з рис. 2.9 характеристики модуля нелінійні. Визначимо струм навантаження при різних значеннях E , при яких віддача модуля по потужності буде максимальною. Для цього для кожної з 4-ох кривих (рис. 2.9) були побудовані залежності:

$$P = U_{cm} \cdot I_{cm} \quad (2.7)$$

Визначено максимуми цих кривих. Це побудова проілюстровано на рис. 2.10, а результати обробки кривих наведено в табл. 2.2.

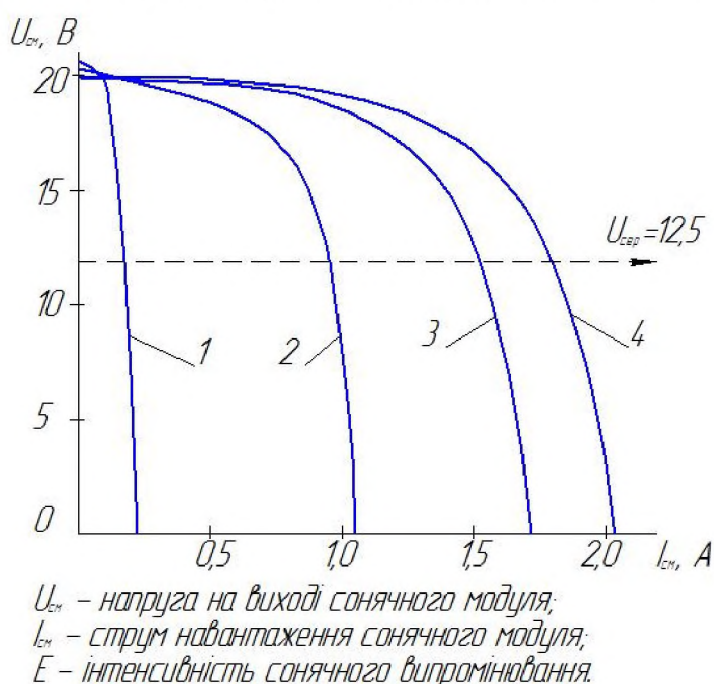


Рис. 2.9. Сімейство зовнішніх вольт-амперних характеристик модуля KV 30/12М при середніх і максимальних інтенсивностях випромінювання E :

1 – 200 Вт/м²; 2 – 500 Вт/м²; 3 – 800 Вт/м²; 4 – 1000 Вт/м²

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

41

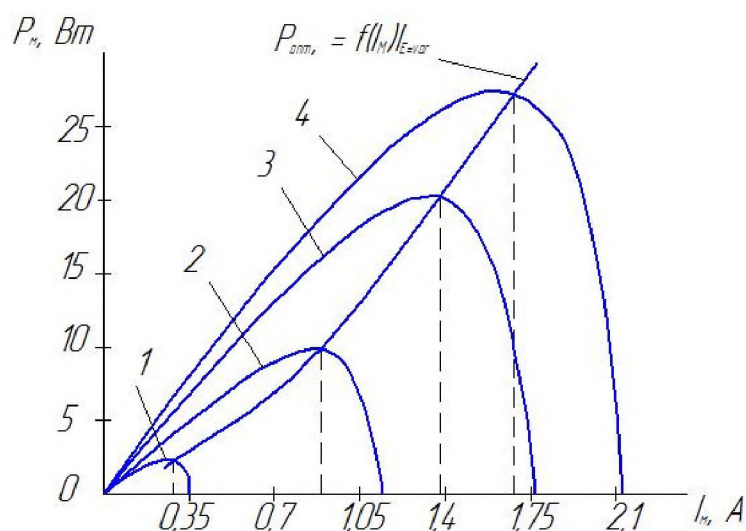


Рис. 2.10. Сімейство характеристик залежності потужності модуля KV 30/12М при інтенсивностях випромінювання E :

1 – 200 Вт/м²; 2 – 500 Вт/м²; 3 – 800 Вт/м²; 4 – 1000 Вт/м²

Таблиця 2.2

Оптимальні значення струму, напруги та потужності при різних значеннях освітлення

Середнє максимальне освітлення, Вт/м ²	Оптимальний струм, А	Оптимальна напруга, В	Оптимальна потужність, Вт
200	0,38	11,08	4,3
500	1,06	13,42	14,3
800	1,77	15,40	27,3
1000	2,1	16,92	36

Таким чином, була побудована залежність оптимального струму навантаження від діючої інтенсивності сонячного випромінювання (рис. 2.11).

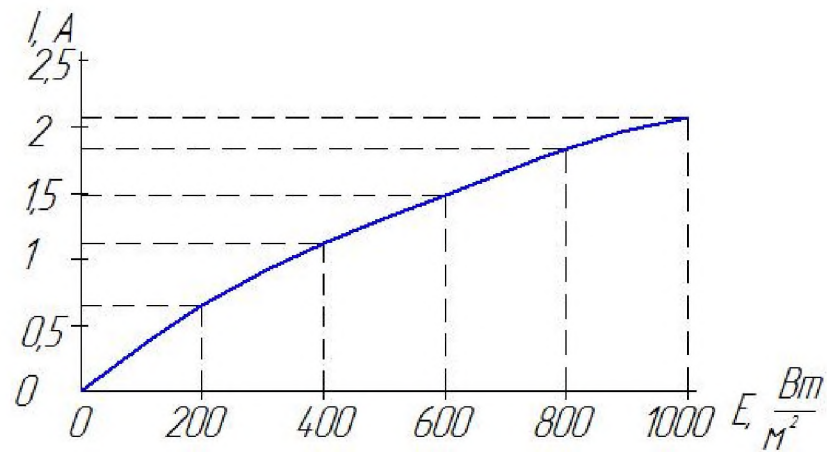


Рис. 2.11. Залежність оптимального струмового навантаження сонячного модуля від інтенсивності сонячного випромінювання, $I_m = f(E)$

Встановимо аналітичний взаємозв'язок $I_{mont} = f(E)$, для чого скористаємося методом інтерполяції, використовуючи поліном 1-го порядку виду $I_{ont} = \kappa_0 + \kappa_1 E$. У даному випадку, $\kappa_0 = 0$, $\kappa_1 = 2 \cdot 10^3$.

$$I_{mont} = \kappa_0 + \kappa_1 E. \quad (2.8)$$

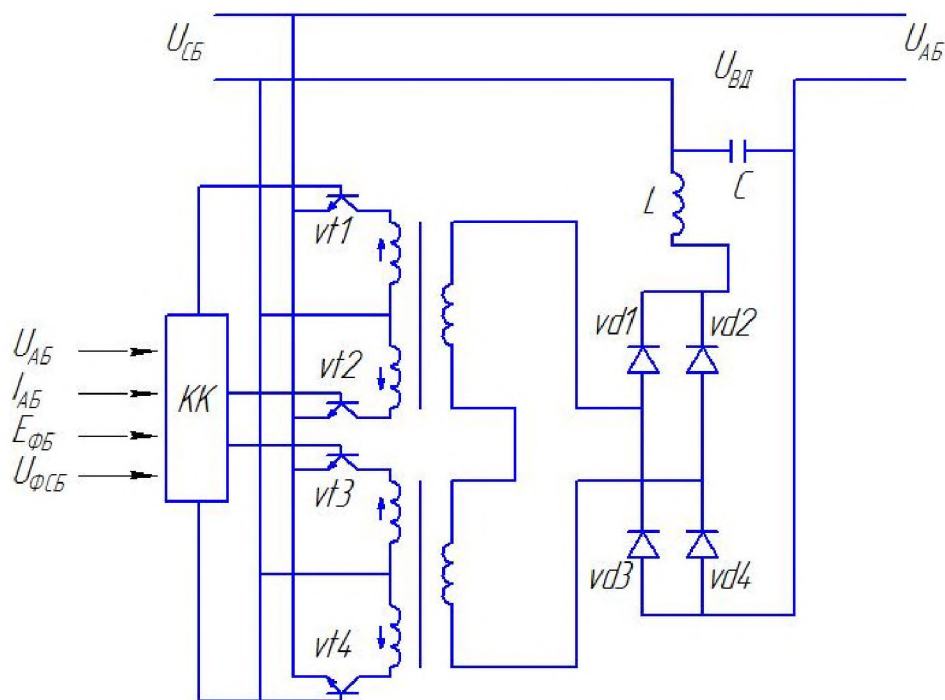


Рис. 2.12. Принципова схема силового контролера

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

43

Використовуючи цю залежність неважко створити систему регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні (рис. 2.12).

Принцип дії системи очевидний. Залежність $I_{opt} = f(E)$ зашита в пам'ять керуючого контролера (КК). За виміряним поточним значенням освітленості $E(\theta)$, визначається оптимальне значення струму навантаження батареї $I_{opt}(t)$. Це значення порівнюється з поточним значенням струму батареї $I_{CB}(t)$ і статична помилка (2.9) перетвориться в керуючий вплив для контролера.

$$\Delta I_{CB}(t) = I_{CB_{opt}}(t) - I_{CB}(t), \quad (2.9)$$

Вольт додаткова вихідна напруга контролера підсумовується (віднімається) з напруги $U_{AB}(t)$ збільшуючи (зменшуючи) струм батареї. Таким чином, встановлено принципи системи управління СБ, що забезпечують оптимальні параметри вироблення електроенергії.

2.7. Розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок

Останніми роками велика увага приділяється створенню сонячних будинків, виконаних у вигляді півсфери або напівциліндра. На рис.2.13 показані ноосферні сферичні будинки архітектора В.Н. Гребнева [14], а на рис. 2.14 сонячні будинки циліндричної форми [15].

Розробляються гібридні сонячно-вітрові установки, в яких сонячні батареї (СЕ) монтують на опорах вітрогенераторів.

Якщо змонтувати сонячні фотоелектричні модулі (СФМ) на поверхні складної геометричної конструкції, то отримаємо об'ємну конструкцію сонячної фотоелектричної станції (СФС), на яку падає паралельний потік випромінювання з густиною E_0 . Потужність СФМ коливається в межах від

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нуля до $P_{\text{макс}}$ залежно від позиції Сонця. Потужність СФМ, у якого усі сонячні елементи (СЕ) з'єднані послідовно визначається електричною потужністю найменш освітленого СЕ.

Метою даного розрахунку є встановлення залежності генерованої потужності СФС від геометричних розмірів СФМ.



Рис. 2.13. Архітектура у вигляді ноосфери (Гребнев К.Н.)



Рис. 2.14. Сонячні будинки циліндричної форми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

45

2.7.1. Розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок у формі сфери

Розглянемо сферичну сонячну фотоелектричну станцію, що складається з модулів, сполучених паралельно. Кожен модуль з лінійним розміром a_m і площею a_m^2 виконаний із з'єднаних послідовно СЕ і має

напругу, рівну робочій напрузі СФС. Зокрема, як СФС можна розглядати сукупність СФМ на зовнішній поверхні сонячного будинку, а також об'ємний датчик або перетворювач сонячного випромінювання.

Розрахуємо електричну потужність СФС залежно від розміру модуля a_m при освітленні потоком випромінювання.

$$\bar{E} = \bar{E}_0 \cdot \bar{j}, \quad (2.10)$$

де E_0 - енергетична освітленість при нормальній орієнтації СФМ, $E_0 = 0,139 \text{ Вт/см}^2$.

Враховуємо те, що модулі розподілені рівномірно на поверхні СФС. Тоді одиничний вектор $\bar{n}$ нормалі поверхні (рис. 2.15) буде рівний:

$$\bar{n} = \{\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma\} = \left\{ \frac{x}{R_c}, \frac{y}{R_c}, \frac{z}{R_c} \right\} \quad (2.11)$$

Точка $A(x, y, z)$ належить чверті сфери радіусу R .

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

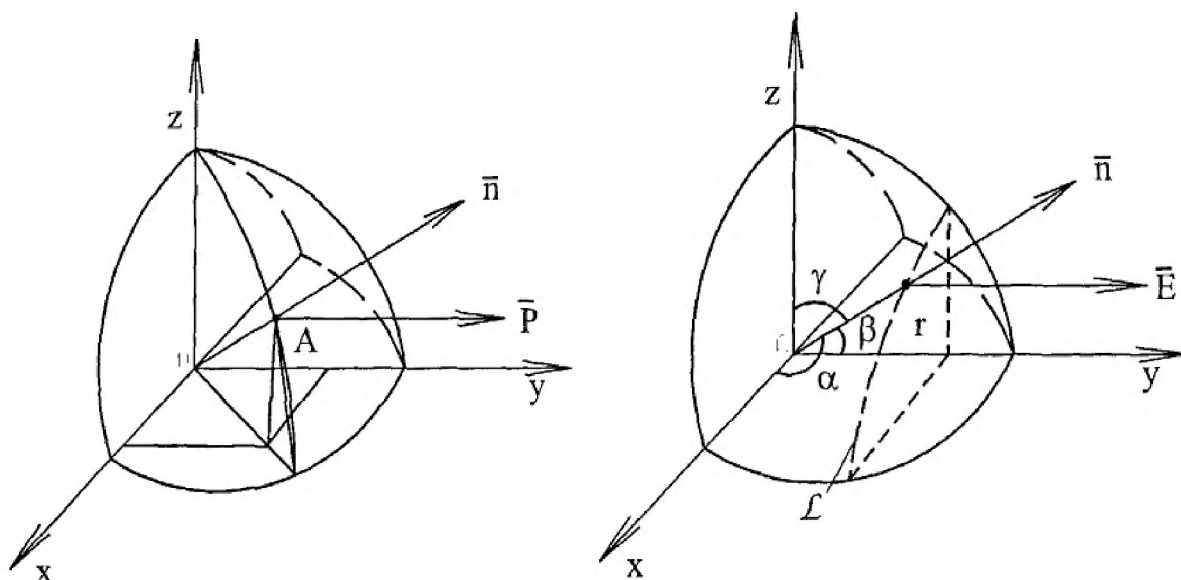


Рис. 2.15. Чверть сфери даху будинку

Лінії рівня однакової освітленості

$$Z: \left\{ \begin{array}{l} y = y_0 = \text{const} \\ x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \end{array} \right\} \quad (2.12)$$

або

$$Z: \{x^2 + z^2 = r^2\} \text{ де } r^2 = R^2 - y_0^2 \quad (2.13)$$

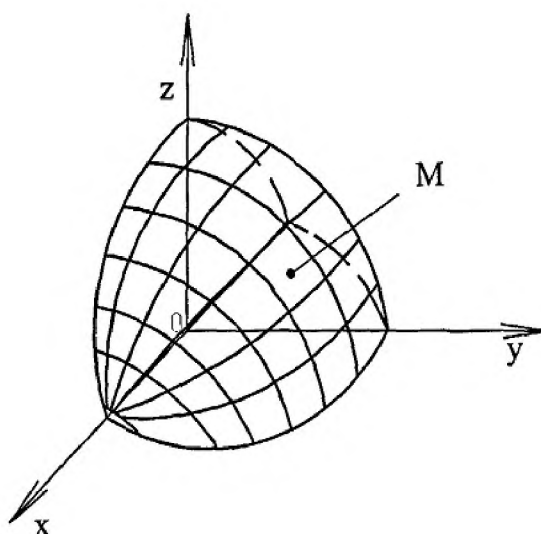


Рис. 2.16. Розміщення модулів на чверті сфери

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

47

M – модуль сонячної батареї на робочу напругу 12-24 В із лінійним розміром a і площею $S_m = a^2$; P_m – електрична потужність модуля, Вт;

Повне число модулів сонячної батареї на поверхні сфери:

$$N_1 = \frac{4\pi R^2}{K_3 a^2} \quad (2.14)$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення.

Число модулів, розміщених на чверті кола осьового перетину:

$$N = \frac{\pi R}{2a} \quad (2.15)$$

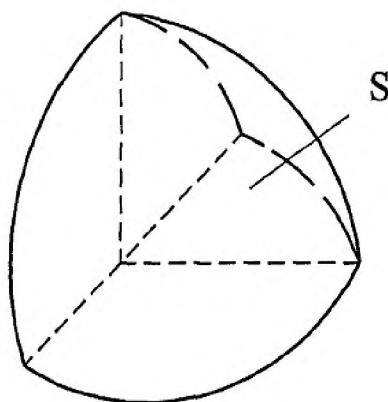


Рис. 2.17. Поверхня чверті сфери площею S

S - поверхня чверті сфери:

$$S: \begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \\ y \geq 0, z \geq 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

Площа чверті сфери

$$S_{1/4\text{сфери}} = \pi R^2 \quad (2.17)$$

Повна електрична потужність сонячної батареї пропорційна потоку вектора $\vec{E}$ через поверхню S :

$$P_{\text{CB}} = 2\eta \iint_S (E, n) ds \quad (2.18)$$

де η – ККД сонячної батареї за нормальних умов, коли потік випромінювання перпендикулярний площині сонячної батареї або вектори $\bar{n}$ і $\bar{E}$ колінеарні $\bar{E} = k \cdot \bar{n}$.

$\iint_S (E, n) ds$ – поверхневий інтеграл другого роду від скалярного добутку векторів $\bar{n}$ і $\bar{E}$ на поверхні S .

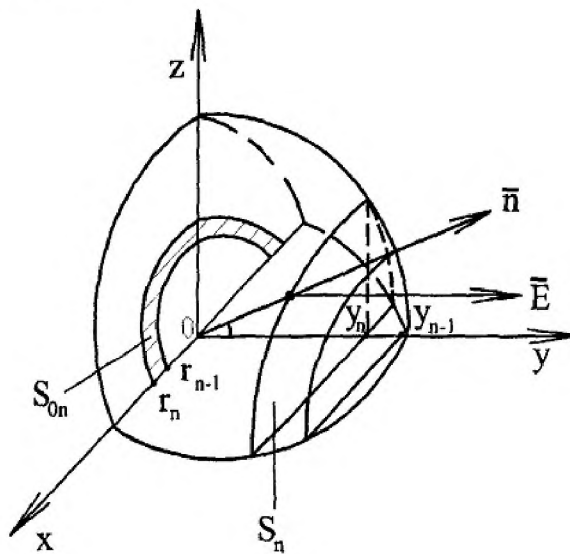


Рис. 2.18. Розбиття сфери на поверхні модулів S_n розташованих між лініями рівної освітленості

При обчисленні інтеграла передбачаємо:

1. Електрична потужність сонячної батареї дорівнює сумі її електричних модулів:

$$P_{\text{CB}} = \sum_{n=1}^N P_{\text{nm}}; \quad (2.19)$$

2. Електрична потужність модуля пропорційна потоку випромінювання в області мінімальної освітленості:

$$P_{\text{nm}} = 2\eta \iint_{S_n} \min(\bar{P}, \bar{n}) dS_n \quad (2.20)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

49

Оскільки

$$(\bar{E}, \bar{n}) = E_0 \cos \beta_n \quad (2.21)$$

то

$$P_{nm} = 2\eta \iint_{S_n} \min \cos \beta_n dS_n \quad (2.22)$$

де $\min \cos \beta_n = \cos \max \beta_n = \cos \left(\frac{\pi n}{2N} \right).$

Тоді

$$P_{nm} = 2\eta E_0 \sum_{n=1}^N \cos \left(\frac{\pi n}{2N} \right) \iint_{S_n} dS_n \quad (2.23)$$

де S_n – поверхня модулів, розташованих на поверхні сфери між лініями рівня рівної освітленості:

$$r_{n-1}^2 < x_n^2 + z_n^2 < r_n^2, \quad (2.24)$$

$$r_n^2 = R^2 - y_n^2 = R^2 - R^2 \cos^2(\beta_n) = R^2 \sin^2(\beta_n), \quad (2.25)$$

$$\iint_{S_n} dS_n = \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\cos(\bar{n}, \bar{y}_n)}, \quad (2.26)$$

де S_{0n} – проекція S_n на площину XOZ.

$$\iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\cos(\bar{n}, \bar{y}_n)} = \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\frac{y_n}{R}} = R \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\sqrt{R^2 - x_n^2 - z_n^2}}. \quad (2.27)$$

Перехід до полярних координат:

$$x_n = r_n \cos \phi, \quad (2.28)$$

$$z_n = r_n \sin \phi. \quad (2.29)$$

Якобіан $I = r_n = \sqrt{x_n^2 + z_n^2} = \sqrt{R^2 - y_n^2} = R \cdot \sin(\beta_n)$, $n = 1, 2, 3, \dots$

За визначенням приймаємо $r_0 = 0$.

$$\begin{aligned} R \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\sqrt{R^2 - x_n^2 - z_n^2}} &= R \iint_{S_{0n}} \frac{r_n dr_n d\phi}{\sqrt{R^2 - r_n^2}} = -\frac{R}{2} \int_0^\pi d\phi \int_{r_{n-1}}^{r_n} \frac{d(R^2 - r_n^2)}{\sqrt{R^2 - r_n^2}} = \\ &= \frac{R}{2} 2\pi \sqrt{R^2 - r_n^2} \Big|_{r_{n-1}}^{r_n} = \pi R \left(\sqrt{R^2 - r_{n-1}^2} - \sqrt{R^2 - r_n^2} \right) = \pi R (y_{n-1} - y_n) = \\ &= \pi R^2 (\cos(\beta_{n-1}) - \cos(\beta_n)). \end{aligned} \quad (2.30)$$

Таким чином

$$P_{сб} = 2 \cdot \eta \cdot E_0 \pi \cdot R^2 \sum_{n=1}^N \cos(\beta_n) (\cos(\beta_{n-1}) - \cos(\beta_n)), \quad (2.31)$$

де $\beta_n = \frac{\pi n}{2N}$, $\beta_0 = 0^\circ$.

Якщо $\alpha \geq \frac{\pi R}{2}$, $N \leq 1$, $\cos\left(\frac{\pi n}{2N}\right) = \cos \frac{\pi}{2} = 0$

то $P_{сб} = 0$

При $N = 2$

$$\sum_{n=1}^2 \cos(\beta_n) (\cos(\beta_{n-1}) - \cos(\beta_n)) = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\cos(0) - \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \right) = 0,21. \quad (2.32)$$

Тоді

$$P_{сб} = 0,42 \cdot \eta \cdot E_0 \pi \cdot R^2. \quad (2.33)$$

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна потужність сонячної батареї відповідає випадку рівномірної освітленості площі модуля. Це означає, що площа модуля стягується в точку:

$$a_m \rightarrow 0, \quad N_m \rightarrow \infty$$

$$\begin{aligned} \max P_{\text{сб}} &= \lim_{N \rightarrow \infty} 2 \cdot \eta \cdot E_0 \sum_{n=1}^N \iint \cos \frac{\pi n}{2N} dS = 2 \cdot \eta \cdot E_0 \iint_{S_0} \cos(\beta) dS_0 = \\ &= 2 \cdot \eta \cdot E_0 \iint_{S_0} \cos(\beta) \frac{dzdx}{\cos(\bar{n}, \bar{y})}. \end{aligned} \quad (2.34)$$

де S_0 – проекція S_n на площину XOZ.

Рівняння S_0 :

$$\left\{ \begin{array}{l} x^2 + z^2 \leq R^2 \\ y = 0, z \geq 0 \end{array} \right\}, \quad (2.35)$$

Оскільки

$$\cos(\bar{n}, \bar{y}) = \cos \beta, \text{ а } \iint_{s_0} dzdx = \frac{\pi R^2}{2}, \quad (2.36)$$

$$\max P_{\text{сб}} = \pi R^2 \cdot \eta \cdot E_0, \quad (2.37)$$

$$\frac{P_{\text{сб}}}{P_{\text{сб max}}} = 2 \sum_{n=1}^2 \cos(\beta_n) (\cos(\beta_{n-1}) - \cos(\beta_n)), \quad (2.38)$$

$$\beta_n = \frac{\pi n}{2N}, \beta_0 = 0,$$

Для одного сонячного елемента:

$$S = a^2 = 0,1 \text{ м}^2, a = \sqrt{0,1} = 0,316 \text{ м} \quad R = 1 \text{ м} \quad N = \frac{\pi R}{0,66} = \frac{\pi}{0,66} = 4,7$$

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для групи сонячних елементів:

$$a = 6 \text{ см } N = \frac{\pi \cdot 1}{2 \cdot 0,06} = 27$$

Провівши розрахунки визначено залежність відношення $\frac{P_{\text{сб}}}{P_{\text{сб max}}}$ від кількості елементів сонячних панелей, які знаходяться на сфері, отримано результати, занесені у табл. 2.3 і графічно представлені на рис. 2.19.

Таблиця 2.3

Результати розрахунків для сферичної поверхні

$N, \text{ шт}$	2	3	4	6	12	∞
$\frac{P_{\text{сб}}}{P_{\text{сб max}}}$	0,42	0,62	0,7	0,78	0,91	1

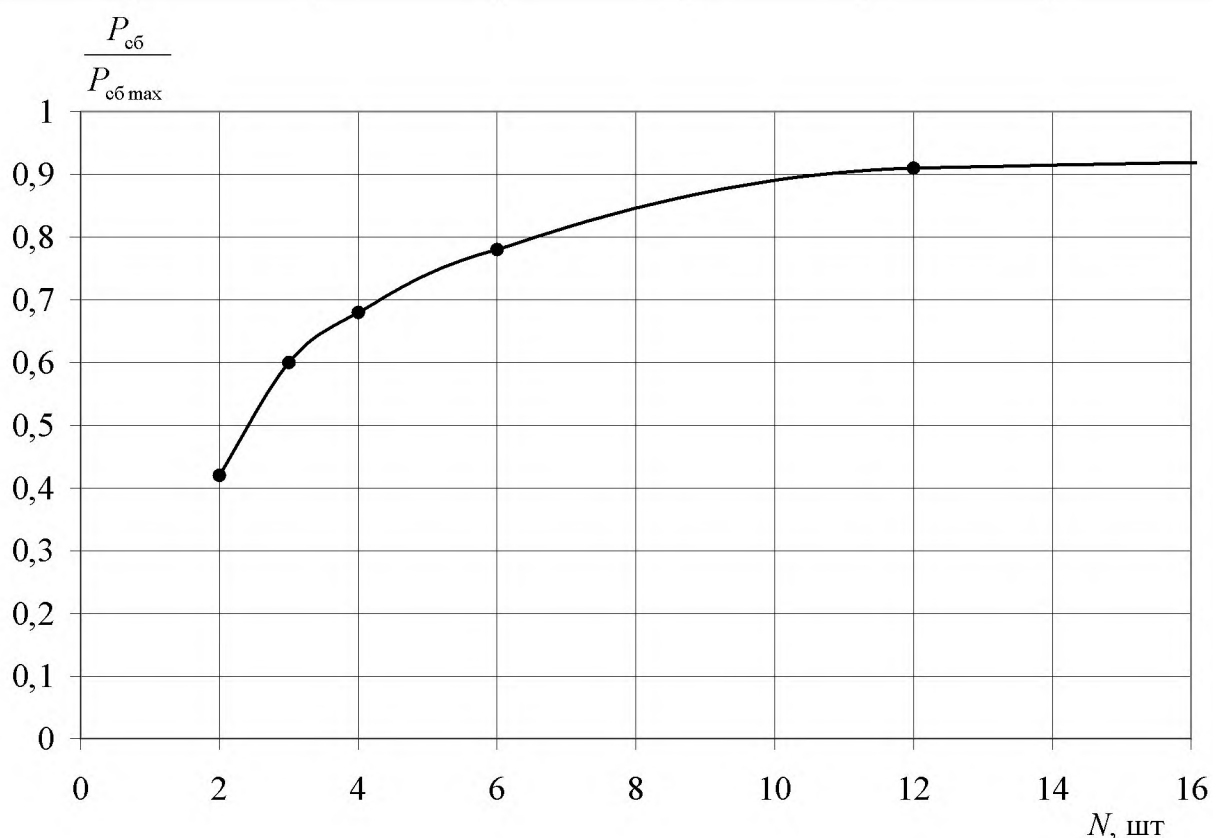


Рис. 2.19. Зміна електричної потужності сферичної сонячної фотоелектричної установки в залежності від кількості елементарних модулів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

53

Приймаючи розміри модулів $a_{m1} = 3$ м і $a_{m2} = 0,6$ м, отримаємо для сфери радіусу $R_c = 10$ м:

$$N_{\phi m1} = 5, N_{\phi m2} = 27, \frac{P_{\phi m1}}{P_{\phi m2}} = 0,76$$

Тобто сонячна фотоелектрична станція з модулів на основі сонячних елементів малої площі при однаковому ККД модулів матиме потужність на 32 % більше, ніж для модулів з СЕ великої площі.

2.7.2. Розрахунок електричної потужності, орієнтованої циліндричної сонячної батареї

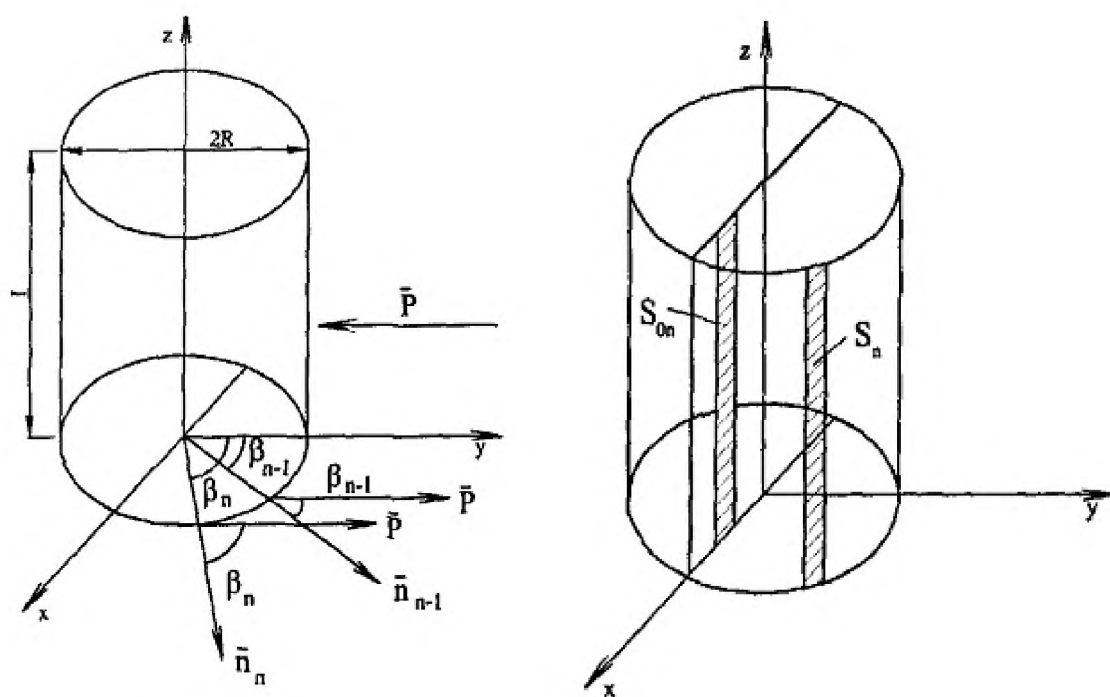


Рис. 2.20. Схематичне зображення циліндричної сонячної батареї

$$P_{сб} = 2 \cdot \eta \cdot E_0 \sum_{n=1}^N \cos(\beta_n) \iint_{S_n} dS_n, \quad (2.39)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\begin{aligned} \iint_{S_n} dS_n &= \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\cos(\bar{n}, \bar{y}_n)} = \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\frac{y_n}{R}} = R \iint_{S_{0n}} \frac{dx_n dz_n}{\sqrt{R^2 - x_n^2}} = R \int_0^H dz \int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{dx_n}{\sqrt{R^2 - x_n^2}} = \\ &= R \int_0^H dz \cdot \arcsin \frac{x_n}{R} \Big|_{x_{n-1}}^{x_n} = R \cdot H \left(\arcsin \frac{x_n}{R} - \arcsin \frac{x_{n-1}}{R} \right) = R \cdot H (\beta_n - \beta_{n-1}), \end{aligned} \quad (2.40)$$

$$\frac{x_n}{R} = \sin \beta_n,$$

$$P_{сб} = 2 \cdot R \cdot H \cdot \eta \cdot E_0 \sum_{n=1}^N y_n (\beta_n - \beta_{n-1}), \quad (2.41)$$

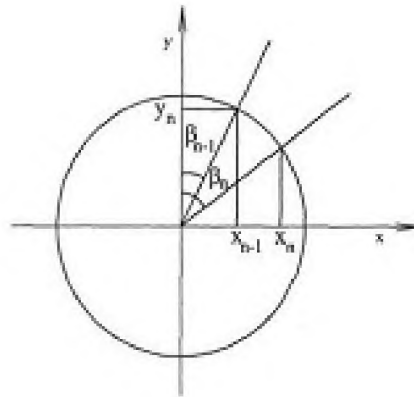


Рис. 2.21. Циліндрична поверхня вигляд зверху

$$N = \frac{\pi R}{2a}; \quad \beta_n = \frac{\pi n}{2N}; \quad \beta_0 = 0. \quad (2.42)$$

Тоді

$$P_{сб \max} = \pi \cdot R^2 \cdot \eta \cdot E_0 \quad (2.43)$$

$$\frac{P_{сб}}{P_{сб \max}} = 2 \sum_{n=1}^N \cos(\beta_n) (\beta_n - \beta_{n-1}), \quad (2.44)$$

Таблиця 2.4

Результати розрахунків для циліндричної поверхні

N , шт	2	3	4	5	6	12	∞
$\frac{P_{\text{сб}}}{P_{\text{сб max}}}$	0,55	0,7	0,8	0,832	0,87	0,97	1

Для розглянутих розмірів модулів і циліндра радіусом $R_{\text{ц}} = 10$ м.

$$\frac{P_{\text{фм1}}}{P_{\text{фм2}}} = 0,84$$

Тобто використання сонячних елементів і сонячних фотоелектричних модулів малої площі збільшує потужність СФС на 19 %.

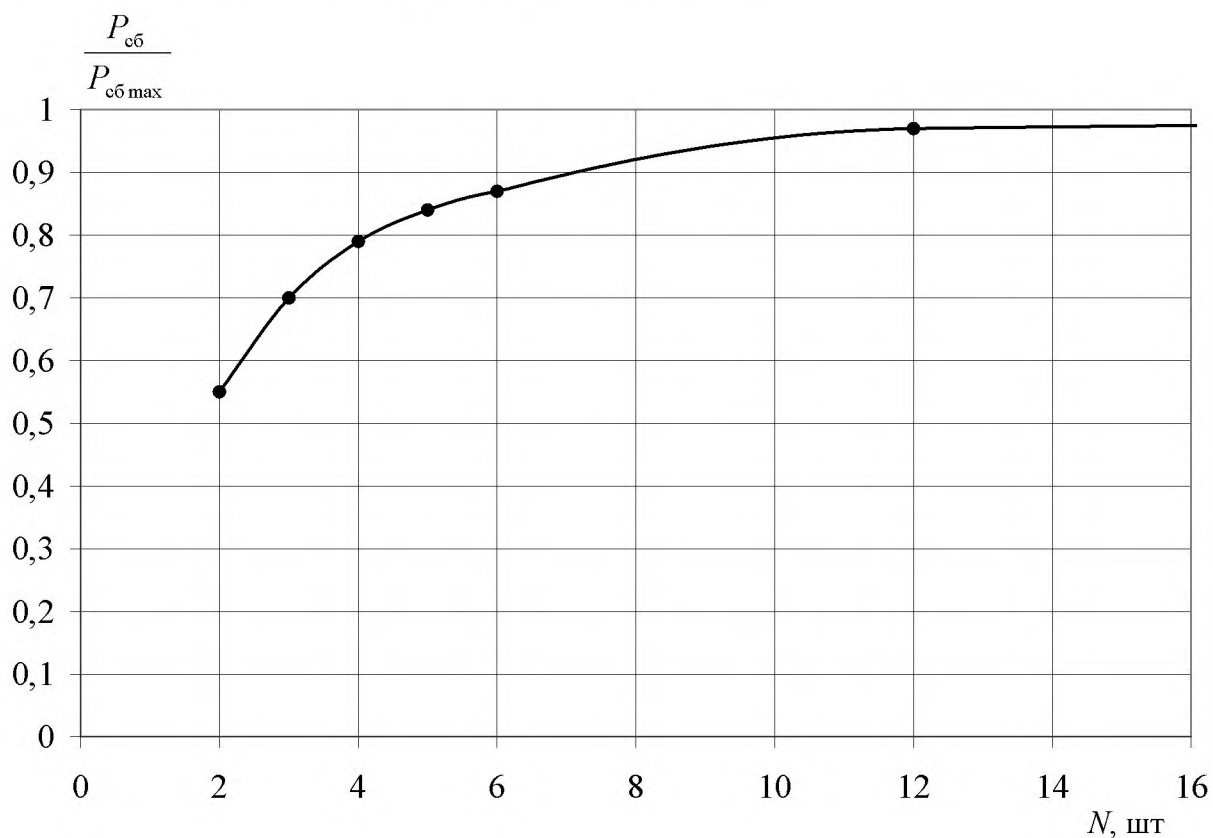


Рис. 2.22. Зміна електричної потужності циліндричної сонячної фотоелектричної установки в залежності від кількості елементарних модулів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

56

2.8. Циліндрична сонячна фотоелектрична установка для зарядки мобільних пристроїв

На основі виконаної роботи по встановленню ефективності використання сферичних та циліндричних світлопоглинаючих поверхонь мною розроблена та виготовлена сонячна фотоелектрична установка для зарядки мобільних пристроїв. Вона складається із гнучкого сонячного модуля потужністю 7 Вт (рис.2.23, 2.24). Напруга на його затискачах змінюється в межах від 0 до 2,5 В в залежності від навантаження. Для отримання наруги достатньої для живлення мобільних пристроїв використано підвищуючий DC-DC перетворювач MT3608, який дозволяє отримати вихідну напругу від 2 до 28 В при входній від 1,7 В (рис. 2.25).

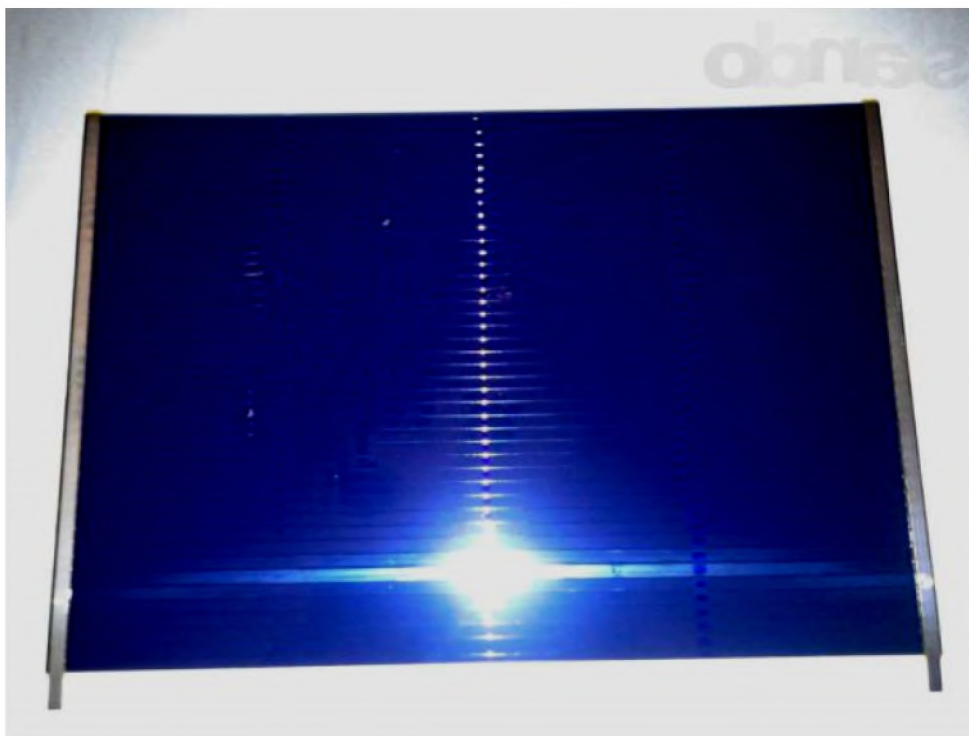


Рис. 2.23. Гнучкий сонячний модуль потужністю 7 Вт. Зовнішній вигляд

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.24. Гнучкий сонячний модуль у формі циліндра

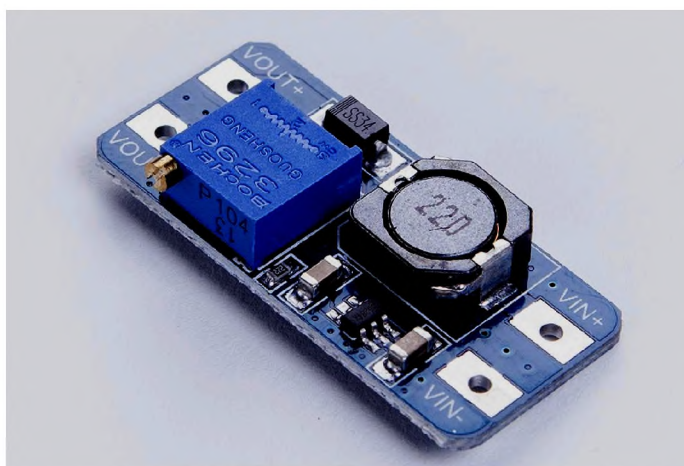


Рис. 2.25. Підвищуючий DC-DC перетворювач MT3608

Для підвищення ефективності поглинання сонячного випромінювання при русі Сонці по небосхилу гнучкому сонячному модулю надається форма циліндра.

Використання запропонованого пристрою дозволить жити портативні пристрої напругою від 2 до 20 В та струмом до 2 А.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

58

2.9. Висновки до розділу 2

1. В результаті аналізу роботи сонячної батареї запропоновано енергетичний баланс СЕС.

2. Проаналізовано особливості функціонування СЕС автономного об'єкту. Встановлено, що в нашому кліматі ці електростанції здатні забезпечити електропостачання будинку в потрібному обсязі та ефект від застосування сонячних батарей підвищується, якщо використовуються економічніші споживачі енергії, спеціально розроблені для роботи з фотомодулями

3. На даний час випускається великий ряд міні сонячних електростанцій. Більшість із них із гнучкими сонячними батареями, що змінюють свою форму відповідно до монтованої площини. На даний час в достатній мірі ще не встановлено, як зміна форми впливатиме на енергоефективність таких батарей.

4. Запропоновано рівняння (2.3) і (2.4), які дозволяють розрахувати ВАХ реального сонячного модуля.

5. Із зростанням інтенсивності сонячних променів, ростуть струм I_n і потужність P_n при цьому напруга U_n змінюється у вузькому діапазоні зміни інтенсивності. Однак, цей закон зберігається лише для порівняно високих значень інтенсивності, при низьких ($E < 100 \text{ Вт/м}^2$) напруга різко падає до нульового значення, а отже і інші параметри СБ. Тому, при прямому включенні СБ до споживача можуть виникнути перепади потужності.

6. Побудована залежність оптимального струму навантаження від діючої інтенсивності сонячного випромінювання.

7. Запропоновано систему регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.

8. Встановлено принципи системи управління СБ, що забезпечують оптимальні параметри вироблення електроенергії

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. На підставі теоретичних досліджень електричних параметрів сонячної фотоелектричної установки при нерівномірному освітленні показано, що для сферичної сонячної фотоелектричної установки з модулів на основі сонячних елементів малої площі при однаковому ККД модулів матиме потужність на 32 % більше, ніж для модулів з СЕ великої площі. При використанні циліндричної сонячної фотоелектричної установки малої площі збільшує її потужність на 19 %. Ці розрахунки можуть бути використані при проектуванні сонячних будинків і інших об'єктів енергопостачання.

10. Розроблено та виготовлено міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Способи створення формул в Microsoft Excel, використані при проведенні обрахунків дипломного проектування

В комірки робочих таблиць можна вводити не лише дані, а й різноманітні формули, які використовуються для обчислення даних, що зберігаються в інших комірках. Адреси комірок в формулі виступають в якості змінних. Формулу можна вводити, як безпосередньо в комірку, так і в рядок набору формул.

Формулою вважається будь-яка інформація, яка починається із знаку рівності (“=”) і записана за певними правилами [16].

Результатом обчислення формули може бути числове або логічне значення (True – істина, False – хибне значення). Логічний результат отримується при використанні в формулі операторів логічного порівняння. В формулах можна використовувати такі оператори математичних операцій:

- (- відкрити дужку;
-) – закрити дужку;
- + - додавання;
- - віднімання;
- * множення;
- / - ділення;
- ^ - піднесення до степеня (A3^4 A3 до 4-го степеня);
- % - визначення процента (“=30%” буде “0,3”);
- & - об’єднання текстових рядків.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Ковалевський В.В.				РОЗДІЛ 3	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лупенко А.М.						61	
Консульт.	Лупенко А.М.					гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.	Коваль В.П.							
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.							

Правила і порядок виконання математичних операцій такі ж як і в традиційній математиці. Якщо потрібно змінити порядок виконання операцій, то операцію, яка повинна виконуватись першою слід виділити в дужки. (Приклад $A5+A1^A2+(B7*B4)^2$).

Якщо потрібно вказати комірку з іншого аркушу, то перед коміркою вказати назву аркуша і поставити знак “!”.

В якості операторів логічного порівняння можна використати:

- > - більше;
- < - менше;
- = - рівність;
- <> - не рівність;
- <= - менше дорівнює;
- >= - більше дорівнює.

Відносні і абсолютні координати. Автозаповнення для формул.

Якщо користувачу потрібно за однаковою формулою обчислити значення відразу для кількох різних комірок, то можна скористатися операцією автозаповнення. Для цього потрібно ввести формулу, за якою буде обчислюватись значення першої із відповідних комірок. Тоді одним із способів авто заповнення, наприклад, за допомогою мітчика авто заповнення, розмножити формулу на решту комірок. При цьому у формулах, що з’являться в наступних комірках в якості змінних використовуються адреси сусідніх комірок до введених в початковій формулі. Причому, адреси змінюються в тому напрямку, в якому виконується автозаповнення, тобто при авто заповненні вздовж рядка в адресах комірок змінюється назва колонки, а вздовж колонки – назва рядка.

Крім цього, адреси комірок в формулі змінюються при звичайному копіюванні комірки із формулою, що дозволяє використовувати копіювання в якості операції автозаповнення.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У формулі, в якості змінних може бути відразу кілька різних адресів комірок. При цьому, у випадку виконання автозаповнення даною формулою наступних комірок інколи потрібно, щоб адреси одних комірок у формулі змінювались, а інших – ні. Тому в Excel існують поняття абсолютної та відносної адреси комірки.

Абсолютна адреса – це адреса комірки в формулі, що не змінюється при копіюванні формули в інше місце або виконанні операції автозаповнення.

Відносна адреса – це адреса комірки, що змінюється при копіюванні, перенесенні формули в інше місце або виконанні операції автозаповнення.

Для того, щоб вказати абсолютні координати комірки, необхідно перед назвою рядка або колонки поставити знак \$. Причому, якщо встановити цей знак перед назвою рядка, то не змінюється лише координата рядка даної комірки, а назва колонки міняється, і навпаки. \$D\$4 – не змінюється в адресі комірки на назва колонки, ні назва рядка; \$D4 – не змінюється в адресі назва колонки, а назва рядка може змінюватись; D\$4 – не змінюється в адресі назва рядка, а назва колонки може змінюватись.

Представлення в комірках формул та результатів.

За замовчуванням Excel показує в комірках не формули, а результати обчислень формул. Формулу можна побачити встановивши курсор на комірку і подивившись в рядок набору формул.

Для того, щоб бачити формули у комірках весь час виконати: Tools(Сервис)→Options(Параметры) і у вікні, що відкриється – закладку View(Вид). Після чого слід відмітити опцію Formulas(Формулы) і натиснути кнопку ОК. Для того, щоб заховати – зняти опцію.

Встановлення імен для ділянок

При роботі з діапазоном даних зручно дати йому ім'я. При цьому у формулах можна вказувати не діапазон адрес комірок, а присвоєне ім'я.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надання імені відповідному діапазону, його потрібно виділити (бажано, щоб перша комірка виділеної ділянки була порожньою). Після цього помістити курсор в рядок набору формул, вказати для нього ім'я і натиснути Enter.

В якості імені ділянки можна використовувати будь-який набір символів до 255, крім пропуску.

Імена можна давати діапазонам розкиданим по аркушу. Для цього потрібно виділити всі комірки, що повинні увійти в ділянку, а тоді Insert(Вставка)→Name(Имя)→Define(Определить). Відкриється вікно, де в полі Names in workbook(Имена в рабочей книге) вказати ім'я ділянки.

В полі Refers to(Ссылка на) можна побачити посилання на виділену ділянку комірок в тому вигляді в якому вона повинна бути представлена в формулі.

Після вказання назви робочої ділянки натиснути Add(Добавить)→OK.

Всі імена ділянок даної робочої книги виводяться в списку вікна Define name(Применить имена).

Якщо у вказаному списку виділити певну ділянку і натиснути кнопку OK, то вказана ділянка в списку буде виділена.

Інколи виникає потреба одночасно вказати імена кількох ділянок, що виділені в один діапазон. В такому випадку потрібно виділити весь діапазон комірок разом з майбутніми іменами ділянок, а тоді - в пункті Insert(Вставка)→Name(Имя)→Create(Создать). На екрані з'являється діалогове вікно Create Names(Создать имена). В цьому вікні потрібно вказати позиції комірок виділеної ділянки, текст яких буде визначений в якості імен потрібних ділянок. При цьому можна вибрати:

Top row(в верхней строке) – назви відповідних ділянок знаходяться в першому рядку виділених комірок;

Left column(в левом столбце) – назви відповідних ділянок знаходяться в першій колонці виділених комірок;

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Bottom row(в нижней строке) – назви відповідних ділянок знаходяться в останній колонці виділених комірок;

Right column(в правом столбце) – назви відповідних ділянок знаходяться в останньому рядку виділених комірок.

3.2. Використання формул масиву

В Excel можна обчислювати значення не лише для аргументів, які знаходяться в окремих комірках, але й одночасно для цілих інтервалів комірок, тобто масивів.

Масиви бувають одномірні (вектори), двомірні (матриці) і т.д. В Excel можна виконувати операції тільки над векторами і матрицями [].

Для обчислення елементів масиву в Excel можна використовувати єдину формулу на всі елементи масиву. Наприклад, потрібно від кожного елемента масиву, що займає комірки від B2 до B10 відняти відповідний елемент з масиву, що займає комірки від E2 до E10. Результат необхідно помістити в комірки від H2 до H10.

Цю операцію можна виконати шляхом введення формули для елементів B2 та E2 (B2-E2), а тоді використати операцію авто заповнення. А можна використати формулу масиву. Для цього потрібно виділити комірки, куди необхідно помістити результати, а тоді ввести формулу:

=B2:B10-E2:E10

Після цього потрібно натиснути комбінацію клавіш Ctrl+Shift+Enter (а не Enter). В результаті в кожній комірці виділеного діапазону буде поміщено формулу:

{=B2:B10-E2:E10}

Фігурні дужки означають, що це формула масиву. Якщо ввести фігурні дужки з клавіатури, то вони будуть сприйматися як текст.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Використання функцій. Робота з майстром функцій

Крім вищезгаданих математичних операторів, в Excel використовується велика кількість різноманітних математичних, фізичних, фінансових статистичних та інших функцій.

При цьому виникає потреба у дотриманні правильного задання назви функції та її синтаксису. Для полегшення цього процесу в Excel запроваджено підпрограму “Майстер функцій”(Master function). Дана підпрограма викликається за допомогою піктограми f_x .

При виборі цієї піктограми відкривається вікно, де в лівій частині потрібно вибрати категорію функцій, а в правій – назву потрібної функції і натиснути ОК. Після цього відкриється ще одне вікно, де слід вказати всі аргументи цієї функції і натиснути ОК [17].

Вікно майстра функцій складається з одинадцяти розділів, на які поділено всі функції Excel (розділ Function category(Категории функций)):

- Most Recently Used(10 недавно использовавшихся);
- All(Полный алфавитный перечень) – всі доступні в Excel функції;
- Financial(Финансовые) – фінансові;
- Date&Time(Дата и время);
- Math&Trig(Математические);
- Statistical(Статистические);
- Lookup&Reference(Ссылки и массивы) – для роботи з адресами комірок та масивами;
- Database(Работа с базой данных);
- Text(Текстовые);
- Logical(Логические);
- Information(Проверка свойств и значений) – функції інформаційного характеру;

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- User Defined(Определенные пользователем) – цей розділ є необов'язковим і з'являється при встановленні відповідних сервісних компонент.

Тригонометричні та математичні функції.

- ABS(число) (ABS) – встановлює модуль числа;
- ACOS(число)(ACOS) – встановлює арккосинус числа;
- COS(число) (COS) – косинус числа;
- DEGREES(число) – перетворює радіани в градуси;
- EXP(число) (EXP) – визначає експоненту числа;
- PI() ПИ – встановлює значення константи π .
- SQRT(число) (КОРЕНЬ) – встановлює квадратний корінь числа;
- SUMM(число1;число2;...) СУММ – знаходить суму аргументів (в якості аргументів можуть бути константи, адреси комірок та діапазони);
- SUMMPRODUCT(мас1;мас2;мас3;...) СУММПРОИЗВ – знаходить суму добутків відповідних елементів масивів;

Статистичні функції.

- AVERAGE(чис1;чис2;...) (СРЗНАЧ) - знаходить середнє арифметичне аргументів.

Логічні функції.

- AND(вир1;вир2;вир3;...) И – логічне “І”. Має значення істини, якщо справедливі одночасно всі вирази аргументів;
- FALSE() ЛОЖЬ - логічне значення хибного твердження;
- IF(Умова;вир_так;вир_ні) ЕСЛИ – перевірка умови записаної як логічний вираз або логічна функція. Якщо логічний вираз правдивий, то виконується ВИР_ТАК, в іншому випадку ВИР_НІ;
- NOT(лог_вираз) НЕ – логічне заперечення. Дає значення True(ИСТИНА), якщо логічний вираз хибний і навпаки;

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- OR(вираз1;вираз2;...) ИЛИ – логічне “АБО”. Має значення істини, якщо справедливий хоча б один з виразів аргументів функції;
- TRUE() ИСТИНА - Логічне значення правдивого твердження.

3.4. Висновки до розділу 3

Використовуючи можливості Microsoft Excel при роботі із формулами, при виконанні дипломного проекту, проведено ряд розрахунків, систематизовано дані та представлено результати розрахунків у графічному вигляді для підвищення наочності..

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Поняття техніко – економічного аналізу

Техніко – економічний аналіз необхідний для визначення техніко-економічної ефективності приладів на стадії їх проектування.

Техніко-економічна ефективність приладів – це їх об'єктивна оцінка і аналіз з метою встановлення мінімальних вимог, необхідних для розробки і виготовлення нормально функціонуючих пристроїв при найменших сумарних затратах і при покращенні (без погіршення) основних параметрів цих приладів.

Ефект від впровадження нової техніки не можна визначити тільки економічними показниками. Навіть коли ефект від покращення деяких технічних параметрів може бути виражений економічними показниками (собівартістю, експлуатаційними витратами), не можна обмежуватись визначенням тільки останніх, тому що виконання ряду технічних показників настільки важливо (особливо для приладів і пристроїв), що це може бути досягнуто за рахунок погіршення економічних показників. При визначенні економічного ефекту (економічних показників) важливо визначити його джерело, тобто той технічний параметр, який обумовлює цей ефект. Якщо змінився такий показник, як економія на витратах виробництва, то важливо знати, зміною якого технічного параметру це викликано.

Для характеристики ефекту, одержаного від впровадження нової конструкції, використовуємо термін економічної ефективності, або впровадження цього виду техніки не можна визначити тільки економічними показниками. Для пристроїв, що є засобами праці, покращення технічних

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський			РОЗДІЛ 4	Літ.	Аркуш
Перевірів		Лупенко А.М.					69
Консульт.		Малюта Л.Я.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	

параметрів визначається з економічних міркувань, якщо виключити вимоги до тих експлуатаційних параметрів, завдяки яким забезпечується безпека праці або покращення умов роботи.

Покращення якого-небудь технічного параметра, що супроводжується збільшенням затрат виробництва, є доцільним, якщо витрати на експлуатацію, що визначається цим параметром, зменшуються так, що сумарна економія стає більшою нуля.

4.2. Визначення економічної ефективності спроектованого приладу

4.2.1. Вихідні дані

Визначимо термін окупності запропонованої міні системи електропостачання на основі гнучких сонячних батарей потужністю 7 Вт (прилад 1). Для розрахунку економічного ефекту вибираємо аналог – Kvarar KV-8PM відповідає приладу-1, який проектується, по призначенню і області застосування. Так як він призначений для генерування електроенергії та співпадає з приладом – 1 за конструктивними ознаками:

- 1) принципу дії;
- 2) конструктивному оформленню приладу в цілому;
- 3) використовуваних матеріалах.

4.2.2. Визначення собівартості спроектованого приладу

Для розрахунку собівартості вибрано метод нормативної (планової) калькуляції.

Розрахуємо вартість основних матеріалів. Результати розрахунків заносим в таблицю 4.1 .

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1.

Визначення вартості основних матеріалів спроектованого приладу

№п/п	Найменування матеріалу (типорозмір, ГОСТ, ТУ)	Одиниця вимірювання	Норма витрат на прилад, Од	Ціна за одиницю вимірювання, грн..од	Вартість матеріалів на основі норм витрат, грн.	Обґрунтування норм витрат і цін
1	Кольорові метали	кг	0,004	42	0,168	Прейск 02-01
2	Пластмасові матеріали	м ³	0,1	34	3,4	-//-
3	Провідник мідний	кг	0,07	42	2,94	-//-
4	Провідник манганиновий	кг	0,02	2,48	0,0496	-//-
5	Припой ПОС-61	кг	0,01	120	1,2	-//-
6	Матеріал друкованого монтажу	кг	0,01	170	1,7	Прейск 05-01
7	Флюс	кг	0,01	49	0,49	-//-
8	Кабельні вироби	кг	0,08	35	2,8	-//-
9	Спирт	кг	0,005	45	0,225	-//-
10	Трубка поліхлорвінілова	м	3	0,81	2,43	-//-
ВСЬОГО		$M_o' =$		15,4026		

Всі дані, що зустрічаються при обчисленні відповідають діючим показникам ВАТ “КВАЗАР”, на якому передбачається виготовити даний прилад.

Визначаєм вартість відходів, що реалізуються.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{від}} = M_o' \times \frac{\gamma}{100} \quad (4.1)$$

$\gamma=2\%$ - процент реалізованих відходів.

$$C_{\text{від}} = 15,4 \times 2/100 = 0,308 \text{ грн.}$$

Визначимо величину транспортно-заготівельних витрат.

$$C_{\text{тз}}' = M_o' \times \frac{\varepsilon}{100} \quad (4.2)$$

$\varepsilon=7\%$ - процент транспортних витрат.

$$C_{\text{тз}}' = 15,4 \times 7/100 = 1,078 \text{ грн.}$$

Повну вартість основних матеріалів визначимо за формулою:

$$M_o = M_o' + C_{\text{тз}}' - C_{\text{від}} \quad (4.3)$$

$$M_o = 15,4 + 1,078 - 0,308 = 16,17 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість комплектуючих виробів. Всі розрахункові дані заносимо в таблицю 4.2 .

Визначимо вартість транспортно-заготівельних витрат

$$C_{\text{тз}}'' = \Pi_{\text{ф}}' \times \frac{\varepsilon}{100} \quad (4.4)$$

$\varepsilon=7\%$ - процент транспортних витрат.

$$C_{\text{тз}}'' = 272 \times 7/100 = 19,04 \text{ грн}$$

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2

Розрахунок вартості комплектуючих виробів

№ п/п	Найменування, тип, номінал	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.	Обґрунтування цін
1	Сонячна батарея	1	250	250	Прейск 16-01
2	Світлодіод	1	0,45	0,45	-//-
3	Конденсатор КМ5-А	4	0,22	0,88	Прейск 36-08
4	Резистори ОМЛТ-0,125	18	0,24	4,32	-//-
5	BISS0001	1	5,2	5,2	-//-
6	Діоди	5	0,26	1,3	-//-
7	Запобіжник	1	0,4	0,4	-//-
8	Конденсатори плівкові	15	0,3	4,5	-//-
9	IRA-E710	1	3,59	3,59	-//-
10	Транзистори	5	0,2	1	-//-
11	Конденсатор	1	0,33	0,33	-//-
ВСЬОГО		$\Pi'_{\phi} = 272$			

Визначимо повну вартість виробів, що закупляються з врахуванням транспортно-заготівельних витрат.

$$\Pi_{\phi} = \Pi'_{\phi} + C''_{\text{тз}}, \quad (4.5)$$

$$\Pi_{\phi} = 272 + 19,04 = 291,04 \text{ грн}$$

Визначаємо основну заробітну плату за виготовлення прилада, який проектується.

$$Z_o = \sum_1^m Z_{\text{срп}} t_s \quad (4.6)$$

де, Z_o - сума основної заробітної плати за виготовлення спроектованого приладу.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_{\text{срi}}$ – середньочасова заробітна плата по даному виду робіт;

t_i – розрахункова трудоємність даного виду робіт для виготовлення приладу;

m – кількість видів робіт.

Середньочасова заробітна плата визначається:

$$Z_{\text{срi}} = \frac{\sum Z_{\text{зк}} t_{\text{к}}}{\sum t_{\text{к}}} \quad (4.7)$$

де, $Z_{\text{зк}}$ – часова тарифна ставка робітника даного розряду;

$t_{\text{к}}$ – часова тарифна ставка робітника.

Дані розрахунків заробітної плати основних робітників за виготовлення приладу заносимо в таблицю 4.3 .

Таблиця 4.3

Розрахунок заробітної плати основних робітників за виготовлення приладу

№ п/п	Види робіт	Трудоємкість Т, год	Середньочасова заробітна плата $Z_{\text{срi}}$, грн/год	Зарплата З, грн.
1	Штампова-слюсарні	4	0,3	1,2
2	Пресування пластмаси	6	0,5	3
3	Складальні	6	0,42	2,52
4	Електромонтажні	16	0,55	8,8
5	Гальванічні	2	0,4	0,8
6	Підгоночні і регулювочні	8	0,57	4,56
ВСЬОГО			$Z'_{\text{o}} =$	20,88

Розрахуємо додаткову заробітну плату.

$$Z_{\text{д}} = Z_{\text{o}} \times Z \quad (4.8)$$

$Z = 10\%$ - процент додаткової заробітної плати

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_д=20,88 \times 0,1=2,088 \text{ грн}$$

Визначаємо відрахування на соціальне страхування

$$О_с = \varphi \times (З_о + З_д) \quad (4.9)$$

$\varphi = 7,7 \%$ - процент відрахувань на соціальне страхування

$$О_с = 0,077 \times (20,88 + 2,088) = 1,76 \text{ грн}$$

Визначаємо суму цехових витрат

$$Ц_р = З_о \times \alpha / 100\% = 20,88 \times 93 / 100 = 19,42 \text{ грн}$$

Визначимо суму загальнозаводських витрат.

$$О_{зр} = З_о \times \beta / 100\% \quad (4.10)$$

$\beta = 44 \%$ - процент загальнозаводських витрат.

$$О_{зр} = 20,88 \times 44 / 100 = 9,19 \text{ грн}$$

Визначимо суму позавиробничих витрат.

$$В_р = \frac{C_{\gamma} \theta}{100}, \quad (4.11)$$

$\theta = 5,6 \%$ - процент поза виробничих витрат.

$$С_з = М_о + П_ф + З_о + З_д + О_с + Ц_р + О_{зр} \quad (4.12)$$

$$С_з = 16,17 + 272 + 20,88 + 2,088 + 1,77 + 19,41 + 9,18 = 360,5 \text{ грн}$$

$$В_р = 360,5 \times 5,6 / 100 = 20,18 \text{ грн}$$

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі розрахункові дані по собівартості спроектованого приладу зводимо в таблицю 4.4 .

Таблиця 4.4

Результати розрахунків

Матеріали	Вартість затрат	Позначення	Сума, грн.
1	Матеріали	M_o	16,17
2	Закуплені вироби	P_ϕ	272
3	Основна зарплата робітників задіяних у виробництві	Z_o	20,88
4	Додаткова заробітна плата	Z_d	2,09
5	Відрахування на соціальне страхування	O_c	1,77
6	Цехові витрати	C_p	19,42
7	Загальнозаводські витрати	$O_{зр}$	9,19
8	Невиробничі витрати	B_p	5,85
Ціна приладу		C_2	380,71

Визначимо економію на витратах виробництва

$$E_{\pi} = C_1 - C_2, \quad (4.13)$$

$C_1 = 680$ грн – ціна аналога.

$$E_{\pi} = 650 - 380,71 = 269,29 \text{ грн.}$$

4.3. Визначення терміну служби спроектованого приладу

Визначення терміну служби будемо проводити по фізичному і моральному зношуванню.

Вхідні дані для визначення терміну служби заносимо в таблицю 4.5 .

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5

Вхідні дані для визначення терміну приладу

№ п/п	Найменування, тип, номінал	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Технічний ресурс T_{pe} , год	Час на ремонт елемента t_{pe} , год
1	BISS0001	1	5,2	10000	0,4
2	Діоди	5	0,26	10000	0,1
3	IRA-E710	1	3,59	10000	0,3
4	Транзистори	5	0,2	10000	0,3
5	Сонячна батарея	1	250	40000	0,1
6	Світлодіод	1	0,45	20000	0,3
7	Конденсатор КМ5-А	4	0,22	25000	0,1
8	Конденсатори плівкові	15	0,3	25000	0,1
9	Конденсатор	1	0,33	25000	0,1
10	Резистори ОМЛТ-0,125	18	0,24	30000	0,1
11	Запобіжник	1	0,4	30000	0,1

Вартість всіх елементів всіх найменувань, що замінюють в цьому році, визначаємо по формулі:

$$C_{\text{еод}j} = \sum_{i=1}^{i=N} C'_{\text{еод}j-i}, \quad (4.14)$$

$C'_{\text{еод}j-i}$ – вартість всіх елементів одного найменування, що замінюються в даному році експлуатації, визначається з виразу:

$$C'_{\text{еод}j-i} = T_{\text{год}} \sum a_i \frac{b_j}{T_{pej}} C_{\text{еср}i}, \quad (4.15)$$

де $T_{\text{год}}=2500$ год – число годин роботи зпроектованого приладу в рік.

a_i – кількість елементів, які буде замінено;

b_j – дільник числа $j T_{\text{год}}$;

T_{pej} -технічний ресурс елемента;

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{\text{срi}}$ – середня ціна елемента даного найменування

Сума зарплати, що виплачується за ремонт в j-му році визначається за формулою:

$$Z_{\text{годj}} = \sum Z'_{\text{годj-1}} = T_{\text{год}} \left(1 + \frac{P_{\text{д}}}{100} \right) \sum_{i=1}^{i=nj} a_i \frac{b_j}{T_{\text{pej}}} t_{\text{pej}} r_{\text{ср}} \quad (4.16)$$

де $P_{\text{д}}=3\%$ - процент доплат, визначений по даних підприємствах;

t_{pe} – час на заміну елемента даного найменування;

$r_{\text{ср}}=0,64$ грн – середня тарифна ставка за ремонтні роботи ($r_{\text{ср}}$), грн

Всі дані розрахунку заносимо в таблицю 4.6 .

Таблиця 4.6

Витрати на вартість елементів, що замінюються і зарплати, яка виплачується за ремонти в j-му році

Час експлуатації T , років	Кількість годин роботи	Вартість замінних елементів, $C_{\text{годj}}$, грн	Зарплата, що виплачується за ремонти $Z_{\text{годj}}$, грн	Вартість ремонтів за кожний рік служби, $C_{\text{ргодj}}$
1	2	3	4	5
1	2500	0,00	0,00	0,00
2	5000	0,00	0,00	0,00
3	7500	0,00	0,00	0,00
4	10000	9,45	6,23	15,98
5	12500	0,00	0,00	0,00
6	15000	0,00	0,00	0,00
7	17500	0,00	0,00	0,00
8	20000	40,81	26,90	69,05
9	22500	0,00	0,00	0,00
10	25000	1,14	0,75	1,93
11	27500	0,00	0,00	0,00
12	30000	40,81	26,90	69,05
13	32500	0,00	0,00	0,00

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5
14	35000	0,00	0,00	0,00
15	37500	0,00	0,00	0,00
16	40000	40,81	26,90	69,05
17	42500	0,00	0,00	0,00
18	45000	0,00	0,00	0,00
19	47500	0,00	0,00	0,00
20	50000	1,14	0,75	1,93
21	52500	0,00	0,00	0,00

Визначимо вартість ремонтів за кожний рік служби.

$$C_{\text{роді}} = C_{\text{егоді}} + Z_{\text{годі}}(1 + K_{\text{п}}/100) \quad (4.17)$$

Розрахункова ціна приладу за кожен рік служби визначається по формулі

$$Ц_T = \frac{Ц}{(1 + П)^T} \quad (4.18)$$

де Ц- ціна приладу, що проектується;

П=0,08 – щорічне збільшення продуктивності праці в країні.

Всі дані розрахунків приладу заносимо в таблицю 4.7 .

По даним таблиці 4.8 будуємо графік 4.1 залежності $Ц_T = f(T)$ і $C_p = f(T)$.

Оптимальний термін служби ($T_{\text{слонт}}$) визначається як точка перетину кривих $Ц_T = f(T)$ і $C_p = f(T)$.

Збільшення $T_{\text{сл}}$ за межі цієї точки не є доцільним, тому що затрати на ремонт перевищують затрати на виготовлення нового пристрою.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7

Розрахунок терміну служби спроектованого пристрою.

Час експлуатації, років	Розрахункова ціна, Ц _т , грн	Витрати на ремонт С _{ргод} , грн/рік
Час експлуатації, років	Розрахункова ціна, Ц _т , грн	Витрати на ремонт С _{ргод} , грн/рік
1	352,51115	0,00
2	326,39921	0,00
3	302,22149	0,00
4	279,83472	15,98
5	259,10622	0,00
6	239,91316	0,00
7	222,14182	0,00
8	205,68687	69,05
9	190,45081	0,00
10	176,34334	1,93
11	163,28087	0,00
12	151,18599	69,05
13	139,98703	0,00
14	129,61762	0,00
15	120,01631	0,00
16	111,12622	69,05
17	102,89464	0,00
18	95,272819	0,00
19	88,215573	0,00
20	81,681086	1,93

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

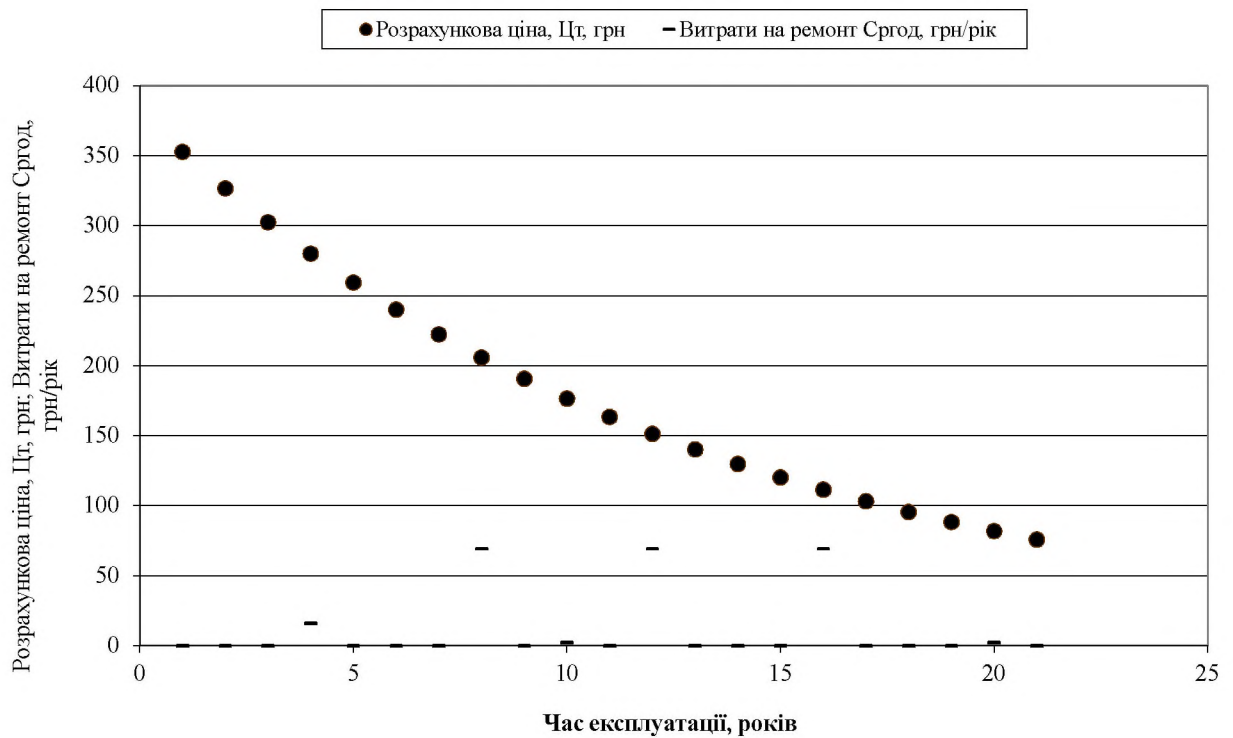


Рис. 4.1. Залежності ціни приладу (C_T) і вартості ремонтів (C_p) від часу експлуатації (T).

По графіку визначаємо $T_{\text{сл.опт}}=20$ років

4.4. Визначення економічного ефекту в умовах експлуатації приладу

Визначимо продуктивність спроектованого пристрою.

$$П_1 = \frac{\Phi_{\partial}}{t_1}; \quad П_2 = \frac{\Phi_{\partial}}{t_2} \quad (4.19)$$

$\Phi_{\partial}=2500$ год – річний дійсний фонд робочого часу;

$t_1=5$ год – час одноразової роботи аналога;

$t_2=3$ год - час одноразової роботи для приладу;

$П_1=2500/5=500$ од/год;

$П_2=2500/3=833$ од/год.

Визначимо річну економію до заробітної плати при користуванні

$$E_{\text{згод}} = \left(\frac{t_1}{60} C_{21} - \frac{t_2}{60} C_{22} \right) (1 + \kappa_{\delta}) P_2 \quad (4.20)$$

$C_{21}=C_{22}=0,55$ грн – часові тарифні ставки операторів, зайнятих в техпроцесах, де використовують аналог і спроектований прилад.

$K_d=0,3$ – коефіцієнт доплат і відрахувань органам держстраху.

$$E_{\text{згод}} = (5/60 \times 0,55 - 3/60 \times 0,55) (1 + 0,3) \times 500 = 19,86 \text{ грн.}$$

Визначаємо річну економію на амортизацію.

$$E_{\text{агод}} = \left(\frac{Ц_1}{P_1} - \frac{Ц_2}{P_2} \right) \frac{HP_2}{100} \quad (4.21)$$

$$E_{\text{агод}} = (180/500 - 380,71/833) \times 5 \times 833/100 = 37,63 \text{ грн.}$$

Визначаємо річну економію на ремонтах.

$$E_{\text{ргод}} = \left(\frac{C_{\text{ргодср1}}}{P_1} - \frac{C_{\text{ргодср2}}}{P_2} \right) P_2 \quad (4.22)$$

$C_{\text{ргодср2}}$ – середньорічні витрати на ремонт сконструйованого приладу 3,9 грн:

$$E_{\text{ргод}} = (5,1/500 - 3,9/833) \times 833 = 4,6 \text{ грн.} \quad (4.23)$$

Визначаємо річний економічний ефект

$$E_{\text{егод}} = E_{\text{згод}} + E_{\text{агод}} + E_{\text{ргод}} \quad (4.24)$$

$$E_{\text{егод}} = 19,86 + 37,63 + 4,6 = 62,092 \text{ грн.}$$

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо сумарну економію експлуатаційних витрат за весь термін служби.

$$E_e = E_{\text{год}} \times T_{\text{сл2}} \quad (4.25)$$

$$E_e = 62,092 \times 20 = 1241,844 \text{ грн.}$$

Визначимо сумарну економію

$$E = E_{\text{п}} + E_e \quad (4.27)$$

$$E = 299,29 + 1241,844 = 1541,13 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності

$$\tau = \frac{|E_n|}{E_{\text{год}}} \leq \tau_{\text{н}} \quad (4.28)$$

$\tau_{\text{н}} = 8$ років – нормативний термін окупності.

$$\tau = 299,29 / 1541,13 = 0,19$$

4.5. Висновки про економічну ефективність спроектованого пристрою

На основі розрахункових даних можна зробити висновок що сумарний ефект від впровадження одного спроектованого пристрою $E = 1541,13$ грн. тобто спроектований прилад доцільно впроваджувати у виробництво.

Термін служби пристрою 20 років, а термін окупності $\tau = 0,19$ роки, тобто 2 місяці і 5 днів.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Заходи безпеки при монтажі електроустановок

Роботи в електроустановках, що стосується заходів безпеки, діляться на три категорії [20,21]: 1) зі зняттям напруги; 2) без зняття напруги на струмовідних частинах і поблизу них; 3) без зняття напруги не на струмовідних частинах, що знаходяться під напругою.

У випадку одночасної роботи в електроустановках напругою до і понад 1000 В категорії робіт визначаються як для установок більше 1000 В.

До робіт, які виконуються зі зняттям напруги, належать роботи, які здійснюються в електроустановці (або її частини), в якій з струмопровідних частин знято напругу і доступ в електроустановки (або їх частини), що знаходяться під напругою, стало неможливим.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші - групу III.

В електроустановках напругою понад 1000 В роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них слід виконувати із застосуванням засобів захисту для ізоляції працівника від струмопровідних частин або від землі. У випадку ізоляції працівника від землі роботи слід виконувати згідно спеціальних інструкцій або технологічними картами, в яких передбачені необхідні заходи безпеки.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський			РОЗДІЛ 5	Літ.	Аркуш
Консульт.		Гурик О.Я.					84
Консульт.		Клепчик В.М.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу від них необхідно:

- захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, які знаходяться під напругою, і до яких можливо випадковий дотик;
- працювати в діелектричній взуття, стоячи або на ізолювальних підставці або на діелектричному килимі;
- застосовувати інструмент з ізолювальними рукавами (у викруток, крім того, повинен бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно:

- Тримати ізолювальні частини засобів захисту за рукави до обмежувального кільця;
- Розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю;
- Користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям.

У разі виявлення порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту користування ними забороняється.

У процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих коштів.

Всі працівники, які знаходяться у приміщеннях з чинним електрообладнанням електростанцій і підстанцій (за винятком щитів керування релейних та їм подібних приміщень), в ЗРУ, ВРУ, в колодязях, тунелях і траншеях зобов'язані користуватися захисними касками.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Допомога при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В

Перша медична допомога — це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження здоров'я потерпілих, здійснюваних немедичними працівниками (взаємодопомога) або самим потерпілим (самодопомога) [22]. Найважливіше положення надання першої допомоги — її терміновість. Чим швидше вона надана, тим більше сподівань на сприятливий наслідок.

Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм ушкоджуючих факторів, котрі загрожують здоров'ю та життю потерпілих, оцінити стан потерпілого;
- визначити характер та важкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого і послідовність заходів щодо його рятування;
- виконати необхідні заходи з рятування потерпілих в послідовності терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, здійснити штучне дихання, провести зовнішній масаж серця);
- підтримати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника;
- викликати швидку медичну допомогу або вжити заходів щодо транспортування потерпілого до найближчого лікувального закладу.

Для звільнення потерпілого від струмоведучих частин або провода напругою до 1000 В слід скористатись канатом, палицею, дошкою або; будь-яким сухим предметом, що не проводить електричного струму.

Якщо електричний струм проходить в землю через потерпілого і він судорожно стискає один провід, то простіше перервати струм, відокремивши потерпілого від землі (підсунувши під нього суху дошку, або відтягнувши за ноги від землі вірьовкою, або відтягнувши за одяг), дотримуючись при цьому запобіжних заходів. Можна також перерубати дроти сокирою з сухою

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ручкою або перекусити їх інструментом з ізольованими ручками. Перерубувати або перекушувати проводи слід пофазово, тобто кожний провід окремо, при цьому рекомендується стояти на сухих дошках, на дерев'яній драбині.

Заходи долікарської допомоги залежать від стану, в якому знаходиться потерпілий після звільнення від електричного струму. Після звільнення потерпілого від дії електричного струму необхідно оцінити його стан. У всіх випадках ураження електричним струмом необхідно обов'язково викликати лікаря незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий при свідомості та стійке дихання і є пульсом, але до цього втрачав свідомість, його слід покласти на підстилку з одягу, розстебнути одяг, котрий затруднює дихання, забезпечити приплив свіжого повітря, розтерти і зігріти тіло та забезпечити повний спокій, дати понюхати нашатирний спирт, сполоснути обличчя холодною водою. Якщо потерпілий, котрий знаходиться без свідомості, прийде до тями, слід дати йому випити 15—20 краплин настоянки валеріани і гарячого чаю.

Ні в якому разі не можна дозволяти потерпілому рухатися, а тим більше продовжувати роботу, оскільки відсутність важких симптомів після ураження не виключає можливості подальшого погіршення стану. Лише лікар може робити висновок про стан здоров'я потерпілого. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але у нього не намацується пульсу необхідно відразу зробити йому штучне дихання.

За відсутності дихання та пульсу у потерпілого внаслідок різкого погіршення кровообігу мозку розширюються зіниці, зростає синюшність шкіри та слизових оболонок. У таких випадках допомога повинна бути спрямована на відновлення життєвих функцій шляхом проведення штучного дихання та зовнішнього (непрямого) масажу серця.

Потерпілого слід переносити в інше місце лише в тих випадках, коли йому та особі, що надає допомогу, продовжує загрожувати небезпека або

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли надання допомоги на місці не можливе. Для того, щоб не втрачати час, не слід роздягати потерпілого. Не обов'язково, щоб при проведенні штучного дихання потерпілий знаходився в горизонтальному положенні. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, необхідно перед спуском на землю зробити штучне дихання безпосередньо в люльці, на щоглі і на опорі.

Опустивши потерпілого на землю, необхідно відразу розпочати проведення штучного дихання та масажу серця і робити це до появи самостійного дихання і відновлення діяльності серця або передачі потерпілого медичному персоналу.

5.3. Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час

На основі всебічного аналізу факторів, що впливають на стійкість роботи об'єктів енергетики, робляться висновки про ймовірність виникнення аварій, стихійних лих, терористичних актів та їх впливу на виробничу діяльність і визначаються основні напрямки (шляхи) підвищення стійкості функціонування об'єктів енергетики в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу [23,24]:

1. Забезпечення надійного захисту робітників та службовців від впливу вражаючих факторів аварій, катастроф, стихійних лих і засобів ураження
2. Захист основних виробничих фондів від впливу вражаючих факторів аварій, катастроф, стихійних лих та засобів ураження, в тому числі і від вторинних вражаючих факторів;
3. Забезпечення стабільності і безперервності управління виробництвом та ЦЗ;
4. Забезпечення надійності постачання об'єкта енергоносіями.

Для надійного функціонування об'єктів енергетики в надзвичайних ситуаціях завчасно організовуються і проводяться заходи, спрямовані на підвищення стійкості їх роботи. До них відносяться:

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Інженерно-технічні заходи (ІТЗ).

2. Технологічні заходи.

3. Організаційні заходи.

Інженерно-технічні заходи - заходи, спрямовані на забезпечення підвищення стійкості будівель, споруд, обладнання, енергетичних систем до впливу НС.

Технологічні заходи - заходи, спрямовані на здійснення підвищення стійкості шляхом зміни технологічного режиму, що виключає виникнення вторинних факторів ураження.

Організаційні заходи - заходи, спрямовані на завчасну розробку і планування дій керівного складу, особового складу, штабу ЦЗ, служб, невоєнізованих формувань об'єктів енергетики в умовах надзвичайних ситуацій.

Основними напрямками підвищення стійкості функціонування є наступне:

- забезпечення захисту населення і його життєдіяльності;
- раціональне розміщення виробничих сил та потужностей на території об'єкта енергетики, регіону;
- підготовка до роботи в умовах НС мирного та воєнного часу;
- підготовка до виконання робіт по відновленню об'єктів в умовах НС;
- підготовка системи управління.

Всі ці заходи повинні забезпечити максимально можливе зниження втрат і руйнувань та зменшити можливість виникнення повторних зон зараження при впливі РР, ОР та НХР. Зміст таких заходів, виходячи з галузевих і інших нормативних документів, конкретизується для кожної територіальної ланки..

Ми знаємо, що електропостачання є основою всякого виробництва. Для забезпечення надійного електропостачання в НС при його проектуванні та

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівництві повинні бути враховані наступні основні вимоги, що впливають із завдань цивільного захисту:

1. Електропостачання повинно здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива.
2. Великі електростанції слід розміщувати одну від одної і від великих міст на значних відстанях.
3. Районні понижуючі підстанції, диспетчерські пункти енергосистем та лінії електропередач необхідно розміщувати розсереджено і надійно захищати.
4. Постачання електроенергією великих міст слід передбачати від двох незалежних джерел.

Крім того, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати рухливі електростанції на залізничних платформах, малопотужні електростанції, не включені до енергосистеми. Система електропостачання повинна мати грозозахист систему та захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Енергетичні споруди та електричні мережі повинні проектуватися з урахуванням забезпечення стійкого електропостачання категорійних міст і об'єктів. Схема електричних мереж енергосистем при необхідності повинна передбачати можливість автоматичного розподілу енергосистеми на збалансовані, незалежно працюючі частини. При проектуванні енергетичних систем і їхнього об'єднання теплові (конденсаційні) електростанції слід розміщати поза зонами можливого катастрофічного затоплення. У категорійних містах припускається розміщення тільки теплоелектроцентралей незалежно від їхньої встановленої потужності з максимальним віддаленням їх від центрів житлової і промислової забудов. Нові атомні електростанції та атомні теплоелектроцентралі повинні

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщатися з урахуванням їх впливу на навколишнє середовище і радіаційну безпеку населення. На існуючих та на тих, що проектуються і будуються атомних станціях, передбачається створення систем автоматизованого контролю за радіаційною обстановкою на території станції і в зоні спостереження цих станцій, оповіщення та інформаційного забезпечення обслуговуючого персоналу і населення про радіаційну небезпеку, а також захищених пунктів керування протиаварійними діями на території станції і в пристанційних селищах.

При проектуванні схем зовнішнього електропостачання категорійних міст необхідно передбачати їхнє електропостачання від декількох незалежних та територіально рознесених джерел живлення (електростанції і підстанції), частина з яких повинна розташовуватися за межами зон можливих руйнувань. При цьому зазначені джерела і їхні лінії електропередачі повинні, як правило, знаходитися на відстані одне від одного, що виключає можливість їхнього одночасного виходу з ладу. Системи електропостачання категорійних міст повинні враховувати можливість забезпечення транзиту електроенергії в обхід зруйнованих об'єктів за рахунок спорудження коротких перемичок повітряними лініями електропередачі. Нові лінії електропередачі, що живлять особливо важливих споживачів, слід проектувати в кабельному виконанні. Для забезпечення можливості зниження електричного навантаження в категорійних містах системи електропостачання об'єктів, які не відключаються у воєнний час, повинні бути відділенні від систем електропостачання інших об'єктів.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Забруднення довкілля, що виникають при виробництві електроенергії тепловими електростанціями

Виробництво електроенергії на ТЕС супроводжується виділенням великої кількості теплоти, тому такі станції, як правило, будуються поблизу міст і промислових центрів для використання (утилізації) цієї теплоти. Зважаючи на обмеженість світових запасів мінерального палива, вчені й технологи продовжують працювати над поліпшенням параметрів енергоблоків, підвищенням їхніх коефіцієнтів корисної дії (ККД), що забезпечує ощадливіше витрачання палива. Так, істотну економію палива дає збільшення одиничної потужності енергоблоків. Сьогодні на ТЕС установлюються енергоблоки потужністю 1000—1200 МВт. Сучасна технологія дає змогу підвищити цю потужність до 3000 МВт, що заощадить кілька процентів палива. Подальше зростання потужності блоків (до 5000 МВт) можливе в разі запровадження так званих кріогенних генераторів, які охолоджуються зрідженим гелієм [25, 26].

Спалювання мінерального палива супроводжується сильними забрудненнями довкілля. Розглянемо головні з них.

Забруднення атмосфери газовими й пиловими викидами.

Під час спалювання вуглеводневого палива в топках ТЕС, а також у двигунах внутрішнього згоряння виділяється вуглекислий газ, концентрація якого в атмосфері збільшується приблизно на 0,25 % за рік. Це спричинює розігрівання атмосфери за рахунок парникового ефекту. З труб ТЕС і вихлопних труб автомобілів у атмосферу викидаються також оксиди сірки й

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський			РОЗДІЛ 6	Літ.	Аркуш
Перевірів		Лупенко А.М.					92
Консульт.		Зварич Н.М.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

азоту, внаслідок чого випадають кислотні дощі. Атмосфера забруднюється й дрібними твердими частинками золи, шлаку, не повністю згорілого палива (сажа)

Радіоактивне забруднення.

У викопному вугіллі й пустих породах містяться домішки природних радіоактивних елементів. Після спалювання вугілля ці елементи концентруються в частинках золи, яка виявляється більш радіоактивною, ніж вихідне вугілля й пусті породи. Таким чином відбувається радіоактивне забруднення атмосфери й земної поверхні. Щоправда, воно не настільки небезпечне, як радіоактивне забруднення від АЕС, оскільки у вугіллі й вугільних породах містяться радіоактивні ізотопи, що існують у біосфері впродовж мільярдів років, і до них живий світ пристосувався. Більшість рослин і тварин не нагромаджують ці ізотопи у своєму організмі, на відміну від штучних радіонуклідів, які викидаються АЕС. Розроблені методи очищення відхідних газів ТЕС від частинок золи дають змогу зменшити це забруднення в 100—200 разів і звести його в такий спосіб майже до фонового рівня.

Забруднення земної поверхні відвалами шлаків і кар'єрами.

Після спалювання в топках ТЕС вугілля залишається багато твердих відходів. Вони забирають великі площі землі, забруднюють підземні й поверхневі води шкідливими речовинами. Ще більші ділянки землі порушуються величезними вугільними кар'єрами. Так, шлакові відвали й терикони пустих порід лише в Донбасі займають площу понад 50 тис. га, і вона дедалі збільшується.

Зменшення шкоди від такого забруднення досягається утилізацією шлаків і пустих порід, з яких виготовляють будівельні матеріали, засипають ними яри, болота й кар'єри під час рекультивації. Ефективними є й економічні санкції, зокрема введення високої платні за порушення земель, особливо родючих. Завдяки цим обмеженням у більшості західних країн

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відмовилися від кар'єрного способу видобування корисних копалин у сільськогосподарських районах, оскільки платня за землю виявляється вищою, ніж та вигода, яку може дати відкритий спосіб розробки родовища порівняно з шахтним. В Україні питання про відведення сільськогосподарських земель під будівництво великого кар'єру або ТЕС вирішує найвищий законодавчий орган країни — Верховна Рада.

6.2. Зменшення забруднення довкілля із використанням сонячних електростанцій

Сонце — найпотужніше джерело екологічно чистої енергії, і людство має зосередити свої зусилля на розробці методів її утилізації. Основна перешкода полягає в розсіяності сонячної енергії: на широтах України, наприклад, на кожний квадратний метр поверхні за рік надходить лише близько 1900 кВт сонячної енергії. Утилізація сонячної енергії стримується також високою вартістю установок, а отже, й порівняно високою собівартістю електроенергії [26].

Сонячну енергію можна застосовувати для добування електроенергії, побутового тепла, високотемпературного тепла в промисловості, на транспорті. Найбільших успіхів досягнуто в таких країнах, як США, Франція, Туркменистан, причому переважно в галузі так званої «малої» енергетики.

Для добування електроенергії від Сонця застосовується кілька методів, найперспективніший з яких полягає в безпосередньому перетворенні сонячного випромінювання на електрику за допомогою напівпровідникових фотоелектричних генераторів (сонячних батарей). ККД найсучасніших їх типів сьогодні становить 25—30 %. Через високу вартість такі батареї поки що використовуються мало — на космічних супутниках і станціях, у ретрансляторах, навігаційних маяках, телефонних станціях у пустельних

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцевостях, для живлення невеликих радіостанцій, у мікрокалькуляторах, електронних іграшках тощо.

Електроенергію від Сонця добувають також за допомогою паротурбінних генераторів.

Одну з таких сонячних електростанцій (СЕС) потужністю 1200 кВт споруджено в Криму поблизу Керчі. В центрі круга діаметром 500 м встановлено 70-метрову башту з парогенератором на верхівці. Її оточують 1600 рухомих дзеркал (геліостатів). Стежачи за допомогою ЕОМ за рухом Сонця, вони відбивають його промені на парогенератор, нагріваючи в ньому воду до утворення пари температурою 300 °С. Пара подається на турбіну з електрогенератором.

СЕС не забруднюють довкілля. Щоправда, для майбутніх потужних СЕС на сонячних батареях знадобляться великі площі. Але на нашій планеті — близько 20 млн. км² пустель, де землі непридатні для сільського господарства, потік сонячної енергії найпотужніший, а кількість хмарних днів протягом року мінімальна. Щоб задовольнити енергетичні потреби людства, треба розмістити батареї на площі від 1 до 3 млн. км², тобто достатньо зайняти лише 5—15 % площі пустель.

Сонячна енергія використовується також для добування побутового тепла (100—150 °С), яке йде на опалювання приміщень, приготування їжі, опріснення води тощо.

Розроблено досить зручні пристрої для таких потреб (наприклад, параболічне дзеркало-піч діаметром 1,5 м, у фокусі якого вода в трилітровому чайнику закипає за 10 хв.).

Для промислових цілей (плавлення проб металів, вирощування кристалів із розплаву і т. п.) створено сонячні печі, у фокусі дзеркала яких температура сягає 3800 °С. Одна з таких установок діє у Франції.

Сонячна енергія може застосовуватися й на транспорті — для енергоживлення автомобілів, невеликих суден і навіть літаків. Із площі в

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кілька квадратних метрів (дах мікроавтобуса) можна зібрати енергію для живлення автомобільного акумулятора.

В 1982 р. такий автомобіль, не витративши й краплі бензину, перетнув Австралію, подолавши за два місяці відстань у 4000 км

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті виконання поставленої мети: провести теоретичне дослідження параметрів і перспектив використання сонячних фотоелектричних панелей (СФЕУ) у формі сфери та циліндра у сонячних електричних станцій (СЕС) автономних об'єктів виконано наступне:

- проаналізовано будову та принцип дії сонячних батарей;
- проаналізовано структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею;
- проведено аналіз енергетичних втрат у СЕС;
- проведено моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача;
- проведено розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми.
- запропоновано конструкцію та виготовлено міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю.

2. Запропоновано еквівалентну схему та аналітичні залежності (2.3) і (2.4), які дозволяють розрахувати ВАХ сонячного модуля.

3. Запропоновано принцип регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.

4. Встановлено, що сферична сонячна фотоелектрична установка на основі сонячних елементів малої площі матиме потужність на 32 % більшу, ніж така ж із сонячних елементів великої площі при однаковому ККД.

5. Встановлено, що при використанні циліндричної сонячної фотоелектричної установки на основі сонячних елементів малої площі отримаємо потужність на 19 % більшу ніж із сонячних елементів великої площі.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковалевський			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		
Перевірів		Лупенко А.М.					
Консульт.		Лупенко А.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						97	
					гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		

6 . Виготовлено фізичну модель циліндричної фотовольтаїчної панелі на основі гнучкого модуля із DC/DC перетворювачем для підвищення та стабілізації вихідної напруги.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лосюк, Ю.А. Нетрадиционные источники энергии: учебное пособие для вузов / Ю.А. Лосюк, В.В. Кузьмич. - Минск: УП «Технопринт», 2005. – 234 с.
2. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр: - Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
3. Впровадження сонячних електростанцій в Україні [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://rencentre.com/obzor-rinka/solar-energy>.
4. Исследование фотоэлектрического преобразователя энергии – солнечной батареи: для энергетических специальностей ВУЗа / сост. И.Н. Прокопеня, Т.А. Петровская, А.А. Богдан, Р.С. Игнатович, И.В. Павлович. – Минск: БНТУ, 2018.-57 с.
5. Способы соединения солнечных модулей [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [http://ekobatarei.ru/sdelaj_sam/sposoby-soedineniya-solnechnyx-modulej]. – Дата доступа: [30.09.2018].
6. Как правильно подключать солнечные панели разной мощности и напряжения [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [<http://www.itdufa.ru/public/2174/>]. – Дата доступа: [15.10.2018].
7. Как подключить солнечные батареи: схемы и пояснения [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [<http://solarb.ru/kak-podklyuchit-solnechnye-batarei-skhemu-i-poyasneniya/>]. – Дата доступа: [15.10.2018].
8. Солнечные батареи [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступа: [<http://www.mobi-power.ru/>] . – Дата доступа: [30.09.2019].
9. Денисенко Г. И. Возобновляемые источники энергии. - К.: КПИ, 1979., - 128 с.

					ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Ковалевський			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лупенко А.М.						99	
Консульт.		Лупенко А.М.					гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.							
Зав каф.		Тарасенко М.Г.							

10. Егоров П.В., Ульянов С.Л., «Электрическое и электронное оборудование современных автотранспортных средств» РТУиС, МГИЭМ, 2003
11. Раушенбах Г. «Справочник по проектированию солнечных батарей» - М.: Энергоатомиздат, 1983., - 360 с
12. Твайделл Дж., Уэйр А. «Возобновляемые источники энергии» – М.: Энергоатомиздат, 1990., – 390 с.
13. Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources (Renewable Energy Act). Federal Republic of Germany. – 2000.
14. Refocus, January-February 2006, p. 19,47.
15. Стребков Д.С., Мамедсахатов Б.Д. Расчет мощности солнечной фотоэлектрической станции объемной конструкции. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2007, №4, с. 19-20.
16. Пасько В. Самоучитель работы на персональном компьютере. – СПб.: Питер; Киев: BHV, 2003. – 560 с.
17. Кузьмин В. Microsoft Office Excel 2003 : учебный курс. - СПб. : Питер, 2004. - 464 с.
18. Пушкар М.С. Управлінський облік - Тернопіль, "Поліграфіст" ЛТД, 1995- 164с.
19. Голов С.Ф. Управлінський облік: Підручник. – К.: Лібра, 2003. – 704.
20. Міжгалузеві правила по охороні праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок [Текст]. - 7-е вид. - К.: Сиб. Унів. Вид-во, 2007. - 176 с.
21. Правила улаштування електроустановок. 7-е вид. [Текст]: Всі діючі розділи ПУЕ-7. 5-й випуск, стер. - К.: Сиб. Унів. Вид-во, 2007. - 512 с., Іл.
22. В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников. Основи охорони праці. — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
23. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. К.: Знання, 2006. - 487 с.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 438 с.

25. Запольський А. К., Салюк А. І. Основи екології: Підручник / За ред. К. М. Ситника. — К.: Вища шк., 2001. — 358 с.

26. Білявський Г.О. Основи екології. Навчальний посібник. — К.: Либідь, 2006. — 408 с.

					<i>ДРМ 310.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		