



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження резервної
сонячної електростанції малої потужності»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

**Харків
2024**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження резервної сонячної
електростанції малої потужності» для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 5
від 29 лютого 2024 року

Харків
2024

УДК 621.31

С 31

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол №8 від 20.02.2024 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні станції і підстанції: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження резервної сонячної електростанції малої потужності» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко – Харків: [б. в.], 2024. – 31 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 621.31

Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник, д-р техн. наук

© Савченко О. А., Попадченко С. А., 2024

© ДБТУ, 2024

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗЕРВНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

МЕТА РОБОТИ:

1. Ознайомлення з будовою резервної сонячної електростанції малої потужності, призначенням та принципами функціонування її елементів.
2. Отримання практичних навичок конфігурування контролера заряду, що використовується в комбінованій системі електропостачання.

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Ознайомлення з призначенням та функціональними можливостями елементів резервної сонячної електростанції малої потужності.
2. Конфігурування контролера заряду, що використовується в СЕС.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Назву та мету роботи.
2. Паспортні дані елементів СЕС.
3. Результати конфігурування контролера заряду, що використовується в СЕС.

ПОЯСНЕННЯ ДО РОБОТИ

Загальні відомості про сонячну енергетику

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) світова спільнота розглядає як один із найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота ВДЕ є

визначальними їх перевагами в умовах вичерпання ресурсів органічного палива та зростаючих темпів забруднення довкілля.

Останнім часом Європейський Союз виступив з ініціативою прискорення розвитку ВДЕ та прийняв низку обов'язкових до виконання рішень з цього питання. Україні, яка має багато проблем з енергозабезпеченням та бажає у майбутньому стати членом європейської спільноти, також потрібно будувати свою енергетичну політику з врахуванням цього перспективного напрямку.

Відновлювані джерела енергії – це потоки енергії, що постійно або періодично діють в природі. Загалом усі енергетичні потоки ВДЕ поділяються на дві основні групи – пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви у вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії навколишнього середовища, енергії біомаси тощо.

Основною перевагою використання відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню екологічного стану і не призводить до зміни енергетичного балансу на планеті.

Недоліком ВДЕ є дискретність енергетичних потоків – періодичність надходження та змінність енергетичного потенціалу. Сучасні технології і обладнання, а також прийоми раціонального використання ВДЕ фактично ліквідували перешкоди щодо їх широкомасштабного впровадження і обумовили бурхливий розвиток енергетики на основі ВДЕ в світі.

Вартісні показники електроенергії від ВДЕ, виробленої на різних видах електростанцій, вже зараз перебувають в середньому на рівні традиційних електростанцій; із загального ряду випадає фотоенергетика, де вартість електроенергії в 4-5 разів вища; спостерігається стійке зниження вартості електроенергії від ВДЕ, в тому числі й на фотоелементах (відповідно до прогнозів, ціна фотоенергії наблизиться до вартості електроенергії від інших видів через 5-10 років.

Сонячна енергетика – один із напрямів альтернативної енергетики, яка ґрунтується на безпосередньому перетворенні енергії сонячного випромінювання в інші види енергії, на зразок

електроенергії та тепла. Сонячна енергетика є екологічно чистою галуззю, розвиток якої стимулюється як економічними факторами (зростання цін на традиційні джерела енергії з одночасним зниження вартості обладнання, яке працює на відновлюваних джерелах енергії), так і діючими в багатьох країнах програмами державної підтримки (наприклад, «зелений тариф»).

В Україні досить сприятливий клімат – кількість енергії Сонця, що досягає поверхні землі в перерахунку на 1 кв. метр площі перевищує аналогічний показник для Німеччини, яка по відношенню до використання сонячної енергії є однією з найбільш прогресивних держав у світі. Середньорічні показники сонячної радіації становлять від 1070 кВт * год на 1 кв. м площі в північних регіонах до 1400-1700 кВт * год в південних. Найгірша українська точка по соляризації – це найкраща для Німеччини.

Україна має хороші можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання на території України. Термін «ефективне використання» означає, що геліоустановка працюватиме з віддачею в 50 % і більше, а це 9 місяців в південних областях України (з березня по листопад), і 7 місяців – в північних областях (з квітня по жовтень). Взимку ефективність роботи падає, але не зникає.

Отже, і в умовах нашого клімату сонячні системи працюють цілий рік, правда тільки з перемінною ефективністю. Тому варто розглянути сумарний річний потенціал сонячної енергії на території України. На рисунку 1 показано потенціал сонячної енергії на території України.

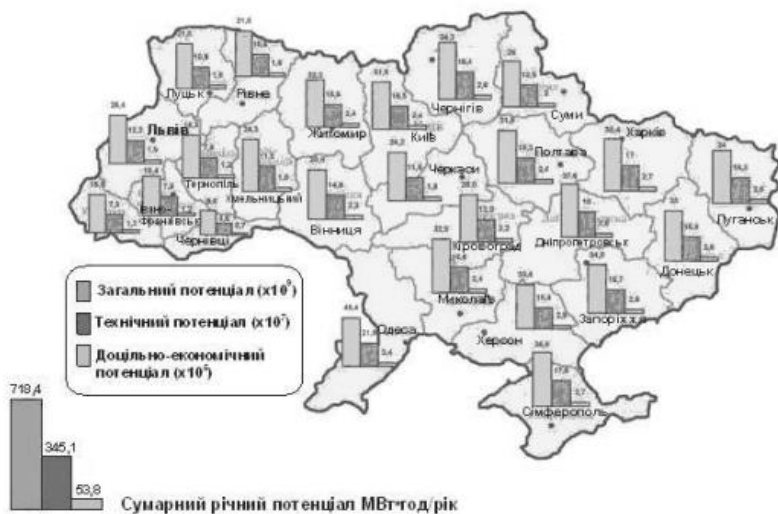


Рисунок 1 – Потенціал сонячної енергії на території України

Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року проте максимально ефективно протягом 7 місяців на рік (з квітня по жовтень).

Сумарний річний потенціал сонячної енергії на території України наведено в таблиці 1.

Перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід орієнтувати в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв може забезпечити сповна не тільки потреби вітчизняних споживачів, але й експортувати більше двох третин виробленої продукції.

Беручи до уваги досвід з впровадження сонячних електростанцій

(далі – СЕС) в європейських країнах зі схожим рівнем сонячного випромінювання, а також з огляду на світові тенденції постійного зниження собівартості будівництва СЕС внаслідок розвитку технологій, в Україні за рахунок вдосконалення технології та введення в експлуатацію нових потужностей виробництво електроенергії СЕС може бути значно збільшено.

Таблиця 1 – Сумарний річний потенціал сонячної енергії на території України

№ з/п	Області	Потенціал сонячної енергії МВт·год/рік		
		Заг. потенціал ($\cdot 10^6$)	Техн. потенціал ($\cdot 10^4$)	Екон. потенціал ($\cdot 10^5$)
1	Вінницька	30,8	14,8	2,3
2	Волинська	21,8	10,5	1,6
3	Дніпропетровська	37,6	18	2,8
4	Донецька	33	15,8	2,5
5	Житомирська	32,3	15,5	2,4
6	Закарпатська	15,5	7,5	1,2
7	Запорізька	34,8	16,7	2,6
8	Івано-Франківська	16,4	7,9	1,2
9	Київська	31,5	15,5	2,4
10	Кіровоградська	28,8	13,8	2,2
11	Луганська	34	16,3	2,5
12	Львівська	25,4	12,2	1,9
13	Миколаївська	32,5	15,6	2,4
14	Одеська	45,4	21,8	3,4
15	Полтавська	31,9	15,3	2,4
16	Рівненська	21,8	10,5	1,6
17	Сумська	26	12,5	2,0
18	Тернопільська	16,3	7,8	1,2
19	Харківська	35,4	17	2,7
20	Херсонська	38,4	18,4	2,9
21	Хмельницька	24,3	11,6	1,8
22	Черкаська	24,2	11,6	1,8
23	Чернівецька	9,6	4,6	0,7
24	Чернігівська	34,2	16,4	2,6
25	АР Крим	36,5	17,5	2,7
	Всього	718,4	345,1	53,8

Умовно територію України можна розділити на чотири зони, залежно від інтенсивності сонячної радіації [7].

На рисунку 2 показано розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року.

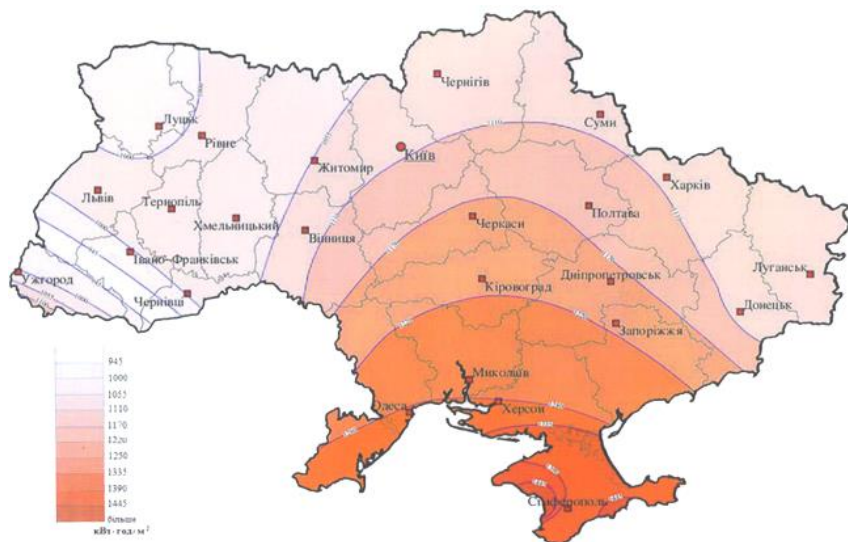


Рисунок 2 – Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року

В даний час в Україні створені сприятливі умови для інвестування в сонячну енергетику, що гарантують стабільний дохід від продажу електроенергії за однією з найвищих в Європі ставок «зеленого тарифу» на протязі ще півтора десятка років (до 1 січня 2030 року).

«Зелений тариф» для промислових сонячних електростанцій складатиме 0,172 євро за 1 кВт·год електроенергії (2016 рік) та буде прив'язаний до курсу валют EUR/UAH.

В Україні найбільш перспективними сьогодні є такі напрями використання сонячної енергії як:

- безпосереднє її перетворення в низькопотенційну теплову енергію без попередньої концентрації потоку сонячної радіації (для гарячого водопостачання об'єктів, комунально-побутового та технологічного теплопостачання, потреб сільського господарства) з коефіцієнтом корисної дії 45-60%, а в разі застосування концентраторів - 80 -85%;

- безпосереднє її перетворення в електричну енергію постійного струму за допомогою фотоперетворювачів

(фотомодулів) в середньому з ККД 10-15%, хоча існують перспективні розробки з ККД близько 30%.

Враховуючи все вище сказане, можна зробити висновок про доцільність спорудження СЕС в Україні різної потужності. Зокрема, як автономне джерело електропостачання будинків чи малих підприємств, а також каскаду електростанцій для генерації потужності в мережу.

Одержання електроенергії від сонця давно застосовують у всьому світі. Головне завдання науковців в цей час - необхідність так вдосконалити наявні технології, щоб якнайбільше збільшити їх ККД.

Сонячні електростанції перетворюють енергію сонячної радіації в електроенергію. Вони бувають двох видів:

- фотоелектричні - безпосередньо перетворюють сонячну енергію в електроенергію за допомогою фотоелектричного генератора;

- термодинамічні - перетворюють сонячну енергію в теплову, а потім в електричну; потужність термодинамічних сонячних електростанцій вища, ніж потужність фотоелектричних станцій.

Головним елементом фотоелектричних станцій є сонячні батареї, які підключаються до мережевого інвертора, а інвертор – до мережі через пристрій обліку електричної енергії.

Автоматика інвертора синхронізує його з мережею і забезпечує відключення станції в разі аварійного режиму роботи мережі.

За принципом роботи сонячна панель являє собою фотоелектричний генератор постійного струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії в електричну. Точніше, у сонячних панелях використана властивість напівпровідників на основі кристалів кремнію. Кванти світла, потрапляючи на пластину напівпровідника, вибивають електрон із зовнішньої орбіти атома даного хімічного елементу, що створює достатню кількість вільних електронів для виникнення електричного струму. Однак для того, щоб напруги й потужності такого джерела було достатньо для застосування в побутових цілях, одного або двох

кремнієвих елементів недостатньо. Тому їх збирають у цілі панелі, де з'єднують паралельно або послідовно. При цьому площа таких панелей може становити від декількох квадратних сантиметрів до декількох квадратних метрів. Збільшуючи кількість панелей можна добитися більшої генерованої потужності сонячною батареєю. Однак продуктивність сонячної батареї залежить не тільки від площі, але також від інтенсивності сонячного світла й кута падіння променів.

Отже, продуктивність сонячної батареї залежить від місцевості й географічної широти, де розташований об'єкт, від погоди й пори року, від часу доби.

Так, оптимальний кут для отримання сонячної максимальної енергії в центральних та північних районах нашої країни становить від 30 до 45 градусів в залежності від пори року.

Крім того, щоб система із сонячних панелей працювала й подавала енергію в мережу, потрібно встановити ряд додаткових електроприладів, зокрема:

- інвертор, що перетворить постійний струм у змінний;
- акумуляторну батарею, роль якої накопичувати енергію й згладжувати перепади напруги через зміну освітленості;
- контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитися або розрядитися завчасно.

Усе це в комплексі називається автономною системою енергопостачання на основі сонячних панелей. У той же час у системі, яка працює на постачання енергії в загальну мережу, акумулятори й контролери не потрібні. Необхідний тільки мережевий інвертор.

Для виготовлення фотоелектричних панелей використовують полікристалічні та монокристалічні елементи.

Сонячні панелі з полікристалічних фотоелектричних елементів (рисунок 1.3) найбільш поширені у зв'язку з оптимальним співвідношенням ціни і ККД серед всіх різновидів панелей. Їх ККД становить 12-14%. У елементів, які утворюють панель, характерний синій колір і кристалічна структура.



Рисунок 3 – Полікристалічна сонячна панель

Сонячні панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів (рисунок 4) більш ефективні, але і більш дорогі в перерахунку на ват потужності. Їх ККД, як правило, в діапазоні 14-16%.

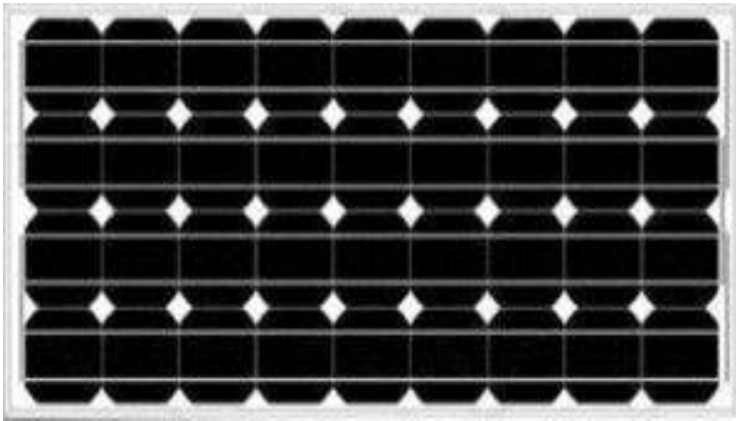


Рисунок 4 – Монокристалічна сонячна панель

Зазвичай монокристалічні елементи мають форму багатокутників, якими важко заповнити всю площу панелі без залишку. В результаті питома потужність сонячної батареї трохи нижча, ніж питома потужність окремого її елемента.

Сонячні батареї з аморфного кремнію (рисунок 5) мають один з найбільш низьких ККД. Зазвичай його значення в межах 6-

8%. Однак серед усіх кремнієвих технологій фотоелектричних перетворювачів вони виробляють найдешевшу електроенергію.



Рисунок 5 – Сонячна панель на основі аморфного кремнію

Сонячні панелі з телуриду кадмію (CdTe) (рисунок 6) виготовляються на основі плівкової технології. Напівпровідникову плівку наносять тонким шаром у кілька сотень мікрметрів. Ефективність елементів з телуриду кадмію невелика, ККД близько 11%. Проте, в порівнянні з кремнієвими панелями, ват потужності цих батарей обходиться на кілька десятків відсотків дешевше.



Рисунок 6 – Сонячна панель на основі телуриду кадмію

Сонячні панелі на основі CIGS (рисунок 7). CIGS - це напівпровідник, який складається з міді, індію, галію та селену. Цей тип сонячних батарей теж виконаний за плівковою технологією, але в порівнянні з панелями з телуриду кадмію має більш високу ефективність, його ККД сягає 15%.



Рисунок 7 – Сонячна панель на основі CIGS

В рамках загальної тенденції зниження виробленої потужності зі зростанням робочої температури, кожен тип сонячних батарей веде себе по-різному. Так у кремнієвих елементів номінальна потужність падає з кожним градусом перевищення номінальної температури на 0,43-0,47%. У той же час елементи з телуриду кадмію втрачають всього 0,25%.

Найбільш важливим технічним параметром сонячної батареї, яка робить основний вплив на економічність всієї установки, є її корисна потужність. Вона визначається напругою і вихідним струмом. Ці параметри залежать від інтенсивності сонячного світла, що потрапляє на батарею.

Рівномірна освітленість сонячної батареї забезпечує високу її ефективність. Для забезпечення максимальної ефективності сонячна панель повинна бути орієнтована перпендикулярно сонячному випромінюванню. Щоб цього досягти іноді

використовують поворотні системи з системою автоматичного стеження за положенням сонця.

Зростання температури сонячного елемента негативно позначається на його здатності генерувати електричний струм. Сонячні панелі, особливо для великих геліоенергетичних систем необхідно охолоджувати. Пил і волога, осідаючи на поверхні сонячних панелей також негативно позначаються на їх ефективності. Тому необхідно час від часу проводити заходи з очищення поверхні сонячних панелей від пилу і бруду. Іноді поверхню сонячних панелей покривають спеціальним складом, що зменшує ступінь забруднення поверхні сонячної батареї.

Ключ до підвищення ефективності сонячних панелей лежить в зменшенні незворотних втрат сонячної енергії в процесі взаємодії сонячного світла і речовини, з якого виготовлені фотоелементи. Зменшення необоротних втрат в фотоелементах призведе до збільшення їх ККД.

Щодо цінової політики сонячних модулів, то сонячні батареї з монокристалічного кремнію незначно дорожче (приблизно на 10%), ніж ціна сонячних панелей з полікристалічного кремнію - якщо брати, звичайно ж, в перерахунку на одиницю їх потужності. Велика ціна монокристалічних сонячних панелей, в першу чергу пов'язана з більш дорогим процесом виготовлення і очищення вихідного монокристалічного кремнію.

Основним завданням сонячного інвертора є перетворення постійного струму, що отримується завдяки сонячним панелям, в змінний з напругою 220 вольт. Дана напруга дозволяє використовувати енергію для побутових потреб. Залежно від типу використання інвертори можна розділити на три основні типи:

- автономні - інвертори, не підключені до зовнішньої електричної мережі, призначені для автономних фотоелектричних систем (рисунк 8);



Рисунок 8 – Автономний сонячний інвертор

– мережеві - інвертори, що працюють синхронно з централізованою мережею електропостачання. Крім своїх прямих функцій такі прилади забезпечують регулювання основних експлуатаційних параметрів мережі: частота напруги, амплітуда і т.д. У разі збою живлення інвертор автоматично вимкнеться. Даний тип інверторів підходить для сонячних систем без акумуляторних панелей. Вся вироблена енергія генерується в загальну мережу за «зеленим тарифом» (рисунок 9).

– гібридний - перетворювач, який поєднує властивості автономних і мережевих пристроїв. Такий інвертор має велику кількість налаштувань для оптимізації роботи сонячної системи від загальної електричної мережі та за наявності акумуляторних панелей (рисунок 10).

Залежно від вихідного сигналу інвертори бувають (рисунок 11):

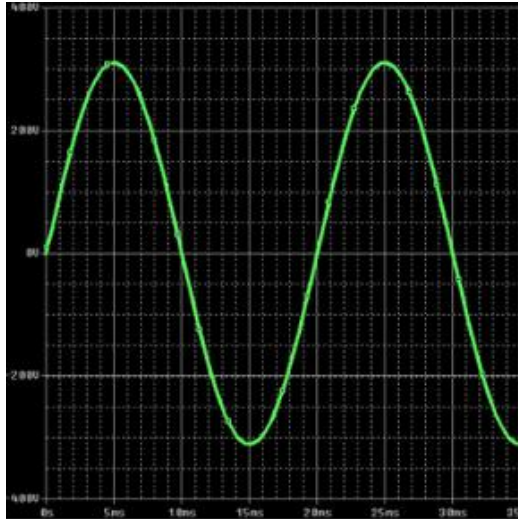
- інвертори з чистим синусоїдальним вихідним сигналом;
- інвертори, генеруючі квазисинусоїдальний (модифікований синус) вихідний сигнал або меандр.



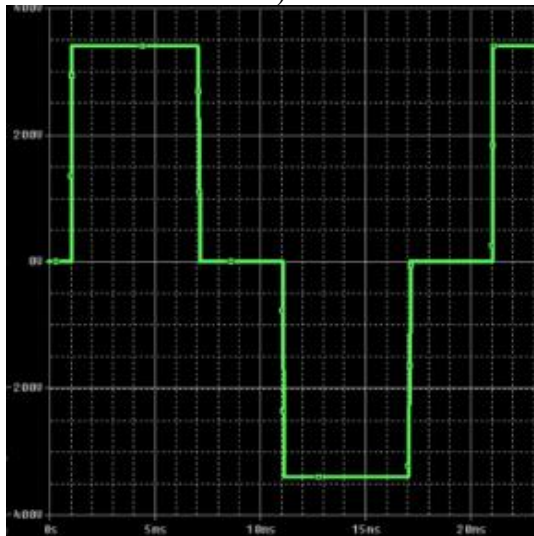
Рисунок 9 – Мережевий сонячний інвертор



Рисунок 10 – Гібридний сонячний інвертор



а)



б)

а) чистий синусоїдальний вихідний сигнал

б) генеруючий модифікований синус

Рисунок 11 – Форма напруги мережевого інвертора

Від інвертора з чистою синусоїдальною формою можна жити будь-яке навантаження змінного струму. Несинусоїдальні інвертори з прямокутної (меандр) формою напруги не підходять для багатьох видів навантаження, наприклад, асинхронних двигунів або трансформаторів. До такого навантаження відносяться так само холодильники, різні насоси, пральні машини тощо.

Інвертори з синусоїдальною вихідною напругою дорожчі, ніж квазісинусоїдальні, але висока ціна цілком компенсується якістю одержуваної енергії і меншими втратами.

Потужність перетворювача залежить від номінальної потужності сонячних панелей (по стороні постійного струму) і максимальної потужності навантаження по стороні змінного струму.

У разі невеликих фотоелектричних установок (до 5 кВт) можна обійтися одним інвертором відповідної потужності. У разі фотоелектричних систем з більшою потужністю слід встановлювати кілька інверторів працюють в каскаді. Це дозволить зменшити ризик простою сонячних панелей в разі виходу з ладу одного перетворювача, так само є можливість аналізу роботи кожного окремого приладу і порівняння ефективності кожного з них.

В автономних сонячних електростанціях без акумуляторів не обійтися. Акумулятор дає можливість накопичувати енергію, яку виробили сонячні батареї протягом дня і забезпечує електроживлення в темний час доби. Постійний струм (12В / 24В / 48В) з акумулятора надходить в інвертор, який перетворює його в змінний напругою 220В.

Найбільш поширені акумулятори на 12 В, саме з них збираються батареї на будь-яку напругу, кратну 12-ти. Якщо ємність системи недостатня, то можливе послідовне з'єднання декількох таких збірок для досягнення необхідної ємності.

У сонячних системах електропостачання в основному використовують 3 типи акумуляторів: AGM (електроліт знаходиться в абсорбованому стані), гелеві або лужні. Основні

параметри акумулятора: робоча ємність, струм заряду і розряду, термін служби (в роках або циклах заряду-розряду).

Найбільшою циклічністю володіють лужні акумулятори, вони не бояться глибокого заряду і розряду. За рахунок цього у них і найбільший термін служби.

Лужні (нікель-залізні і нікель-кадмієві) акумулятори потребують періодичного обслуговування. Їм потрібно періодична перевірка рівня електроліту і ступеня зарядженості акумулятора, а також періодичний дозаряд.

Тільки дорогі моделі контролерів заряду мають функцію заряду лужних АКБ. Розміщувати лужні АКБ потрібно добре вентильованому приміщенні.

У гелевих акумуляторів в якості роздільника між свинцевими пластинами застосовується силікагель, яким заливається простір між пластинами в процесі виробництва. Силікагель після застигання являє собою тверду речовину з величезною кількістю пор, в яких утримується електроліт. Завдяки тому, що силікагель повністю займає простір між пластинами, в гелевих акумуляторних панелях практично неможливо осипання свинцевих пластин і як наслідок, закорочування і вихід з ладу. У них приблизно на 50% більша кількість циклів заряду / розряду, в порівнянні з AGM. Термін служби при оптимальних умовах експлуатації 12 років.

AGM - технологія виготовлення АКБ, згідно з якою електроліт знаходиться в абсорбованому стані. Непогано працює при низькому заряді. Робота при високих температурах значно скорочує термін служби.

Ці акумулятори найбільш доступні, в порівнянні з гелевими і лужними. Їх краще застосовувати там, де немає великого споживання енергії, наприклад, на дачі.

Для підвищення ефективності сонячних установок можуть використовуватися сонячні концентратори.

Сонячний концентратор - це сферичні або плоскі лінзи, які концентрують сонячні промені і підвищують ефективність сонячних установок. Також концентратором може служити дзеркальний увігнутий рефлектор, який також буде фокусувати

промені і передавати на поглиначі сонячних панелей або колекторів.

Існують такі різновиди сонячних концентраторів:

- сонячні концентратори на лінзах Френеля (плоскі лінзи);

- концентратори на сферичних лінзах;

- дзеркальні відбивачі для сонячних колекторів;

Сонячні концентратори на лінзах Френеля можуть використовуватися в двох випадках:

- їх встановлюють поверх фотоелементів, що дозволяє підвищити в 8 разів концентрацію сонячних променів. У свою чергу це дає можливість зменшити кількість фотоелементів, які складають основну вартість панелі, без шкоди продуктивності. Такі панелі ще називають лінзовими сонячними панелями.

- для сонячних печей, які являють собою конструкцію для приготування їжі на сонячному випромінюванні.

Більш сучасні розробки - це сферичний концентратор складається з кулі, наповненого водою, який здатний підвищити ефективність панелі до 35%.

Такий варіант не дуже зручний у використанні, так як вимагає особливих умов установки і експлуатації.

Незаперечною перевагою сферичного концентратора, є його здатність вловлювати промені під будь-яким кутом, і в таких випадках не потрібно застосування пристрою, що відстежує рух сонця.

В дзеркальному відбивачі для сонячних колекторів тепловий колектор встановлюється так, щоб бути в фокусі дзеркального відбивача. І вся установка регулюється таким способом, що на поглинач тепла постійно надходить сонячне випромінювання (наприклад, за допомогою поворотних пристроїв, що стежать за сонцем). А для того, щоб точно сконцентрувати потік паралельних променів, відбиваюча поверхня повинна мати форму правильної параболи. В місці концентрації променів в таких концентраторах можна отримувати температуру вище 2000^oC в сонячних печах та до 300^oC на теплових станціях.

Інший вид - це концентратор у вигляді розрізаної навпіл водостічної труби. Вони мають більш низьку ефективність, і температура в теплових установках досягає 100-200^оС.

Звичайно цей варіант не дуже зручний у використанні, так як вимагає особливих умов установки і експлуатації.

Отже, підсумовуючи все вищенаведене можна зробити висновок, про те, що спорудження сонячних електричних станцій в Україні в сьогоднішні часи це не тільки економічно вигідно, але і необхідно для поліпшення екологічного стану навколишнього середовища.

Загальні відомості про резервну сонячну електростанцію малої потужності

Структурна схема комбінованої системи електропостачання з використанням СЕС малої потужності наведена на рис. 12, а принципова схема СЕС – на рис. 13.

Комбінована система електропостачання являє собою два джерела енергії – енергосистему та сонячну електростанцію (СЕС), які живлять навантаження, приєднане до шин 220 В. Перемикання між джерелами живлення здійснюється вручну, за допомогою тумблера SA. Облік енергії з мережі здійснюється за допомогою мікропроцесорного лічильника типу СЕ-102 виробництва компанії «Енергомiра». Паспортні дані лічильника наведені в табл. 2.

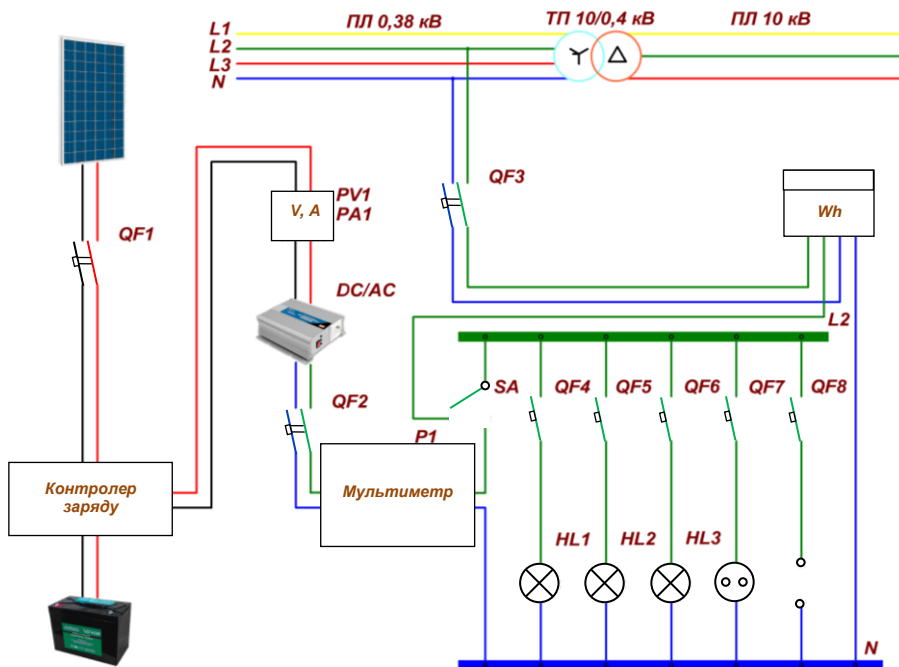


Рисунок 12 – Структурна схема комбінованої системи електропостачання з використанням СЕС

СЕС має номінальну напругу постійного струму 24 В. Сонячне випромінювання приймається полікристалічною фотопанеллю SHARP ND-RJ270, виводи якої (+ та -) приєднані до відповідних затискачів контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024. Паспортні параметри фотопанелі наведені в табл. 3, а параметри контролера заряду – в табл. 4.

До відповідних затискачів контролера заряду також приєднані:

- 2 акумулятори з номінальною напругою на виводах 24 В, загальна ємність – 14 А·год;
- реле вмикання навантаження;
- інвертор постійного струму в змінний 24 В DC/220 В АС номінальною потужністю 100 Вт (вмикається контактом реле).

Напруга 220 В від СЕС (або від енергосистеми) подається на збірні шини 220 В за допомогою тумблера SA.

Контролер заряду забезпечує регулювання струму заряду акумуляторів, вимикає навантаження у випадку їх недопустимого розряду, а також за програмованими уставками.

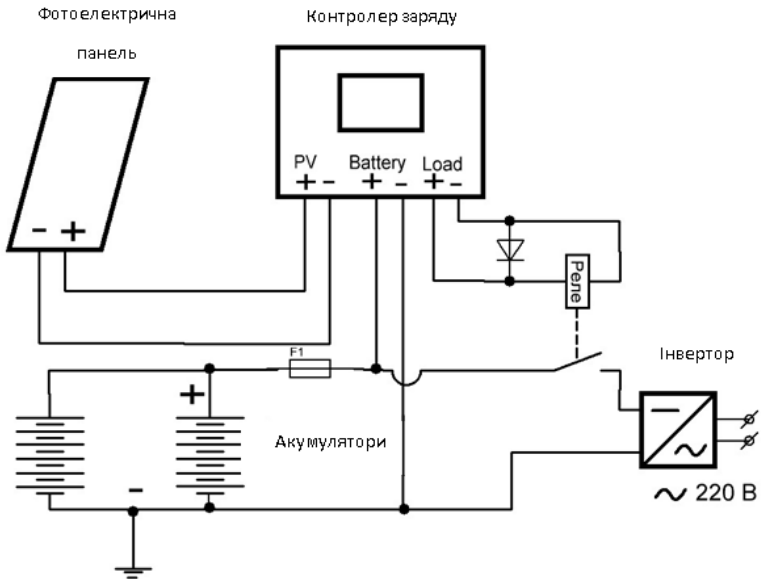


Рисунок 13 – Принципова схема підключення СЕС

Налаштування контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024

Контролер має чотири робочих режими, табл. 5:

1. Управління світлом (0): навантаження включається після заходу сонця і вимикається після сходу сонця. Затримка включення навантаження складає 10 хвилин.

2. Управління світлом і часом (1 - 4): навантаження включається після заходу сонця з затримкою в 10 хвилин і автоматично вимикається після закінчення встановленого часу, яке становить від 1 години до 14 годин.

Таблиця 2 – Технічні характеристики лічильника СЕ102

Найменування характеристики	Значення характеристики	Примітка
1	2	3
Базові (максимальні) струми, А	5 (60) або 10 (100)	–
Номінальна фазна напруга ($U_{ном}$), В	230	–
Граничний робочий діапазон напруг	від 0,75 до 1,15 $U_{ном}$	–
Номінальна частота мережі, Гц	(50 ± 2,5)	–
Коефіцієнт несинусоїдальності напруги й токи вимірювальної мережі, %, не більше	8	–
Поріг чутливості, мА	10; 20	–
Повна потужність, споживана кожним ланцюгом струму, не більше, В·А	0,1	–
Повна (активна) потужність, споживана ланцюгом напруги, не більше, В·А (Вт)	9 (0,8)	При номінальній напрузі
Межа основної абсолютної похибки ходу годин, с/доба	±0,5	–
Ручна корекція ходу годин, с	±30	–
Межі додаткової температурної похибки ходу годин, с/(°С на добу)	±0,15	Від мінус 10 до 45 °С
	±0,2	Від мінус 40 до 60 °С
Тривалість зберігання інформації при відключенні живлення, років	40	–
Число тарифів	до 4	–
Кількість сезонних програм	до 12	–
Кількість виняткових днів	до 32	–
Кількість добових тарифних розкладів	до 36	–
Число тарифних зон у добовому тарифному розкладі	до 12	–
Глибина зберігання каналів обліку, накопичених по тарифах за місяць, місяців	до 13	–
Глибина зберігання каналів обліку, накопичених по тарифах за добу, діб	до 44	–

3. Ручний режим (5): в цьому режимі вмикання і вимикання навантаження контролюється користувач за допомогою натискання кнопки не залежно від наявності інсоляції.

4. Постійно включений (6): в цьому режимі навантаження постійно включене.

Для вибору режиму роботи натисніть і утримуйте кнопку протягом 3 секунд. Дисплей при цьому почне блимати і контролер перейде в режим налагодження. Відпустіть кнопку і натисніть її ще раз, цифри на дисплеї почнуть змінюватися. Натискайте кнопку до тих пір, поки не встановите необхідний режим роботи. Зачекайте поки дисплей перестане блимати або натисніть і утримуйте кнопку 3 секунди.

Таблиця 3 – Паспортні параметри фотопанелі SHARP ND-RJ270

Назва параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, В	24
Номінальна потужність, Вт	270
Напруга неробочого ходу, В	37,99
Струм к.з., А	9,15
Напруга за максимальної потужності, В	31,29
Струм за максимальної потужності, А	6,7

Таблиця 4 – Паспортні параметри контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024 для номінальної напруги системи 24 В

Назва параметра	Значення параметра
Номінальна напруга системи, В	24
Номінальний струм, А	10
Максимальна напруга сонячних панелей, В	55

Максимальна напруга акумуляторів, В	34
Напруга основного заряду, В	28,8
Напруга вимикання навантаження у випадку перерозряду, В	22,2

Таблиця 5 – Режими роботи контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024

Номер режиму	Опис
0	Керування освітленістю
1	Освітленість + вимикання через 1 годину
2	Освітленість + вимикання через 2 години
3	Освітленість + вимикання через 3 години
4	Освітленість + вимикання через 4 години
5	Освітленість + вимикання через 5 годин
6	Освітленість + вимикання через 6 годин
7	Освітленість + вимикання через 7 годин
8	Освітленість + вимикання через 8 годин
9	Освітленість + вимикання через 9 годин
0.	Освітленість + вимикання через 10 годин
1.	Освітленість + вимикання через 11 годин
2.	Освітленість + вимикання через 12 годин
3.	Освітленість + вимикання через 13 годин
4.	Освітленість + вимикання через 14 годин
5.	Ручне керування навантаженням
6.	Навантаження постійно ввімкнене

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Уважно ознайомтесь з загальними відомостями про сонячну енергетику, призначенням та функціональними можливостями елементів комбінованої системи електропостачання з використанням СЕС. Вивчіть послідовність налаштування контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024.

2. Увімкніть лабораторний стенд комбінованої системи електропостачання в такій послідовності:

- підключіть акумулятори до контролера заряду;
- підключіть до контролера заряду сонячну панель автоматичним вимикачем *QF1*;
- увімкніть автоматичний вимикач *QF2*;
- тумблер *SA* переведіть у верхнє положення;
- увімкніть навантаження автоматичними вимикачами *QF4- QF8* та впевніться у споживанні електричної енергії від акумуляторів СЕС за показами амперметра *PA1*;
- тумблер *SA* переведіть у нижнє положення;
- увімкніть автоматичний вимикач *QF3* та впевніться у споживанні електричної енергії від енергосистеми за індикацією лічильника.

3. Проведіть налаштування контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024 згідно табл. 6. Впевніться у правильній роботі контролера.

Таблиця 6 – Режими роботи контролера заряду типу C&T Solar Fusor 1024

Номер бригади	Тип режиму
1	Керування освітленістю
2	Ручне керування навантаженням
3	Навантаження постійно ввімкнене
4	Освітленість + вимикання через 1 годину
5	Освітленість + вимикання через 2 години
6	Освітленість + вимикання через 3 години

4. Вимкнення стенда проведіть в зворотній послідовності. Здайте робоче місце викладачу.
5. За результатами лабораторної роботи складіть звіт за зразком.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Призначення інвертора СЕС.
2. Функції та призначення контролера заряду.
3. В яких режимах може перебувати контролер заряду C&T Solar Fusor 1024?
4. Які типи сонячних панелей існують?
5. Які переваги сонячної енергетики в порівнянні з традиційною?
6. Яким є ККД сонячних панелей?

ЛІТЕРАТУРА

1. Коломиец Н. В. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, В.В. Шестакова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 143 с.
2. Васильев А. А. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. Для вузов / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшков и др.; Под ред. А. А. Васильева. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 575 с.
3. Контроллер заряда C&T Solar Fusor 1024 10 А 12/24 В [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://grand-overon.in.ua/kontroller-zaryada-c-and-t-solar-fusor-1024-10-a-12-24-v.html>

ДОДАТОК
ЗРАЗОК ЗВІТУ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
ЗВІТ

з лабораторної роботи
«Дослідження резервної сонячної електростанції малої
потужності»

Мета роботи:

1. Ознайомлення з будовою комбінованої системи електропостачання з використанням СЕС, призначенням та принципами функціонування її елементів.

2. Отримання практичних навичок конфігурування контролера заряду, що використовується в комбінованій системі електропостачання.

Бригада в складі:

провела налаштування контролера заряду C&T Solar Fusor 1024

Результати роботи:

Таблиця 1 – Паспортні дані лічильника електроенергії типу CE-102

Назва параметра	Значення параметра

Таблиця 2 – Паспортні дані фотопанелі

Назва параметра	Значення параметра

Таблиця 3 – Паспортні дані контролера заряду

Назва параметра	Значення параметра

Таблиця 4 – Результати налаштування режиму роботи контролера заряду

Номер бригади	Тип режиму

Дата:

Підписи:

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження резервної сонячної
електростанції малої потужності»

Автори-укладачі:
САВЧЕНКО Олександр Анатолійович
ПОПАДЧЕНКО Світлана Анатоліївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44

