

Бакелітовий статорний диск 9, на якому закріплені епоксидною смолою якірні котушки 10, забезпечує міцність конструкції. При збільшенні швидкості вітру вдвоє надходить сигнал від датчика швидкості вітру 28 на електромагнітне реле комутаційного апарата (не показано), замикається група комутаційних контактів, утворюючи дві паралельні гілки по вісім якірних котушок (рис. 5.17, б). Частота обертання зростає до 750 хв^{-1} . При подальшому подвоєнні швидкості вітру група комутаційних контактів утворить 4 паралельних гілки, а потім – 8 (два полюса), і частота обертання ротора досягне максимальної величини 3000 хв^{-1} . При зменшенні швидкості вітру, навпаки – кількість якірних котушок в кожній гільці збільшується: 2 : 4 : 8 : 16, а частота обертання ротора відповідно зменшується до мінімальної величини.

Отже, корисна модель забезпечує підвищення ефективності ПЕВТ, розширення діапазону робочої швидкості вітру, збільшення коефіцієнта використання енергії вітру, спрощення і здешевлення конструкції.

Для автоматичного регулювання температури в теплиці в жарку погоду запатентовано, пат. 117783, привід фрамуги з ефектом пам'яті форми [29], а для опромінення розсади – регульовану світлодіодну систему [22].

Ефективність роботи вітроенергоустановки (ВЕУ) суттєво залежить від правильності вибору системи керування генератором. При мінімальному керуванні генератором напруга на його виході (і частота, в разі генератора змінного струму) буде нестабільною. Електроенергію з такими параметрами можна безпосередньо застосовувати в нагрівачах [3]. В багатьох випадках такі ВЕУ задовольняють споживачів [35, с. 311]. Відносно малі потреби в електроенергії зі стабільними параметрами (наприклад 220 В/50 Гц) можна в такому випадку задовольняти спеціальними перетворювачами від акумуляторних батарей (рис. 5.20).

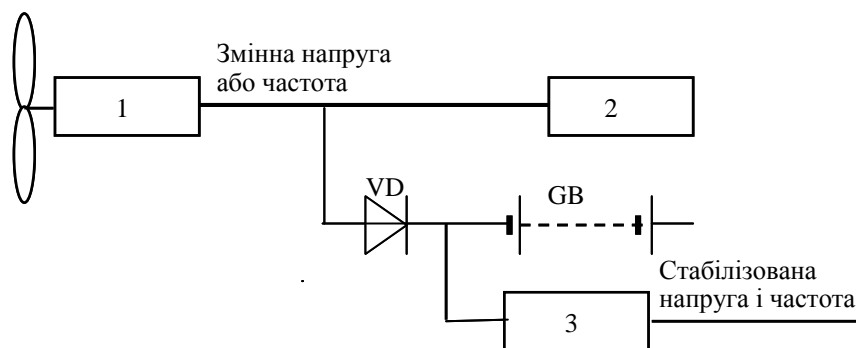


Рис. 5.20. Схема узгодження присадибної ВЕУ з електроспоживачами:

1 – вітроелектрогенератор, 2 – електронагрівачі, 3 – інвертор,
VD – випрямляч, GB – акумуляторна батарея

Джерело: [3, рис. 2]

5.4. Технології використання сонячної енергії для ПДГ

© **Жарков В. Я.**

к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

© **Жарков А. В.**

інженер, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

© **Галько С. В.**

к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

Сонячна енергетика розвивається у напрямках генерування електрики і тепла. Для селянської садиби найбільш прийнятними на сьогоднішній день є перетворення сонячного випромінювання в електрику за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) і в теплоту за допомогою сонячних колекторів (СК) [9].

Вакуумний СК «Атек з 2013 р. працює на даху власника будинку в с. Семенівка Мелітопольського району [15]: Вакуумних трубок – 15 шт., довжиною по 180 см, об'єм бака – 150 л. Контролер: напруга живлення 220 В, потужність – до 5 Вт. Інформація від господаря: Продуктивність 500 ... 600 л за добу температурою 70 ... 98°C. Заправка – у квітні, злив восени (перед заморозками); Вартість – 5600 грн. разом з монтажем (2013 р.).

Розроблена і виготовлена конструкція компактного плоского СК для власної квартири (дачі) [15]. Корпус компактного СК зібраний із двох здвоєних віконних рам з подвійним склінням. В якості абсорбера взято плоску батарею водяного опалення. Холодна вода підведена до батареї знизу, а з

верхньої частини гнучким пластмасовим шлангом гаряча вода подається в бак-накопичувач, розташований над СК. Гаряча вода з бака-накопичувача відбирається знизу і самопливом поступає до споживача. Компактний СК може бути розташований на балконі або на зовнішньому боці стіни, що виходять на південь. У більш складному варіанті у контур СК включається насос для циркуляції теплоносія. Тоді бак може розташовуватися як поряд з колектором, так і всередині будівлі.

Є оптимістичні прогнози, що фотоенергетика після 2017 р. за темпами абсолютного приросту може перегнати вітроенергетику і стане конкурентоспроможною з більшістю інших енергетичних технологій [12].

Для виготовлення ФЕП найбільше використовуються різні типи кремнію: аморфний, моно- полі- (мульти-) кристалічний і тонкоплівковий. Монокристалічні ФЕП найбільш складні і дорогі. Для їх виготовлення використовують цільний кристал кремнію. Мають високий ККД 22 %. Полікристалічні – дешевші у виготовленні, але ККД – 17 %. Тонкоплівковий ФЕП із аморфного кремнію є найбільш дешевою технологією. Такі ФЕП найменш ефективні, ККД 10 %. Проте з кожним роком технологія виготовлення ФЕП і ККД покращуються, а вартість падає.

Світова наука передбачає використати для виготовлення ФЕП арсенід галію й досягти на них ККД більший від 40 % [9].

Недоліком усіх ФЕС є те, що генерування електроенергії відбувається стохастично, і електрична потужність віддана в мережу, не регулюється [15].

Автономна присадибна СЕС може бути основним або додатковим джерелом електроенергії для селянської садиби, чи дачі. Основними елементами сонячної системи є: сонячні панелі (сонячні батареї), контролер заряду, акумуляторні батареї (АБ) та інвертор. Сонячна батарея (СБ) – це комплекс невеликих за розмірами ФЕП, в завдання якого входить перетворення сонячного світла в потік позитивно і негативно заряджених електронів (електричний струм). Один ФЕП генерує 0,5 V. У завдання СБ входить вироблення електроенергії напругою 18 В – цього цілком достатньо, щоб зарядити дванадцятивольтову АБ. Технічна характеристика СБ потужністю 10 Вт наведена в табл. 5.3.

Для накопичення надлишкової електроенергії та використання її у випадках, коли споживання перевищує вироблення, використовують АКБ. Підключення СБ напряму до АКБ для її заряду неприпустимо, оскільки це може привести до їх пошкодження. Саме для захисту АКБ від перезарядження і для підтримки оптимальної роботи АБ використовують контролер заряду. В завдання інвертора входить перетворення постійного струму напругою 12 (24 чи 48) В у змінну напругу 220 В. Для енергопостачання будинку знадобиться інвертор з вихідною потужністю не менше 4 кВт. Контролер – прилад призначений для керування процесом зарядки-розрядки АБ від СБ. Для збільшення ККД ФЕП можна застосовувати їх охолодження, а для збільшення ефективності роботи побутових СБ в цілому можна використовувати концентратори сонячних променів або перейти до когенераційної технології [7; 11].

Проведено експериментальне дослідження СБ, технічні дані якої наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Технічна характеристика сонячної батареї на 10 Вт

Розмір, мм	P_n , Вт	U_{xx} , В	$I_{кз}$, А	U_p , В	I_p , А	Маса, кг	Ціна, USD (опт)
370x310x25	10,0	21,3	0,63	17,5	0,57	1,2	17,50 (14,50)

Джерело: [15]

Дослідження проводилися на південному балконі власної квартири в сонячний день для двох рівнів освітленості: на прямому сонці і за склом тришарового склопакету, що призводило до зменшення генерації струму вдвічі.

При спробах збільшити відбір генерованого струму, напруга на СБ падає, а потужність продовжує залишатися практично незмінною (рис. 5.21, а). Це говорить про те, що СБ є майже ідеальним джерелом струму, що якраз і треба для зарядки АБ [15]. Точки на вертикальній частині ВАХ є точками максимальної потужності, які змінюються при зміні освітленості.

За результатами виміру СБ побудована ВАХ і графік залежності відбору потужності від напруги на СБ, знятий при двох рівнях освітлення (рис. 5.21) [15].

Отже, для зарядки АБ можна застосувати СБ, яка має максимальний генерований струм приблизно рівний струму зарядки АБ. У цьому випадку СБ автоматично буде заряджати АБ необхідним струмом при своєму освітленні.

Технічні характеристики СБ, наведені в табл. 5.3 не відповідають фактичним. Тому перед монтажем СБ їх обов'язково треба діагностувати. СБ необхідно підключати до АКБ через діод Шоттки, з низьким значенням падіння прямої напруги, та дуже швидким перемикуванням [15]. Це необхідно для того, щоб не сталося розрядки АБ через внутрішній опір СБ при несприятливому освітленні, коли напруга на СБ може впасти нижче, ніж напруга на АБ. Якщо, АБ будуть використовуватися для роботи під час своєї зарядки-підзарядки, то знадобиться ще й буферний конденсатор [15].

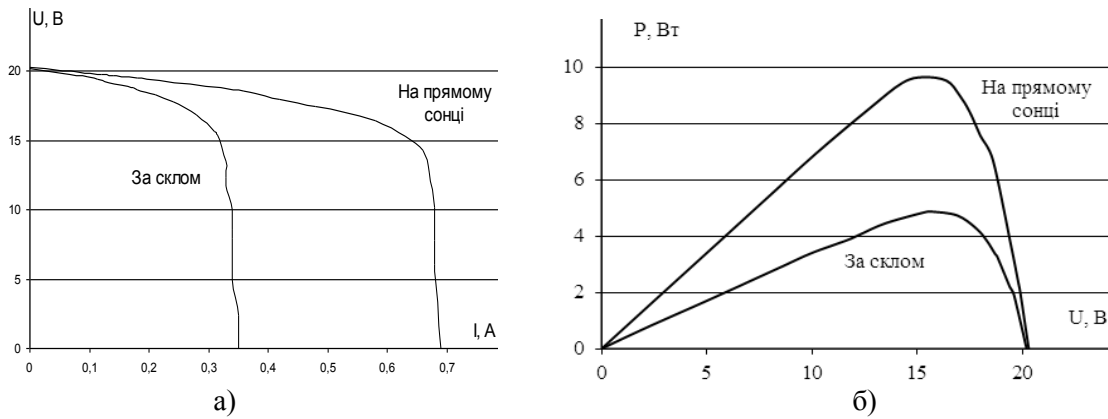


Рис. 5.21. Характеристики СБ: а) ВАХ, б) залежність потужності від напруги СБ

Джерело: [15]

При використанні СБ необхідно прагнути до того, щоб СБ були розміщені на максимально освітленому місці і освітлені однаково; дотримуватися температурного режиму, який вказаний в паспорті СБ, зазвичай, це $-40^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$; розташовувати СБ на поверхні, малосхильною до нагрівання; необхідно звернути увагу споживача, що в деяких випадках СБ може зробити перезаряд АБ. А це призведе до переполюсовки елементів АБ і до виходу її з ладу [15; 16].

Ефективність роботи СЕС в значній мірі визначається ККД ФЕП і суттєво залежить від їхньої температури. При нагріві ФЕП на один градус зверх 25°C він втрачає в напрузі 0,002 В, тобто $0,4\% / ^{\circ}\text{C}$. У яскравий сонячний день елементи нагріваються до $60 \dots 70^{\circ}\text{C}$ втрачаючи $0,07 \dots 0,09$. Це і є основною причиною зниження ККД, що приводить до падіння напруги, генерованої кожним ФЕП [7]. Світовий рекорд ККД кремнієвої сонячної батареї – $42,8\%$, гнучких ФЕП – $17,7\%$.

Відомий сонячний фотоелектричний модуль (ФЕМ) циліндричної форми Solyndra (від англійських слів “сонячний” і “циліндр”), що містить дві скляні трубки, трубка меншого діаметра покрита тонкою плівкою напівпровідникового матеріалу і поміщена в таку ж трубку більшого діаметра. Така форма дозволяє збільшити кількість поглинутого світла (а отже і електроенергії) на протязі дня без зміни положення конструкції ФЕМ [7; 11]. В ТДАТУ запатентовано [15] декілька ФЕМ циліндричної форми.

Сонячний ФЕМ циліндричної форми (рис. 5.22) з охолоджувальною рідиною, наприклад водою, містить дві скляні колби з боросилікатного скла.

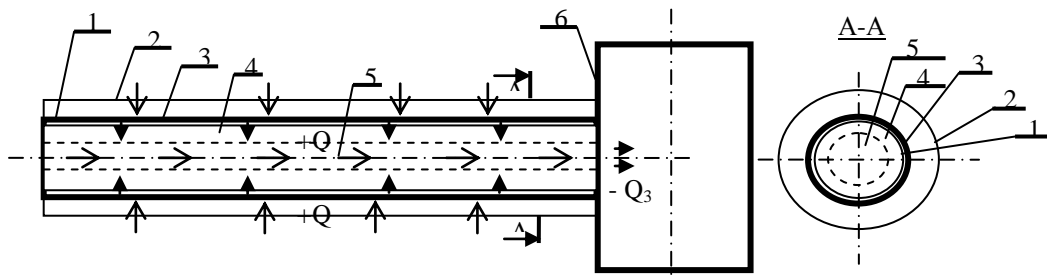


Рис. 5.22. Сонячний ФЕМ циліндричної форми, пат. 97080

Джерело: авторська розробка

Колба меншого діаметра розташована в прозорій колбі більшого діаметра, і з'єднані між собою подібно посудині Дьюара, з вакуумною порожниною між ними [44].

На рис. 5.23 зображений більш досконалий сонячний когенераційний модуль з термосифоном 4 за пат. 100635, який може бути використаний не тільки для охолодження, а і для комбінованої генерації електроенергії і теплоти, залежно від потреби в них. Термосифон 4, являє трубку із червоної міді, наповнену робочим тілом з низькою температурою кипіння, і герметично закриту, має зону випару, де відбувається нагрів рідини, її кипіння і пароутворення, і зону конденсації, де відбувається відбір конденсованої теплоти. Трубка установлена під кутом до горизонту з конденсатором у верхній частині. Конденсована рідина повертається в зону випару під дією сили тяжіння.

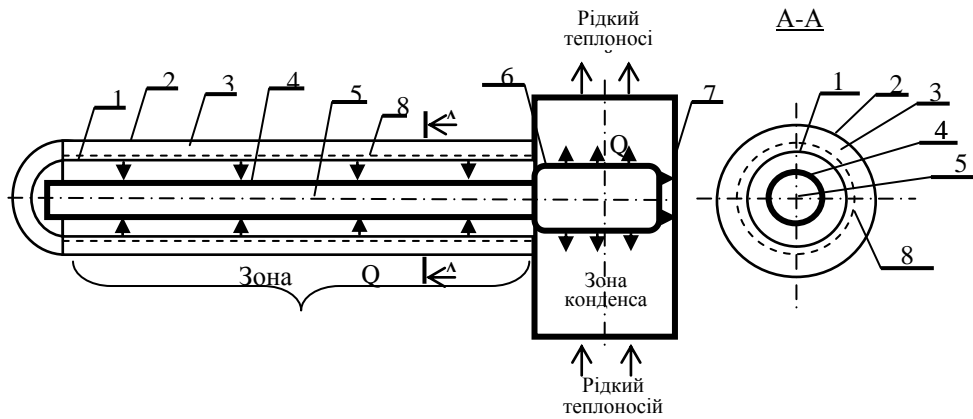


Рис. 5.23. Сонячний когенераційний ФЕМ з термосифоном, пат. 100635

Джерело: авторська розробка

На рис. 5.24 зображений сонячний когенераційний модуль циліндричної форми з тепловою трубкою, розділеною перегородкою на дві циліндричні частини.

Останній використаний в автономній сонячній когенераційній енергоустановці для рухомого об'єкта [18].

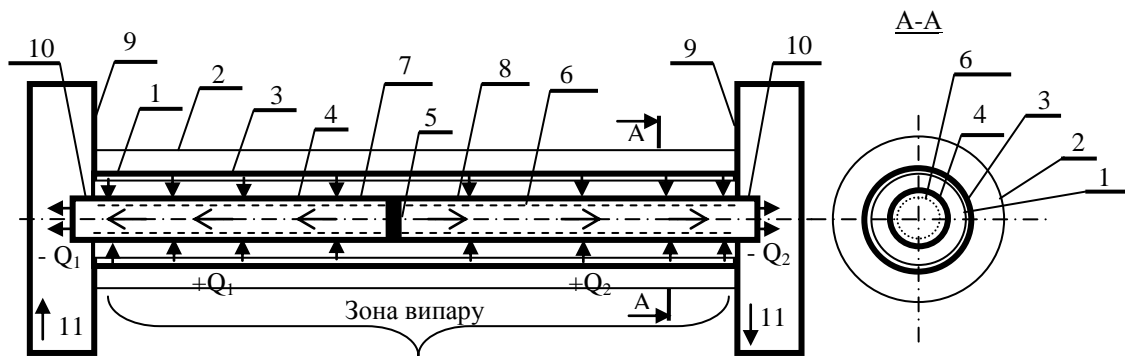


Рис. 5.24. Сонячний когенераційний модуль циліндричної форми, пат. 97782

Джерело: авторська розробка

Присадибна сонячна електростанція з ФЕМ циліндричної форми, установленими на даху будівлі під кутом до горизонту, рівним географічній широті місцевості, кожен ФЕМ містить дві коаксіально розташовані трубки із боросилікатного скла, з'єднані між собою з утворенням вакуумної колби типу посудини Дьюара, внутрішня трубка покрита фотоелектричним перетворювачем з виведеними електричними гермоконтактами і наповнена охолоджуючою рідиною. Крім того, містить акумулятор, контролер, інвертор, фотоелектричні модулі об'єднані в батарею зі спільним охолоджувальним колектором, з'єднані паралельно, і приєднані через контролер до акумулятора, до іншого виходу контролера приєднані споживачі постійного струму безпосередньо, а споживачі змінного струму приєднані через інвертор [16].

В основу корисної моделі за пат. 107991 поставлена задача збільшення ефективності автономної когенераційної енергоустановки за пат. 100635, шляхом відбору теплоти конденсації робочого тіла в термосифоні, і підвищення загального ККД. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що автономна когенераційна енергоустановка [20] з гібридними ФЕМ, згідно з корисною моделлю, містить гібридний ФЕМ циліндричної форми, термосифон у вигляді окремого металевих корпусу, запаяного з обох сторін, наповненого під вакуумом робочим тілом з фазовим переходом і низькою температурою замерзання, розташований у вакуумній колбі типу посудини Дьюара [44], герметичний корпус термосифона, виконаний із чистої червоної міді, з конденсатором, контактуючим з спільним охолоджувальним колектором, наповненим рідким незамерзаючим теплоносієм, бак-акумулятор з теплообмінником.

На рис. 5.27 зображена запатентована пат. 107991 присадибна когенераційна СЕС з гібридними ФЕМ [20].

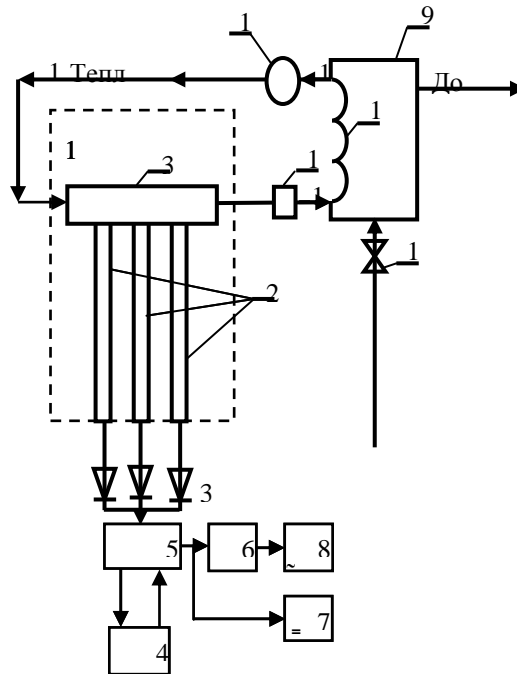


Рис. 5.25. Присадибна когенераційна СЕС з ФЕМ, пат.107991

Джерело: авторська розробка

Автономна когенераційна СЕС з гібридними ФЕМ [20] містить батарею 1 із декількох ФЕМ 2 циліндричної форми, об'єднаних спільним охолоджувальним колектором 3, акумулятор 4, контролер 5, інвертор 6, споживачі постійного струму 7, приєднані до виходу контролера 5 безпосередньо, споживачі змінного струму 8, приєднані через інвертор 5, бак-акумулятор 9 з ТО 10 і трубопроводами 11, 12, термодатчик 13 на вхідному 11 і вихровий насос 14 на вихідному трубопроводі 12 з рідким теплоносієм 15, електроклапан 16.

Гібридний ФЕМ 2 циліндричної форми (рис. 5.24) містить дві скляні трубки 17, 18 із боросилікатного скла. Внутрішня трубка 17 розташована в прозорій трубці 18 більшого діаметра (одна в одній), з'єднані між собою подібно посудині Дьюара [44], з вакуумною порожниною 19 між ними. Зовнішня поверхня внутрішньої трубки 17 вкрита плівкою із напівпровідникових ФЕП 20, яка наноситься безпосередньо на скло, з'єднаних електрично послідовно. Всередині внутрішньої трубки 17 розташований термосифон у вигляді герметичного корпусу 21 з чистої червоної міді, з конденсатором 22, контактуючим з охолоджувальним колектором 3, з рідким незамерзаючим теплоносієм 15, наприклад, антифризом. Герметичний корпус 21 і конденсатор 22 наповнені робочим тілом 23, з фазовим переходом, від рідини до газу і навпаки, з низькою температурою замерзання, з зоною випару та зоною конденсації. В якості робочого тіла 23 можуть бути використані: етанол або його водний розчин, і/або ацетон, і/або ефір або їхня суміш.

Удосконалення енергоустановки призводить до комбінованої генерації електричної енергії і теплоти, збільшують її загальний ККД і ефективність.

Розроблена сонячна когенераційна установка для рухомого об'єкта (наприклад, для баржі, яхти чи збирального комбайна) [18]:

1. Автономна сонячна когенераційна енергоустановка для рухомого об'єкта, яка складається з сонячних модулів циліндричної форми, акумулятора, контролера заряду-розряду, інвертора, кожен сонячний модуль циліндричної форми містить дві коаксіально розташовані трубки із боросилікатного скла, з'єднані між собою з утворенням вакуумної колби, трубка меншого діаметра покрита послідовно з'єднаними ФЕП з виведеними електричними гермоконтактами, сонячні модулі циліндричної форми об'єднані в батарею з паралельним з'єднанням пар електричних гермоконтактів, приєднаних через контролер заряду-розряду до акумулятора, до іншого виходу контролера заряду-розряду приєднані споживачі постійного струму безпосередньо, а споживачі змінного струму – через інвертор, яка відрізняється тим, що в порожнині скляної трубки меншого діаметра коаксіально розташована теплова труба з циліндричним герметичним корпусом із теплопровідного матеріалу та капілярною структурою внутрішньої поверхні, наповненим робочим тілом з фазовим переходом, від рідини до газу і навпаки, в центрі зони випару циліндричного корпусу установлена перегородка, яка розділяє циліндричний

корпус на дві герметичні частини, конденсатозбірники розташовані в зонах конденсації на протилежних кінцях циліндричного корпусу, контактуючими зі спільним збирачем теплоти, наповненим рідким незамерзаючим теплоносієм.

2. Автономна сонячна когенераційна енергоустановка для рухомого об'єкта за п. 1, яка відрізняється тим, що як робоче тіло використаний етанол (C_2H_5OH) або його водний розчин.

Аналіз розробок [7] показав, що для автономної присадибної СЕС [16] із споживачами електричного струму найбільш прийнятним є запатентований в ТДАТУ пат. 97080 ФЕМ циліндричної форми з водою. Використання води в якості охолоджуючої рідини дозволяє охолоджувальний контур виконати відкритим, підігріту воду використовувати для господарських потреб, наприклад, для зрошення рослин, для душу, миття посуду тощо [15]. Щодо можливості інтегрування в електромережу і енергосистему України ОЕСУ, то прийнятною є автономна когенераційна енергоустановка за пат. 107991 [20]. Для установки на баржі, на яхті чи зернозбиральному комбайні [18] прийнятна тільки установка за пат. 107333.

Для підвищення ефективності роботи побутової ФЕС розроблена функціональна схема (рис. 5.26), діюча модель та дослідний зразок пульта керування [15]. Для контролю кінцевих положень фотопанелі 1 встановлені ПЧ переривники 10, сигнал яких поступає до блока 7 керуючої логіки. Інформація щодо поточної генерованої потужності виводиться на дисплей 11. Ручний режим роботи та налагодження пристрою забезпечується за допомогою блока 12 введення інформації. Напруга з виходу фотопанелі 1 поступає на блок 2 управління зарядки – розрядки який подає інформацію про поточне генерування потужності на мікроконтролер 7. При наявності достатнього рівня генерованої потужності починається заряд АБ 3. В пристрої реалізований принцип пошуку положення Сонця за допомогою блока фотодатчиків 5, розташованих на чотирьох гранях приймальної піраміди 14, кут нахилу яких становить 45° . Сигнал фотодатчиків 5 поступає на підсилювач-формувавч 6 сигналу, де відбувається його обробка для сумісності з мікроконтролером 7.

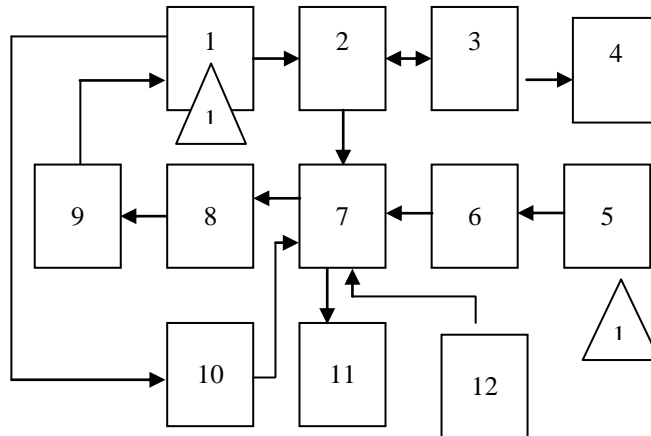


Рис. 5.26. Система автоматичного стеження фотопанелі побутової СЕС за Сонцем

Джерело: авторська розробка

Пристрій являє собою два незалежних модуля, які з'єднані між собою шлейфами. Перший модуль містить чотири фотодатчики. Кожен з фотодатчиків спрямований під кутом 45° до денного сонцестояння і фіксує кут положення Сонця по відношенню до Землі. Другий модуль – система управління поворотним механізмом, до складу якої входять три основних функціональних блоки: блок керування живленням і розподілом накопичуваної енергії; блок керуючих сигналів з індикацією; драйвери крокових двигунів [15].

У робочому режимі на дисплей виводиться інформація про стан, джерела сигналів, поточна напруга та струм заряду батареї. Дослідний зразок пульта керування зібраний в корпусі: $140 \times 70 \times 180$ мм [15]. Пульт оснащено власною АБ, від якої може житися схема і крокові двигуни, призначені для повороту панелі за Сонцем. У пристрої використані фотодатчики типу APDS-9007-020. Попередні дослідження і досвід наших партнерів показали, що ефективність рухомих фотопанелей зростає на 25 – 30 % [15], але відповідно зростають і витрати на власні потреби, зокрема на роботу електропривода для обертання фотопанелей за Сонцем, робота діючих установок потребує збільшення відчуження земельної території. Тому для впровадження поворотних СЕС знадобиться індивідуальне обґрунтування кожної установки.

За останні роки в Україні спостерігається стрімке зростання приватних СЕС. На сьогодні всього в Україні налічується 6,5 млн. приватних домогосподарств. З них на кінець 2017 р. тільки 3010 оснащені сонячними енергоустановками. У табл. 5.4 наведена динаміка зростання приватних СЕС.

Кількість приватних СЕС в Україні, що працюють за “зеленим” тарифом

Роки	Кількість	Потужність, МВт
2014	21	0,1
2015	244	2,2
2016	1109	16,7
2017	3010	51

Джерело: [8]

Найбільша кількість СЕС у приватних домогосподарствах у наступних регіонах України: Київська обл. та м. Київ – 516; Дніпропетровська обл. – 297; Тернопільська обл. – 227. Загалом, за три роки приватними домогосподарствами інвестовано у встановлення СЕС майже 52 млн. євро [45].

Стрімкий попит населення на “сонячну” електроенергію пояснюється прийнятим у 2015 р. Законом України № 514-VIII, яким надано вигідний “зелений” тариф із прив’язкою до курсу євро. Це означає, що домогосподарство може продавати надлишок генерованої “чистої” електроенергії в мережу і швидко повертати кошти, вкладені у СЕС без застережень щодо інфляції. НКРЕКП затвердила нові “зелені” тарифи для населення. Протягом минулих 10 років ціни на СЕС зменшилися більше ніж у 30 разів, враховуючи той факт що їхня ефективність зростає. Тільки за останні 2 роки вартість сонячних панелей знизилася у 2 рази. Таке зниження цін обумовлено новими технологічними рішеннями, та значною конкуренцією між фірмами виробниками [8].

Всі статистичні дані взяті із сайту Держенергоефективності України [45].

За даними АСКОЕ побудовані ДГН перших трьох приватних дахових СЕС різної потужності, розташованих у різних місцях, нашого міста [8]: СЕС1, Руст = 20 кВт, СЕС2, Руст = 5,2 кВт і СЕС3, Руст = 30 кВт.

На рис. 5.27 і 5.28 подані ДГН кожної СЕС і сумарний СЕСекв за 3 дні жовтня місяця. Усі ДГН добре корелюються між собою.

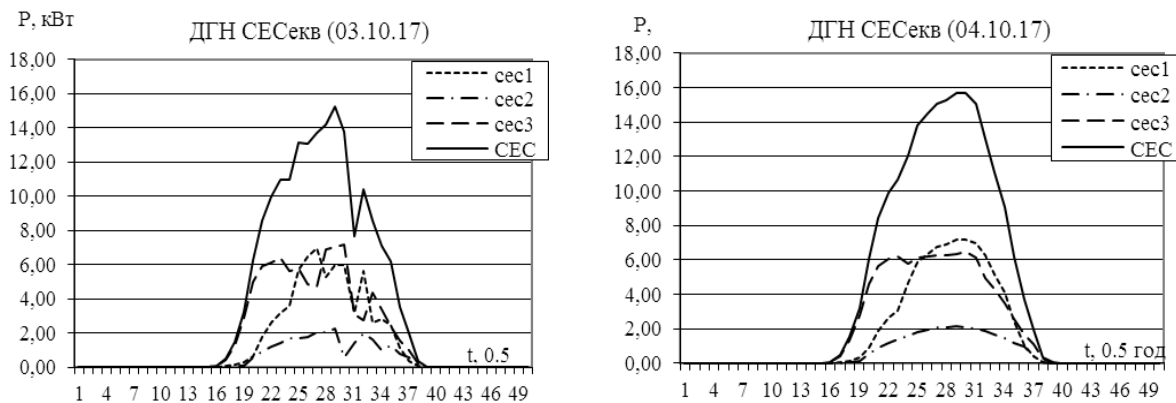


Рис. 5.27. ДГН перших приватних СЕС у нашому місті, $P_{\text{пик}}$ о 14 – 15 год.

Джерело: [8]

На рис. 5.29 подані ДГН за три робочі дні і еквівалентний для одного з переробних підприємств нашого міста – молокозаводу. Вони також добре корелюються з ДГН СЕС.

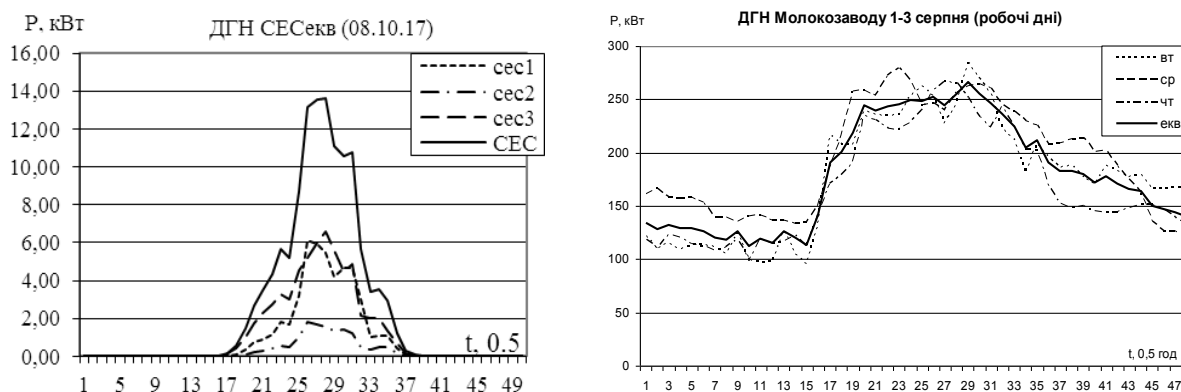


Рис. 5.28. Побудова еквівалентної СЕС
Джерело: [8]

Рис. 5.29. ДГН ММЗ за робочі дні

Пік потужності ДГН СЕС в часі, близько 14 год., практично співпадає з піком молокозаводу, м'ясокомбінату і місцевої електромережі. Отже, приватні дахові СЕС без проблем інтегруються в електромережу і ОЕС України [8].

У табл. 5.5 наведено помісячне споживання (+) і відпуск (–) електроенергії домогосподарством № 1. Найбільший відпуск (генерація) електроенергії припадає на серпень.

Таблиця 5.5

Помісячне споживання (відпуск) електроенергії домогосподарством № 1, кВт-год.

Місяць	Споживання (+)	Відпуск (–)
Березень	2047,275	627,536
Квітень	279,439	1335,630
Червень	105,299	2267,051
Липень	133,306	2269,624
Серпень	197,750	2310,067
Вересень	234,402	1905,131
Жовтень	288,279	857,176

Джерело: [8]

У табл. 5.6 наведені дані про продаж електроенергії за “зеленим” тарифом, як різниця між генерацією і споживанням.

Таблиця 5.6

Продаж електроенергії домогосподарствами в енергосистему за “зеленим” тарифом за жовтень 2017 р., кВт-год.

Домогосподарство	Споживання (+)	Відпуск (–)	Продаж
№ 1	288,279	857,176	569
№ 2	141,332	296,590	155
№ 3	242,395	1257,199	1015
Разом за жовтень	672,006	2410,965	1739

Джерело: [8]

Визначення енергетичних показників за експериментальними ДГН приватних дахових СЕС нашого міста (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Енергетичні показники приватних СЕС, станом за жовтень 2017 р.

Показники	СЕС ₁	СЕС ₂	СЕС ₃
Орієнтація	південь	південь	схід-захід
$P_{уст}$, кВт	30	5,2	30
P_m , кВт	7	2,25	7,1
W_d , кВт-год.	60,88	25,07	88,77
$K_m = P_m / P_{уст}$	0,35	0,43	0,237
$K_{ВВП} = W_d / 24P_{уст}$	0,139	0,201	0,123
Коеф. парної кореляції з СЕС ₁ r_{xy}	$r_{xy} =$	0,986945	–
	$r_{xy} =$	–	0,936412

Джерело: [8]

Коефіцієнт максимальної потужності визначався за формулою:

$$K_m = P_{max} / P_{уст}, \quad (5.23)$$

де P_m і $P_{уст}$ – відповідн, максимальна і установлена потужність, кВт.

Коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) за формулою:

$$K_{ВВП} = W / 24P_{уст}, \quad (5.24)$$

де W – електроенергія відпущена за добу, кВт-год.

Коефіцієнт кореляції r_{xy} визначався за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (5.25)$$

де x_i – значення змінної x ;

y_i – значення змінної y ;

\bar{x} – середнє арифметичне значення для змінної x ;

\bar{y} – середнє арифметичне значення для змінної y .

Із аналізу табл. 5.5 слідує: – найбільш високі енергетичні показники у найменш потужної СЕС2 з орієнтацією на південь, $K_{ввп} = 0,201$, у СЕС1 $K_{ввп} = 0,139$ – менший на 45 %, а у СЕС3 з орієнтацією схід-захід $K_{ввп} = 0,123$ – менший на 63 %; – кореляція ДГН у приватних дахових СЕС дуже сильна, у СЕС1 і СЕС2 з орієнтацією на південь кореляція сильніша ($r_{xy} = 0,986945$), з різною орієнтацією – у СЕС1 і СЕС3 кореляція дещо менша ($r_{xy} = 0,936412$).

У даний час у всьому світі велика увага приділяється процесам когенерації, які забезпечують комбіноване (сумісне) виробництво електричної і теплової енергії від одного джерела. В ТДАТУ розроблені і запатентовані когенераційні технології та технічні засоби їх реалізації для приватних домогосподарств.

Окрім розвитку комерційної відновлюваної енергетики, в Україні є необхідність розвивати некомерційну, в першу чергу, “сільську”, “фермерську”, “для двору”. Це служить децентралізації енергопостачання, дозволяє диверсифікувати джерела енергії, зробити більш енергонезалежною Україну, і фермерів зокрема.

За експериментальними ДГН трьох приватних дахових СЕС нашого міста визначені відносні енергетичні показники, коефіцієнт максимуму потужності K_m і коефіцієнт використання встановленої потужності $K_{вввп}$. Найвищі показники у найменш потужної СЕС2 з орієнтацією панелей на південь. Аналіз ДГН різних дахових СЕС показав дуже сильну кореляцію між СЕС з орієнтацією на південь ($r_{xy} = 0,986945$), дещо меншу ($r_{xy} = 0,936412$) для СЕС з різною орієнтацією (+схід-захід).

Пік ДГН усіх приватних дахових СЕС припадає на 14 годину, і практично співпадає з піками ДГН молокозаводу, м'ясокомбінату і місцевої електромережі.

Отже, приватні дахові СЕС без проблем інтегруються в електромережу і ОЕС України.

Розробки захищені патентами України і впроваджені в освітні процеси ТДАТУ, НТУ “ХП”, НТУ “КП”, ХНТУСГ, МДПУ і частково в приватному домогосподарстві (пат. 95186, 104467, 107616), деякі нагороджені Золотими медалями IX і XI Міжнародного Салона (2013, 2015 рр.) винаходів і нових технологій “Новий час”, дипломами за зайняті призові місця на Всеукраїнських конкурсах наукових робіт студентів (2016, 2017 рр.) під керівництвом авторів.

5.5. Енергетичні витрати та обґрунтування параметрів жолоба робочих русел комбінованого очисника вороху цукрових буряків

© Рамш В. Ю.

*к.т.н., доцент, завідувач кафедри енергетики і автоматики відокремленого підрозділу
Національного університету біоресурсів і природокористування України
“Бережанський агротехнічний інститут”, м. Бережани, Україна*

Ефективне очищення коренеплодів від землі і рослинних залишків, або інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів цукрових буряків забезпечується за рахунок утворення жолоба активних робочих русел транспортування вороху вздовж шнеків очисника [2; 4; 9; 21]. Основні конструктивно-кінематичні параметри комбінованого очисника вороху та їх взаємозв'язок регламентований критеріями значень основних показників якості та показниками технологічно-експлуатаційної стабільності його роботи [1; 22].

З метою формалізації процесу сепарації вороху об'єктом дослідження та для подальшого обґрунтування параметрів комбінованого очисника розглянемо його складену розрахункову схему жолоба активних робочих русел, яку наведено на рис. 5.30 і технологічний процес роботи очисника.

Жолоб активних русел очисника утворений двома парами 1 і 2 поздовжніх шнеків, осі O_1, O_2, O_3, O_4 центрів обертання яких розміщені на лінії дуги O_1CO_4 , яка утворена радіусом R_0 . Шнеки, які встановлені з зазором s_d між своїми валами, обертаються з кутовою швидкістю ω , причому кожна пара шнеків і шнеки однієї пари мають одностороннє обертання відносно один до одного. Шнеки кожної пари мають однакові конструктивні розміри: зовнішній діаметр шнеків – D ; діаметр труби – d .

Секундна подача вороху в кількості W_c із нижнього сходу очисної гірки 2 надходить на поздовжні пари 1, 2 шнеків очисника, заповнюючи простір жолоба активних робочих русел. При цьому під час руху вороху вздовж робочих русел із середньою швидкістю V_n , основна частина сипкого ґрунту, дрібних ґрунтових грудок і рослинних домішок сепарується через зазор s_d між валами шнеків, а коренеплоди інтенсивно очищуються очисними пружними елементами 3 від налиплиго на їх поверхні ґрунту і переміщуються шнеками до наступних ТТС КМ.

Для формалізації процесу роботи очисника приймаємо такі припущення:

- жолоб активних робочих русел очисника утворений контуром просторової фігури, поперечний переріз якої обмежений січенням вертикальною площиною ABO_4CO_1A ;
- ворох коренеплодів розташовується на шнеках у один ряд [3] вздовж їх осей обертання;
- нехтуємо, як незначним, об'ємом спіральних витків і очисних елементів, який вони займають у об'ємі жолоба робочих русел.

Обґрунтування параметрів шнеків та утвореного ними жолоба активних русел проведемо на основі аналізу руху технологічної маси по поверхнях основного елемента конструкції очисника, тобто по шнеку. Взаємозв'язок між конструктивними та кінематичними параметрами шнеків і розмірними характеристиками жолоба, утвореного робочими руслами шнеків, встановимо на основі аналітичного аналізу необхідної пропускної здатності очисника W_0 , або розрахункової продуктивності шнеків Q_0 [12; 13].