

Лекція 7 МЕС в АПК

Термодинамічні СЕС

- Геліотермічний метод використання сонячної енергії полягає у перетворенні сонячної енергії на тепло, що підводиться до парової турбіни, яка обертає електричний генератор.
- Існують три типи сонячних теплоелектростанцій:
 - баштового типу із центральним приймачем-парогенератором (абсорбером), на поверхню якого концентрують сонячне випромінювання, відбите від плоских дзеркал-геліостатів;
 - параболічного (лоткового) типу, де в фокусі параболо-циліндричних концентраторів розміщують приймачі - труби із теплоносієм;
 - тарілкового типу, коли в фокусі параболічного тарілкового дзеркала розташований приймач сонячної енергії із робочою рідиною.

- У середині труб абсорбера циркулює робоча рідина (натрій, літій, нітрат калію).
- Загалом сонячна електрична станція повинна мати такі підсистеми: підсистему уловлювання сонячної радіації, яка перетворює енергію сонячної радіації на теплову; підсистему перенесення теплоносія від приймача до акумулятора тепла; тепловий акумулятор; теплообмінник, у якому генерується пара для турбіни; парову турбіну та електрогенератор.
- На рис. 4.18, *a* наведено спрощену технологічну схему СЕС із послідовно увімкненим у коло передавання тепла тепловим акумулятором. В акумуляторі нагромаджується тепло, що надходить від концентратора сонячних променів і подається у теплообмінник для генерування пари. Акумульоване тепло використовують для генерування пари за відсутності сонячного випромінювання.

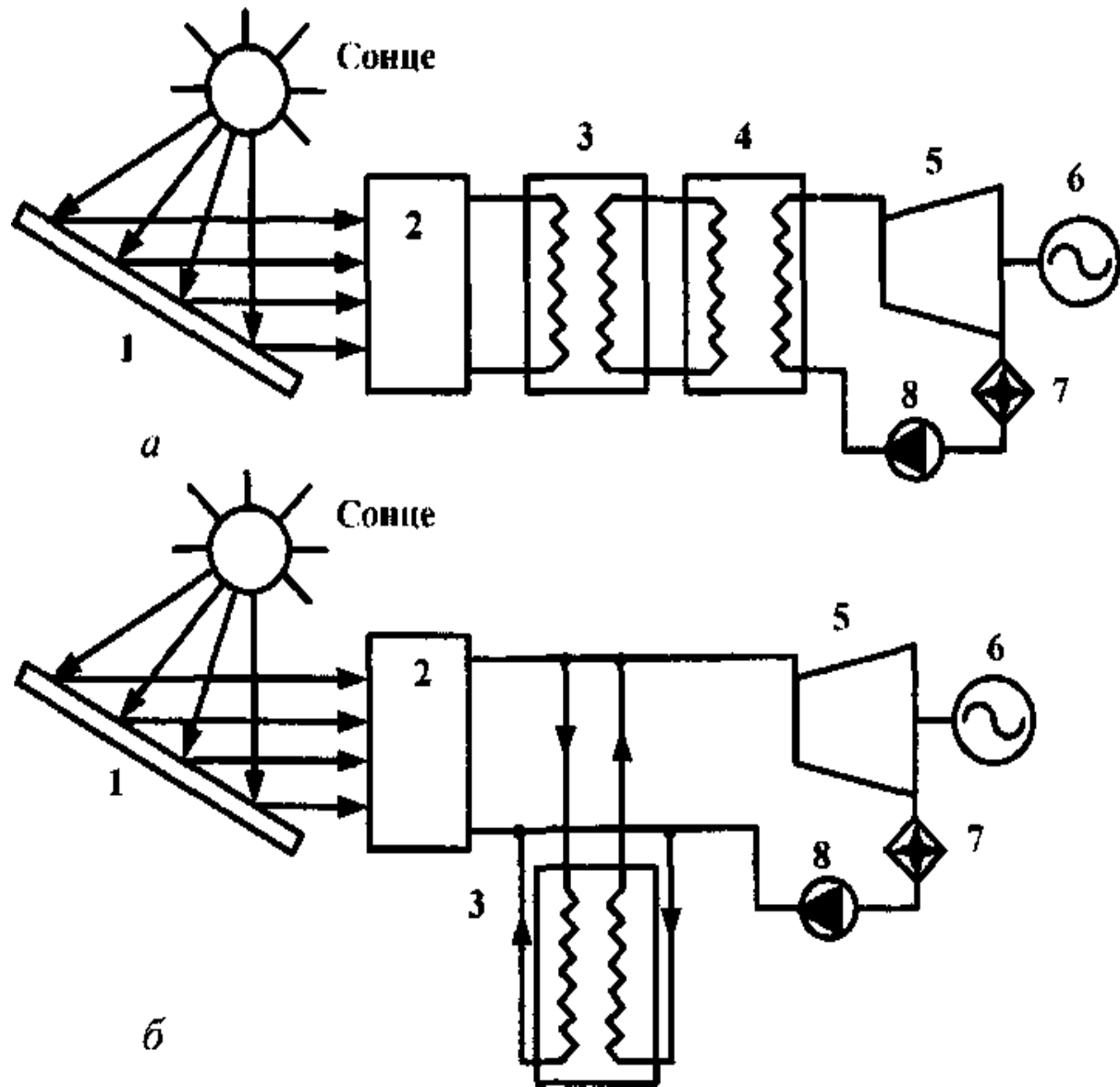


Рис. 4.18. Технологічні схеми сонячної електричної станції:
 а- з послідовним акумулятором тепла;
 б — з паралельно увімкненим тепловим акумулятором:
 1 — концентратор сонячних променів, 2 - приймач сонячної енергії, 3 - тепловий акумулятор, 4 – теплообмінник (парогенератор), 5 - парова турбіна, 6 — електрогенератор, 7 - конденсатор, 8 - конденсатна поліпа

На рис. 4.18, б наведено спрощену схему СЕС із паралельним увімкненням теплового акумулятора. В акумуляторі накопичується частина тепла робочого тіла, а зв'язок із турбіною здійснюється без проміжних пристроїв.

У теплоелектростанціях баштового типу електроенергію від Сонця отримують за допомогою паротурбінних генераторів.

Нагріта до температур 500 °С і більше робоча рідина (теплоносій) може приводити в рух стандартний тепловий двигун для виконання механічної роботи чи для виробництва електроенергії.

Щоб забезпечити високу температуру (понад 1000 °С), застосовують концентрувальні колектори сонячної енергії. Вони складаються із перетворювача, який поглинає сонячне випромінювання і перетворює його на інший вид енергії, та концентратора з оптичною системою для спрямування потоку сонячного випромінювання (СВ) на перетворювач. Як правило, концентратор потрібно повертати за Сонцем. За конструкцією концентратор - це параболічне дзеркало 3 із перетворювачем 2, розташованим уздовж його осі (рис.4.19).

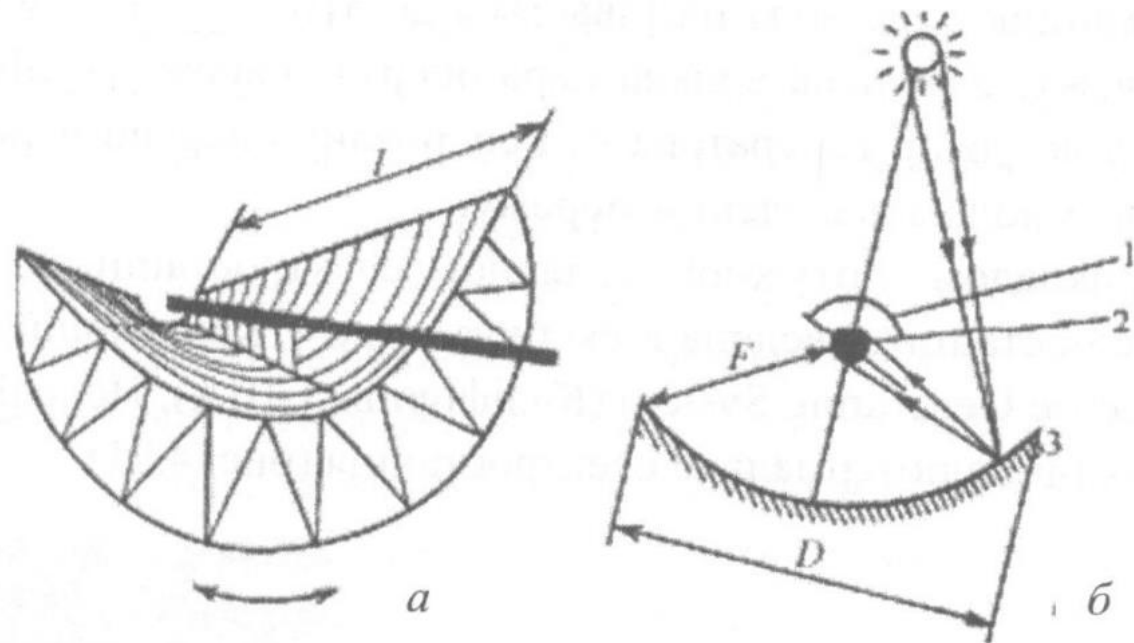


Рис. 4.19. Загальний вигляд параболічного концентратора: 1 - екран; 2 - поглинальна поверхня; 3 - дзеркало; F - фокусна віддаль; L — довжина колектора

Тут СВ концентрується у напрямку осі пристрою, тому колектор повертається за Сонцем в одному напрямі. Вісь повороту спрямовують із заходу на схід, тоді дзеркало повертається навколо осі услід за нахилом Сонця. Така установка дає змогу отримати температуру теплоносія >700 °С. Система із розподіленими колекторами оснащена пристроєм автономного стеження за Сонцем. Гарячу рідину чи пару з усіх колекторів збирають у центральну електростанцію, де генерується електроенергія за принципом роботи ТЕС.

Сонячний концентратор – це пристрій, який концентрує пучок сонячних променів на теплоносії, що дає можливість підвищити ККД. Теплоносієм може бути як вода, так і масло, які поглинають енергію тепла.

Концентратори мають різну конструкцію і форму. Зовнішня сторона цих конструкцій покривається дзеркалами. Від того концентратор якого виду використовується, залежить як концентрується сонячний пучок, в одній точці або лінійно.

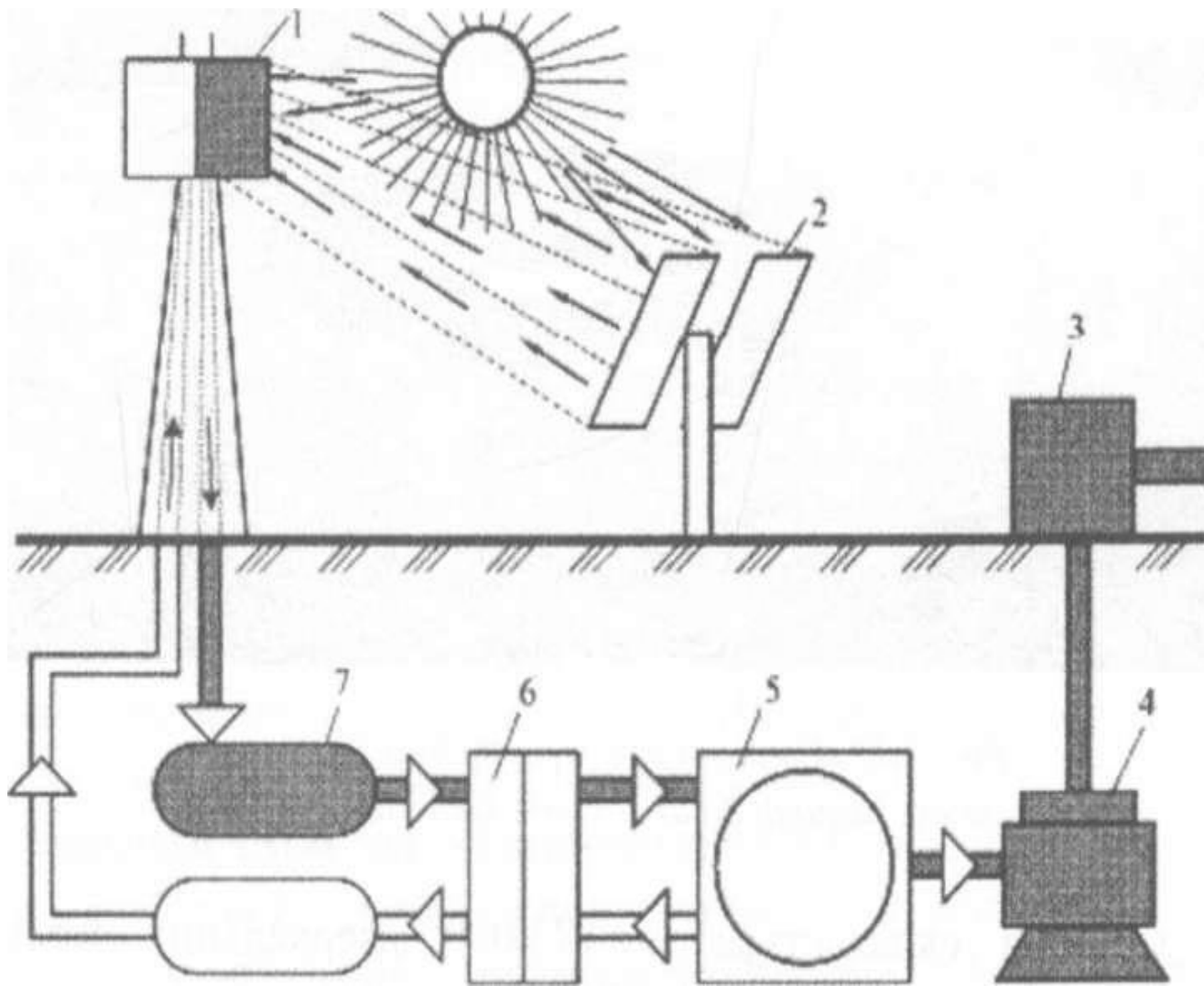
Розрізняють кілька найпоширеніших конструкцій:

– геліоцентричні (у вигляді вежі) концентратори мають складну конструкцію. Вона складається з башти і приймача, який розташований вгорі її, а також системи геліостатів. Система геліостатів рухається за сонячним світлом, тим самим максимально фокусуючи потік сонячних променів на приймач. Поглинена приймачем енергія тепла впливає на турбіни і приводить в дію генератор. У концентраторах цього типу в якості теплоносія може виступати пара або газ за умови, що вони можуть витримувати температуру до 1000°.

Також може бути рідина або метал у рідкому стані, які витримують температурний режим до 800° . У цих централізаторах теплоносій виконує дві функції: приводить в дію генератор і бере участь безпосередньо у виробництві електроенергії. Використання таких концентраторів дуже ефективно, але одночасно така система дорога і для її розміщення потрібні великі площі понад 50 Га.

– параболічні (у формі тарілки) нагадують супутникові антени. Складається ця конструкція з великої кількості дзеркал параболічної форми. Фокусування сонячного пучка відбувається на кожному дзеркалі окремо, що дає можливість теплоносій нагріти до 1000° . Оскільки при цьому утворюється велика кількість пари доцільно використовувати для максимальної ефективності двигуни Стірлінга. З-за цього ефекту концентратори даного типу вважаються дуже перспективними. Вже сьогодні енергогіганти активно розвивають цей напрям, в той час такі концентратори дуже ефективні і в побутовому використанні, за умови що житло розташоване в сонячній смузі.

– параболоциліндричні концентратори виготовляють у формі параболи. Розміри в діаметрі досягають до 50м. Поверхня концентратора обшита дзеркалами увігнутої форми. Через всю дзеркальну конструкцію встановлений теплоносій, а кожне дзеркало направляє акумульовану енергію в певну точку теплоносія. Таким чином, відбувається передача теплової енергії. Теплоносій знаходиться в трубі і покритий спеціальним скляним кожухом. Це дозволяє зменшити втрати тепла. Для такої системи концентратора важлива система стеження за сонячним випромінюванням. Встановлюють таку геліосистему з обов'язковим орієнтуванням на південну сторону світла. Спостереження відбувається внаслідок того що теплоносій нагрівається до 400° і пара яка при цьому виділяється, діє на турбіни генератора, тим самим приводячи в рух систему. Дослідним шляхом доведено, що такий тип концентратора має меншу ефективність, ніж у попередніх видів



(рис. 4.21).

Рис. 4.20. "Вежова " сонячна електростанція: 1 - вежа із умонтованим теплоприймачем; 2 - плоскодзеркальні колектори; 3 - трансформатор; 4 - генератор; 5 — парова турбіна; 6 - паровий котел; 7 - тепловий нагромаджувач (аккумулятор)

Сонячна електростанція із центральною сонячною вежею складається із розташованих на великій площі плоских дзеркал, які стежать (повертаються) за Сонцем і відбивають сонячне випромінювання на вершину сонячної вежі (рис. 4.20).

На вежі 1 розташовано теплоприймач, у якому нагрівається до $525\text{ }^{\circ}\text{C}$ натрій, що через тепловий нагромаджувач 7 подається у теплообмінник 6, де вода нагрівається до $510\text{ }^{\circ}\text{C}$, а натрій повертається у вежу. Утворена водяна пара обертає парову турбіну 5, вал якої обертає ротор генератора 4. Генеровану енергію через трансформатор 3 подають в електромережу.

Прикладом потужної сонячної електростанції баштового типу є геліостанція, уведена в експлуатацію у Каліфорнії - Ivanpah Solar Electric Generating System (Каліфорнія, США). Це найбільша в світі сонячна геліотермальна електростанція (рис. 4.21). Станція складається із 173 000 дзеркальних модулів - геліостатів. Усі ці дзеркала-геліостати спрямовують сонячні промені на вершини трьох надвисоких веж, розташованих у центрі дзеркального поля.

Кожен геліостат рухається за командою комп'ютера, а всі 173 000 дзеркал повертаються за Сонцем. Завдяки цьому сонячні промені потрапляють до веж протягом усього світлового дня. Висота кожної вежі 148 метрів. На вершині веж встановлено котли із рідиною. Унаслідок нагрівання сонячними променями, які спрямовуються дзеркалами, рідина перетворюється на пару. Температура в котлах може досягати 700 °С. Загальна потужність Ivanpah Solar - 392 МВт. Пара передається у низ вежі на турбогенератори, які виробляють електроенергію.

Істотною перевагою геліотермальних електростанцій є можливість акумулювати надлишок сонячної енергії, а отже, працювати і після заходу сонця. Перегріта рідина накопичується у спеціальних об'ємних сховищах, і вночі її використовують для виробництва електроенергії. Сховища можуть забезпечити роботу турбін протягом 15 год із повною потужністю, тому геліотермальні станції виробляють електроенергію протягом 24 год щодоби, сім днів на тиждень. Надзвичайно важливо, що такий інноваційний енергозберігальний проект реалізовано з великою відповідальністю щодо довкілля, зокрема стосовно захисту тварин (рідкісних видів черепах), які живуть у цій пустелі.

Варіанти схем термодинамічної СЕС. На півдні Австралії будують екологічно чисту сонячно-вітрову електростанцію, або так званий "сонячний комин", потужністю 200 МВт. Ця споруда стане найвищою у світі. Конструкційно - це бетонна труба заввишки 1 км, оточена скляним кожухом. За принципом дії ця електростанція подібна до ГЕС, але рушієм її турбін є не вода, а потік нагрітого сонцем повітря. Нагріте сонцем повітря у скляному кожусі підніматиметься трубою й урухомлюватиме генератори електростанції. Спорудження станції планували завершити в 2005 р. Вона повинна забезпечити екологічно чистою електроенергією близько 200 тис. мешканців цього району. Вночі генератори станції діятимуть від гарячого повітря, що нагріватиметься в спеціальних водяних колекторах, які запасатимуть сонячне тепло протягом дня.

Сонячні аеростатні електростанції можуть стати одним із нових напрямів, що дасть змогу ефективніше використовувати сонячну енергію. Основний елемент сонячних аеростатних електростанцій - аеростат — можна вивести на декілька кілометрів над поверхнею Землі, вище від хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії упродовж дня (рис. 4.22)

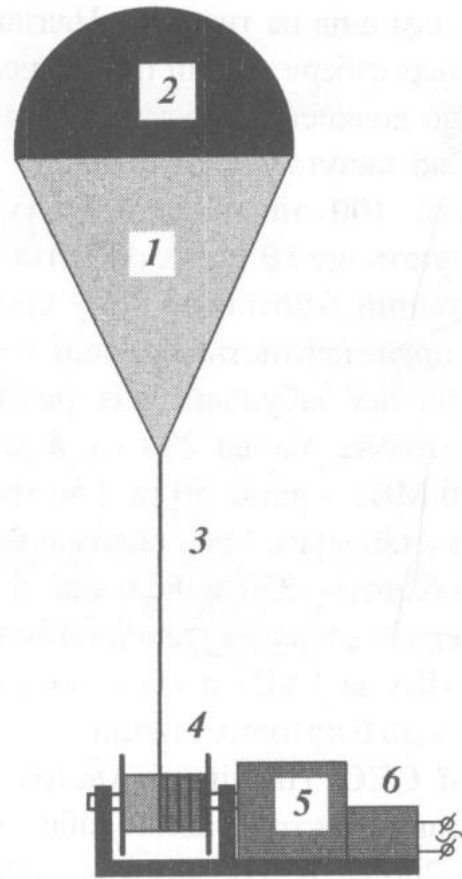


Рис. 4.22. Аеростатна сонячна електростанція: 1 - оболонка балона аеростата; 2 - тонкоплівкові сонячні елементи; 3 - канат із електричним кабелем; 4 - барабан; 5 - електромотор-редуктор; 6 - інвертор

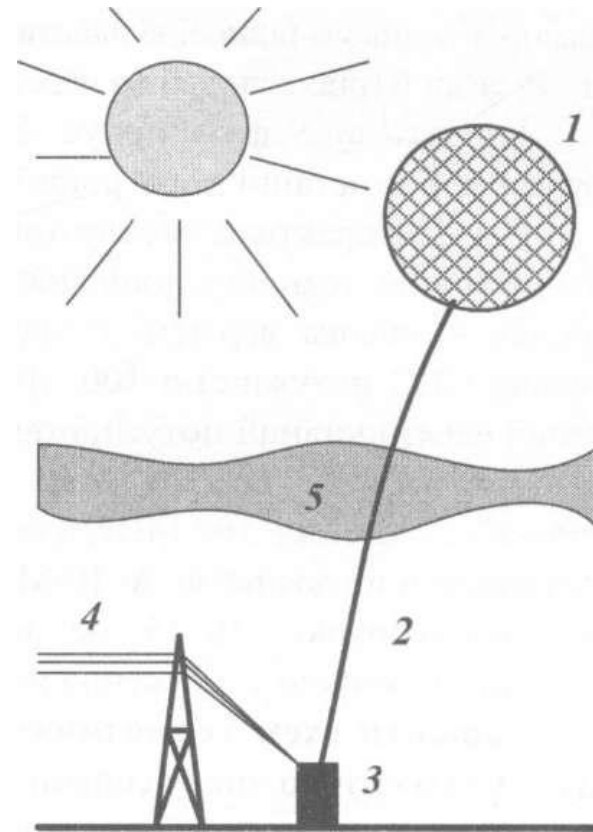


Рис. 4.23. Принципова схема аеростатної ФЕС: 1 - оболонка аеростата із фотоелектричним шаром; 2 - електричний кабель; 3 - перетворювач; 4 - лінія електропередавання; 5 — хмари

Принцип роботи сонячної аеростатної електростанції (САЕС) із паровою турбіною полягає у поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання і нагріванні водяної пари, що міститься всередині. Оболонку аеростата виконують двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки із нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання.

Водяну пару, що міститься всередині оболонки, тепловий потік, який потрапляє через оболонку, нагріває до температури 100-150 °С. Прощарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари фактично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара через гнучкий паропровід потрапляє на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється, контактуючи із перегрітою водяною парою. ККД такої установки може досягати 25 %, причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка працюватиме і вночі. За діаметра аеростата 150 м і розташування на висоті 1 км потужність установки може становити 2 МВт.

Такі САЕС можуть розташовуватися на кількасотметровій висоті над поверхнею Землі чи над поверхнею моря із силовою установкою на платформах з якорем, до платформ також кріплять аеростат. Якщо аеростат розташувати на висоті 5-7 км, роботу САЕС забезпечують незалежно від погодних умов, навіть якщо силова паротурбінна установка розташована на землі або в люльці аеростата з пересиланням електроенергії кабелем на землю. Вже є досвід використання таких САЕС на Тайвані.

Створено фотоелектричні перетворювачі енергії у вигляді плівки, ККД яких дорівнює 15-20 %. Таку плівку можна нанести на поверхню аеростата й підняти його за хмари (рис. 4.23). Протягом світлої частини доби електричну енергію постійним струмом кабелем можна пересилати на перетворювальну підстанцію і в електричну систему. Якщо діаметр аеростата 150 м, то на його освітлену частину падає сонячне випромінювання 18000 кВт. Із урахуванням ККД можна отримати у середньому 3000 кВт потужності. Ускладнює використання такої схеми пересилання на землю великої потужності за низької напруги.

4.6. Переваги та недоліки сонячної електроенергетики

Переваги технології використання сонячної енергії для виробництва електроенергії такі:

- загальна доступність джерела енергії на всій земній кулі;
- S енергетичні запаси Сонця практично невичерпні;
- енергія, що надходить на Землю, безкоштовна;
- використання сонячної енергії не шкодить довкіллю (за винятком технологій виробництва фотоелементів чи виготовлення будівельних матеріалів);
- використання сонячної енергії не впливає негативно на клімат Землі;
- розвиток сонячної енергетики зумовлює створення нових робочих місць, як під час будівництва, так і у ході експлуатації енергетичних комплексів.

До основних недоліків сонячної енергетики та використання сонячної енергії для генерування електричної енергії зараховують такі:

- цей вид енергії надходить на земну поверхню нестабільно за порами року і лише у сонячні дні;
- необхідно накопичувати енергію для роботи енергоустановок (наприклад, використання теплових акумуляторів);

- потужні енергетичні установки потребують концентраторів сонячного випромінювання, оскільки випромінювання розсіяне на великій території;
 - порівняно висока вартість сонячних фотоелементів (хоч щороку зменшується);
 - низький ККД сонячних елементів;
 - поверхню фотопанелей потрібно очищати від пилу та інших забруднень; ефективність фотоелементів знижується через їх нагрівання, тому необхідно їх охолоджувати, зазвичай водою;
 - фотоелементи містять отруйні речовини (свинець, кадмій, галій, арсен тощо);
- термін служби фотоелементів обмежений і виникає проблема їх утилізації.