



СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

Виконавець:
Олійник Д.В. Е-
4226

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

При термодинамічному методі електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримати використанням традиційних схем в теплових установках, в яких теплота від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Принципова схема отримання електричної енергії в сонячній теплоелектростанції наведена на мал. 1.

Існують сонячні теплоелектростанції трьох типів:

- баштового типу з центральним приймачем-парогенератором, на поверхні якого концентрується сонячне випромінювання від плоских дзеркал-геліостатів;
 - параболічного (лоткового) типу, де в фокусі параболоциліндричних концентраторів розміщуються вакуумні приймачі-труби з теплоносієм;
 - тарілкового типу, коли в фокусі параболічного тарілкового дзеркала розташовується приймач сонячної енергії з робочою рідиною.
-



МАЛ. 1. ПРИНЦИПОВА БЛОК-СХЕМА СОНЯЧНОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІ

Станції баштового типу складаються з п'яти основних елементів: оптичної системи, автоматичної системи управління дзеркалами і станцією в цілому, парогенератора, башти і системи перетворення енергії, яка включає теплообмінники, акумулятори енергії і турбогенератори.

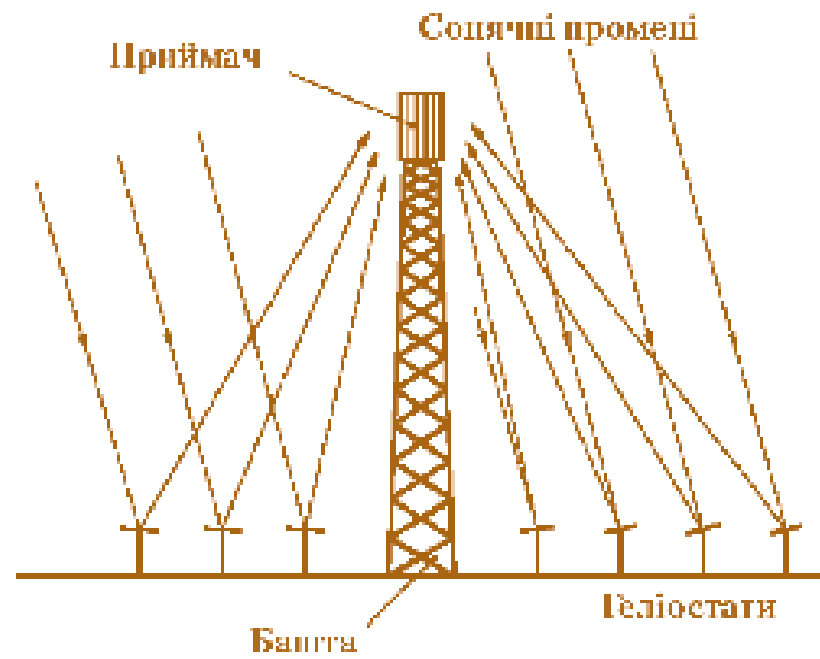
Принципова схема сонячної електростанції баштового типу показана на мал. 2.

Оскільки у такій електростанції використовується пряме сонячне випромінювання, концентруючі геліостати повинні мати систему слідкування за Сонцем, при цьому кожний з геліостатів орієнтується в просторі індивідуально.

Температура, яку можна отримати на вершині башти з допомогою дзеркальних концентраторів, складає 300–1500°C. В одному модулі можна отримати потужність, яка не перевищує 200 МВт, що пов'язано зі зниженням ефективності перенесення енергії від найбільш віддалених концентраторів на вершину башти.

Світова практика експлуатації станцій баштового типу довела їх технічну можливість і працездатність. Основним недоліком таких установок є значна площа, яку вони займають. Так, для розміщення баштової електростанції потужністю 100 МВт необхідна площа 200 га.

Пуск сучасної сонячної електростанції баштового типу відбувся 30 березня 2007 року в районі Санлукар-ла-Майор недалеко від Севільї (Іспанія). Чудова бетонна башта висотою 115 м і 624 дзеркала геліостатів площею 120 м² кожне забезпечує парою паротурбінну установку потужністю 11 МВт, що достатньо для постачання електроенергією 6000 будівель, економлячи тим самим 18000 тонн вуглеродних викидів за рік.



МАЛ. 2. СХЕМА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ БАШТОВОГО ТИПУ



МАЛ. 3. СОНЯЧНА ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ «SOLAR TWO»

Демонстраційна сонячна термодинамічна електростанція «Solar Two» (мал. 3.) працювала з 1981 по 1999 роки в пустелі Мохаве (Каліфорнія, США). Її потужність перевищувала 10 МВт. Сонячну башту цієї станції оточували 1926 геліостатів загальною площею 83000 м². Цікаво, що сонячне світло гріло не воду, а проміжний теплоносій – розплавлену суміш натрію і калію. Від неї вже закипала вода, що давала пару для турбін. У 1999 році вчені перебудували цю станцію у гігантський детектор черенковського випромінювання для вивчення дії космічних променів на атмосферу.

Світло від сотень великих дзеркал настільки яскраве, що викликає свічення пилу і вологи в повітрі, завдяки чому і помітні промені, оточуючі красиву білу башту. На передньому плані бачимо розташовані поряд з дзеркалами фотоелектричні панелі з концентраторами. Дзеркала ж, направлені на сонячну башту, з цього ракурсу не видні.

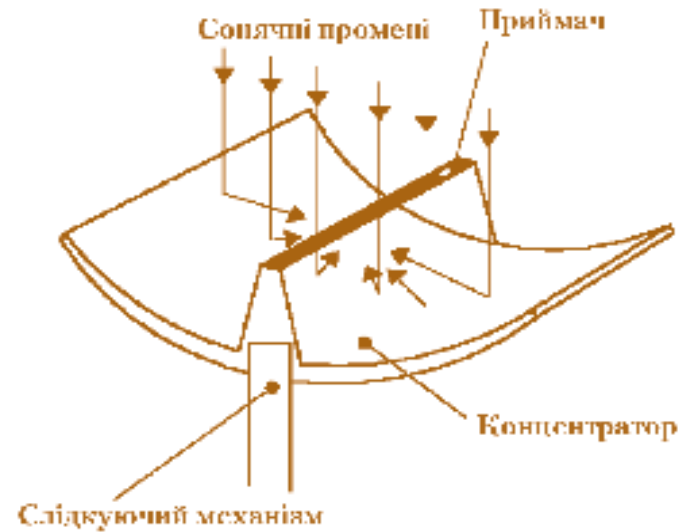
Поруч з даною станцією відбувається будівництво ще однієї подібної станції (PS2), але більш потужної. Буде встановлено приблизно 1255 дзеркал. Розрахункова потужність електростанції – 20 МВт. Пуск другої станції зменшить викиди CO₂ в атмосферу на 54000 тонн за рік і забезпечить електроенергією біля 18000 будівель. А всього до 2013 року різні за принципом дії сонячні установки, які будуть встановлені на площадці в Санлукар-ла-Майор, матимуть сумарну електричну потужність 300 МВт, що достатньо для задоволення потреб в електроенергії такого міста, як Севілья.



СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ В СЕВІЛЬЇ (PS1), ІСПАНІЯ (ФОТО «SOLUCAR»)

У сонячних електростанціях параболічного типу (мал. 4.) використовуються параболічні дзеркала (лотки), що концентрують сонячну енергію на приймальних трубках, які розташовані в фокусі конструкції і вміщують в собі рідинний теплоносій. Ця рідина нагрівається приблизно до 400°C і прокачується через ряд теплообмінників, при цьому виробляється перегріта пара, яка приводить в дію звичайний турбогенератор для вироблення електричної енергії.

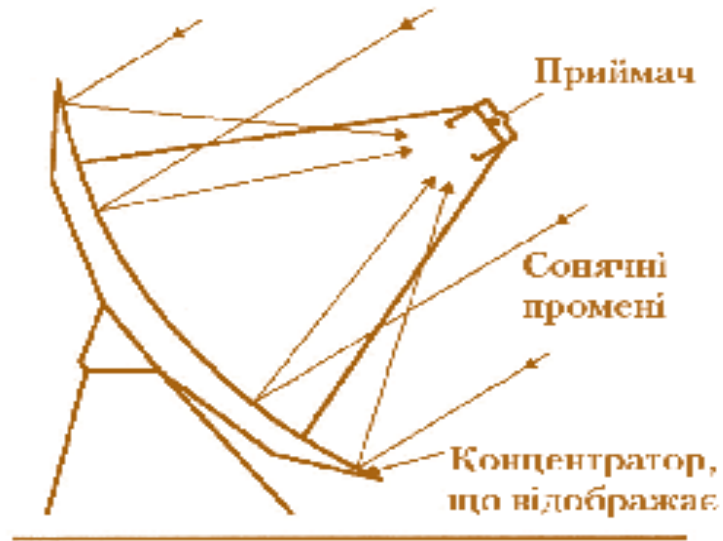
Станції параболічного типу використовуються все ширше завдяки більш простій системі слідування за Сонцем і меншій металоємності. Питома вартість станцій параболічного типу близька до питомої вартості АЕС.



МАЛ. 4. СХЕМА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПАРАБОЛІЧНОГО ТИПУ

В установках тарілкового типу (мал. 5.) використовуються параболічні тарілкові дзеркала (схожі за формою на супутникову тарілку), які фіксують сонячну енергію на приймачі, розташованому в фокусі кожної тарілки.

Рідина в приймачі нагрівається до 1000°C і її енергія використовується для вироблення електричної енергії в двигуні Стирлінга або в установці, що працює за циклом Брайтона. Установки мають систему слідування за Сонцем. Внаслідок ефекту аберації при відхilenні від ідеальної форми та інших конструктивних факторів максимальний діаметр тарілок не перевищує 20 м при потужності до 60–75 кВт. Питома вартість сонячної електростанції тарілкового типу може бути меншою, ніж електростанцій баштового і параболічного типів.



МАЛ. 5. СОНЯЧНА УСТАНОВКА ТАРІЛКОВОГО ТИПУ



ВИГЛЯД НА СТАНЦІЮ PS1 З ВИСОТИ ПТАШИНОГО ПОЛЬОТУ. НА ЗАДНЬОМУ ПЛАНІ ВИДНА ПЛОЩАДКА, ЯКУ ГОТУЮТЬ ПІД PS2 (ФОТО «SOLUCAR»)



ДОВГІ ПАРАБОЛІЧНІ (В ПОПЕРЕЧНОМУ ПЕРЕРІЗІ) ДЗЕРКАЛА З ТРУБАМИ ДЛЯ РОЗІГРІВАННЯ ТЕПЛОНОСІЯ (ФОТО «SOLUCAR»)

Сонячна електростанція компанії «Solucar» в Санлукар-ла-Майор перевіряє на ділі різні технології. Наприклад, параболічні концентратори з двигунами Стирлінга і довгелезні параболічні (в поперечному перерізі) дзеркала з трубами для розігрівання теплоносія (фото «Solucar»).

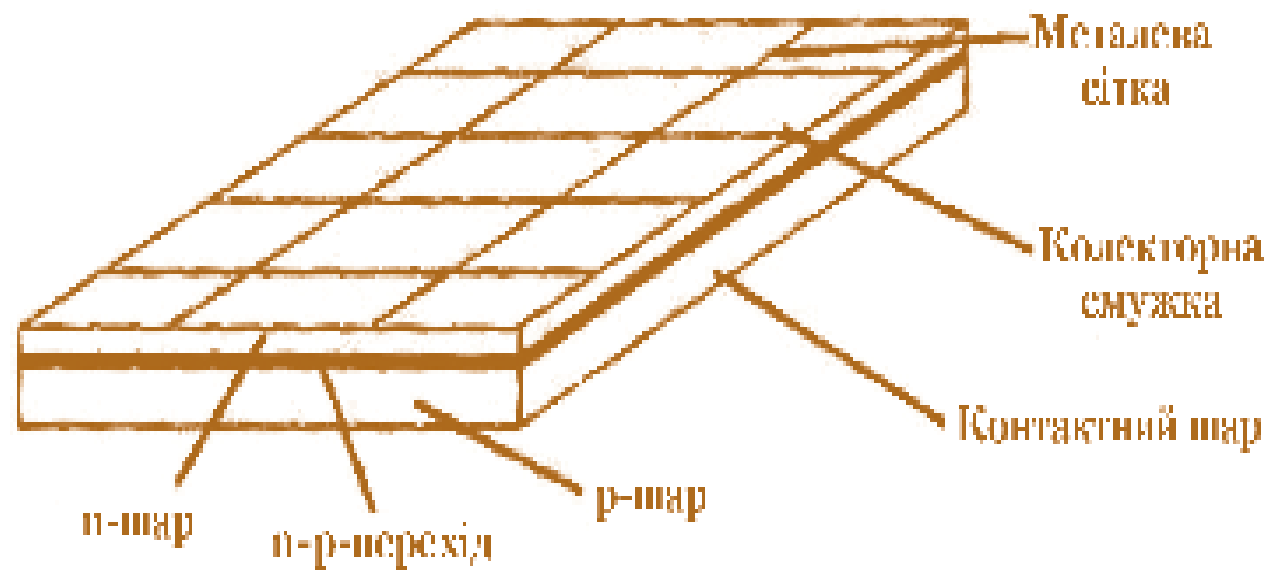
Сонячні електростанції найбільш ефективні в районах з високим рівнем сонячної радіації і малою хмарністю. Їх к.к.д. може досягати 20%, а потужність 100 МВт.

Сонячна фотоенергетика являє собою пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Принцип дії фотоелектричного перетворювача базується на використанні внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту ділення фотогенерованих носіїв зарядів (електронів і дірок) електронно-дірочним переходом або потенційним бар'єром типу метал–діелектрик–напівпровідник.

Фотоефект має місце, коли фотон (світловий промінь) падає на елемент з двох матеріалів з різним типом електричної провідності (дірочної або електронної). Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його середовища, утворюючи вільний негативний заряд і «дірку». У результаті рівновага так званого р-п-переходу порушується і в колі виникає електричний струм. Будова кремнієвого фотоелемента показана на мал. 6.

Чутливість фотоелемента залежить від довжини хвилі падаючого світла і прозорості верхнього шару елемента. В ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм приблизно силою 25 мА при напрузі 0,5 В на 1 см² площі елемента, тобто 12–13 мВт/см². Теоретична ефективність кремнієвих елементів складає коло 28%, практична – від 14 до 20%.

При послідовно-паралельних з'єднаннях сонячні елементи утворюють сонячну (фотоелектричну) батарею. Потужність сонячних батарей, що серійно випускаються промисловістю, складає 50–200 Вт. На мал. 7. показані фотоелектричні батареї для маяка на о. Зміїний (Україна). На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для створення фотоелектричних генераторів. На мал. 8. зображено блок-схему сонячної фотоелектричної станції. Термін служби такої станції становить 20–30 років, а експлуатаційні витрати мінімальні.



МАЛ. 6. СХЕМА КРЕМНІЄВОГО ФОТОЕЛЕМЕНТУ



МАЛ. 7. ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ КОМПЛЕКСУ НА О. ЗМІЇНИЙ ПОТУЖНІСТЮ 10 КВТ



МАЛ. 8. БЛОК-СХЕМА СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Недоліком плоских фотоелементів для отримання електричної енергії є їх висока вартість (до 5 дол. США/Вт) і значні площі, необхідні для розміщення фотоелектростанції.

Одним із шляхів удосконалення фотоенергетики є створення концентруючих фотоелементів. Система концентрації сонячної енергії складається безпосередньо з концентраторів і системи слідування за положенням Сонця, бо концентруючі фотоелементи сприймають тільки пряме сонячне випромінювання.

Сьогодні для створення концентруючих сонячних елементів використовують кремній. Так, на основі кремнію в Австралії створені елементи зі ступенем концентрації $k = 11$ і к.к.д. 20%

Для підвищення ефективності фотоелектричного перетворення сонячної енергії в якості вихідного матеріалу використовують арсенід галія, фотоелектричні втрати якого при високих температурах значно нижчі, ніж у кремнія.

На основі арсеніду галія створено двої трикаскадні елементи з високою ефективністю роботи при ступені концентрації 1000 і більше. Вже створено лабораторні зразки сонячних елементів площею $0,5 \text{ см}^2$ з $k = 500$ і к.к.д. 40%.

Прогнози спеціалістів в галузі фотоелектричного перетворення сонячного випромінювання показують, що найбільш перспективними будуть концентратори з $k = 1000$, які працюють з багатокаскадними арсенідгалієвими сонячними елементами нового покоління.

Одним з ефективних способів використання фотоелементів є фотоелектричний транспорт. Багато фірм створюють автомобілі на сонячних фотоелементах. У 1980 р. побудований перший сонячний літак «Солар Челленджер», який може пролетіти 160 км.

Суттєвим недоліком існуючих сонячних енергетичних установок є нерівномірність їх роботи, що пов'язано зі зміною потоку сонячного випромінювання, який досягає поверхні Землі, викликаного погодними умовами, зміною пори року і часом доби.



СИСТЕМА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ БОТАНІЧНОГО САДУ

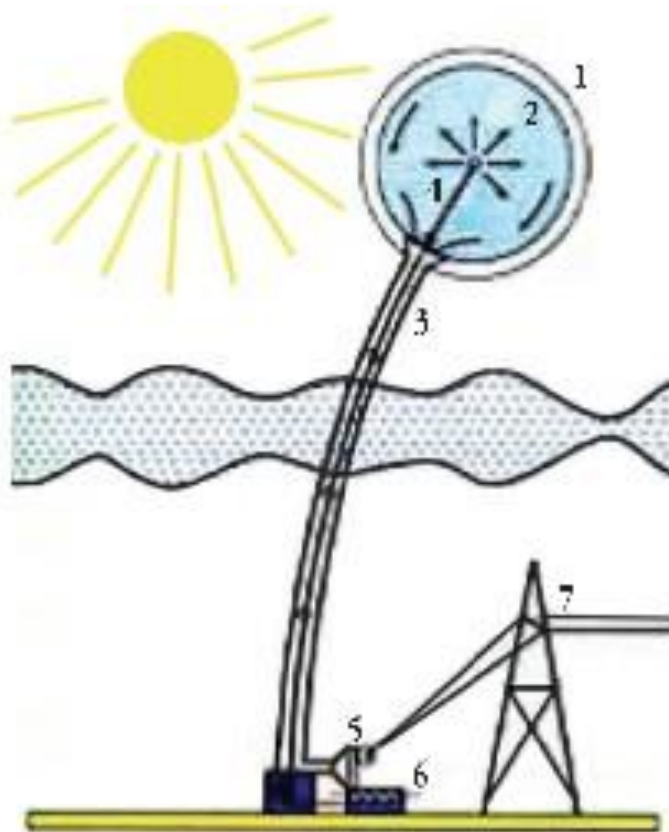


МОДУЛЬНИЙ ТИП ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДОЗВОЛЯЄ СТВОРЮВАТИ УСТАНОВКИ БУДЬ-ЯКОЇ ПОТУЖНОСТІ Й РОБИТЬ ЇХ ДУЖЕ ПЕРСПЕКТИВНИМИ

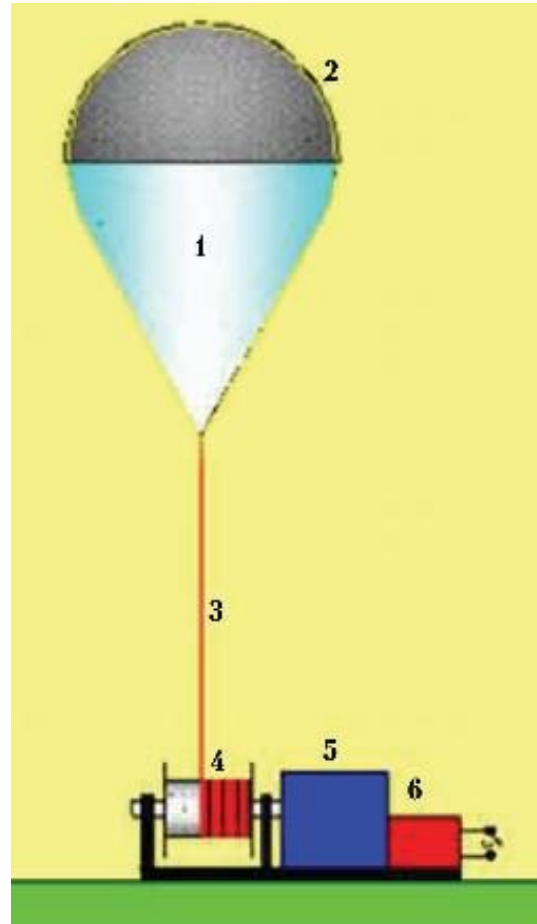
Сонячні аеростатні електростанції можуть стати одним з можливих нових напрямків, які дозволять більш ефективно використовувати сонячну енергію. Основний елемент сонячних аеростатних електростанцій – аеростат – може бути виведеним на декілька кілометрів над поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії на протязі дня (мал. 9., 10.).

Принципова схема роботи сонячної аеростатної електростанції (САЕС) з паровою турбіною полягає в поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання і нагрівання в результаті водяної пари, що знаходиться всередині (див. мал. 9.). При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки, нагрівається тепловим потоком, який потрапляє через оболонку, до 100–150°C. Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара гнучним паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється при контакті з перегрітою водяною парою. К.к.д. такої установки може складати 25%, причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата 150 м і розміщенні на висоті 5 км установка може мати потужність 2 МВт.

Такі САЕС можуть розташовуватися в декілька сотень метрів над поверхнею Землі або над поверхнею моря із силовою установкою на платформах з якорем, до платформ також кріпиться аеростат. При розташуванні аеростата на висоті 5–7 км забезпечується робота САЕС незалежно від погодних умов. При цьому силова паротурбінна установка може розташовуватися на землі або в люльці аеростата з передачею електроенергії по кабелю на землю. На сьогодні існує досвід використання таких САЕС на Тайвані.



МАЛ. 9. СХЕМА СОНЯЧНОЇ АЕРОСТАТНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ: 1 – ПРОЗОРА ОБОЛОНКА; 2 – ПОГЛИНАЮЧА ОБОЛОНКА; 3 – ПАРОПРОВІД; 4 – ТРУБОПРОВІД З ВОДЯНИМИ ПОМПАМИ; 5 – ПАРОВА ТУРБІНА З ГЕНЕРАТОРОМ; 6 – КОНДЕНСАТОР; 7 – ЛЕП



МАЛ. 10. АЕРОСТАТНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ: 1 – ОБОЛОНКА БАЛОНА АЕРОСТАТА; 2 – ТОНКОПЛІВКОВІ СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ; 3 – КАНАТ З ЕЛЕКТРИЧНИМ КАБЕЛЕМ; 4 – БАРАБАН; 5 – ЕЛЕКТРОМОТОР-РЕДУКТОР; 6 – ІНВЕРТОР



АЕРОСТАТНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МОЖУТЬ БУТИ РОЗМІЩЕНІ В МЕЖАХ МІСТА

Перша дослідно-промислова САЕС «Чорна перлина», яка введена в експлуатацію в 2003 р., складається з приймача сонячної енергії у вигляді декількох шарів гнучких сферичних оболонок. Значною перевагою конструкції є те, що пара, яка нагнітається компресором в розділений на відсіки простір між прозорою і поглинаючою оболонками, завдяки автоматизованій системі клапанів циркулює тільки на освітленій стороні. Така САЕС потужністю 5 МВт займає площу 0,3 км². В іншій САЕС «Чорний місяць», введений в дію в 2005 р., центр оболонки діаметром 300 м знаходиться на висоті 450 м, що дозволяє різко скоротити площу, яка використовується. На основі позитивного досвіду експлуатації таких САЕС Тайвань передбачає їх широке будівництво.

Іншим можливим напрямом використання в ХХІ ст. сонячної енергії є створення орбітальних електростанцій із сонячними батареями, які акумулюють енергію Сонця і перетворюють її в мікрохвильове або лазерне випромінювання, спрямоване до Землі, де воно сприймається спеціальними антенами і потім перетворюється на електричну енергію.

В якості перетворювачів сонячної енергії в електричну зазвичай служать сонячні елементи, які з'єднуються разом, утворюючи сонячні батареї.

У космосі, де не існує атмосфери, хмар, зміни дня і ночі, на одиницю площі потрапляє цілодобово сонячної енергії в десять разів більше, ніж на земній поверхні. Дослідницькі роботи відносно сонячних орбітальних електростанцій почалися в 70-ті роки ХХ століття в США, СРСР та інших країнах.

У теперішній час роботи над створенням таких станцій проводяться у США, Японії та інших країнах з використанням новітніх науково-технічних досягнень в фотоелектричній енергетиці, електроніці й робототехніці. При цьому подальшого вирішення потребують такі технічні питання, як зниження маси орбітальних електростанцій, витрат на виведення обладнання в космос тощо.

Японія передбачає на рівні 2030 р. зібрати на орбіті на висоті 36 тис. км сонячну електростанцію, яка буде передавати електроенергію на Землю у вигляді мікрохвильового променя, прийом її буде здійснюватися наземною антеною. Важливим досягненням є отримання недавно вченими з Японського космічного агентства елементів, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в лазерний пучок з к.к.д. 42%.

Для реалізації таких складних і вартісних проєктів, як створення сонячних орбітальних електростанцій, важливішим фактором є міжнародне співробітництво.



СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ МІЖНАРОДНОЇ КОСМІЧНОЇ СТАНЦІЇ

ДЯКУЮ ЗА
УВАГУ.

