**Тези**

до наукової роботи «Дослідження перспектив розвитку сонячної енергетики України». Паршикова Ірина Сергіївна. Хмельницьке територіальне відділення МАН України; Шепетівська районна філія; Пліщинська ЗОШ І-ІІІ ступенів;

11 клас; с. Пліщин; науковий керівник Одудько Геннадій Дмитрович, учитель фізики, математики, спеціаліст другої категорії.

Запаси вуглеводневої сировини вичерпуються, тому на сучасному етапі постає питання використання альтернативних джерел енергії, одним з яких є енергія випромінювання Сонця. Проте, через недостатнє вивчення цього питання сьогодні вартість електроенергії, виробленої сонячними електростанціями перевищує вартість електроенергії, яка виробляється традиційним чином. Тому зусилля вчених зосереджені на підвищенні ККД сонячних електростанцій та здешевленні її вартості.

Мета дослідження – ознайомитися з інноваційними технологіями виробництва енергії, з’ясувати їх переваги і недоліки, роль і місце сонячної енергетики сьогодення та перспективи її розвитку в світі та в Україні.

Завдання:

- проаналізувати традиційні технології використання сонячної енергії;

- вивчити варіанти вирішення проблем та шляхів використання сонячної

енергії;

-провести експерименти з з фотоелементами як джерелами струму;

-дослідити необхідність системи позиціювання, часову і добову нестабільність роботи фотоелементів; вплив розміщення-Фібоначі фотоелементів на підвищення ККД.

Актуальність роботи. Основні джерела енергії – викопні, найбільшим недоліком яких є великий обсяг відходів, проблеми з паливом. У 2015 році сонячними електростанціями Німеччини було вироблено 5,3% від споживання електроенергії в країні. Це обсяг електроенергії чотирьох енергоблоків АЕС загальною потужністю 4 ГВт протягом року. Саме в цьому вбачається перспектива.

**ЗМІСТ**

ВСТУП…………………………………………………………………….…………..5

РОЗДІЛ І. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ……………………………………….………..7

1.1 СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА………………………………………………..7

1.2 ПЕРШІ ДОСЛІДИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ………….8

1.3 ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОТУ,

РОБОТУ І ЕЛЕКТРИКУ…………………………………………………..8

1.4 ТИПИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ……………………………...10

1.4.1 СЕС БАШТОВОГО ТИПУ……………………………………...10

1.4.2 СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТАРІЛКОВОГО ТИПУ……...10

1.4.3 СЕС НА ФОТОБАТАРЕЯХ……………………………………..11

1.4.4 СЕС НА ПАРАБОЛІЧНИХ КОНЦЕНТРАТОРАХ……………11

1.4.5 СЕС З ДВИГУНОМ СТІРЛІНГА……………………………….11

1.4.6 КОМБІНОВАНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ……………...12

1.4.7 АЕРОСТАТНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ………………..12

1.4.8 МОБІЛЬНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ……………………12

1.5 ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ СЕС………………………………………….13

1.5.1 ПЕРЕВАГИ СЕС…………………………………………………13

1.5.2 НЕДОЛІКИ СЕС…………………………………………………13

1.6 ПИНЦИП РОБОТИ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ…………………………….13

РОЗДІЛ ІІ. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ………………………………17

2.1 ЕНЕРГЕТИКА СЬОГОДНІ………………………………………………17

2.2 ПЕРСПЕКТИВИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ………………………….20

2.3 СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ХМЕЛЬНИЧЧИНИ………………………..21

2.4 ПРОЕКТ «СОНЯЧНОЇ ПЛИТКИ»………………………………………21

РОЗДІЛ ІІІ. ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ…………………………………….23

ВИСНОВКИ…………………………………………………………………………25

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…………………………………………...26

ДОДАТКИ…………………………………………………………………………...27

**ВСТУП**

Кількість сонячної енергії, що надходить на землю, перевищує енергію світових запасів газу, нафти, вугілля та інших енергетичних ресурсів. Використання всього лише 0,0125% сонячної енергії могло б забезпечити сьогодні всі потреби світової енергетики, а використання її 0,5% може покрити повністю потреби в майбутньому. Переваги технології, що використовують енергію Сонця, полягають в тому, що при роботі сонячних установок практично не проникає тепло в приземні шари атмосфери, не створюється тепловий ефект і не забруднюється повітря. Але сонячна енергія залежить від часу, доби, року, стану атмосфери.

Практикою доведено, що ефективніший шлях використання сонячної енергії – перетворення її в електрику в фотоелементах – світлочутливих пластинах з напівпровідникового матеріалу; кремнію, арсеніду галію, селену і т.д. Фотоелектрика виробляється, коли поглинені напівпровідником фотони, створюють електричний струм.

Для того щоб не залежати від перерахованих вище чинників, існують методи накопичення енергії такі як: механічний, електрохімічне накопичення акумуляторами і у формі водню. Також можливе поєднання фотоелементів з іншими джерелами. Тому ми вирішили провести «Дослідження перспектив розвитку сонячної енергетики України».

Актуальність роботи. Фотоелектричні системи ( сонячні батареї ) вимагають мінімального обслуговування, в них не використовується вода, і тому вони добре пристосовані для пустельних і віддалених районів. Цей спосіб перетворення сонячної енергії є екологічно чистим і довговічним, а також може бути використаний для поліпшення екологічного становища в місцях використання.

Основні потреби в сонячних батареях включають в себе: роботу побутової електротехніки, освітлення, для водозабезпечення в віддалених сільських районах; енергозабезпечення екологічно чистих зон масового відпочинку і лікування; забезпечення телекомунікаційних систем, маяків, буїв.

Новизна роботи. Подібні дослідження в Шепетівському районі не проводилися.

Мета: опрацювати наукову літературу, оволодіти конкретними знаннями методів, проблем і шляхів використання сонячної енергії, визначити найефективніші із них.

Завдання: проаналізувати традиційні технології використання сонячної енергії; вивчити варіанти вирішення проблем та шляхів використання сонячної енергії; провести експерименти з фотоелементами як джерелами електричного струму, дослідити часову нестабільність роботи фотоелементів, необхідність системи позиціювання, впливу розміщення – Фібоначчі фотоелементів на підвищення ККД.

Предмет досліджень: альтернативні джерела енергії.

Об’єкт досліджень: сонячні електростанції.

Методи: лабораторний, польовий, статистичний, математичного моделювання.

Апробація роботи. Робота заслуховувалася на засіданнях гуртка та під час уроків фізики, що відповідають даній тематиці.

Робота, що пропонується складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків, включає 41 с.

**РОЗДІЛ І**

**Загальна характеристика сонячної енергетики**

* 1. **Сонячна енергетика**

Сонячна енергетика – напрям нетрадиційної енергетики, заснований на використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь – якому вигляді. Вона використовує невичерпне джерело енергії і є екологічно чистою. Виробництво енергії за допомогою сонячних електростанцій добре узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії.

Сонячна електростанція – інженерна споруда, яку використовують для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Способи перетворення сонячної радіації різні, й залежать від конструкції електростанції.

Принцип роботи сучасних сонячних електростанцій (далі СЕС) заснований на збиранні cконцентрованої сонячної енергії за допомогою дзеркал і відображенні сонячних променів на приймачі і перетворенні її в тепло. Теплову енергію використовують для виробництва електроенергії за допомогою парової турбіни або теплового двигуна.(Дод. А. Рис.1).

Сьогодні фотоелектричні системи стали важливою частиною нашого життя. Мінісонячні електростанції застосовуються для живлення приладів та пристроїв які ми використовуємо в побуті. Більш складніші – застосовуються для супутників зв’язку, вуличного освітлення, роботи приладів і машин. Багато доріг і дорожні знаки, також працюють за допомогою фотоелектричних елементів або модулів.

Енергія сонця використовується як в земних умовах, так і в космосі. Наземні сонячні електростанції бажано будувати в районах, розташованих якомога ближче до екватора з великою кількістю сонячних днів. В даний час сонячну енергію використовують для гарячого водопостачання сезонних споживачів, типу баз відпочинку, дачних селищ, а також для обігріву плавальних басейнів.

* 1. **Історія досліджень використання сонячної енергії**

1600 р. у Франції був створений перший сонячний двигун , який працював на нагрітому повітрі і використовувався для перекачки води. Французький хімік А. Лавуазьє в кінці XVII ст. створив першу сонячну піч, в якій досягалася температура в 1650оС, а також були вивчені властивості вуглецю і платини. У 1866 році А. Мушо в Алжирі побудував кілька великих сонячних концентраторів, використав їх для дистиляції води і роботи приводів насосів. У 1878 р. на всесвітній виставці в Парижі він продемонстрував сонячну піч для приготування їжі, в якій можна було зварити за 20 хвилин 0,5 кг м’яса. В США у 1833 р. Дж. Еріксон побудував сонячний повітряний двигун з параболоциліндричним концетратором розміром 4,8×3,3 м. Перший плоский колектор сонячної енергії побудував француз Ш.А.Тельер. Він мав площу 20 м2 і використовувався в тепловому двигуні, який працював на амоніаку. У 1885 р. була запропонована схема сонячної установки з плоским колектором для подачі води, причому він був змонтований на даху прибудови до будинку.

У 1871 р. в Чилі американський інженер Ч. Вілсон побудував першу великомасштабну установку для дистиляції води. Вона експлуатувалась протягом 30 років, повставляючи питну воду для рудника.

А. Лавузьє, в 1774 р. вперше застосував лінзи для концентрації теплової енергії сонця. Через деякий час в Англії відшліфували велике двоопукле скло, що розплавляло чавун за три сек. і граніт – за хвилину.

* 1. **Перетворення сонячної енергії в теплоту, роботу і електрику**

Сонце – гігантське світило – D(діаметр)=1392 тис. км.; М(маса) = 2×1030кг, що в 333 тис. разів перевищує масу Землі, а обсяг в 1,3 млн. разів більше її обсягу. Хімічний склад Сонця: 81,76% водню, 18,14% гелію і 0,1% азоту. Середня густина речовини цієї зірки становить 1400 кг/м3. У середині Сонця відбуваються реакції перетворення водню в гелій і щомиті 4 млрд. кг матерії перетворюється в енергію, що випромінюється в космічний простір у вигляді електромагнітних хвиль різної довжини.

З найдавніших часів люди використовують сонячну енергію. Ще в 212 році н.е. за допомогою концентрованих сонячних променів запалювали священний вогонь біля храмів. Приблизно в той же час грецький вчений Архімед при захисті рідного міста підпалив вітрила римському флоту.

Сонячна енергія може бути перетворена в механічну, електричну і теплову, використана в хімічних і біологічних процесах. Сонячні установки застосовуються в системах охолодження та опалення житлових і громадських будівель, в технологічних процесах, що протікають при середніх, високих і низьких температурах. Вони використовуються для отримання гарячої води, опріснення морської або мінералізованої води, для сушіння матеріалів і с/г продуктів і т.д. За допомогою сонячної енергії здійснюється процес фотосинтезу, ріст рослин, відбуваються фотохімічні процеси.

Сонячна енергія перетворюється в електричну на сонячних електростанціях (СЕС), які мають обладнання, призначене для уловлювання сонячної енергії та її послідовного перетворення в теплоту і електроенергію. Для ефективної роботи сонячних електростанцій використовується система автоматичного управління і акумулятори теплоти.

Перетворення сонячної енергії в теплоту здійснюється за допомогою оптичної системи відбивачів і приймача cконцентрованої сонячної енергії, використовуваної для отримання водяної пари або нагрівання газоподібного, рідкометалічного теплоносія.

Сонячні електростанції бажано будувати у посушливих і пустельних зонах. На поверхню найбільших пустель світу загальною площею 20 млн. км2 за рік надходить близько 5×1016 кВт. год. сонячної енергії. При ККД перетворення сонячної енергії в електричну, що дорівнює 10% досить використовувати всього 1% території пустельних зон для розміщення СЕС, щоб забезпечити сучасний світовий рівень енергоспоживання.

**1.4 Типи сонячних електростанцій**

**1.4.1 СЕС баштового типу**

Засновані на принципі отримання водяної пари з використанням сонячної радіації. У центрі станції стоїть вежа висотою від 18 до 250 метрів, на її вершині знаходиться резервуар з водою. Цей резервуар покритий чорною фарбою для поглинання теплового випромінювання. У вежі знаходиться насосна група, що закачує пар на турбогенераторах. По колу від башт розташовані геліостати – дзеркала площею в кілька м2, закріплені на опорі і підключені до загальної системи позиціонування. Тобто, в залежності від положення сонця, дзеркало буде змінювати своє розташування в просторі. Найбільша і основна задача – це позиціонування всіх дзеркал станції так, щоб в будь – який момент часу всі відбиті промені від них потрапили на резервуар.

У сонячну погоду температура в резервуарі досягає 700 градусів. Такі температурні параметри використовуються на більшості теплових електростанцій, тому для отримання енергії використовують стандартні турбіни. На станціях такого типу можна отримати великий ККД (до 20%) і високі потужності (Дод. Б. рис.2, 3).

Ідея роботи сонячних електростанцій баштового типу, була висловлена понад 350 років тому, але будівництво СЕС цього типу почалося тільки в 1965р. В 80-х роках був побудований ряд потужних сонячних електростанцій в Західній Європі, США, СРСР і в інших країнах.

Головний недолік баштових сонячних електростанцій є їх висока вартість і велика займана площа. Для розміщення сонячних електростанцій потужністю 1000 МВт потрібно площу в 200 га.

**1.4.2 Сонячні електростанції тарілкового типу.**

Цей тип сонячних електростанцій (Дод. В. рис.4) використовує принцип отримання електроенергії, схожий з баштовими, відмінність полягає в самій конструкції станції. Вона складається з окремих модулів. Модуль складається з опори, на яку закріплюється фермова конструкція приймача і відбивача. Приймач знаходиться на відстані від відбивача, і в ньому концентруються відбиті промені сонця. Відбивач складається з дзеркал у формі тарілок, радіально розташованих на фермі. Діаметри дзеркал досягають 2 м, а кількість дзеркал – декількох десятків. Ці станції можуть складатися як з одного модуля, так і з декількох. Приймач, розташований у фокусі концентратора і використовується для нагріву робочої рідини, що подається в тепловий двигун, який з‘єднаний з електрогенератором. Найбільша із таких станцій знаходиться в США і має потужність 12,5 МВт. СЕС цього типу, при невеликій потужності, більш економічні ніж баштові.

**1.4.3 СЕС на фотобатареях**

В даний час дуже поширені, тому, що складаються з невеликої кількості окремих модулів різної потужності і вихідних параметрів (Дод. В. рис. 5). Вони широко застосовуються для енергозабезпечення як малих, так і великих об’єктів. Встановлювати фотобатареї можна практично скрізь, починаючи від покрівлі і фасадів будівлі, і закінчуючи спеціально виділеними територіями.

**1.4.4 СЕС на параболічних концентраторах**

Їх робота (Дод. В. рис. 6) полягає в нагріванні теплоносія до параметрів, придатних до використання в турбогенераторі. На фермовій конструкції встановлюється параболічне дзеркало великої довжини, а у фокусі параболи встановлюється трубка, по якій тече теплоносій (найчастіше масло). Пройшовши до кінця, теплоносій нагрівається і в теплообмінних апаратах відає теплоту воді, яка перетворюється на пару і поступає на турбогенератор .

Сьогодні параболічні установки із сонячних енергетичних технологій найбільш розвинуті і саме їм належить майбутнє.

**1.4.5 СЕС з двигуном Стірлінга**

Являють собою станції з параболічними концентраторами, у фокусі яких встановлений двигун Стірлінга (Дод. Д. рис.7). Ці двигуни перетворюють коливання поршня в електричну енергію, без використання кривошипно – шатунного механізму. При цьому досягається висока ефективність перетворення енергії. ККД цих електростанцій досягає 31,25%. В якості робочого джерела використовується водень або гелій.

**1.4.6 Комбіновані сонячні електростанції.**

Поєднують в собі кілька типів сонячних електростанцій (Дод. Д. рис.8). На одній території станції запаралелюються установки тарільчатого або параболічного типу і сонячних батарей. Наприклад, на сонячній електростанції додатково встановлюють теплообмінні конструкції для отримання гарячої води, яка може використовуватися для водопостачання, опалення.

Часто на СЕС різних типів додатково встановлюють теплообмінні апарати для отримання гарячої води, яка використовується як для технічних потреб, так і для гарячого водопостачання та опалення. У цьому і полягає суть комбінованих електростанцій.

**1.4.7 Аеростатичні сонячні електростанції**

Ці СЕС вважаються (Дод. Д. рис. 9) найенергоефективнішими. Вони здатні зібрати до 97% сонячної енергії. Перевагою цього типу споруд є те, що вони займають малі території, бо розташоване на поверхні землі обладнання займає надто мало місця, а громіздкий балон аеростата з фотоелектричним шаром, розташований в повітрі і здатний поглинати сонячні промені практично повністю в будь – який час доби, незалежно від погодних умов за рахунок здатності підніматися і опускатися на необхідну висоту. Розташування таких електростанцій не обмежується поверхнею землі і води. Китайський учений Ван Лі прогнозує використання СЕС такого типу в горах Тибету, а розташування балонів аеростатів вище шару хмар, за розрахунками вченого, забезпечить енергією не тільки високогірні райони, а й розташовані поблизу Китайські провінції.

**1.4.8 Мобільні сонячні електростанції**

Призначені для електроживлення приладів та електроустаткування напругою – 220В, 50 Гц, змінного струму і 12 (24)В постійного струму в польових умовах далеко від основних джерел електроенергії, або для використання в якості резервно – аварійного джерела (Дод. Е. рис. 10).

Ці електростанції застосовуються для забезпечення електроенергією службовців МНС, мисливців, автомобілістів, геологів, газовиків і представників інших професій, чия діяльність відбувається у відриві від централізованих електричних мереж. Мобільні сонячні електростанцій також застосовуються для навігаторів (ГЛОНАСС), фотоапаратури, використовуються для живлення ноутбуків, мобільних, супутникових телефонів, освітлювальних приладів, насосів і інших приладів.

**1.5 Переваги і недоліки СЕС**

**1.5.1 Переваги**

Це загальнодоступні і невичерпні джерела безпечні для навколишнього середовища. Але існує ймовірність того, що повсюдне впровадження сонячної енергетики може змінити характеристику відбивної земної поверхні і призвести до зміни клімату, хоча при сучасному рівні споживання енергії це малоймовірно.

Вони не вимагають підключення до центральної енергомережі. Економічні та економні. Можливе колективне підключення. Якщо підключити не один, а чотири будинки, то ціна при цьому збільшиться на 30 – 60%, але платити прийдеться 25% від цієї суми. СЕС може служити близько 25 років. При цьому не потрібно замінювати всю станцію, закупившии новий модуль до існуючого або доповнивши станцію новим акумулятором. Ні сплесків, ні відключень енергії не існує.

**1.5.2 Недоліки**

Ефективність роботи залежить від погоди і часу. Як наслідок – необхідна акумуляція енергії. При промисловому виробництві проходить дублювання сонячних ЕС маневреними, порівнянної потужності. Висока ціна конструкції, пов’язана із застосуванням рідкісних елементів (індій, телур). Необхідне періодичне очищення поверхні. Окрім того, над електростанцією нагрівається атмосферне повітря.

**1.6 Принцип роботи сонячної батареї**

Робота сонячних елементів базується на явищі внутрішнього фотоефекту, який вперше був досліджений в 1839 р. ученим Едмоном Беккерелем. Уїллоубі Сміт виявив подібний ефект при опроміненні світлом селенової пластини

в 1873 р. Але сонячні елементи лише в ХХ ст. (початок 5 –х р.) досягли досить високого рівня досконалості завдяки відкриттю нових матеріалів.

Наступний фотоелемент з’явився в лабораторії Чарльза Фріттса в 1883 р. Він був виготовлений з селену, покритого золотом. Але цей набір матеріалів показав невисокі результати – близько 1% ККД (Дод. Е. рис. 11).

Принципи дії сонячної батареї: дві пластини приєднані одна до одної. Вони виготовлені з кремнію із додаванням в кожну певних домішок. За допомогою цього отримували елементи з потрібними властивостями, тобто – перша пластина володіє надлишком валентних електронів, друга ж, навпаки, їх нестачею. У підсумку, шар “n” i “p”. ( Дод. Е. рис. 12).

На межі контакту даних пластин існує зона запірного шару. Ця зона протидіє своїми електричними полями переходу надлишкових електронів з шару “n” у шар “p”, де даних електронів не вистачає ( місця з відсутніми електронами називають дірками). Коли фотон світла входить в шари “n” i “p”, він передає свою енергію електронам ( що знаходяться на зовнішній оболонці атомів ), тим самим розбиваючи атом на електрони і протони ( в яких народжується дірка – місце відсутнього електрона). Далі електрони з отриманою енергією вільно долають запірний шар напівпровідника і переходять із шару “p” у шар “n”, а дірки переходять з “ n” у шар “p”.

Переходу електронів , також сприяють електричні поля (позитивних зарядів, що знаходяться в запірній зоні “ n” провідника і негативних – в зоні “ p”), які ніби втягують в себе, одні – електрони, інші – дірки. Тому шар“n” одержує додатковий негативний заряд, а “p”–позитивний. У результаті явища в напівпровіднику з’являються різниці потенціалів між двома пластинами (біля 0,5 В.).

В сонячному елементі сила електричного струму буде змінюватися пропорційно кількості захоплених поверхнею фотоелемента фотонів. Цей показник залежить від безлічі додаткових чинників – інтенсивності світлового випромінювання, площі фотоелементу, часу експлуатації, ККД пристрою, що залежить від температури.

З вищесказаного можна стверджувати наступне: сонячні елементи не можуть видавати надвеликі потужності, вони не здатні працювати в безперервному режимі для підтримування постійних і необхідних значень основних параметрів – напруги, сили струму. Для цього необхідно використовувати додаткові пристрої (стабілізатори, акумулятори …). Але для додаткового джерела електроенергії, вони придатні. Їх можна використовувати в тих місцях, де потрібні невеликі потужності і немає можливості підключитися до міської електромагістралі. При об’єднанні принципів роботи сонячного елемента і електричного акумулятора, утворюється автономна система електропостачання, яка придатна для використання в регіонах з достатньою освітленістю і потребами в малих електричних потужностях. Революція використання фотоелементів сталася коли в надрах лабораторії компанії “Bell Telephone” був створений перший елемент на кремнії. Вона була першою, яка використала альтернативне джерело сонячної енергії для телефонних станцій,

Сьогодні кремній (Silicium, Silicon ), другий за поширеністю елемент на Землі і з великими запасами, залишається основним матеріалом для виробництва фотоелементів. Проте у промисловому використанні великою проблемою є його очищення - процес трудомісткий і затратний, тому чистий кремній дорогий. Сьогодні ведеться пошук аналогів, які б не поступалися кремнію по ККД. Найперспективнішими є сполуки міді, індію, селену, галію і кадмію.

При використанні сонячних елементів для електроживлення пристроїв, їх потрібно з’єднувати разом. Тим самим утворюються сонячні батареї. Для захисту крихких фотоелементів їх покривають різними захисними шарами зі скла, пластмаси, різних плівок.

Робочою характеристикою сонячної батареї є пікова потужність, яку виражають у Ватах ( Вт, W ). Ця характеристика використовується щоб показати потужність батареї в оптимальних умовах: сонячному випромінюванні 1 кВт/м2, температурі навколишнього середовища 25оС. При звичайних умовах таких показників досягти досить важко, освітленість нижча, а модуль нагрівається вище ( до 6 –70 0 С).

При з’єднанні фотоелементів послідовно підвищується різниця потенціалів, паралельно – струм. Тому комбінуючи з‘єднання можна отримати необхідні параметри струму і напруги, а також потужності.

**Розвиток фотоелементної галузі в дії.**

Швидке послаблення впливу європейських ринків на світову сонячну енергетику було проілюстровано даними, оприлюдненими Європейською асоціацією фотоелектричної промисловості (European Photovoltaic Industry Association – EPIA).

На ІХ семінарі в Брюсселі, EPIA оголосила, що частка Європи у встановленні сонячної потужності в світі в 2017 році склала всього 28% в порівнянні з 59% в 2016 році.

**РОЗДІЛ ІІ**

**ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ**

**2.1 Енергетика сьогодні**

Криза, яку переживає наша економіка, спричинила і проблеми в енергетиці до критичної межі. Найбільшою проблемою є застарілість та зношеність обладнання: на кінець 1998 р. 92,5% енергоблоків ТЕС відпрацювали свій розрахунковий ресурс, у тому числі 72,1% перевищили граничний ресурс (170 тис. год.), а 53,8% енергоблоків перебувають в експлуатації понад 200 тис. год. що перевищує визнану в світовій практиці межу фізичного зношення і морального старіння.

Якщо не вжити заходів для порятунку енергосистеми України, процес її деградації і поступового знищення, швидко розвиватиметься. Із розрахунків видно, що вже у 2005 р. дефіцит генеруючих потужностей в енергосистемі України становив 7 – 10 млн. кВт, у 2010 у ній працювали лише АЕС та ГЕС. З 2020 р. практично всю електроенергію Україна буде змушена імпортувати, що означатиме повну втрату нашого державного суверенітету. Динаміка змін наявних робочих потужностей та їх дефіциту в енергосистемі України за відсутності коштів на її модернізацію – негативна.

Тому, сьогодні звертається увага на монтування CЕC. Протягом 2012 року сумарна встановлена потужність українських СЕС подвоїлася і досягла в 2015 році 372 МВт. Всього за кілька років потужність сонячних електростанцій в Україні досягла 562,4 МВт. Через високі тарифи на закупівлю “зеленої“ енергії кількість станції та їх потужності зростають рекордними темпами (Дод. З. рис. 15). Реалізація всіх розпочатих проектів додасть до цього показника ще 1,4 ГВт електроенергії. Проблемами монтування СЕС є: по-перше, кремнієві елементи вимагають великі території, по-друге, їх установка може серйозно впливати на мікроклімат внаслідок затінення землі та нагріву повітряних мас.

Для вирішення проблеми розроблено друге покоління фотоелементів – тонкоплівкових, що містять 1% кремнію і дешевші у виробництві. Проте їхній ККД нижчий, а термін експлуатації обмежений. Підвищувати ККД намагаються за допомогою антивідблискових покриттів.

Доведено, що ККД кремнієвих сонячних батарей не може перевищувати 34%. Ефективність очікується від встановлення батарей з випрамляючих наноантен, які є дешевшими і мають ефективніший ККД (70 – 80%). У практиці впроваджуються досягнення в концентрації фотовольтаїки: батарей, які за допомогою оптики зосереджують сонячні промені на багатошаровому фотоелементі нового типу, збільшуючи інтенсивність інсоляції в 1000 або більше разів. Їх площа займає меншу площу, ніж у традиційних СЕС. Опромінення йде світлом іншої довжини хвилі – ідеальної для сонячної батареї. Це збільшує теоретичну ефективність батарей до 80% .

Конкурентом кремнієвих батарей є фотоелектрохімічні комірки Гретцеля. В основі їх роботи лежить окиснювально-відновна реакція, що відбувається в електроліті під впливом сонячного світла. В установках застосовується легкий і дешевий елемент – перовсквіт (Дод. Ж. рис. 13). Це дало змогу підвищити їх ККД до 15,4%, з перспективою доведення до 20–25%. Вартість таких фотоелементів становить 10 – 20 центів на 1 Вт потужності (Дод. З. Рис. 16).

За останні п’ять років кремнієві фотоелементи подешевшали. Протягом 2017 року ціни знизилися на 20% і зараз на фотоелементи припадає менше 40% загальної вартості генеруючої установки. Тому подальше здешевлення можливе тільки при впровадженні нових технологій . Україна останнім часом використовує технології найрозвинутіших країн світу.

Більш практична в порівнянні з фотовольтаїчною є геліотермальна енергетика. Такі СЕС конвертують сонячну енергію в тепло, можуть працювати цілодобово, тому вони кращі за фотовольтаїчні електростанції. Геліотермальна ТЕС в іспанській Андалусії вже показала коефіцієнт використання встановленої потужності на рівні 63%. Вперше домогтися безперервної генерації протягом

24 годин поспіль вдалося іспанській компанії Toresso на геліостанції потужністю 19,9 МВт. Ця електростанція може обходитися без будь-яких акумулюючих пристроїв і без проблем здатна різко підвищити виробництво електрики в момент пікового навантаження.

Технічне втілення різне: популярними є ряди параболічних дзеркал, які концентрують промені на трубці з теплоносієм. Дешевше коштує система тонких плоских дзеркал – відбивачів Френеля. Найвищий ККД у генератора Стірлінга.

Така станція сумарною потужністю 377 МВт була збудована 2014 р в Каліфорнії. Вона краще зберігає енергію ніж система параболічних дзеркал. Геліотермальна станція вартістю $ 2,2 млрд. можливо є останнім проектом: вона здатна нагрівати повітря до 540оC.

У 2015 р. потужність геліостанцій збільшилася на 10%, а собівартість і капіталомісткість знизилася на 20–30%. На даний час геліотермальна енергія на всіх рівнях конкурує з традиційними ТЕС. За розрахунками МЕА, до 2050 року ці джерела будуть задовольняти 25% світового попиту на енергію.

За словами представника JAXA Ясуюкі Фукуморо, до 2030 року японці планують запустити систему сонячних батарей на геостаціонарну орбіту. Там їм не будуть заважати ні атмосферна хмарність, ні планетарна тінь – космічна СЕС зможе отримувати в 8 разів більше світла на добу, ніж така наземна СЕС.

Німецькі вчені прогнозують, що до 2050 року Сахарське Сонце могло б забезпечувати 15% потреб Європи в електроенергії.

Проте, існуюча база не дозволяє оперативно керувати нестабільно працюючою генерацією хаотично розташованих індивідуальних сонячних установок. На даний час у всьому світі йде активне інвестування в розробку і впровадження Smart Grid “Розумні мережі“, які здатні вирішувати цю проблему. На жаль в Україні про цю програму говорять лише теоретично. Тому “Індивідуальна генерація“ може стати причиною відмов мережі і аварій трансформаторів.

Німеччина - беззаперечний лідер у використанні відновлювальних джерел енергії для виробництва електроенергії не лише в Європі, а й у світі. Останні 29 років вона пройшла шлях від зародження сектору відновлюваної електроенергетики – до переосмислення його місця в нових умовах. В 2013 році відновлювані джерела забезпечили виробництво приблизно 26% обсягів електроенергії від її кінцевого споживання в країні.

**2.2 Перспективи розвитку сонячної енергетики**

Загальний річний обсяг України технічно досяжного енергетичного потенціалу альтернативних джерел енергії в перерахунку на умовне паливо становить 63 млн. т. Частка енергії добутої за рахунок їх становить приблизно 3%. До 2030 року згідно з української енергетичною стратегією частку альтернативної енергетики на загальному енергобалансі країни буде доведено до 20%. Найбільш ефективними напрямами відновлювальної енергетики в Україні: є вітроенергетика, біонергетика, сонячна, геотермальна енергетика.

Обсяг виробництва сонячної енергії зростає у світі усе стрімкіше. За останню чверть століття потужність фотоелектричних станцій зросла майже на 2000 разів - зі скромних 21 МВт в 1985 році до 139 ГВт в 2017.

Департамент Енергетики США прогнозує,що вартість електроенергії, вироблюваної сонячними концентраторами знизиться до $0,04-$0,05. Їх розробка «Power Sheet» знижує вартість вироблюваної енергії з трьох доларів до тридцяти центів за ват. Використання сонячної енергії стає дешевшим, ніж спалювання кам’яного вугілля.

Сонячна мета Індії – третій за величиною споживач енергії після Китаю і США – націлена до 2022 року виробляти 20000 мегават сонячної енергії, що еквівалентно потужності приблизно 18-ти нових ядерних реакторів. Це складе 10% від загального обсягу генеруючих на сьогодні потужностей. Сьогодні на сонячну енергію припадає менше 1%. Вартість одноразової установки сонячних фотогальванічних панелей знизилася з $2 за одиницю генеруючої потужності в 2009 р., до $ 1,5 в 2015 р., а в 2018 р., а ціна досягла $1.

Динамічно знижується і вартість електрики, що виробляється за рахунок сонячної енергії. Якщо в 1976 р. вона становила $2 за кВт-год., то сьогодні від

$0,15 до $0,50 за кВт–год. При поточних темпах технологічних інновацій, зниження цін на матеріали та зростання обсягів встановлених потужностей, вартість «сонячної» електрики може знижуватися на 8% щорічно, тобто через вісім років подешевшає в два рази. На думку Європейської асоціації фотоелектричної промисловості (ЕРІА), до 2020 року вартість електроенергії, знизиться до рівня менше 0,10 євро за кВт – год.

Собівартість виробництва електроенергії на гідроелектростанціях становить 0,11 коп. за 1 кВт–год., на атомних – 0,18 коп., на ТЕЦ – до 0,46 коп.

**2.3 Сонячна енергетика Хмельниччини**

Планово розвиваються джерела альтернативної електроенергетики і на Хмельниччині. В Шепетівці підприємство ТОВ “Геліос Енерджі Груп” разом з чеською фірмою “Lumen”, планує будівництво сонячної електростанції потужністю 5 мегават. Для її будівництва Шепетівською міською радою передано підприємству 20 га землі в оренду. Обсяг інвестицій складає 130 мільйонів гривень. При цьому створюється більше десяти робочих місць.

Крім того, в Хмельницькій області заплановано будівництво чотирьох сонячних електростанцій, а в Ярмолинецькому районі одна уже діє близько шести років.

Питання використання енергії сонячного проміння дуже актуальне на даний час. В Красилові виготовляють сонячні колектори “Корді” для нагрівання води (Дод. И.Рис.17). Вони складаються з вакуумних трубок та здатні засвоювати 92% сонячного тепла. Цей пристрій використовують для нагрівання води, підтримання температури в системі опалення, яка працює на природному газі.

**2.4 Проект «сонячної плитки»**

Для покращення енергозабезпечення і заощадження коштів використовують сонячні модулі у вигляді черепиць. Цей проект «сонячної плитки» виник у компанії SRS Energy. Вони відмовилися від використання звичайних кристалічних кремнієвих сонячних пластин на користь некристалічного амфорного кремнію для виробництва гнучкого фотоелектричного ламінату від компанії UNI-SOLAR. При цьому варто врахувати спеціальну систему запантентованих з’єднань для компонування системи і зведення її в єдиний ланцюг, яка дозволяє отримати різні потужності. «Сонячна плитка» стає невід’ємною частиною архітектури комерційних нерухомостей і житлових будинків (Дод. К. Рис. 20, 19).

# 

РОЗДІЛ III

**Практичні дослідження.**

Оскільки **СЕС** на фотобатареяхв даний час дуже поширені вирішили вивчити це питання, використовуючи селеновий фотоелемент, що складається із залізної пластинки (1), покритої шаром селену (2), на який нанесений тонкий напівпрозорий шар золота (3). Від залізної пластинки і від плівки золота зроблені відводи до затискачів, за допомогою яких фотоелемент включали в електричне коло (Дод. И. Рис 18). У результаті спеціальної обробки частина атомів золота проникає в селен, що викликає діркову провідність, і утворює в ньому шар з електронною провідністю. На межі двох шарів з різним видом провідності створюється електронно-дірковий перехід.

В роботі дослідили принцип позиціювання в одержанні сонячної залежності фотоструму від кута падіння світла (Дод. Ж. Рис. 14). Це пов’язано з тим, що більшість СЕС концентруючого типу, мають свою систему позиціювання дзеркал і на роботу цих пристроїв витрачається багато енергії. Останні роки СЕС будують встановивши сонячні елементи під стаціонарним кутом, без систем позиціювання. Ми поставили завдання дослідити ефективність цієї теорії. Дослідження показали, що зміна падіння світла в межах 30-40 градусів не призводить до суттєвого зниження потужності (Дод. Л. Табл. 1, Рис. 21,22,23.). Тобто вироблення ЕРС на фотоелементах відбувається за рахунок розсіяного світла і не потребує дорогої системи позиціювання.

При роботі СЕС спостерігається нестабільність у виробленні ЕРС, що пов’язана з фізичними процесами, які відбуваються в самому фотоелементі. Розпад ковалентних зв’язків і утворення ЕРС на межі p-n переходу пов’язане з кількістю квантів світла, що попадають на фотоелемент. Ми фіксували нестабільність на короткому та довгому проміжках часу. Спостереження і графіки (Дод. Н.Рис. 24, П. табл.2), доводять, що існують два види нестабільності: 1) світовий потік не однаковий, носить хвильовий характер;

2) наш прилад установлений стаціонарно і не є завжди перпендикулярним до променів Сонця.

Наступний експеримент мав на меті перевірити ідею про розміщення фотоелементів подібно листя на дереві (Дод. Ж. Рис. 14). Якщо направити фотоелементи на Сонце в певному порядку, то це підвищує продуктивність від 20% (влітку) до 50% (взимку). Давно відомо, що природа часто використовує послідовність розміщення фотоелементів у своїх витворах, в якій кожен елемент є сумою двох попередніх (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 ... або **Fn = Fn-1 + Fn -2**) – послідо́вність Фібона́ччі..

Отримані дані підтверджують, що розміщення фотоелементів, як листя на деревах, підвищує ЕРС на 29,57%. Це пояснюється багатократним відбиванням квантів світла від поверхні фотоелементів. При цьому підвищується ЕРС і зменшується площа на встановлення фотоелементів (Дод. Р. Табл. 3, С. Рис. 25).

В ході проведення експерименту виявлено цікаві залежності. При вимірювані ЕРС окремо на кожному фотоелементі, отримали *ɛ*1=24мВ, *ɛ*2=295мВ, *ɛ*3=650мВ. З’єднавши їх послідовно, виявили, що ЕРС є більшою від сумарної (*ɛ*>*ɛ*1+*ɛ*2+*ɛ*3). Для цього випадку експериментальна ЕРС дорівнює 1150 мВ, а сумарна 969 мВ. Така закономірність прослідковується для однотипних елементів. Коли добавляли різнотипні фотоелементи, то отримали результат навпаки: експериментальна ЕРС була меншою від сумарної. На основі цього можна зробити висновки, що сусідні фотоелементи впливають на роботу основного фотоелемента, в ньому внутрішній ефект протікає по іншому.

**Висновки**

1. Ситуація в електроенергетиці України - критична.
2. Кількість сонячної енергії, що надходить на землю, перевищує енергію світових енергетичних ресурсів.
3. Вихід із кризи – створення альтернативних джерел енергії - сонячних електростанцій.
4. Найбільш поширеними в світі єСЕС на фотобатареях.
5. Під час досліджень обґрунтовано перевагу цих СЕС.
6. При використанні селенового фотоелементу виявлено, що зміна падіння світла в межах 30-400 не призводить до суттєвого зниження потужності.
7. При роботі СЕС спостерігається нестабільність у виробленні ЕРС, що пов’язана з фізичними процесами, які відбуваються у фотоелементі.
8. Існує два види нестабільності: 1) світовий потік не однаковий, носить хвильовий характер; 2) прилад установлений стаціонарно і не є завжди перпендикулярним до променів Сонця.
9. Правильність розміщення фотоелементів підвищує ЕРС на 29,57%
10. При з’єднанні фотоелементів послідовно виявили, що ЕРС є більшою від сумарної.
11. Сусідні фотоелементи впливають на роботу основного фотоелемента.

# 

# **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Павлов В. П.  [Физическая энциклопедия](http://znaimo.com.ua/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F) - М .: Советская энциклопедия, 1994. - Т. 4. - 704 с.
2. Коробко Б. П. Енергетика ХХІ століття //Винахідник і раціоналізатор, 1999 р., № 1–2, с. 1–2.
3. Всеукраїнський енергетичний комітет. Т. 1.– 2000. – с. 12–27.
4. Гелетуха Г. Г., Железна Т.А., Голубовська-Онісімова Г.М., Конеченков А.Є., «Критичний аналіз основних положень «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року».
5. Л. В. Костик, І. М. Матвіїшин, О. В. Футей. Методичні вказівки до лабораторного практикуму із спецкурсу “Фізичні властивості кристалів для студентів факультету електроніки, Львів, 2003.
6. Кудря С.О. Пепелов А. Відновлювальна енергетика в карпатському регіоні/ Інститут відновлювальної енергетики АН України, 2013.
7. Коробко Б. П., Оніпко О. Ф. Енергетична стратегія України: роль і місце поновлюваних джерел енергії // Винахідник і раціоналізатор, 2005 р., № 1, с. 19–29.
8. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку // Пер з англ.; Інститут сталого розвитку. – Київ. – 2002.
9. І. М. Болеста, І. В. Савицький, О. В. Футей, Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із спецпрактикуму для студентів фізичного факультету, Львів, 2009.
10. Кудря С.О. Перспективи розвитку відновлювальної енергетики України до 2030 року/ Інститут відновлювальної енергетики АН України, 2012.
11. Методы анализа поверхностей /Gод. ред. А. Зандерны. Изд-во “Мир”, 1979. -583 с.
12. **https://goo.gl/xz3xZt**

[**https://goo.gl/knY3Ay**](https://goo.gl/knY3Ay)

**https://goo.gl/Yykp7g**

**Додатки**