

Електрорекупераційний перетворювач (ЕРП) сонячної енергії в електричну.

Роботу виконали: Прима Данил, Коврик Дмитро

Науковий керівник: доцент Шосткинського інституту Сумського Державного
Університету Мар'їнських Юрій Михайлович

Суми – 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА.....	6
1.1. Сонячна енергетика - найважливіший елемент світової енергетики	6
1.2. Способи перетворення сонячної енергії в електричну.....	7
1.3. Переваги і недоліки фотоперетворення	8
Висновки до розділу 1	9
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА Й ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ ЕРП.....	10
2.1. Будова сонячного колектору ЕРП	10
2.2. Розрахунки у доведенні роботи нового перетворювача сонячної енергії в електричну с системою теплової рекуперації.....	11
2.3 Фізико математичні розрахунки вакуумного теплообмінника.....	13
2.4. Експериментальна установка по випаровуванню води.....	16
2.5. Етапи створення теплоприймача ЕРП.....	17
РОЗДІЛ 3 ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ КОНСТРУКЦІЙ НОВОГО ЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЮВАЧА З ТЕПЛОВОЮ СИСТЕМОЮ РЕКУПЕРАЦІЇ....	18
3.1. Принципова схема ЕРП та її повна структурна та функціональна схема.....	18
3.2. Принцип роботи ЕРП.....	22
3.3. Результати електротехнічних характеристик при функціонуванні ЕРП.....	25
Висновки до розділу 3.....	27
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТКИ	31

ВСТУП

Сьогодні населення Землі складає більш ніж 7,7 мільярдів. Крім того, швидкий розвиток промисловості з кожним роком потребують все більшої кількості ресурсів та електроенергії. Через те, що мінеральні ресурси є вичерпаними й не відновлюваними, на початку 70-х років ХХ століття виникла глобальна енергетична проблема. Обмеженість енергоресурсів і розвиток цивілізації, яка потребує великої кількості електроенергії, призводять до подорожчання виробленої кінетичної енергії, а як наслідок виникнення нової світової проблеми – енергетичної політики. На даний момент існує лише 2 шляхи подолання цієї загрози: екстенсивний та інтенсивний. Екстенсивний шлях подолання проблеми полягає в пошуку нових родовищ, в тому числі й на дні Світового Океану, можливо, з розвитком технологій, будуть розвідуватись басейни інших планет та Місяця. Але такі освоєння потребують високотехнологічних пристроїв, а отже й великих грошових витрат. До того ж видобування мінеральних ресурсів з дна океану завдасть непоправної шкоди природі. Інтенсивний шлях полягає в застосуванні енергозберігаючих технологій та перехід до відновлювальних джерел енергетики.

Екологічно чистою є сонячна енергія. Сонячна електроенергетика зараз є потенційно найважливішим елементом світової енергетики. Тому, дана наукова робота є дослідженням й аналізом світового досвіду в області сонячної електроенергетики, розглядає потенціал сонячної електроенергетики на предмет пошуку методу по перетворенню повного спектру енергії сонячного випромінювання в електричну засобами електротехніки і як результат реальної можливості створення нового проекту.

Глобальна енергетична проблема та оцінка стану розв'язання її
Розвиток промисловості відзначається стрімким збільшенням використання енергоресурсів. В період з 1945 по 1998 роки населенням планети було використано 2/3 усього палива, добутого людством за час свого існування. Тому вже на початку 21 століття постала ще одна глобальна проблема –

енергетична. За підрахунками вчених, покладів деяких традиційних джерел енергії вистачить менше ніж на 100 років.

Більшість корисних копалин за даними ООН будуть вичерпані вже в ХХІ: нафти залишилося на 60 років, природного газу на 80 років, вугілля на 150 років.

Ця проблема не оминула й Україну, адже наша країна є однією з найбільш енерговитратних держав у всьому світі. Україна задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менше ніж на 50%. Рівень витрат становить 2,2% від світової частки первинної енергії, тоді як кількість українців ледь сягає 1% від населення планети. [4].

Тому у роботі проводиться дослідження с аналізом світового досвіду в області електроенергетики: можливості використання потенціалу сонячної електроенергетики як нового способу перетворення повного спектру енергії сонячного випромінювання в електричну електротехнічними та термодинамічними засобами.

Актуальність роботи полягає в тому, що універсальність сонячної енергетики дозволяє трансформацію в інші види енергії в різних відношеннях: механічну, електричну, теплову, потенціальну.

Наукова новизна науково-дослідної роботи полягає в теоретичному і практичному доведенні в процесі функціонування діючої нової електроустановки для подальшої корисної утилізації теплоти, що спрямована на скидання, методом рекуперації її на підвищення ефективності отримання електричної енергії.

Практична значимість полягає в створенні діючої конструкції нового перетворювача сонячної енергії в якому реалізується метод рекуперації (корисної утилізації) теплової енергії по підвищенню виробки електричної енергії.

Мета науково-дослідної роботи полягає у теоретичному, експериментальному доведенні ефективності рекуперативного методу в процесі функціонування створеного нового перетворювача сонячної енергії в електричну.

Для досягнення мети були визначені наступні задачі:

- 1) Довести теоретично з фізико-математичним обґрунтуванням доцільності використання процесу рекуперації за допомогою абсорбційно-регенаративного контуру при перетворенні сонячної енергії в електричну.
- 2) Розробити структурну автоматизовану схему перетворення сонячної енергії з тепловою рекуперацією через вакуумірований корпус абсорбера.
- 3) Змонтувати вакуумірований холодильник (абсорбер) та приєднати до системи нового перетворювача сонячної енергії.
- 4) Зняти фізико-технічні характеристики при функціонуванні від потужності падаючого на теплоприймач сонячного випромінювання.
- 5) Зробити висновки на предмет практичної реалізації запропонованої ідеї.

Об'єкт дослідження: порівняльний аналіз огляду методів перетворення сонячної енергії в електричну.

Предмет дослідження: провести тестування діючої установки з системою теплової рекуперації через вакуумірований випаровувач електричних характеристик при різній потужності сонячного випромінювання.

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

1.1. Сонячна енергетика - найважливіший елемент світової енергетики

Різні способи отримання енергії з відновлювальних джерел, завдяки яким можливий економічний успіх та підвищення рівня життя громадян стає альтернативна енергетика. Однією з таких є сонячна енергетика - спосіб отримання енергії, в основу якого закладено використання енергії сонця, яка перетворюється в електроенергію та тепло.

Сонце – найпотужніше джерело екологічно чистої енергії. Перевагою сонячної енергетики є: безшумність, невичерпаність, відсутність викидів у навколишнє середовище.

Сонячна енергетика відноситься до поновлювальних джерел енергії, так як реакції в надрах Сонця, що призводять до випромінювання світла, будуть тривати як мінімум ще 5 млрд років. Сонячна електроенергетика в наш час потенційно вважається однією з найважливіших елементів світової енергетики, тому що сонячна енергія, яка надходить до поверхні Землі за тиждень в 7 разів перевищує всі поклади енергоресурсів у світі! Якщо використовувати хоча б 0,5% усього сонячного випромінювання, можливо було б позбутися глобальної енергетичної проблеми та повністю задовольнити потреби в електриці. [1,2]. Щосекунди сонце випромінює енергію на поверхню Землі еквівалентну 170 млрд Вт. За даними німецького видання SPIEGEL, всього 1% пустелі Сахара знадобилося б для розміщення сонячних батарей, які б змогли виробити достатню кількість електроенергії, необхідну людству. Попри те, що сонячна енергетика вважається дорогою, ціни на її падають. Так за розрахунками вчених до 2021 року співвідношення вартостей електрики, виробленої завдяки традиційним та альтернативним видам енергії очікується в таких розмірах

(доларів США/кВт-год): атомна енергетика – 0,04-0,13; при спалюванні нафтопродуктів – 0,06, вугілля – 0,04; енергія сонця – 0,01; тепла сонячна енергія – 0,03, фотоелектрична сонячна енергія - 0,02-0,03. Таким чином, найперспективнішим способом отримання енергії буде вважатися сонячна енергетика, також очікується що фотоелектрична сонячна енергетика буде приблизно в 5 разів дешевша за атомну, в 3 рази дешевше спалювання нафтопродуктів і в 2 рази дешевше спалювання вугілля [3,4].

1.2. Способи перетворення сонячної енергії в електричну

Існує декілька способів отримання електроенергії з сонячної радіації.

1 спосіб – фотовольтаїка. Це метод, в основу якого покладено перетворення енергії сонця в постійний електричний струм за допомогою напівпровідникових матеріалів. Електричний струм з'являється внаслідок фотовольтаїчного ефекту. Фотоелектрична система – це сонячні батареї, які працюють на основі фотоелектричного елемента.

Фотоелементи працюють краще при низьких температурах повітря, адже вони виробляють електроенергію не від тепла, а від сонячного світла, тому працюють ефективніше в холоді. Але, попри це, вони виробляють менше електрики взимку, через те, що скорочується кут падіння сонячних променів і зменшується світловий день. Перетворення сонячного світла в електричний струм відбувається без будь-яких шкідливих викидів у довкілля [5]. Цей метод активно популяризується, вчені вдосконалюють надпровідникові матеріали та розробляють тонкоплівкові технології. Термін окупності фотоелектричних батарей складає приблизно 3-4 роки.

2 спосіб – геліотермальна енергетика. Це один із способів використання сонячної енергії, принципом роботи якого є нагрівання посудини з рідиною, завдяки чому вода перетворюється в пар, виникає тиск і пар починає обертати турбіну, що приводить до вироблення електрики. Це дуже схоже з принципом роботи ТЕС, але там рідина нагрівається в результаті спалювання вугілля, а не

нагріванням від сонця. Основним принципом роботи таких конструкцій є концентрація сонячного світла, використовуючи системи дзеркал.

3 спосіб - сонячні аеростатні електростанції. В небі сонячних електростанцій розташовується аеростат, який збирає сонячне випромінювання, всередину кулі, яка покрита прозорим та селективно-поглинальним покриттям, надходить вода, яка в процесі нагрівання перетворюється на пару. Під тиском пар по паропроводу спускається до турбіни, змушуючи її обертатися. Пар, який пройшов через турбіну, конденсується і за допомогою насоса знову опиняється в аеростаті. Найбільша така сонячна електростанція знаходиться в Каліфорнії (США), потужністю 10 МВт.

1.3. Переваги і недоліки фотоперетворення

Переваги: Висока надійність та стабільністю; термін служби майже необмежений; можуть перетворювати як пряме так і розсіяне сонячне світло; невелика маса, простота обслуговування, низькі витрати на будівництво; модульний тип конструкції дозволяють створювати системи будь-якої потужності.

Недоліки: Залежність рівня вироблюваної енергії від часу доби і ступеня освітленості; висока вартість фотоелементів, що перетворюють сонячну радіацію в електроенергію постійного струму; застосування інверторів, які здійснюють перетворення електроенергії постійного струму в електроенергію змінного струму, знижують їх коефіцієнт корисної дії (ККД); наявність акумуляторних батарей, які використовують в якості резервних джерел, і забезпечують безперебійне електропостачання споживачів, значно підвищує вартість сонячної електростанції. В середньому, ККД сонячних панелей не перевищує 15-20% [3].

Крім того ще відомі методи термодинамічного перетворення сонячної енергії в електричну, засновані на використанні циклів теплових двигунів, термоелектричного і термоемісійного процесів [6,7]. Найбільш перспективним

буде термодинамічний спосіб перетворення сонячної енергії при використанні також теплових двигунів.

Висновки до розділу 1

Використання енергії сонця, яка перетворюється в електроенергію та тепло, є альтернативним способом отримання енергії. Сонячна енергетика відноситься до поновлювальних джерел енергії і в наш час потенційно вважається однією з найважливіших елементів світової енергетики. Найперспективнішим способом отримання енергії майбутнього буде вважатися сонячна енергетика.

Найчастіше використання сонячної енергії в наш час здійснюється за допомогою сонячного колектора, який поглинає світову енергію Сонця та перетворює її на тепло, яке надалі використовується у господарстві. Однак в технологіях перетворення сонячної енергії в електричну та інші види енергії не спостерігається ефективних пристроїв з метою повного корисного використання всієї енергії випромінювання. Для цього створена нова конструкція електрорекупераційна установка по вдосконаленому перетворенню сонячної енергії в електричну.

РОЗДІЛ 2

НОВИЙ СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР І ТЕОРЕТИЧНЕ ДОВЕДЕННЯ ТА ФІЗИКО МАТИМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ ЕРП

2.1. Будова сонячного колектору ЕРП

Плоский сонячний колектор призначений для нагріву води. Він представляє собою герметично закритий ящик, у верхній частині якого розміщується прозоре покриття. Воно дозволяє проходити падаючому сонячному випромінюванню і перешкоджає виходу назовні інфрачервоного випромінювання, що випускається пластиною поглинача.

Корпус містить всі елементи колектора і захищає їх від навколишнього середовища. Є багато різних типів корпусів, виготовлених з різних матеріалів. Наша дослідницька установка має іншу конструкцію сонячного колектору, у зв'язку с тим, що перетворення сонячної енергії відбувається кардинально за новою схемою перетворення. А саме так: усередині корпусу знаходиться панель поглинача (абсорбера), що безпосередньо перетворює енергію сонячного випромінювання в теплову енергію, яка передається теплоносію, циркулюючому у прошарку між металевими панелями (абсорбером). Зазвичай, панель поглинача виготовляється з матеріалу, який добре проводить тепло (мідь, алюміній, металеві листи) і забарвлюється або покривається матеріалом чорного кольору. Останній володіє високим коефіцієнтом поглинання сонячної енергії. Ще краще, якщо цей матеріал одночасно має низький коефіцієнт випромінювання в області великих довжин хвилі. В цьому випадку абсорбер буде володіти селективним покриттям.

2.2. Розрахунки у доведенні роботи нового перетворювача сонячної енергії в електричну з системою теплової рекуперації

2.2.1. Ступень нагрівання абсорбера сонячного колектору

В попередній роботі ми довели, що Φ – потік сонячного випромінювання при досягненні теплової рівноваги з теплоприймачем визначається з рівняння:

$$\Phi S \alpha = S' (\varepsilon \sigma T^4 + h \Delta T), \quad (1)$$

де α – поглинальна властивість, $S' = S + S_2$, S – площа освітлювальної поверхні, S_2 – площа нижньої (неосвітлювальної поверхні), ε – випромінювальна властивість тіла; $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Дж/м²сК⁴ – постійна Стефана Больцмана; h – коефіцієнт тепловіддачі; ΔT – різниця температури тіла і зовнішнього середовища, а $h \Delta T$ можна знехтувати, вона дуже мала. В реальних умовах збільшити граничну температуру нагрівання можна, сконцентрувавши сонячне випромінювання, але це призводить до додаткової конструкції і ускладнює процес наведення на теплоприймач. Замість цієї громіздкої конструкції у роботі було використано селективне покриття, тому $T = \sqrt[4]{\frac{\alpha \Phi}{\varepsilon \sigma}}$ максимальне значення має при найбільшому α/ε .

Для підвищення температури робочого тіла використовуються концентратори сонячного випромінювання. Розглянемо циліндричний об'єм, розміром L , з радіусом R , який розташований у фокусі циліндричного концентратора та перетинає потік сонячного випромінювання з поперечним розміром D . Тоді рівняння (1) з урахуванням концентратора набуде вигляду: $\Phi \alpha S \frac{L}{2R} = \pi S \varepsilon \sigma T^4$, де $S' = \pi S$; (при $n = \frac{L}{2R} = 3 - 6$ складе $T \approx 408\text{K}$; $t = 135^\circ\text{C}$). (2)

Для істотного підвищення температури можна використовувати принцип «теплової пастки» із застосуванням селективних покриттів, вони поглинають сонячне випромінювання і мають потрібну випромінюваність ε в інфрачервоній області спектру (рис. 1).

На сучасному рівні сьогодні отримані матеріали (плівки) з малим значенням ϵ і високим пропусканням спектра видимого світла. Головною перевагою цих матеріалів в майбутньому для реалізації пропонованого проекту повинен бути максимально реалізований принцип «теплової пастки» і були мінімізовані втрати в ході теплового випромінювання згідно закону Стефана-Больцмана:

Схематичне зображення теплоприймача з селективним покриттям, плівкою, для створення теплової пастки для спектру сонячного випромінювання і цинковою пластиною з теплоізолюючим шаром наведено на рисунку 2.3. Тільки 18% після нагрівання теплоприймача по зрівнянню з падаючою тепловою енергією від сонця, випромінюється назовні.

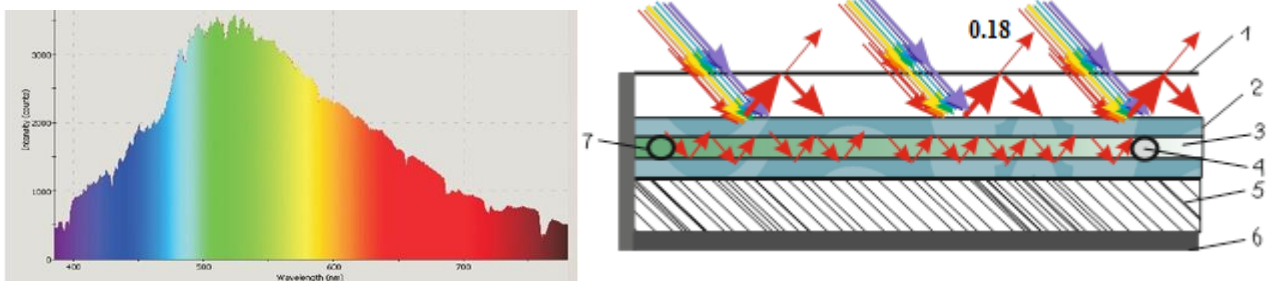


Рис. 1 Спектр сонячного випромінювання та схематичне зображення теплоприймача, де 1 – селективне покриття, 2 – пластина (теплоприймач), 3 – робоча камера, 4 – впускний патрубок, 5 – теплоізоляція, 6 – каркас, 7 – впускний патрубок

Визначимо до якої температури нагріється тіло під селективним покриттям зі здатністю інфрачервоного випромінювання 0.18. В Україні $\Phi = 650 \text{ Вт/м}^2$; складемо рівняння температурної рівноваги: $\Phi S \alpha = \epsilon \sigma T^4 S \tau \rightarrow$

$$T = \sqrt[4]{\frac{\alpha \Phi}{\epsilon \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{0.7 \cdot 650}{0.18 \cdot 5.7 \cdot 10^{-8}}} = 100 \sqrt[4]{\frac{0.7 \cdot 650}{0.18 \cdot 5.7}} = 459 \text{ K} = 186^\circ \text{C} \quad (3)$$

Знайдемо час нагрівання тіла під селективним покриттям (тіло абсорбер) масою m , і теплоємністю c .

$$\Phi S \Delta \tau = c m \Delta T \rightarrow \Delta \tau = \frac{c m \Delta T}{\Phi S} \quad (4)$$

Визначимо, як змінюється температура при витраті Φ на навантаження теплового двигуна:

$$T = \sqrt[4]{\frac{\alpha\Phi - PS_{\pi} * V}{\varepsilon S \sigma}} \geq 0 \quad (5)$$

$\Phi - 0.01PV \geq 0$, а площа поршня 0,3 дм², то T повинна бути рівною хоча б температурі випаровування аміаку 70°C, тобто T = 343 К, а тиск трохи більше атмосферного, тоді поршень почне переміщуватися, тобто:

$$343 = 104 \sqrt[4]{0.7 \cdot 650 - 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot v} \Rightarrow \text{знайдемо } v \text{ поршня}$$

де $vS_{\pi}P = N$ – потужність приводу електрогенератору, маємо:

$$\left(\frac{343}{104}\right)^4 = 650 \cdot 0.7 - 600V \Rightarrow V = \frac{0.7 \cdot 650 - 117}{600} = 0.56 \text{ м/с}$$

Одна із основних цілей роботи спрямувати теплоту після двигуна по системі рекуперації для підвищення ефективності електроустановки. Для цього необхідно провести фізико математичні розрахунки та потім порівняти з результатами експеримента.

2.3. Фізико математичні розрахунки вакуумного теплообмінника

Визначимо залежність температури випаровування води при низькому тиску повітря і пари в вакуумірованой камери. Покладемо тиск повітря під «колоколом» камери дорівнює атмосферному тиску P_a . При наявності кювети з водою m_p тоді парціальний тиск пари P_p , а маса повітря $m_{ат}$. За кожний оберт рукоятки компресора будемо рахувати як збільшення об'єму пари на dV/dt за інтервал часу $\Delta t = t_0 + dt$ (1). Цей один оберт компресору відповідатиме збільшенню V , зменшенню p , зниженню T і густини у вигляді системи: $p = p_0 - dp$; $V = V_0 + dV$; $T = T_0 - dT$; $\rho_v = \rho_{v1} - d\rho$ (6), $\rho_v = (m_a + m_p)/V_0$ (7).

ρ_v де густина сухого повітря масою $m_{ат}$ та водяної пари масою m_p визначається

Відкачування відбувається по можливості адіабатично, так як в нашому дослідженні колокол камери теплоізолюван, тоді коефіцієнт адіабати $k=1,4$, [8,9] який був використаний з підручника маємо:

при випаровуванні тиск зменшиться за рахунок зменшення повітря, а водяна пара збільшується; якщо врахувати за час Δt швидкість випаровування відбувається $dm/\Delta t$;

$$P = \left(\frac{m_p + dm_p}{\mu_p} - \frac{m_{am} - dm_{am}}{\mu_{am}} \right) \cdot RT/V \quad (6). \quad \left(\frac{T_0}{T} \right)^k = \left(\frac{P_0}{P} \right)^{k-1} = const \quad (10)$$

Температура й тиск в (6) пов'язані відомим співвідношенням Клаузіуса зменшується тиск температура зніжується:

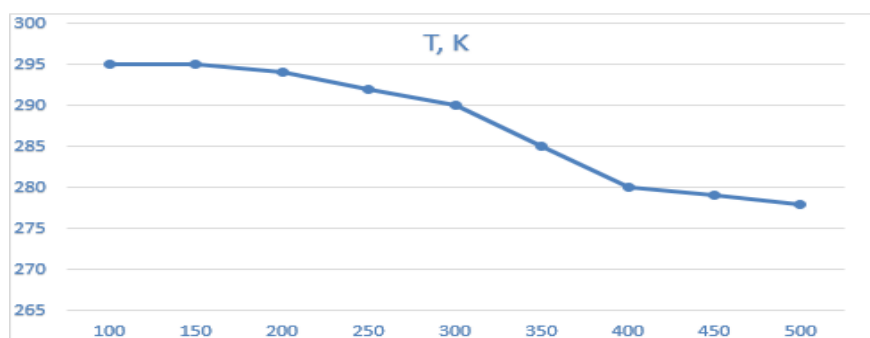
$$T = T_0 - dT = \left[\frac{\left(\frac{m_p + dm_p}{\mu_p} - \frac{m_{am} - dm_{am}}{\mu_{am}} \right)}{V_0 + dV} \right]^{k-1} \cdot T_0^k / P_0^{k-1} \quad (11) \quad \text{від'ємний вираз}$$

показує відкачування повітря близького до 0, а знаменник наближається до ∞ , тому температура залежить від початкового значення маси води (абсорбера) і тиску.

Визначим швидкість випаровування води з поверхні, що дасть можливість оцінити витрати теплової енергії, для чого використовуємо відоме відношення: $W_r(T_r) = V_r(T_0) \cdot \exp \frac{rM(T_r - T_0)}{RT_r T_0}$ (12),

де T_0 – температура замерзання випаровування рідини, M - молярна маса рідини, r – питома теплота випаровування рідини. Зная масу випарованої води визначається кількість теплоти яка спрямована у теплообмінник по контуру рекуперації за винятком витрат енергії на компресор для попереднього підігріву робочого тіла у теплообміннику рекупераційного контуру.

Експериментальні початкові дані: $V=0.05 \text{ м}^3$; швидкість $\frac{dV}{dt} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$,



$k \approx 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/ Па} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}$, $m = 3 \text{ г}$, $t = 600 \text{ с}$.

Рис.2 Графік зниження температури зразка води від часу

Експериментальне обґрунтування реалізації ідеї зниження температури холодильника, що підвищує КПД теплового двигуна і як наслідок генератора та в тій же час цю еквівалентну теплоту, що відняли від холодильника передати знову робочому тілу показано на схемі (рис.3).

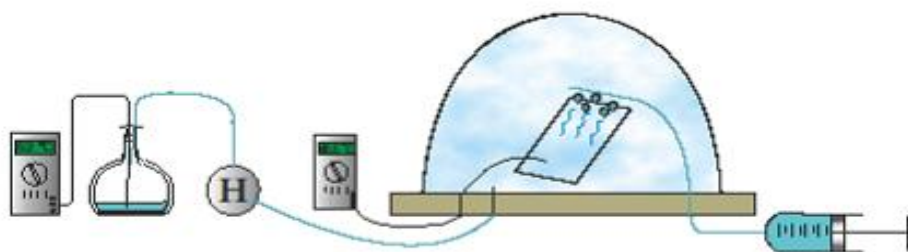


Рис.3 Схема відведення теплоти.

Схема відведення теплоти при охолодженні у вакуумованому посуді теплового елемента при випаровуванні з його поверхні води, яка потрапляє туди по капіляру із зовні. При конденсації пара теплота знову виділяється у відкритій колбі. Експортується теплота у колбу при відкачуванні пари з камери (рис.4).



Рис.4 Схема охолодження у вакуумованому посуді теплового елемента.

На рис.4 показано охолодження в камері при низькому тиску з наступним відкачуванням пари у відкриту колбу де він конденсується при більшій температурі. Як бачимо з досліда при $P=0,2\text{атм}$ показники температурі $t=27^{\circ}\text{C}$ і у камері $t=13^{\circ}\text{C}$ при зниженні тиску різниця складала 34°C . Наступним кроком необхідно було з'ясувати питання як швидко буде випаровуватися вода (абсорбер) в цьому випадку пара приймає участь в якості робочого тіла у підвищенні ефективності роботи теплового двигуна, а значить і

електрогенератора. Для отримання достовірних результатів побудована установка (рис.5) додаток А крупним планом .

2.4. Експериментальна установка по випаровуванню води

На установці проводився експеримент на предмет інтенсивності випаровування води (абсорбера). На металеву пластину, що нагріта від лівого патрубку до 85°C зверху тече вода 35°C тонким шаром .Термопари вимірюють температуру води і пластини на різних ділянках розраховується кількість випаруваної води різницею між при надходженні зверху і при витіканні з низу. Висновки1: При інтенсивному потраплянні води пластина остигає і вона не буде встигати випаровувати весь аміак тому знайдений баланс між кількістю води її температури і потужності сонячного випромінення.



Рис.5 – Загальний вигляд установки випаровування води(абсорбера).

Висновки 2: Доведено теоретичне та експериментальними даними можливості функціонування нової електроустановки з системою теплової рекуперації для цього потрібно повністю сконструювати нову установку .

2.5. Етапи створення теплоприймача ЕРП

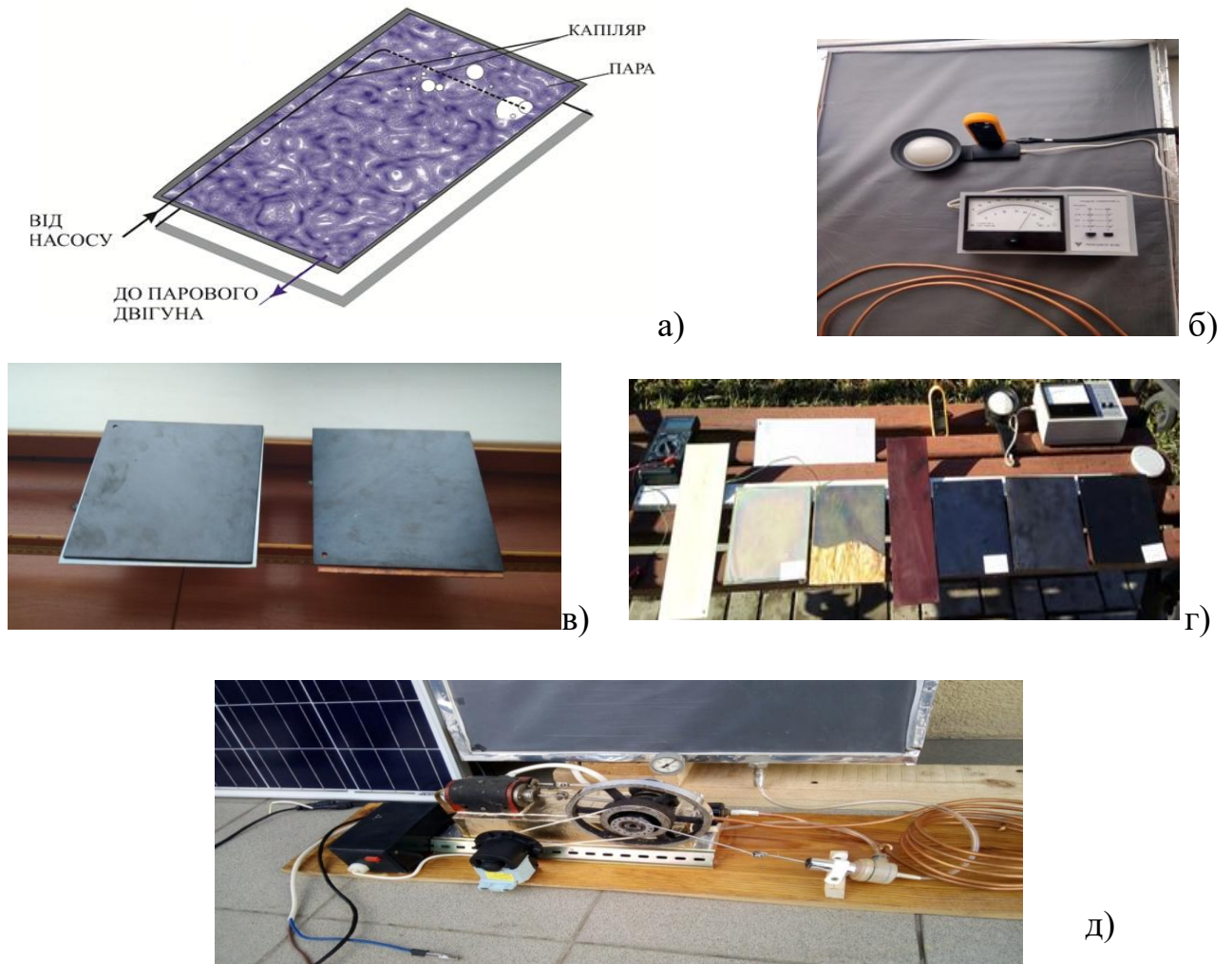


Рис.6 - а - прошарок між пластинами заповнено розчином; б – заміри люксометром потужності падаючого випромінювання; в - пластини з селективним покриттям; г- експериментальне дослідження поверхні пластин д- загальний вигляд початкової конструкції перетворювача з теплообмінником для скидання теплової енергії в зовнішній простір.

2.5.1 Схема початковий конструкції сонячного перетворювача

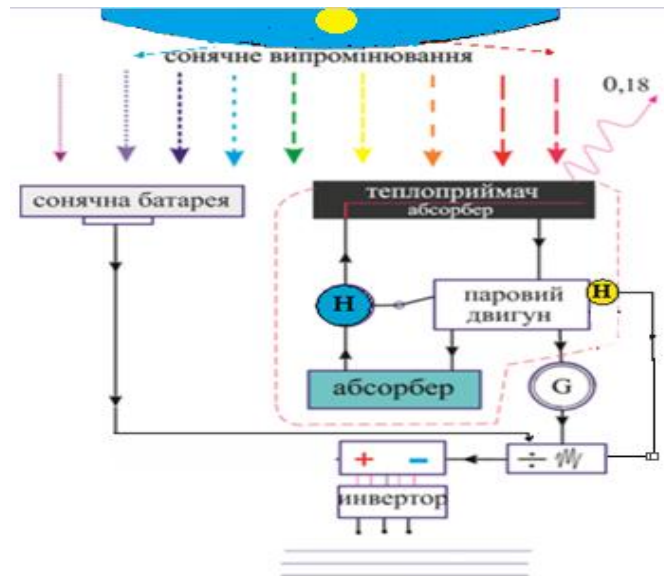
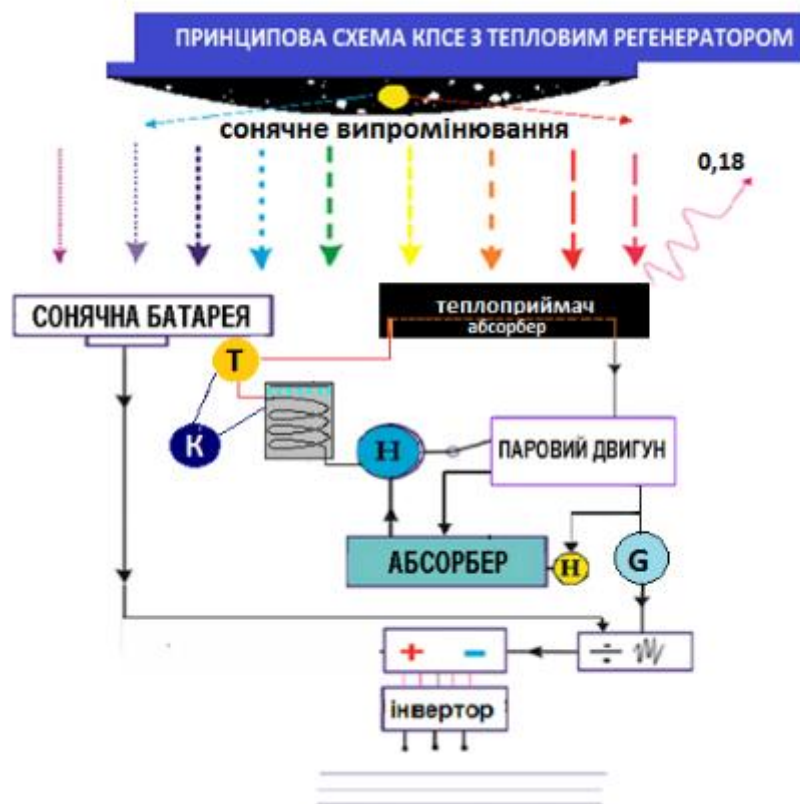


Рис. 7 Принципова схема початкового сонячного перетворювача

РОЗДІЛ 3

Функціональні схеми конструкцій нового електроперетворювача з тепловою системою рекуперації.



3.1. Принципова схема ЕРП та її повна структурна та функціональна схема

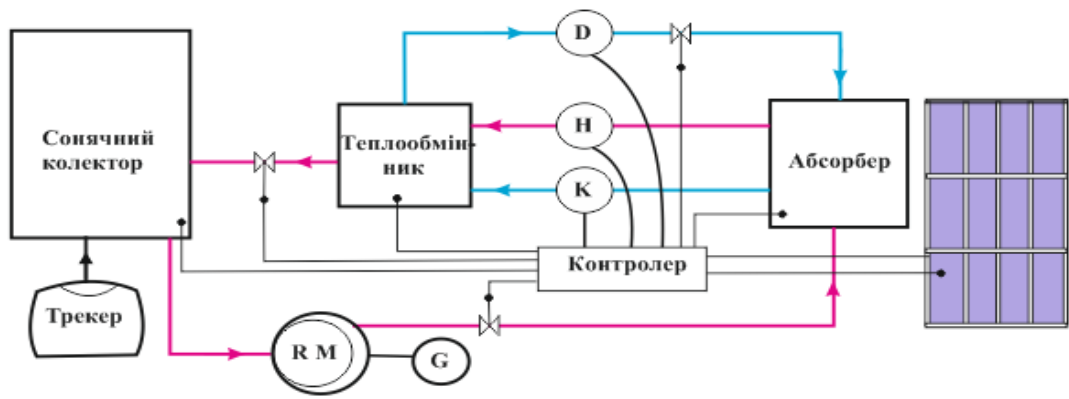


Рис.8 Структурна схема ЕРП по перетворюванню сонячної енергії в електричну

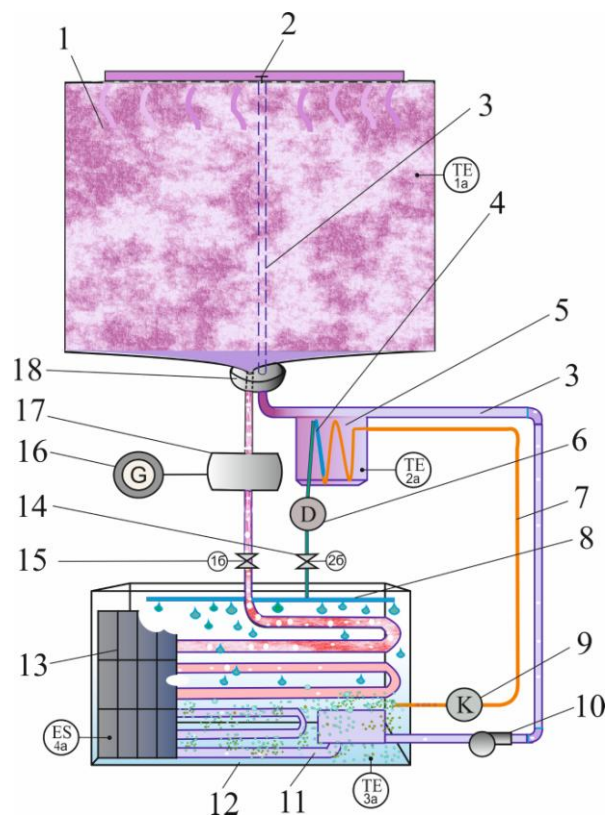


Рис. 9. Функціональна схема ЕРП сонячної енергії в електричну.

№	Назва та технічний опис	Тип	Сума	Ціна \$
1	2	3		
1-1	Аналоговий датчик освітленості Напруга живлення: 2,7-36 В Споживання струму: 120 мкА	OPT 101	1	3.64
1-2	Датчик температури Споживання енергії - 2,5 мА Вимірює вологість у діапазоні від 20% до 80%. Харчування - від 3 до 5 В;	DHT 11	3	6.06
1-3	Електромагнітний клапан для повітря та води, як правило, закритий 12 В DC		3	30.3
1-4	Робоча напруга самовсмоктуючого мембранного насоса: 12 В робочий струм: 0,5 - 0,7 А висота підйому води: 15 м Діаметр сопла: 6 мм зовнішній діаметр: 9 мм витрата: 1,5 - 2 л / хв макс. потужність: 7 Вт		1	8.89
1-5	Компресор для стиснення пари ICEAGE R134a QD52 Потужність: 128 Вт.		1	40
1-6	Контролер Arduino	Mega 2560	1	16.16
1-7	Модуль Wi-Fi	ESP8266	1	2.83
1-8	Дисплей з клавіатурою Управління: 6 кнопок Робоча температура: 0 ~ 50 ° C Інтерфейс: HD44780Блок живлення: 5В	LCD 1602	1	3.84
1-9	Модуль реле 1-канальна модель реле. Реле живляться від 5 В, здатних перемикає навантаження до 10 А (при напрузі 250 В). Споживання струму: 15-20 мА.		1	1.21
1-10	Контролер заряду акумулятора 12В 3А		1	6.87
1-11	Комплекс для відстеження сонця. Живлення від 12 В до 24 В Захист від струму, від короткого замикання. Вбудований радіоприймач 433,92 МГц для прийому даних від	СОЛАР САН-	1	78.09

	SOLARSAN-GPS.	РАБ		
1-12	Сонячна батарея 285W / 5BB	Америс олар AS- 6P30	1	85.12
1-13	Неодимовий супермагніт, NdFeB, N42 Форма - кільце, зовнішній діаметр 40 мм, внутрішній 23 мм, висота 6 мм. Сила: 24 кг	40- 23x6	1	7.87
1-14	Діаметральна шайба N42 Сила: 24 кг	56x 43 x 10	1	12
1-15	Неодимовий Дісковий Генератор		1	70
Загальна ціна				373

3.2. Принцип роботи ЕРП

Метою наукової роботи є розробки проекту по перетворюванню максимально усієї сонячної енергії в електричну. Для досягнення мета необхідно розв'язати задачу створення перетворювача який би крім перетворення теплової енергії безпосередньо від нагрівача використовував і ту що розсіюється в навколишнє середовище.

Розв'язанням цієї задачі є створення перетворювача повного спектру сонячної енергії в електричну (рис.1), який складається з окремого робочого сорбційного контуру. Контур містить вакуумований сонячний колектор 1 у вигляді плоского паралелепіпеда корпус якого виготовляється з дюралюмінію або з іншого металу з великою теплоємністю призначення якого поглинати енергію повного спектру сонячного випромінювання падаючого на його селективне покриття підсонячної поверхні колектора. Товщина прошарку між підсонячною й протилежною теплоізолюваною ззовні поверхнею сонячного колектора складає від 6 до 9 мм. В початковому стані сонячний колектор орієнтований на сонце системою наведення.

Нижньою частиною сонячний колектор 1 через систему наведення 15 на сонце, з'єднаний патрубком з паровим двигуном 17, на валу якого знаходиться генератор 16, на неодимових магнітах. Вихідний патрубок від парового двигуна після електроклапану 15, з'єднан теплообмінником 11 у вигляді змієвика, в вакуумованому об'ємі дюралюмініюваному корпусі абсорбера. Абсорбер має форму плоского паралелепіпеда. Вихідний патрубок 2 з нижньою частиною абсорбера 5 на зовні після насосу 10 з наповненим водним розчином аміаку(25%) з'єднаний з корпусом рекуператора 5. Вихідний патрубок від нього проходить через систему наведення по тіньовій поверхні 1, з клапаном 2, перед горизонтальною верхньою частиною з отворами у ній для проходження розчину. Об'єм рекуператора 5 містить теплообмінник 4, що з'єднаний патрубком на зовні через дросель 6 та електроклапаном 14 з абсорбером 12, з якого вихідний патрубок рекуперативного контуру 7 через компресор 9,

з'єднаний зі входом 4, що розташований у об'ємі 5 з водним розчином аміака. Усі елементи перетворювача на зовні теплоізолювані, за винятком підсонячної тепло сприймаючої з селективним покриттям колектора та високим показником коефіцієнта поглинання – α , і низьким показником випромінювання ϵ . Підсонячна поверхня абсорбера покрита фото перетворюючою панеллю 19, від якої забезпечується електроживлення контролера 8, у колі якого знаходяться виконуючі електроприводи компресора, системи наведення, насосу, датчики температури, тиску і освітлення колектору та фотопанелі.

ЕРП функціонує наступним чином. Після нагріву колектора до відповідної температури, встановленої на програматорі контролера від 40 градусів, який подає електроживлення від фотопанелі до насосу 3 і відкривається клапан 11 через проміжок часу 7-9 сек подається електроживлення до компресору 7 і відкривається клапан 12. За цей час починається вприскування водного розчину аміака, що знаходиться від клапану 15 у 11,3,5,3 через клапан 2 в об'єм колектору 1 через отвори в горизонтальному патрубку після клапану. З урахуванням того що при нормальних умовах в одному об'ємі води розчиняється 1200 об'ємів газу, при 20 градусах цельсія-700 об'ємів (залежність розчинення аміака пропорційна тиску і обернено пропорційна температурі, значення параметрів виконані нами інтерполяцією, відомих з таблиць довідників хімії). Аміак випаровується, виникає тиск і в ролі робочого тіла приводить в рух поршень парового двигуна 17, обертає вал електрогенератора 16. Конденсована вода на початковому етапі, а в наступному вона не випаровується у зв'язку зі збільшенням тиску, а випаровується аміак в 1 а залишив шийся обеднений водний розчин самоплином постійно стікає по внутрішній протилежно підсонячної поверхні колектору, що під нахилом в дуже незначних об'ємах по відношенню до об'єму газу в яких він був розчинений до двигуна. При кожному робочому ході поршня відбувається безперервний процес парціального відбору дуже збідненого водного розчину і перенос її в 11 абсорбера 12, в об'ємах рівних

після надійшовшого через 2 і на виході з 17 після 15. Відпрацьований газ з незначною кількістю води де він був розчинений, попадає в 11, в якому газ сорбується тією самою водою але вже при низькій температурі, що забезпечена рекупераційним контуром в наслідок його функціонування, тим самим завершається робочий цикл контуру.

Контур рекуперації виконує дві функції: зниження температури, наслідками чого, є збільшення розчинення газу у воді, чим знижується тиск, підвищується потужність двигуна. А друга - використання утилізованої теплової енергії в 12 для попереднього нагріву розчину аміаку в об'ємі 5 корпусу рекуператора. В процесі роботи контуру рекуперації сконденсована вода після дроселя 6 та клапану 12 з отворів в горизонтальному патрубку абсорбера при витікання випаровується при низькому тиску і поглинаючи для цього теплоту від 4. Нижче середньої частини 12 пар по паропроводу компресором 7 нагнітається в теплообмінник 4 де останній нагріває розчин в 15 перед подачею в 1, при цьому пар конденсується і вода через дросель 6 і клапан 6 потрапляє знову в 12. Цей контур 9-7-4-6-14 функціонує в режимі теплового насосу, який перенаправляє теплоту , що необхідно скинути в холодильник(навколишнє середовище) вода йде на підігрів розчину у контурі 11-3-5-1-17-11.



Рис.10 Вигляд зверху ЕРП сонячної енергії, де теплообмінник рекуперації справа у теплоізоляційному білому контурі у вигляді паралелепіпеда.



Рис.11. Температура в камері 13 С показує мультиметр, а снаружи 24 С



Рис.12. Вигляд зверху АП сонячної енергії з компресором Resun AIR в герметичній камері, яка з'єднана патрубком для відкачування пари.

Конструкцію в наближеному вигляді подано у додатках Б; технічні характеристики сонячної батареї у додатку В.

3.3. Результати електротехнічних характеристик при функціонуванні ЕРП

Результати електротехнічних характеристик при функціонуванні ЕРП наведені у таблиці 1 (Див. додаток Г). За результатами було побудовано графік теоретичних розрахунків електричної потужності генератору Р.

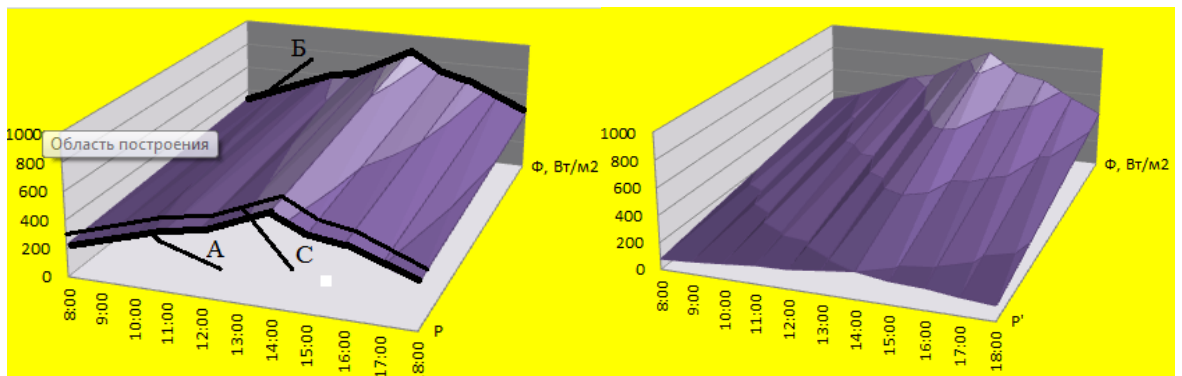


Рис. 13 Потужність теплового контуру, (С – з рекуперацією) та потужність сонячної батареї праворуч

Експериментальні дані сумарної корисної потужності тепло- та фотоперетворюючих контурів ЕРП були занесені до таблиці 2 (додаток Д). За результатами було побудовано графіки теоретичних розрахунків залежності потужності теплового контуру W_t , експериментальні показники сонячної батареї W_e , від часу t (рис.14) та сумарної потужності діючої моделі перетворювача при падаючому сонячному випромінюванні W від часу t . (рис. 14).

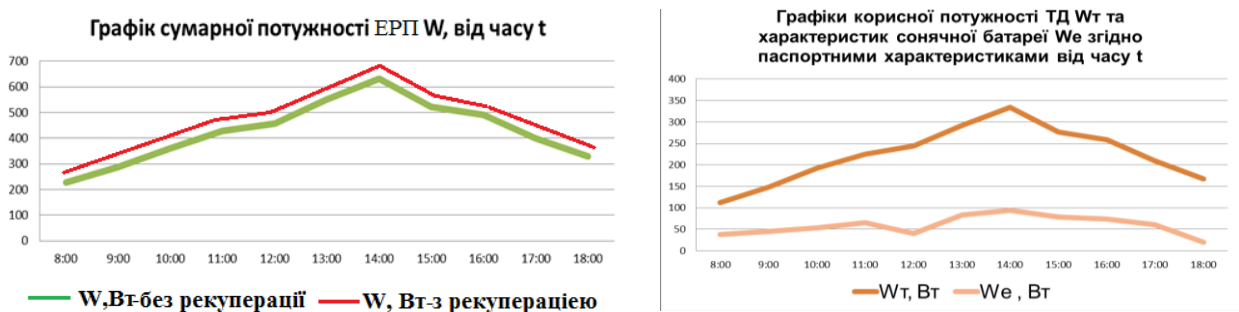


Рис.14 Графіки корисної потужності теплового двигуна та характеристик сонячної батареї і сумарної потужності АП

Осцилограми при різних режимах роботи в основному такі самі

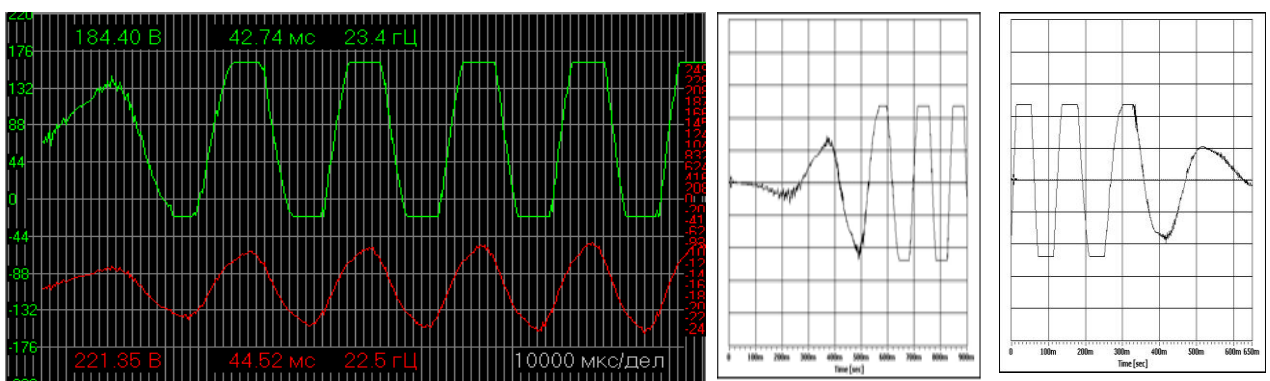


Рис. 15. Діаграма параметру генератору без навантаження, модульована і діаграма перехідного процесу напруги на виходу генератору Цей процес спостерігається в момент відкриття впускного клапану в робочий об'єм приводу з наступною стабілізацією робочого режиму

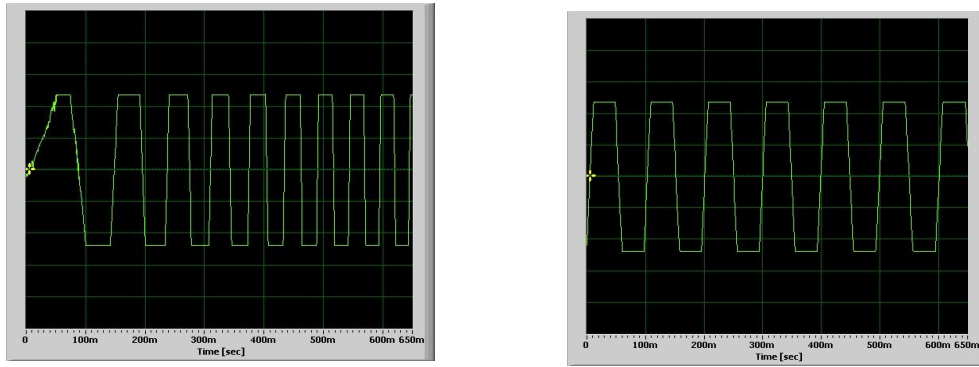


Рис. 16 Діаграма в момент відкриття впускного клапану в об'єм теплоприймача приводу з наступною стабілізацією робочого режиму.

Діаграма параметру генератору із робочого режиму до моменту зупинки. Цей процес спостерігається при закритті впускного клапану.

В початкових експериментах в ролі генератору використовувався насос (помпа) від пральної машини на 40W (Askoll), а в подальшому, його замінили на більш потужний на 100W (Indesit WDN 2296XWU).

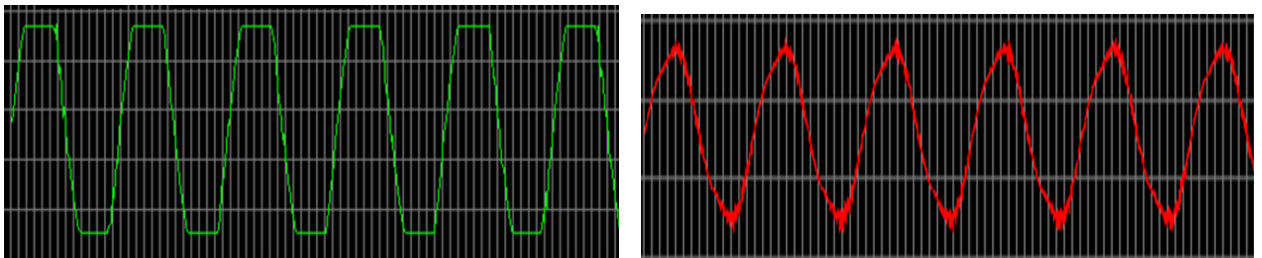


Рис. 17 Осцилограма генератору WDN 2296XWU за максимальної потужності термодинамічної системи та на виході інвертора (червоний колір). Похибка складає 3% при одночасному процесі заряджання акумулятора, який має не повний заряд.

Висновки до розділу 3

Розглянуто розв'язання проблеми створення екологічно-чистого джерела енергії та обґрунтовано доцільність створення вдосконаленого ЕРП.

Розроблено та створено технологію виготовлення ЕРП для перетворення енергії повного спектру сонячного випромінювання в електричну енергію. Теоретичне обґрунтування роботи ЕРП було підтверджено експериментально. В процесі функціонування вдосконаленого ЕРП отримані експериментальні характеристики від потужності сонячного випромінювання. За результатами

знятих фізико-технічних характеристик були складено таблиці результатів досліджень теплоперетворювального контуру з урахуванням корисної потужності теплового двигуна (ТД) та таблиця сумарної корисної потужності тепло- і фото перетворювальних контурів ЕРП з рекуперацією.

Пояснення до таблиці: у зв'язку з тим, що низькоємісйна плівка відбиває інфрачервону(теплову) частку сонячного спектру, то до 63% від опромінювання, що падає на поверхню плівки поглинається теплоприймачем. Крім того, відбувається теплопередача при нагріванні самої плівки до верхньої поверхні корпусу теплоприймача і в змозі передаватися від 9~13% в залежності від погодних умов при робочому режимі де теплота витрачається на корисну роботу з урахуванням конвекції. Таким чином до теплоприймача надходить у середньому до 72% від падаючої потужності інфрачервоної частини спектру сонячного випромінювання.

Побудовані графіки:

1. Графік теоретичних розрахунків залежності потужності теплового контуру P та експерименту P' , від часу t при різній сонячній радіації.
2. Графіки корисної потужності ТД W_t та характеристик сонячної батареї W_e згідно паспортними характеристиками від часу t при різній сонячній радіації і з рекуперацією теплоти.
3. Графік сумарної потужності ЕРП W , від часу t при різній сонячній радіації і з рекуперацією теплоти.

ВИСНОВКИ

- 1) Згідно актуальності розглянутої роботи та реалізованої наукової новизни про реальну можливість розробки проекту із наступною побудовою та його основи створена діюча модель майбутньої установки.
- 2) У науково-дослідницької роботи розв'язано проблеми створення перетворювача в якості джерела електричної енергії та обґрунтовано доцільність будови ЕРП.
- 3) Розроблено структурна схема ЕРП та специфікація для реалізації схеми отримання електроенергії: теплова- механічна-електрична енергії.
- 4) Знято фізико-технічні характеристики (електричні, теплові, механічні) від падаючого сонячного випромінювання на теплоприймач при функціонуванні ЕРП з процесом рекуперації теплоти.
- 5) В процесі функціонування ЕРП отримані експериментальні характеристики від сонячного випромінювання з процесом рекуперації при обережному використанню водного розчину аміаку в якості робочого тіла.
- 6) Побудовані таблиці результатів досліджень тепло перетворювального контуру з урахуванням рекуперації теплоти та таблиця сумарної корисної потужності тепло- і фото перетворювальних контурів ЕРП.
- 7) Побудовані відповідні графіки.

Підбиваючи підсумки результатів науково-дослідницької роботи, доведено необхідність будови ЕРП з наступним використанням в енергетичних галузях в якості перспективного перетворювача сонячної енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденция и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. 2004. Т.38. Вып.8. pp. 946-947.
2. Silicon nanowire solar cells / L. Nsakalagos, J.Balh, J.Fronheiser, B. Korevaar, O. Sulima, J. Rand // Appl. Phys. Lett. Vol. 91. 2007.
3. Ефимов В. П. Фотопреобразователи энергии солнечного излучения нового поколения // Физическая инженерия поверхности. 2010. Т.8. №2. pp. 100-113.
4. Андреев В. М. Концентраторная солнечная фотоэнергетика // Альтернативная энергетика и экология – ISSAEE. 2012. № 05-06 (109-110). pp. 42-44.
5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / Дубовської С.В., Кудря С.О., Бурячок Т.О. та ін.]..
6. Карпаш О. Використання термоелектрики для перетворення сонячної та теплової енергії в електричну для умов України / О. Карпаш, В. Цих, А. Яворський. – Івано-Франківськ, 2011. – 7 с.
7. Жуков Г.Ф. Загальна теорія енергії. //М: 1995., с. 11-25
8. Тимошкин З. Є. Сонячна енергетика і сонячні батареї. М., 1966, с. 163-194
9. Солнечные электростанции. [Электрон.ресурс]. 2017.
URL:<http://aenergy.ru>
10. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии // - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. -224 с.

ДОДАТКИ

Додаток А: установка для випаровування робочого тіла



Додаток Б: загальний вигляд ЕРП соняної енергії в електричну



Додаток В: загальний вигляд установки, де в герметичному об'ємі, з'єднаного з патрубком відкачування пару, знаходиться компресор Resun AIR



Результати досліджень теплоперетворювального контуру ЕРП з урахуванням корисної потужності теплового двигуна

№	Ф, Вт/м ² Сонячний потік (червень-липень і 13 серпня середнє)	Втрати в тепловому контурі згідно показників селективного покриття та парового двигуна			Втрати в елек-му приводі і генераторі	Загальні втрати сонячного потоку, втрати електромагнітні і тепл. в електропри - воді з генератором	Корисна очікувана потужність т. к. $\eta = 27,35\%$	Теоретичні розрахунки	Експеримент	Відносна похибка $\delta\%$
		Ф', Вт Втрати Ф-Ф(0,63-0,37*014) Промисл. показники селективного покриття $\alpha=0,89$; $\varepsilon=0,11$;	Втрати на ТД 56% Ф'', Вт від Ф-Ф'	Втрати сонячного випромінюван. у контурі теплоперетворювання (Ф'+Ф'')	Теплові і електромагнітні втрати в електропри - воді і генераторі 7% від Ф-(Ф'+Ф'')		Корисна потужність у теплоперет. контуру $\eta, \%$	Кінцевий розрахунок теплоперет. контуру Р, Вт $\Delta P=0.091$	Показники генератора теплоперетворювального контуру Р'=U·I, Вт $\Delta P=0.182$	
1	8:00 380	121	145	266	17	283	27,3	102	97	P=0.111 P'=0.051
2	9:00 445	142	170	312	20	332	27	121	113	
3	10:00 520	165	199	364	23	387	27	143	133	
4	11:00 650	207	248	455	29	484	27	181	166	
5	12:00 705	224	269	493	32	525	27,2	199	180	
6	13:00 830	264	317	581	37	618	27,1	235	212	
7	14:00 920	293	351	644	41	685	27,1	263	235	
8	15:00 790	251	301	552	35	587	27,2	224	203	
9	16:00 740	235	283	518	33	551	27,1	208	189	
10	17:00 605	193	231	424	27	454	27	168	151	
11	18:00 500	159	191	350	23	373	27,1	137	127	

Експериментальні дані сумарної корисної потужності тепло та фотоперетворюючих контурів ЕРЦ

№	Ф, Вт/м ² Сонячний потік (червень-липень і 13 серпня середнє)	Показники генератора теплоперетворювального контуру $P'=U \cdot I$, Вт	Отримання корисної теплоти в наслідок роботи ТД, при витратах на нижньому корпусі й патрубках 10%		Паспортні фізико-технологічні характеристики сонячної батареї при $A_M=1000$ Вт/м ² $W=100$ Вт	Сумарна потужність	Коефіцієнт відношення W_r до W_e
			W'_T , Вт до рекуперації теплової енергії	W_r , Вт після рекуперації			
1	8:00 380	97	112	128	39	264	3,2
2	9:00 445	113	130	149	45,5	330,5	3,2
3	10:00 520	133	153	174	53	411	3,28
4	11:00 650	166	186	226,5	66	498,5	3,43
5	12:00 705	180	207	221	71,5	543,5	3,11
6	13:00 830	212	243	278	84	648	3,3
7	14:00 920	235	275	315	93	733	3,38
8	15:00 790	203	233	268	80	614	3,35
9	16:00 740	189	217	247	75	573	3,29
10	17:00 605	151	189	218	61,5	462,5	3,5
11	18:00 500	127	144	165	51	373	3,23