

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

“Поновлювальні та альтернативні джерела енергії”

для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Поновлювальні та альтернативні джерела енергії" для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання /Укл.: О.В.Немикіна, О.І.Кузьменко - Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 26 с.

Укладачі: О.В.Немикіна, к.т.н.

Рецензент: П.Д. Андрієнко, професор, д.т.н.

Відповідальний за випуск: О.І. Кузьменко, зав.лаб.

Затверджено
на засіданні кафедри ЕПП
Протокол № 4
від 23 січня 2019р

на засіданні НМК ЕТФ
Протокол № 7 від 21 лютого 2019р

ЗМІСТ

	с
Передмова	4
Лабораторна робота №1. Вивчення та дослідження роботи активної сонячної системи електропостачання	5
Лабораторна робота №2. Вивчення та дослідження роботи активної сонячної системи теплопостачання	13
Лабораторна робота №3. Вивчення та дослідження принципу дії теплового насосу	20
Література	26

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості, за існуючих техногенних навантажень на навколишнє середовище, є важливим гармонічний розвиток економіки, енергетики і екології. Для цього необхідно запроваджувати заходи щодо зменшення вартості і економії паливно-енергетичних ресурсів, впровадження нових технологій на основі поновлювальних та альтернативних джерел енергії (ПАДЕ), зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. В зв'язку з великим обсягом імпортованих енергоносіїв, вирішення вказаних задач, відіграє вирішальну роль у питанні енергетичної безпеки нашої країни.

Сучасні промислові підприємства - значні споживачі електричної енергії, і одночасно незмінна складова сучасного суспільства. Очевидно, що зараз людство переживає енергетичну кризу: бажані потреби людства у електричній енергії у декілька разів перевищують виготовлення. Для того щоб виготовити будь-яку річ нам потрібна енергія. Матеріальні потреби людства як і популяція людей постійно збільшуються, тому потреба у енергії збільшується геометрично.

Все більше і більше вчених шукають рентабельніші джерела, котрі б використовували відновлювані ресурси і котрі б змогли хоча б частково замінити паливні. У поняття поновлювані та альтернативні джерела енергії (ПАДЕ) включаються такі форми енергії: сонячна, вітрова геотермальна, енергія морських хвиль, течій, припливів та океану, енергія біомаси, гідроелектроенергія, низькопотенційна теплова енергія та інші.

В останні роки тенденція зростання використання ПАДЕ стає достатньо явною. Практично в усіх розвинених країнах формуються і реалізуються програми їх розвитку.

Головна перевага ПАДЕ - невичерпна і екологічна чистота. Ці якості послужили причиною бурхливого розвитку відновлюваної енергетики за кордоном і дуже оптимістичних прогнозів її розвитку в найближчому десятилітті в Україні.

Можна виділити декілька основних причин, що зумовило розвиток ПАДЕ: забезпечення енергетичної безпеки; збереження навколишнього середовища і забезпечення екологічної безпеки; збереження запасів власних енергоресурсів для майбутніх поколінь; збільшення споживання сировини для неенергетичних використання палива.

Лабораторна робота № 1

ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АКТИВНОЇ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Мета роботи

Ознайомитися з принципом роботи фотоелектричної сонячної батареї, навчитися обчислювати опір, потужність коефіцієнт корисної дії фотоелектричної панелі, навчитися розраховувати економію, яку забезпечить використання сонячної батареї та її термін окупності.

Загальні відомості

Сонячна фотоенергетика представляє собою пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію.

Особливістю фотоелектричних установок є те, що потрібна потужність досягається використанням відповідної кількості модулів. Застосовується на практиці 2 типи модулів:

- плоскі фотоелектричні модулі;
- модулі з системою спостереження за положенням Сонця на небосхилі.

Плоскі модулі неорієнтовані, тобто використовують пряму і розсіяну складові сонячного випромінювання, а модулі з концентраторами - тільки пряму складову.

Сонячні плоскі фотоелектричні установки. Принцип дії фотоелектричного перетворювача ґрунтується на явище внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках та ефекту поділу фото генерованих носіїв зарядів. Фотоефект виникає, коли світловий промінь (фотон) падає на елемент із двох матеріалів з різними типами електричної провідності (дірковою чи електронною). Фотон вибиває електрон та утворює вільний негативний заряд і „дірку”.

В результаті рівновага так званого «р-п» переходу порушується, і в виникає електричний струм. Структура кремнієвого фотоелемента показана на рисунку. Принцип діє схожий до принципу дії сонячного фотоелемента мають транзистори, світлодіоди та інші електронні пристрої.

Кремнієві фотоеlementи (рис.1.1) зараз найбільш розповсюджені. В ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм приблизно 0,5 В і 12-13 МВт/см². Кремнієві фотоеlementи бувають монокристалічними і

полікристалічними. Монокристалічна заготовка відрізняється більшою однорідністю, хоча й більш дорога.

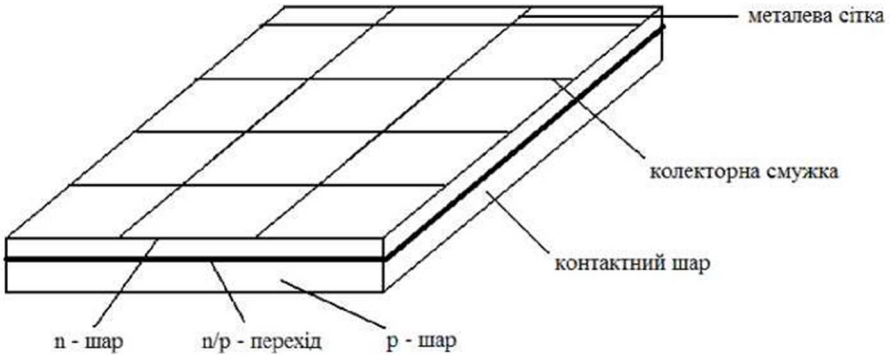


Рисунок 1.1 - Схема кремнієвого фотоелемента

Полікристалічна менше коштує, але і менш однорідна. Теоретична ефективність кремнієвих елементів становить приблизно 28 %, а практична - від 14 до 16 %.

Фотоелементи як електронні пристрої виробляють енергію під дією світла, а не від тепла, тому працюють ефективніше за холодних. Треба відзначити, що при цьому в зимовий час вони виробляють менше енергії в результаті скорочення світлового дня, зменшення кута падіння сонячного світла та збільшення хмарності.

Сонячну (фотоелектричну) батарею отримують з'єднанням сонячних елементів в герметичному корпусі. Промисловість випускає сонячні батареї потужністю 50-350 Вт. З сонячних батарей утворюють фотоелектричні генератори, які встановлюються на сонячних фотоелектричних станціях. Коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячної електростанції (СЭС) при використанні фотоелектричних матеріалів 5-10%. Підвищення ККД до 20 % дозволить стати СЕС конкурентоспроможним джерелом електричної енергії. Вони використовуються для живлення підйомних насосів, телекомунікаційних систем, потреб домашнього господарства. Схема мережевої сонячної електростанції наведена на рис. 1.2.

Сонячні концентруючі фотоелементи. Для підвищення ефективності сонячних батарей та зменшення їх площі використовують концентратори сонячної радіації. Концентруючі фотоелементи використовують тільки пряме сонячне випромінювання, тому до таких систем окрім концентраторів включають системи спостереження за положення Сонця на небосхилі. В таких системах фотострум збільшується в результаті підвищення ступеня концентрації сонячного випромінювання. Крім того, скорочення площі

елемента дозволяє використовувати більш дорогі матеріали (арсенід галію).

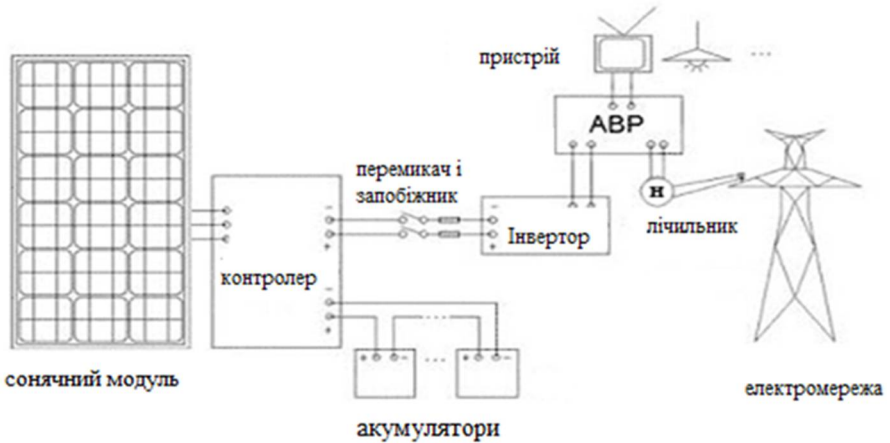


Рисунок 1.2 Схема мережевої сонячної електростанції

Але однаково, більше розповсюдження отримали кремнієві фотоелементи, які досить ефективно працюють в концентрованому сонячному потоці, забезпечуючи невелику втрати енергії.

Серед концентраторів найбільш розповсюдженими є параболоциліндричні концентратори (рис. 1.3). Для зменшення розмірів і спрощення установки рекомендовані до використання лінзи Френеля, виготовлені з скла чи полімерних матеріалів (рис. 1.4).

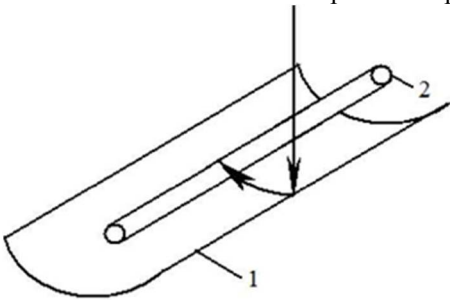


Рисунок 1.3 - Схема параболоциліндричного концентратора: 1 - відбивач; 2 - приймач

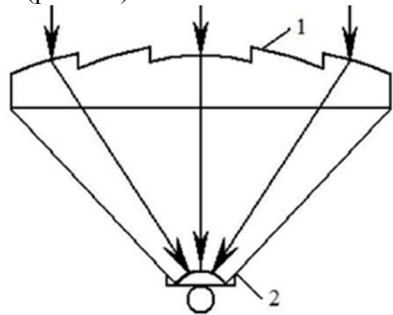


Рисунок 1.4 - Схема лінзи Френеля: 1 - відбивач; 2 - приймач

Лабораторна установка

Лабораторна установка включає такі основні елементи: сонячна фотопанель, сонячний імітатор, блок управління. Схема лабораторної установки має наступний вигляд: (рис. 1.4).

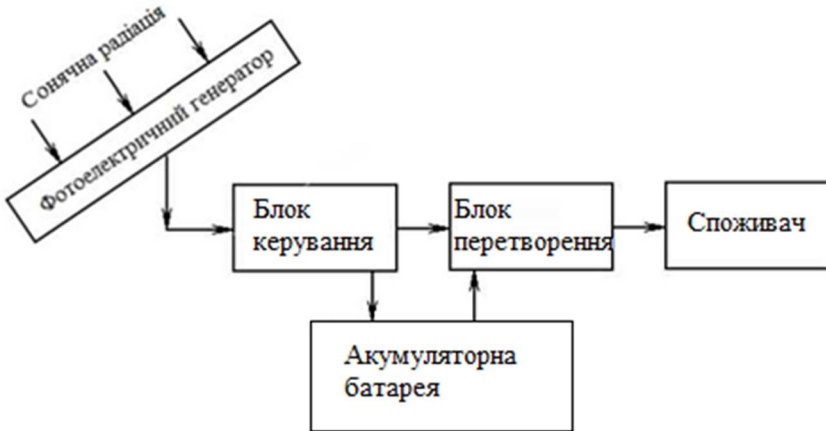


Рисунок 1.4- Схема лабораторної установки

Блок управління проводить заміри наступних параметрів, які використовуються при розрахунках:

- напруги, яку розвиває фото панель $U_{фп}$, В;
- сили електричного струму на навантаженні, яке підключене до фото панелі I_t , А;
- густини потоку випромінювання I_t , Вт/м²

Технічні данні експериментального сонячного колектора:

- модель, SEMENS RS - 50
- паспортна потужність, $P = 50$ Вт

Сигнали від усіх перелічених датчиків надходять до блоку управління, де перетворюються в напругу $0 \dots 5V$, пропорційно вимірюваній величині, для роботи АЦП, ПЕОМ та стрілочних вимірювальних приладів.

Вказівки з техніки безпеки

Забороняється експлуатація приладів зі знятими кришками. Мережний кабель, запобіжник і мережний трансформатор перебувають під напругою

220В частотою 50Гц.

Порядок проведення лабораторної роботи

1. Запустити систему сонячного електропостачання в роботу.
2. Для п'яти положень значення густини потоку випромінювання I_t , Вт/м² зняти з датчиків наступні показники:
 - напруга, яку розвиває досліджувана фотоелектрична панель - $U_{фп}$, В;
 - сила електричного струму на навантаженні, яке підключене до фото панелі - $I_{фп}$, А.

Виміряні величини занести до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Експериментальні дані

Номер досліду, i	I_t , Вт/м ²	$U_{фп}$, В	$I_{фп}$, А
1			
...			
m			

- 3 Розрахувати наступні величини.

- 3.1 Площа фотоелектричної панелі, м²

$$S_{фп} = AB,$$

де А — довжина панелі 1 м;

В—ширина панелі 0,4м.

- 3.2 Потужність сонячної батареї, Вт:

$$P_{фп i} = U_{фп i} \cdot I_{фп i}$$

де $U_{фп i}$ - напруга, фотоелектричної панелі для і-го досліду, В;

$I_{фп i}$ - сила електричного струму фотоелектричної панелі для і-го досліду, А.

3.3 Коефіцієнт корисної дії для кожного досліджу, %:

$$\eta_i = \frac{P_{\text{фп } i}}{I_{\text{Т } i} \cdot S_{\text{фп}}} \cdot 100\%,$$

де $I_{\text{Т } i}$ - густина потоку випромінювання для i -го досліджу, Вт/м².

Розраховані величини занести до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розрахункові дані

Номер досліджу, i	$R_{\text{фп } i}$, Ом	$P_{\text{фп } i}$, Вт	η_i , %
1			
...			
m			

3.5 Середнє значення коефіцієнта корисної дії фотоелектричної панелі, %:

$$\eta_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m \eta_i / m$$

де m - кількість дослідів.

4 Побудувати графіки ККД фотоелектричної панелі від густини потоку випромінювання. Порівняти розрахунковий ККД з ККД сонячної електростанції.

Зміст звіту

У звіті мають бути стислі теоретичні відомості, що використовуються при виконанні роботи.; дані отримані на лабораторному стенді, величини, розраховані під час роботи; графіки та залежності.

Контрольні запитання

1. Яка будова напівпровідникового сонячного елемента?
2. Які струми протікають через освітлений р-п-перехід?
3. Як виникає фотоЕДС?

4. При контактi яких матерiалiв виникає р-п-перехiд?
5. Який принцип дiї та яку будову має сонячна електростанцiя?
6. Які переваги та недолiки є у сонячної енергетики?
7. Що являє собою сонячна фотоенергетика?

Лiтература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т. 3. М.: Наука. 1987. - 320 с.
2. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посiбник / І. О. Сiнчук, С.М. Бойко, К. І. Лосiна, І.А. Луценко, Г.І. Ткаченко; під ред. докт. техн. наук, проф. О.М. Сiнчука. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.
3. Дикий М.О. Поновлювальні джерела енергії: Пiдручник. - К.: Вища школа, 1993. - 351 с.
4. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. .Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечногоизлучения. – Ленинград: Наука, 1989. – 256 с.

Лабораторна робота № 2

ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АКТИВНОЇ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Мета роботи

Ознайомитися з класифікацією систем активних систем теплопостачання, принципом роботи різних типів колекторів, перевагами та недоліками різних схем систем сонячного гарячого водопостачання; навчитися проводити розрахунок теплопродуктивності та ККД досліджуваного сонячного колектора

Загальні відомості

Найбільш освоєним у світі є використання сонячної енергії для теплопостачання. За кліматичними умовами Україна належить до регіонів із середньою інтенсивністю сонячної радіації.

В активних сонячних системах теплопостачання вловлювання і перетворення сонячної енергії здійснюється в спеціальних пристроях - сонячних колекторах, в пасивних - приймачем сонячного випромінювання є споруда.

Активні сонячні системи теплопостачання призначені для теплопостачання житлових будинків, лікувально-оздоровчих установ, фермерських господарств, дачних ділянок, плавальних басейнів, а також для виробничих процесів у промисловості і сільському господарстві. Активні системи сонячного теплопостачання класифікуються за такими ознаками:

- за призначенням: системи гарячого водопостачання, опалення, комбіновані системи;
- за ступенем охоплення споживачів: індивідуальні, групові та централізовані;
- за часом роботи протягом року: сезонні, річні;
- за кількістю контурів: одно-, дво- і багатоконтурні;
- за засобом циркуляції теплоти: із природною циркуляцією і з примусовою циркуляцією;
- за типом енергоносія: водяні, повітряні і т.д..

Сонячний колектор вловлює і перетворює сонячну енергію в теплову та нагріває теплоносії.

Зараз широко використовуються плоскі колектори, до переваг якого

можна віднести те, що вони перетворюють в теплоту і пряме, і розсіяне випромінювання, через що не потребують складних систем спостереження за Сонцем.

Плоский колектор складається з елементу, що поглинає сонячне випромінювання, прозорого покриття та термоізолюючого шару. Поглинаючий елемент називається абсорбентом, він з'єднаний з теплопровідною системою. Прозорий елемент зазвичай виконується із загартованого скла з пониженим вмістом металів (боросилікатне). Чим більше енергії випромінювання передається теплоносію, що протікає в колекторі, тим вище його ефективність. Підвищити її можна, застосовуючи спеціальне оптичне покриття, яке не випромінює тепла в інфрачервоному спектрі. Стандартним способом підвищення ефективності колектора стало застосування абсорбенту з листової міді через її високу теплопровідність.

Основними елементами системи сонячного гарячого водопостачання є рідинний сонячний колектор і бак-акумулятор.

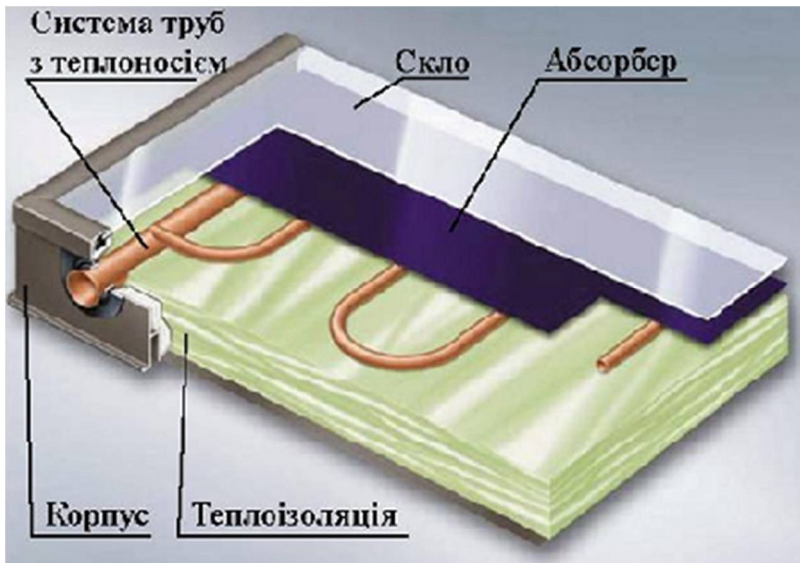


Рисунок 2.1 – Плоский колектор

Найбільш простими за будовою є одноконтурні системи з природною циркуляцією, в яких бак-акумулятор розташовується над сонячним водяним колектором, і вода циркулює в результаті природної конвекції.

У звичайних плоских колекторах практично неможливо досягти температури теплоносія вище 100 °С через зростання втрат теплової енергії

теплопровідністю і конвекційними перетоками повітря між абсорбером і закленням. Збільшення робочої температури теплоносія до 250-300 °С можна забезпечити використанням вакуумних скляних трубчастих колекторів.

Вакуумні колектори є більш ефективними порівняно з плоскими колекторами, однак вони є більш дорогими по порівнянню з плоскими колекторами. Вакуумні колектори складаються з жаропрочного стекла (наприклад, Рутех), яке виконано у вигляді концентричних трубок з подвійними стінки. Вакуум, який пропускає сонячне тепло, обмежує теплові потери знову в середовище, створюючи високу температуру в центрі труби. На зовнішній поверхні покриття - поглинаюче, відбиває - на внутрішній поверхні. Існує два види вакуумних колекторів (рис 2.2):

- «прямоточні» 1) вакуумний колектор з прямою теплопередачею води і вбудованим теплообмінником;

-колектори «теплова труба» (вакуумний колектор з термотрубками, 2).



Рисунок 2.2- Різновиди вакуумних колекторів

В вакуумному колекторі з прямою теплопередачею води вакуумні трубки з'єднуються з накопичувальним баком. До переваг цих систем відносяться безпосередня передача тепла воді без участі інших елементів.

Термотрубка - це закрита мідна труба з невеликим вмістом легкозакипаючої нетоксичної рідини (іногратік). Конструкція вакуумних труб схожа на конструкцію термоса: одна трубка

вставлена в іншу з великим діаметром., рис.2.3.

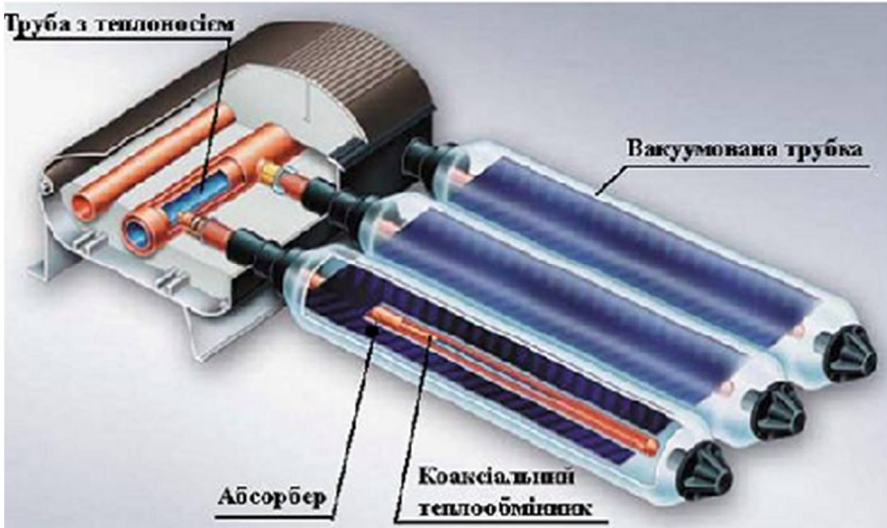


Рисунок 2.3 - Конструкція вакуумного колектора

Між ними вакуум, який представляє досконалу термоізоляцію. Під впливом тепла рідина випаровується і забирає тепло вакуумної трубки. Пари піднімаються у верхню частину - наконечник (конденсатор), температура на якому може досягати 250-380 °С., де конденсуються і передають тепло теплоносію основного контуру водоспоживання. Конденсат стікає вниз, і все повторюється знову.

ККД сонячного колектора – це відношення корисної теплової енергії відведеної від абсорбера до виділеної на ньому енергії сонячного випромінювання. Втрати енергії мають два складники: оптичний і теплопровідний. В колекторах оптичні втрати виникають під час відбивання сонячного випромінювання від поверхні скла і абсорбера. Оптичний ККД η_0 має максимальне значення за нульової різниці температур між абсорбером і навколишнім середовищем, коли втрати на теплопровідність відсутні. Оптичний ККД колектора - це константа величина і залежно від типу колектора становить 73 - 90%. Типову залежність ККД різних типів колекторів показано на рис. 2.4.

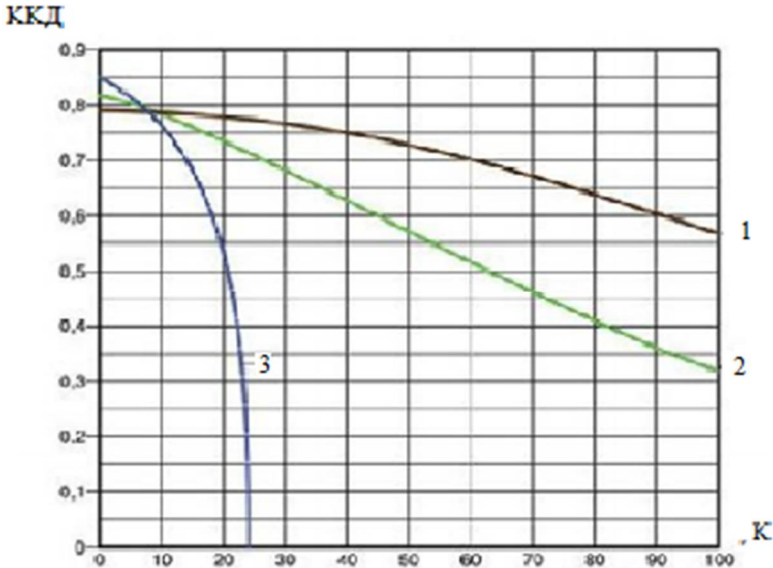


Рисунок 2. 4.- Залежність ефективності від різниці температур повітря і теплоносія в сонячному колекторі, при сонячному випромінюванні потужністю 600 Вт / м^2 :

1 - вакуумний колектор (трубчастого типу); 2 - плоский сонячний колектор (селективне покриття); 3 - сонячний колектор відкритого типу.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до виконання лабораторної роботи студентам слід вивчити принцип дії сонячного колектора, роботу системи сонячного теплопостачання. Оформити заготовку до звіту з лабораторної роботи (титольна сторінка, мета роботи, основні теоретичні відомості).

Лабораторна установка

Схема лабораторної установки має наступний вигляд, рис.2.5.

Імітатор Сонця має спектр випромінювання близький до сонячного теплового випромінювання. Регулювання потужності здійснюється тиристорним регулятором і переміщенням імітатора відносно панелі.

Колектор має селективне покриття та одностекольну прозору ізоляцію.

Ємність бака-акумулятора складає 15 л. Бак має вбудований тепло передаючий елемент.

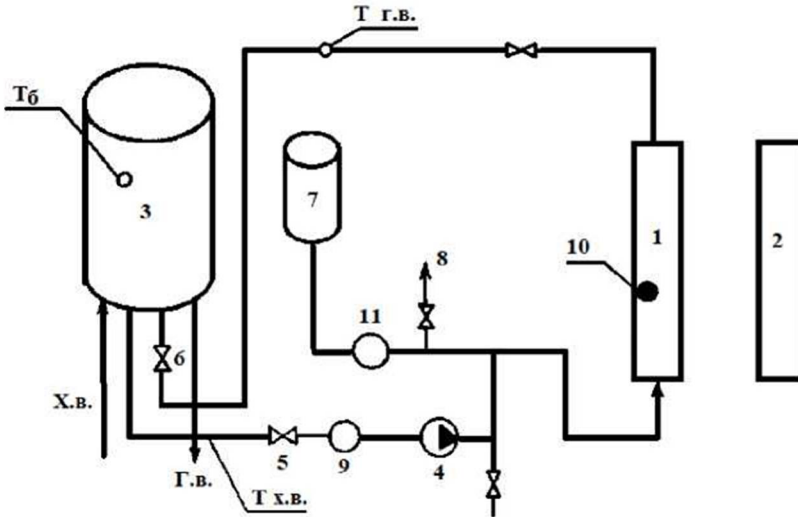


Рисунок 2.5 - Схема лабораторної установки для випробування сонячного колектора: 1 - сонячний колектор; 2 - сонячний імітатор; 3 - бак-аккумулятор із змійовиком - теплообмінником; 4 - насос; 5, 6 - засувки; 7 - напірний бак; 8 - зливання води; 9 - витратомір води; 10 - датчик вимірювання густини потоку випромінювання; 11 - манометр.

Система має датчики температур холодної, гарячої води, води в баці-аккумуляторі та колекторі. Сигнали від усіх перелічених датчиків надходять до блоку управління, де перетворюються в напругу 0 ... 5В, пропорційно вимірюваній величині, для роботи стрілочних вимірювальних приладів.

Вказівки з техніки безпеки

Забороняється експлуатація приладів зі знятими кришками. Мережний кабель, запобіжник і мережний трансформатор перебувають під напругою 220 В частотою 50 Гц.

Порядок проведення лабораторної роботи

- 1 Запустити сонячну систему гарячого водопостачання в роботу.
- 2 Для п'яти положень значення густини потоку випромінювання I_T , Вт/м^2 зняти з датчиків наступні показники:
 - температура холодної води - $T_{\text{ХВ}}$, °С;

- температура гарячої води - $T_{ГВ}, ^\circ\text{C}$;
- температура води в колекторі - $T_{К}, ^\circ\text{C}$;
- температура навколишнього середовища - $T_{нс}, ^\circ\text{C}$.

Виміряні величини занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Експериментальні дані

Номер досліду, і	$I_{Т}, \text{ВМ}/\text{м}^2$	$T_{ХВ}, ^\circ\text{C}$	$T_{ГВ}, ^\circ\text{C}$	$T_{К}, ^\circ\text{C}$	$T_{нс}, ^\circ\text{C}$
1					
...					
m					

3. Розрахувати наступні величини.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) колектора визначається різницею між оптичним коефіцієнтом корисної дії η_0 і тепловтратами колектора (коефіцієнти тепловтрат k_1, k_2). ККД колектора, також його називають термічним коефіцієнтом корисної дії колектора:

$$\eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T - k_2 \cdot \Delta T^2}{\sum j q_{\text{пад}}},$$

η_0 - оптичний ККД сонячного колектора, для одинарного скла $\eta_0 = 0,8$;
 ΔT -різниця температур між колектором та навколишнім середовищем ($T_{нс}$ - температура навколишнього середовища);
 k_1, k_2 —коефіцієнти тепловтрат колектора, які залежать від типу і теплоізоляції колектора.

Усі ці характеристики вказуються у технічному паспорті на колектор. Колектор має наступні коефіцієнти: $k_1 = 3,4 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{К}$.; $k_2 = 0,003$.
 $\sum j q_{\text{пад}}$ ($I_{Т}$)- густина потоку падаючої сонячної радіації, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Кількість виробленої системою теплоти $Q_{\text{кор}}$, Вт:

$$Q_{\text{кор}} = \eta \cdot A \cdot \sum j q_{\text{пад}},$$

A – площа колектора, м^2 , площа складає $0,6 \text{ м}^2$.

Розраховані величини для кожного значення густини потоку випромінювання I_T , Вт/м² занести до таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Розрахункові дані

Номер досліду, i	I_T , Вт/м ²	η , %	$Q_{\text{кор}}$, Вт
1			
...			
m			

Побудувати графік залежності ККД сонячного колектора η від густини потоку випромінювання I_T , Вт/м².

Зміст звіту

У звіті необхідно занести до відповідної таблиці отримані під час експерименту величини густини потоку випромінювання, температур, витрати теплоносія. Провести розрахунки корисної енергії колектора та ККД геліоустановки, їх результати занести до таблиці. Побудувати графік залежності $\eta = f(I_T)$.

Контрольні запитання

1. Потенціал сонячної енергії в Україні.
2. Шляхи використання теплової енергії Сонця.
3. Існуючі активні сонячні системи тепlopостачання.
4. Принцип роботи колектора. Типи колекторів.
5. Будова та види систем сонячного тепlopостачання.
6. Що являє собою сонячна теплоенергетика?

Література

1. БекманУ., Клейн С., Даффидж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. - М.: Энергоиздат, 1982. - 80 с.
2. Валов М.И., Казанджан Б.И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. М.: изд-в МЭИ, 1991. - 140 с.

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПУ ДІЇ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ

Мета роботи

Вивчити призначення, конструкцію та принцип дії теплового насоса.

Загальні відомості

Тепловий насос - це термодинамічна установка, в котрій тепло від низько потенціального джерела передається споживачу при більш високій температурі. При цьому витрачається механічна (або електрична) енергія. Тобто, тепловий насос це є ніщо інше, як обернена теплова машина.

Для роботи теплової машини потрібно мати два резервуари тепла, один з вищою температурою - нагрівник, а другий з нижчою температурою - охолоджувач. З нагрівника двигун отримує тепло Q_1 , а охолоджувачу віддає тепло Q_2 . Цикл, за яким теплова машина виконує роботу і на графіку зображується двома ізотермами і двома адіабатами, називається циклом Карно. Такий цикл зображено на рис. 3.1. після завершення циклу Карно система повертається у вихідну точку, тобто приріст ентропії за цикл Карно дорівнює нулю.

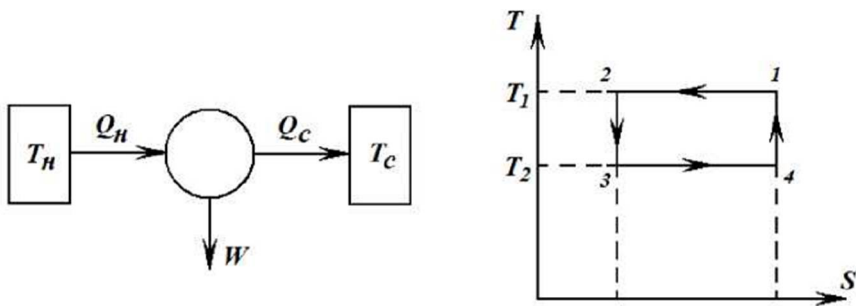


Рисунок 3.1 - Термодинамічна схема теплового двигуна

Коефіцієнт корисної дії теплової машини дорівнює:

$$\text{ККД} = (Q_1 - Q_2) / Q_2 = (T_1 - T_2) / T_1 = 1 - T_2 / T_1$$

Тобто, зі зниженням температури T_2 коефіцієнт корисної дії збільшується.

Цикл, що здійснюється у зворотному напрямку називається холодильним циклом (рис. 3.2). Стиснення холодоагенту (від точки 2 до точки 3) відбувається при сталій ентропії, а температура речовини збільшується від T_2 до T_1 . Теплообмін з навколишнім середовищем відбувається при сталій температурі T_1 (ізотермічний процес від точки 3 до точки 4). У процесі віддавання тепла ентропія речовини зменшується. На наступному етапі відбувається розширення речовини і температура холодоагенту зменшується до T_2 (хід від точки 4 до точки 1). Холодоагент отримує тепло від холоднішого резервуару і його ентропія збільшується (рух від точки 1 до точки 2).

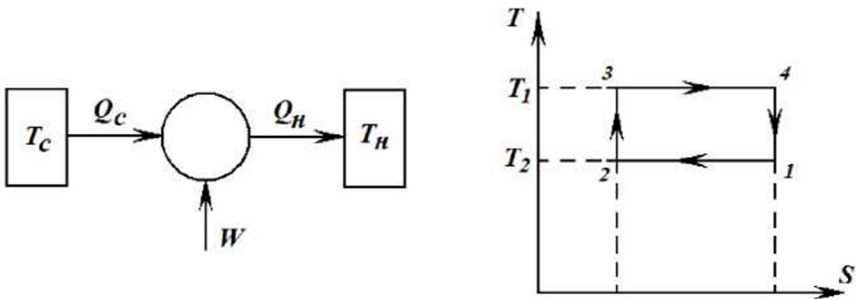


Рисунок 3.2 - Термодинамічна схема теплового насосу

Кількість тепла, що відведена з холоднішого резервуару дорівнює добутку температури резервуару на зміну ентропії холодоагенту:

$$Q_2 = T_2(S_2 - S_1)$$

Кількість тепла, що віддане холодоагентом навколишньому середовищу, дорівнює добутку температури навколишнього середовища на зміну ентропії холодоагенту:

$$Q_1 = T_1(S_2 - S_1).$$

Площа, обмежена графіком циклу, дорівнює роботі, яка виконана над холодоагентом:

$$A = (T_1 - T_2) (S_2 - S_1) = T_1(S_2 - S_1) - T_2(S_2 - S_1) = Q_1 - Q_2$$

Робота A , це механічна робота, яку виконує поршень стискаючи, та розтискаючи холодоагент.

Для оцінки ефективності холодильного циклу використовують показник, що називають холодильний коефіцієнт Карно (XK_K), який дорівнює відношенню кількості тепла, відведеного від холоднішого резервуару, до кількості затраченої роботи:

$$\begin{aligned} XK_K &= Q_2 / A = Q_2 / (Q_1 - Q_2) = \\ &= T_2(S_2 - S_1) / ((T_1 - T_2)(S_2 - S_1)) = T_2 / (T_1 - T_2) \end{aligned}$$

Тобто, значення холодильного коефіцієнту тим більше, чим менша різниця температур двох середовищ.

Ефективність холодильного циклу оцінюється за значенням холодильного коефіцієнта XK_K , який дорівнює відношенню кількості відведеного тепла до затраченої на це роботи. Інакше холодильний коефіцієнт представляють відношенням температури у випарнику до різниці температур конденсатора і випарника. Цей параметр відноситься до ідеального холодильного циклу Карно. Оскільки робота на охолодження виконується лише компресором то XK_K можна обчислити як відношення кількості відведеного тепла до кількості спожитої енергії компресором. Більше значення XK_K свідчить про те, що для досягнення потрібного охолодження (нагрівання) установка витрачає менше енергії.

Тепловому насосу (кондиціонеру) необхідне також допоміжне обладнання (помпи, вентилятори, тощо), а споживання енергії установкою має дещо більше значення, ніж споживання тільки компресором. Тому вводиться поняття холодильного коефіцієнту системи:

$$XK_C = Q_2 / (A + A')$$

Величина реального холодильного коефіцієнта XK_C завжди менша від XK_K циклу Карно.

Коефіцієнт корисної дії системи кондиціонування η_c визначають як відношення холодильного коефіцієнту системи до холодильного коефіцієнту Карно:

$$\eta_c = \text{XK}_c / \text{XK}_K = \text{XK}_c (T_1 - T_2) / T_2 = \text{XK}_c (T_K - T_B) / T_B$$

Таким чином, для обчислення коефіцієнта корисної дії необхідно знати XK_c і температури конденсації $T_1 = T_K$ та випаровування $T_2 = T_B$.

Значення холодильного коефіцієнту системи можна розрахувати як відношення кількості відведеного тепла до спожитої активної потужності системою:

$$\text{XK}_c = Q_0 / P$$

Кількість відведеного тепла від охолоджувального середовища можна розрахувати за формулою

$$Q_0 = C_p m_t / (T_{zc} + T_1)$$

де: C_p - теплоємність;

m_t - масові витрати;

T_{zc} - температура зовнішнього середовища

Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Вивчитиметодичнівказівки до даноїлабораторноїроботи. Ознайомитисьіз принципом роботилабораторної установки:

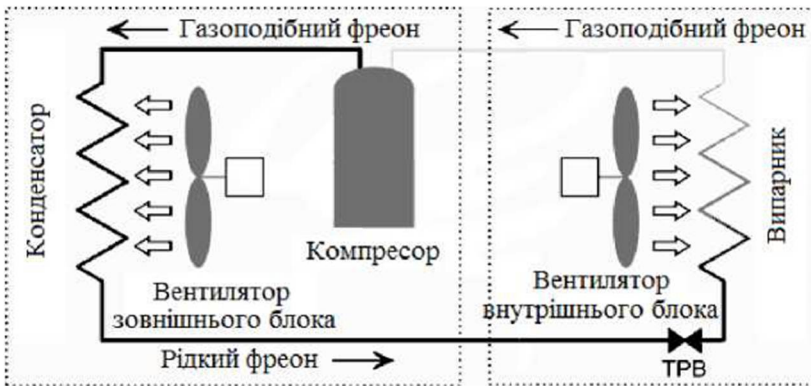


Рисунок 3.3 - Принцип дії лабораторної установки

Оформити заготовку до звіту з лабораторної роботи (титульна сторінка, мета роботи, основні теоретичні повідомлення)

Підготувати бланк таблиці експериментальних даних:

Таблиця 3.1 - Експериментальні дані

№ п/п	T_B	T_K	$T_{зс}$	$V_{пв}$	$V_{пк}$	U_H	I_H	$\cos \varphi$
1								
2								
3								
4								
5								

Порядок виконання лабораторної роботи

Запустити лабораторну установку, зняти показання усіх приладів для п'яти різних режимів її роботи і занести їх до таблиці 3.1

Розрахувати активну потужність P , що система споживає із мережі, холодильний коефіцієнт Карно, холодильний коефіцієнт системи, коефіцієнт корисної дії системи та побудувати залежність $Q = f(P)$.

Вказівки з техніки безпеки

Забороняється експлуатація приладів зі знятими кришками. Мережний кабель, запобіжник і мережний трансформатор перебувають під напругою 220 В частотою 50 Гц.

Зміст звіту

У звіті до лабораторної роботи повинні бути приведені стислі теоретичні повідомлення, що використовуються при виконанні лабораторної роботи; експериментальні та розрахункові дані; накреслена схема лабораторної установки з описом її роботи; побудовані графічні залежності розрахункових величин; висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Цикл Карно та цикл теплового насоса.
2. Джерела низькопотенціальної теплової енергії
3. Види теплових насосів
4. Принцип дії теплових насосів
5. Область застосування теплових насосів
6. Поняття холодильного коефіцієнту Карно та холодильного коефіцієнту системи.
7. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна та теплового насоса.
8. Кондиціонування, активне та пасивне

Література

1. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, К. І. Лосіна, І.А. Луценко, Г.І. Ткаченко; під ред. докт. техн. наук, проф. О.М. Сінчука. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.
2. Рей Д. Тепловые насосы: пер с англ/ Д. Рей, Д. Макмайл - М.: Энергоиздат, 1982. - 224 с.
3. Лобачев П. В. Насосы и насосные станции: Учебник для техникумов. [2-е изд., перераб. и доп.] / П. В. Лобачев - М.: Стройиздат., 1983. - 191 с.
4. Поляков В. В., Скворцов Л. С. Насосы и вентиляторы: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат., 1990. - 336 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудюк, Д. Нетрадиційні (відновні) джерела енергії [навч.посібн] / Д. Дудюк, С. Мазепа. - Львів: РВВ УкрДЛТУ. - 2004. - 68 с.
2. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, К. І. Лосіна, І.А. Луценко, Г.І. Ткаченко; під ред.. докт. техн.. наук, проф. О.М. Сінчука. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.
3. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии [пер с англ.] / Дж. Тваделл, А. Уэйр. - М.: Энергоатомиздат. - 1990. - 390 с.
4. Ахметов, Р.Б. Перспективы использования нетрадиционных источников энергии / Р.Б. Ахметов. - М.: Информэнерго. - 1985. - 60 с.
5. Щербина, О.М. Енергія для всіх [техн.довідник] / О.М. Щербина. - Ужгород. - 2000. - 80 с.
6. Гаджиев, А.Г. Геотермальное теплоснабжение / А.Г. Гаджиев, Ю.И. Султанов, П.Н. Ригер. - М.: Энергоатомиздат. - 1984. - 110 с.
7. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, К. І. Лосіна, І.А. Луценко, Г.І. Ткаченко; під ред.. докт. техн.. наук, проф. О.М. Сінчука. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.
8. УделСвен. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии: / Переводсо швед./.- М.: Знание, 1980. - 87 с.
9. Проблемы энергетики на рубеже XXI столетия: Учеб. Пособие / Л.Л. Товажнянский, Б.А. Левченко.-Х.: НТУ «ХПИ», 2004. -.174 с.
10. Валов М.И., Казанджан Б.И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения.-М.: Изд-во МЭИ, 1991.-140с.
11. Немудрый И.Ю. Повышение эффективности преобразования энергии в ВЭУ с аэродинамической мультипликацией / Немудрый И.Ю.// Электротехника и электроэнергетика. – 2014. – № 1. – С. 79-85
12. Алексеевский Д. Г., Андриенко П. Д., Турышев К. О., Панкова О. Определение рабочей области ИППНв составе электромеханической системы ВЭУ с переменной скоростью вращения//Электротехника и электроэнергетика. – 2017. – № 1. – С. 79-85
13. Андриенко П. Д. Особенности непрерывного контроля характеристик влагосодержания изоляции маслонаполненного электрооборудования / П. Д. Андриенко, А. А. Сахно, С. П. Конограй, Л. С. Скупская // Электротехника та електроенергетика. - 2014. - № 2. - С. 32-40.