МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр

«Використання елементів Пельтьє, як сенсору температури у системах з габаритними обмеженнями»

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-43
Всеволожский М.А.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: Прикладна фізика
енергетичних систем
Керівник: ст. викладач Кофман О. Й.

Рецензент:

Харків – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра інформаційних технологій у фізико-енергетичних системах
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____ Руслан СУХОВ
підпис
"____"_____2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Всеволожський Микита Андрійович

1.Тема роботи «Використання елементів Пельтьє як сенсору температури у системах з габаритними обмеженнями» керівник роботи: Кофман Олег Йосипович.

затверджені наказом по університету від "05" грудня 2019 року №0210-05/2249

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2020

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1) Розглянути типи та принципи вимірювання відносної вологості газів;

2) Розробити структурну схему установки для дослідження вольт — амперної характеристики елементу Пельтьє в залежності від температури;

3) Дослідити техничну можливість застосувати елемент Пельтьє для визначення температури.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір теми, узгодження, а також затвердження її на кафедрі
2	Робота над літературою та іншими джерелами
3	Затвердження теми на кафедрі
4	Написання вступу до роботи та першого розділу
5	Написання другого розділу
6	Написання третього розділу
7	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
8	Подача науковому керівнику
9	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
10	Попередній захист
11	Захист

5.Дата видачі завдання

Студент _____ Микита ВСЕВОЛОЖСЬКИЙ
підпис

Керівник роботи _____ Олег КОФМАН

РЕФЕРАТ

Всеволожський Микита «Використання елементів Пельтьє, як сенсору температури у системах з габаритними обмеженнями»
Кваліфікаційна робота бакалавра з прикладної фізики. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020.- 33 с.

В роботі досліджується можливість використання елементу Пельтьє як сенсору температури для використання в пристрої що вимірює відносну вологість повітря методом «точки роси». Для цього вимірюються вольт-амперні характеристики елементу Пельтьє при різних температурах.

Дипломний проект містить: 33 сторінки, 9 рисунків, 1 таблиці, 7 джерел, 1 додаток.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕМЕНТ ПЕЛЬТЬЄ ВОЛЬТ-АМПЕРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

РЕФЕРАТ

Всеволожский Никита «Использование элементов Пельтье, как сенсора температуры в системах с габаритными ограничениями»
Квалификационная работа бакалавра прикладной физики. - М .: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2020.- 33 с.

В работе исследовалась возможность использования элемента Пельтье как датчика температуры для использования в устройстве измерения относительной влажности воздуха методом «точки росы». С этой целью измерялись вольт-амперные характеристики элемента Пельтье при разных температурах.

Дипломный проект содержит 33 страницы, 9 рисунков, 1 таблицы, 7 источников, 1 приложения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЛЕМЕНТ ПЕЛЬТЬЕ, ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

ABSTRACT

Vsevolozhsky Nikita "Using Peltier elements as a temperature sensor in systems with dimensional constraints"

Qualification work of the bachelor of applied physics. - M .: KhNU imeni VN.Karazina, 2020.- 28 p.

The project investigated the possibility of using the Peltier element as a temperature sensor for use in a device for measuring relative air humidity using the dew point method. For this purpose, the current – voltage characteristics of the Peltier element were measured at different temperatures.

The diploma project contains 33 pages, 9 figures, 1 table, 7 sources, 1 application.

KEYWORDS: ELEMENT OF PELTIER, VOLT-AMPER CHARACTERISTICS.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1. Елемент Пельтьє 10
1.1. Відкриття ефекту Пельтьє 10
1.2. Модулі Пельтьє 11
1.3. Особливості експлуатації модулів Пельтьє 13
1.4. Застосування ефекту Пельтьє 15
2. Опис установки 17
2.1. Вибір елемента Пельтьє 17
2.2. Схема установки 18
3. Опис експерименту 20
ВИСНОВКИ 21
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 22
ДОДАТКИ 23

ВСТУП

Актуальність теми. Відносна вологість є одним з критеріїв навколишнього середовища. При дуже низькій або високій вологості людина швидко стомлюється, втрачає сили - шкіра може покриватися мікротріщинами. Якщо відносна вологість буде низька, повітря здається нам сухим, а якщо високою - вологим, а коли відносна вологість наближається до 100%, повітря сприймається як сирої. Контроль вологості необхідний для припинення поширення захворювань. Вчені провели дослідження і з'ясували, що новий патоген (коронавірус), як і більшість інших вірусів, найкраще передається при температурі 5 - 8,7 ° С. При підвищенні температури його активність різко падає, при температурі 38 ° С і вологості 95% COVID-19 повністю втрачає свою активність, але при температурі 22 ° С і вірус може збережеться, для нього це вважається досить комфортними умовами. Для людини ж найбільш комфортними умовами для проживання є відносна вологість на рівні 40-60%, тому шанс підхопити хворобу нижче. Також для більшості вірусів відносна вологість рівна 80% вважається згубною, тому якщо в кімнаті така вологість, вірусу можна не боятися. Це трохи вище оптимального рівня (40-60%)[3], але під час епідемій краще потерпіти легке перезволоження, ніж вірусну інфекцію.

На сьогоднішній день ми використовуємо пристрої для вимірювання відносної вологості. Відносною вологістю є відношення кількості водяної пари до тієї кількості водяної пари, яке повітря може містити при даній температурі.

Одним із часто вживаних методів безпосереднього вимірювання є метод точки роси. Дія методу полягає у визначенні температури, до якої слід охолодити при постійному тиску вологе повітря (газ) для доведення його до стану насичення. Температуру точки роси визначають по початку конденсації водяної пари або виникнення інею на поверхні охолодження твердого тіла[4].

Так як метод точки роси передбачає охолодження, то в автоматизованих пристроях зручно використовувати елемент Пельтьє для охолодження. Таке рішення зручно, перш за все тим, що не вимагає рухомих частин або газів в своїй конструкції. Для здешевлення конструкції і скорочення габаритних розмірів видався цікавим використовувати в якості сенсору температури той же елемент Пельтьє, який використовується в якості охолоджувача.

В роботі досліджується вольт-амперні характеристики елемента Пельтьє в залежності від температури.

Для досягнення поставленої мети визначені **задачі**:

1) Розглянути типи та принципи вимірювання відносної вологості газів;

2) Розробити структурну схему установки для дослідження вольт — амперної характеристики елементу Пельтьє в залежності від температури;

3) Дослідити технічну можливість застосувати елемент Пельтьє для визначення температури.

Об’єкт дослідження – елемент Пельтьє в різних температурах умовах.

Предмет дослідження – Вольт-амперні характеристики елементів Пельтьє в залежності від температури.

Методи дослідження. Вимірювання вольт-амперних характеристик елемента Пельтьє при високих та низьких температурах.

Дипломна робота викладена на 33 сторінках друкованого тексту, включає 9 малюнків, 1 таблиці, складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатку.

1. ЕЛЕМЕНТ ПЕЛЬТЬЄ

1.1. Відкриття ефекту Пельтьє

Ефект Пельтьє виявив французький дослідник Жан-Шарль Пельтьє у 1834 році. Під час одного з його експериментів електричний струм проходив через смугу вісмуту, з під'єднаними до нього мідними дротами (рис. 1.1.). Під час експерименту виявилося, що одно з з'єднаній міді та вісмуту нагрівається, а інше охолоджується.

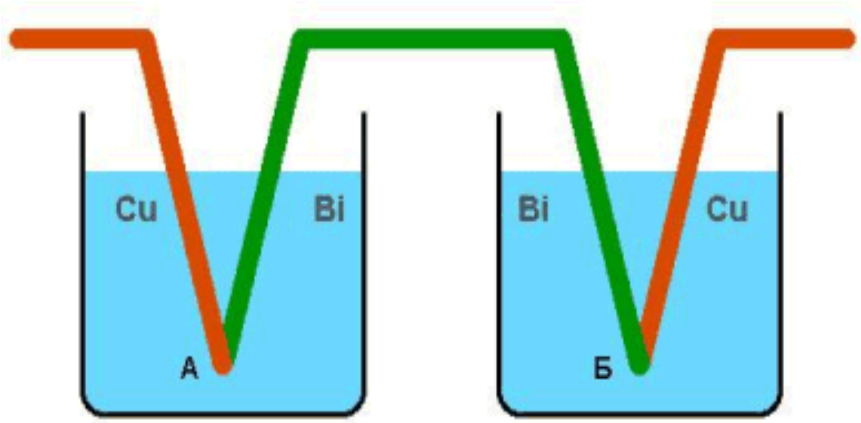


Рис. 1.1

Справжнє значення явища було пізніше пояснено у 1838 р. Емілем Ленцем

Ленц експериментував із краплею води, розміщеною на стику двох провідників (вісмуту та сурми). Коли струм пропускався в одному напрямку, крапля води замерзла, а коли змінився напрям струму, він розтанув. Тому було виявлено, що при проходженні струму через контакт двох провідників в одному напрямку виділяється тепло, в іншому - поглинається. Явище було названо ефектом Пельтьє [5].

1.2. Модулі Пельтьє

Поєднання великої кількості напівпровідникових пар типу p та n дозволяє створювати відносно потужні охолоджуючі елементи. Одна з конструкцій напівпровідникового термоелектричного модуля Пельтьє представлена на рис. 1.2.

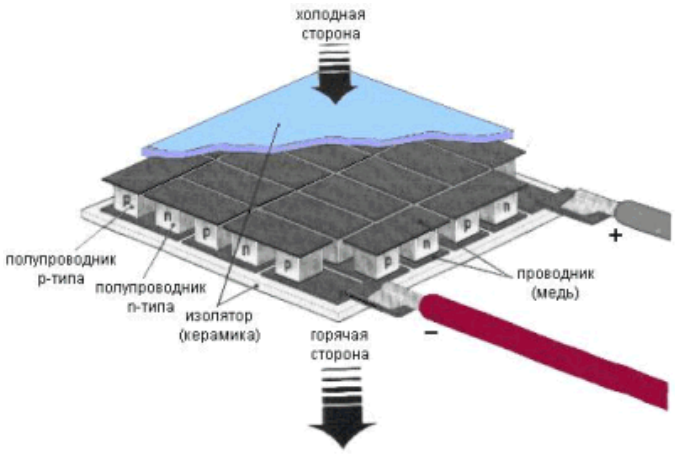


Рис. 1.2

Модуль Пельтьє - це термоелектричний охолоджувач, що складається з послідовно з'єднаних напівпровідників типу p і n, які утворюють p-n та n-p переходи. Кожен з цих переходів має тепловий контакт з одним із двох керамічних радіаторів. В результаті проходження електричного струму певної полярності утворюється різниця температур між радіаторами модуля: один радіатор працює холодильником, інший радіатор нагрівається і служить для відведення тепла [5]. На рис. 1.3. Представлено зовнішній вигляд типового модуля.

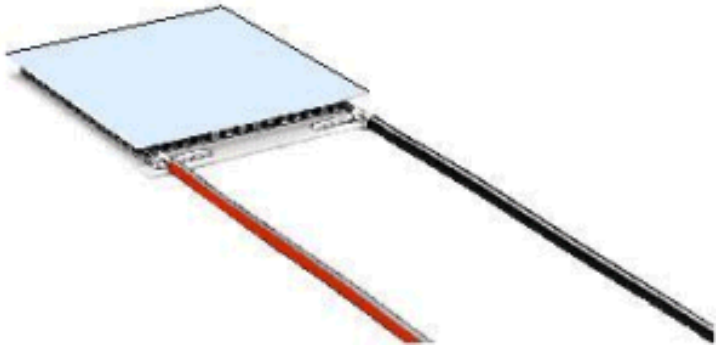


Рис. 1.3

Типовий модуль забезпечує значну різницю температур у кілька десятків градусів. При відповідному охолодженні нагрітого радіатора другий радіатор може охолоджуватися до від'ємних температур. Для збільшення різниці температур термоелектричні модулі Пельтьє можна каскадувати, забезпечуючи належне охолодження. Це дозволяє відносно просто отримувати значної різниці температур. На рис. 1.4. Наведено приклад каскадування типових модулів Пельтьє.

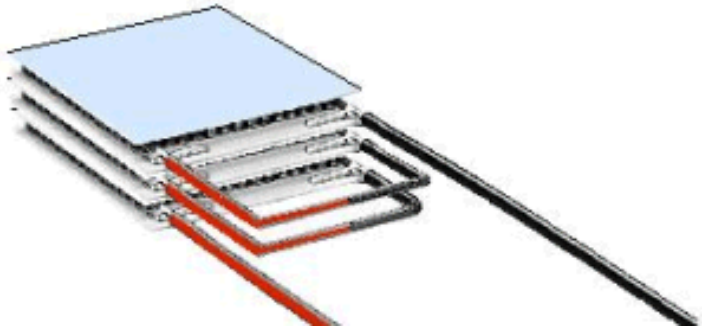


Рис. 1.4

Прилади охолодження на основі модуля Пельтьє часто називають активними охолоджувачами Пельтьє або просто кулерами Пельтьє (рис. 1.5.).

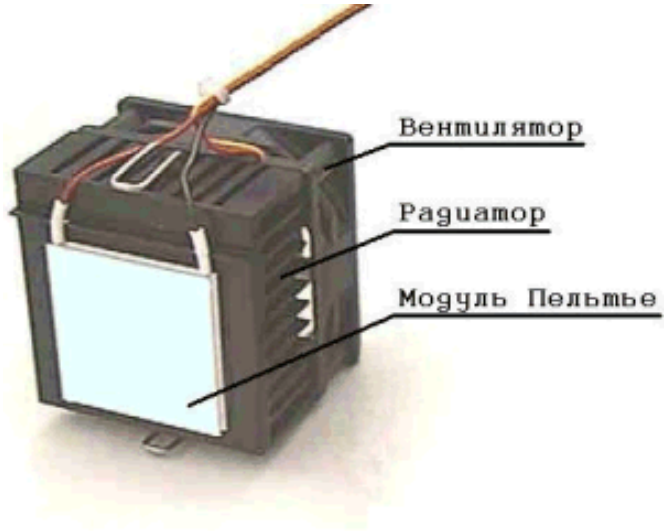


Рис.1.5

Використання модулів Пельтьє в активних охолоджувачах робить їх значно ефективнішими порівняно зі стандартними типами охолоджувачів на основі радіаторів та традиційних вентиляторів. Однак у процесі проектування та використання кулерів з модулями Пельтьє необхідно враховувати низку специфічних характеристик, які виникають при проектуванні сучасного комп'ютерного.

1.3. Особливості експлуатації модулів Пельтьє

Однак, крім очевидних переваг, модулі Пельтьє мають ряд специфічних властивостей та характеристик, які необхідно враховувати при використанні їх пристроях охолодження.

Треба відзначити наступні особливості експлуатації:

- Модулі Пельтьє, які виділяють велику кількість тепла в процесі своєї роботи, вимагають наявності відповідних вентиляторів або системи водяного охолодження, які можуть ефективно відводити зайве тепло.

- Термоелектричні модулі мають відносно низький ККД (ККД) і, виконуючи функції теплового насоса, вони самі є потужними джерелами тепла. Використання цих модулів для охолодження електронних компонентів комп'ютера спричиняє значне підвищення температури всередині системного блоку, що часто вимагає додаткових заходів та інструментів для зниження температури всередині корпусу комп'ютера

- Модулі Пельтьє самі є потужним додатковим навантаженням для блоку живлення. Струм, що вони споживають може перевищувати 12А

- Модуль Пельтьє, у разі виходу з ладу, ізолює елемент що він охолоджує від радіатора охолодження. Це призводить до дуже швидкого порушення теплового режиму захищеного елемента і до його швидкого виходу з ладу через додатковий перегрів.

Напруга, що подається на модулі залежить від пар p – n переходів. Найбільш поширеними є модуль з 127 переходами з напругою живлення 12В.

Цей вибір напруги живлення в більшості випадків є оптимальним і дозволяє забезпечити, з одного боку, достатню потужність охолодження, а з іншого - достатню ефективність. Якщо напруга живлення зросте більше 12 В, збільшення потужності охолодження буде слабким, а споживання електроенергії значно зросте. Коли напруга живлення буде знижена, ефективність буде зростати, потужність охолодження зменшиться, але лінійно, що дуже зручно для організації плавного контролю температури.

Важливе значення має потужність модуля Пельтьє, яка, як правило, залежить від його розмірів. Модуль низької потужності не забезпечує необхідного рівня охолодження, що може спричинити несправність

електроніки що охолоджується, наприклад процесора, через перегрівання. Однак використання модулів дуже великої потужності може призвести до зниження температури охолодження до рівня конденсації вологи у повітрі, що небезпечно для електронних ланцюгів. Це пов’язано з тим, що конденсаційна вода у суміші з пилом та брудом, може викликати замикання в електронних ланцюгах комп’ютера.

Виникне конденсація чи ні, залежить від декількох параметрів: [1]

- температури повітря у середині корпусу пристрою;
- температури охолодження;
- вологості повітря. [7].

1.4. Застосування ефекту Пельтьє

Елементи Пельтьє застосовуються в ситуаціях, коли потужність охолодження невелика, а застосування компресору є недоцільним або взагалі неможливим, через обмеження розмірів то що. Наприклад, елементи Пельтьє застосовуються в маленьких автомобільних холодильниках, пристроях із зарядним зв'язком в цифрових рентгенологичных апаратах, цифрових фотокамерах з тривалою експозицією, для охолодження і термостатування світлодіодних квантових генераторів тощо.

Цікаво, що елемент Пельтьє може бути використаний навпаки (ефект Зеебека). Якщо одну сторону елемента охолоджувати, а другу нагрівати, то на електричних дротах виникне напруга. Таким чином елемент Пельтьє може бути використаний як джерело електричної енергії.

Роботи в напрямку вдосконалення систем термоелектричного регулювання є перспективними тому дослідження у цьому напрямку робляться багатьма дослідницькими лабораторіями. Найближчим часом ми будемо спостерігати збільшення різноманітних прикладів впровадження напівпроводнікових термоелектричних пристроїв в промисловості та для

побутових потреб. Наприклад у компактних системах опалення / кондиціонування, вимірювальних пристроях тощо. [6].

2. ОПИС УСТАНОВКИ

2.1. Вибір елемента Пельтьє

Вибір елементу Пельтьє TEC1-12710 був обумовлений тім, що цій елемент вже був застосований в пристрої що вимірює відносну вологість повітря методом «точки роси».

Елемент Пельтьє TEC1-12710 з волого-ізоляційним прошарком між керамічними плитками має наступні техничні характеристики:

- Розміри: 40 x 40 x 3,3 мм (див. Рис. 2.1);
- Кількість термопар: 127
- Робоча напруга: 12В
- Максимальна напруга: 17,4 В (при температурі гарячої сторони 50 ° С)
- Робочий струм: 10,5 А;
- Максимальна потужність охолодження: 96 Вт
- Потужність: 154 Вт;
- Максимальна різниця температур між сторонами: 75 ° С
- Номінальний опір: 1,08 Ом

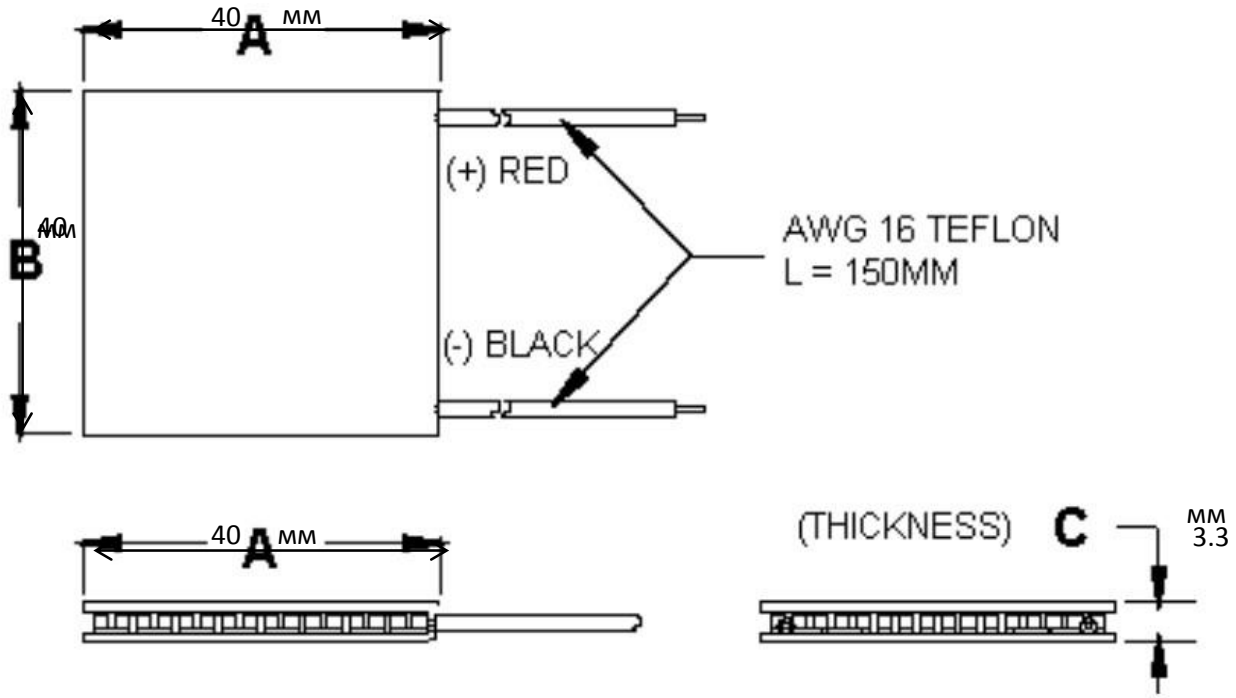


Рис. 2.1 - Габаритні розміри вибраних елементів Пельтьє

2.2. Схема установки

Суть експерименту полягає в тому щоб помістити елементи Пельтьє в замкнуте середовище. Для створення замкнутого середовища була зроблена коробка з пінопласту рис.2.3, в ній елемент зможе зберігати температуру.

Вимірювання вольт – амперних характеристик здійснюється за допомогою двох мультиметров, див. схему вимірювання на рис 2.2 ,один з яких підключений як вимірювач струму, а другий як вимірювач напруги.

Для підвищення температури між вимірюваннями використовується нагрівач див. схему підключення нагрівача рис. 2.4.

Середня температура елементу Пельтьє вимірювалась за допомогою термопари, що була затиснута між керамічною пластиною елементу та нагрівачьом.

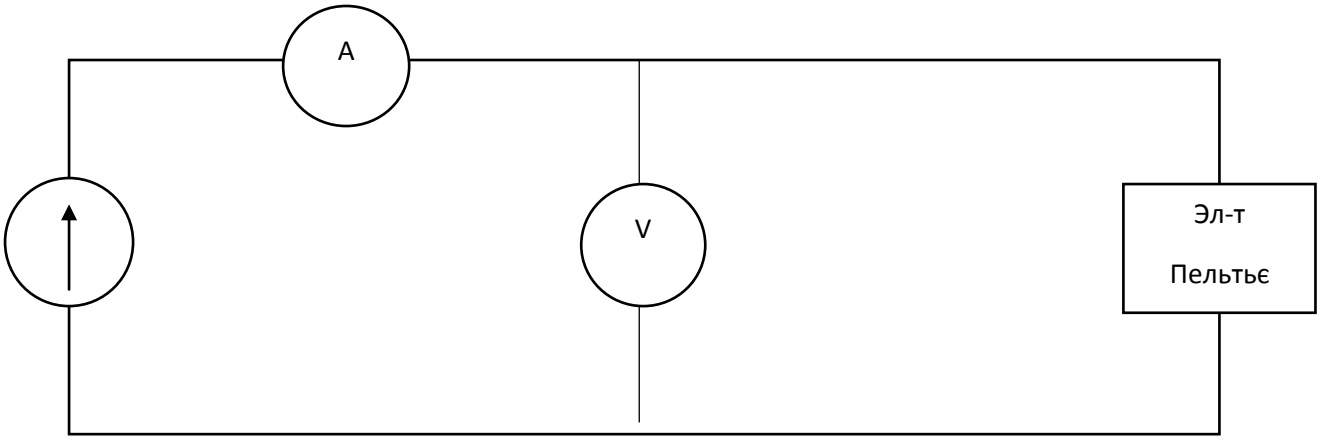


Рис. 2.2 Схема вимірювання, де↑- джерело подачі струму, A - амперметр, V - вольтметр

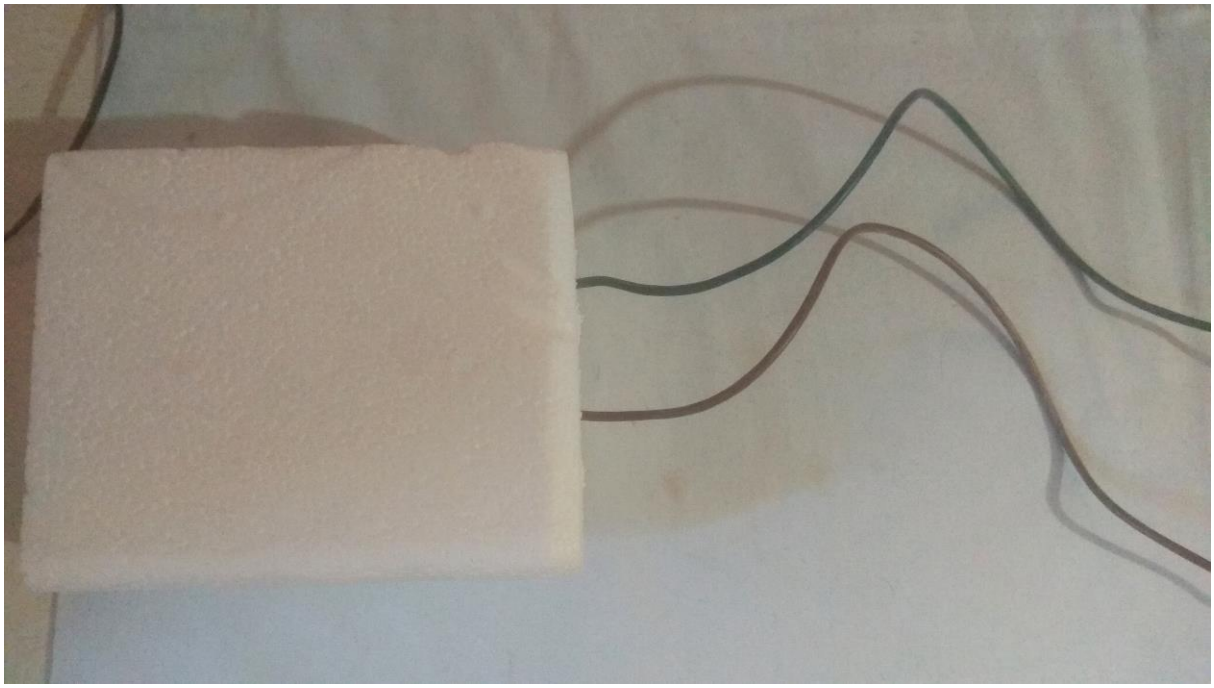


Рис. 2.3 Замкнуте середовище для елементу Пельтьє

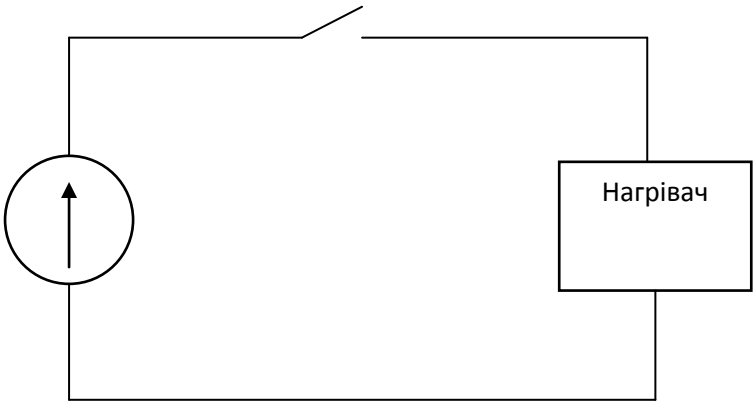


Рис 2.4 Схема підключення нагрівача

3. ОПИС ЕКСПЕРІМЕНТУ

Вимірювання вольт – амперних характеристик елементу Пельтьє виконувалося послідовно при кожної середній температурі у середині термостату з плавним підвищенням струму для зменшення впливу саморозігріву в результаті протікання вимірювального струму. Вимірювання починалося, при кожної температурі, з струму 0.5мА до 10мА з кроком 0.5мА.

Температура контролювалася за допомогою термопари при відсутності вимірювального струму після 10 секундної витримки, для вирівнювання температур гарячій та холодній сторін елементу Пельтьє.

Зміна температури виконувалася частково за рахунок саморозогріву та за допомогою нагрівача, в якості якого використовувався ще один елемент Пельтьє. В принципі можливо було обмежитися і тім самим елементом, що досліджувався, але на практиці оказалося зручно затиснути термопару проміж двох елементів Пельтьє.

Вимірювання починалося з температури +7°С до +37°С з кроком 3°С.

Результати вимірювання наведені у додатку 1.

ВИСНОКИ

В процесі роботи було розроблено структурну схему установки для дослідження вольт — амперних характеристик елементу Пельтьє в залежності від температури.

Проведено дослідження вольт — амперних характеристик елементу Пельтьє в залежності від середньої температури гарячої та холодної сторін. В результаті дослідження можна діти висновку, що *елемент Пельтьє можливо, за певних умов, використовувати як температурний сенсор.*

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ландау Л.Д., Ліфшиц Е.М. Теоретична фізика. Учеб. посіб.: Для вузів. В10. т. Т. VIII. Електродинаміка суцільних середовищ. - 4-е изд., Стереот.-м .: Фізматліт, 200 т. - 656 с.

2. Наркевич І.І. Фізика: Учеб. / І.І. Наркевич, Е.І. Вомлянскій, С.І. Лобко. - Мн.: Нове знання, 2004. - 680 с.

3. Коронавірус - https://zn.ua/TECHNOLOGIES/uchenye-obyasnili-svyaz-mezhdu-vlazhnostyu-vozduha-i-rostom-zabolevaemosti-covid-19-356174_.html

4. Відносна вологість та метод точки роси - https://interneturok.ru/lesson/physics/8-klass/bagregatnye-sostoyaniya-vewestvab/vlazhnost-vozduha-sposoby-opredeleniya-vlazhnosti-vozduha.

5. Эффект Пельтье -

https://radfiz.org.ua/files/k2/s3/ElectrikaIMagnetizm/LAB/metodaEIM/%CC%C1%C2/labor/%DC%CC%C5%CB%D4%D2%C9%DE%C5%D3%D4%D7%CF/%FC%C6%C6%C5%CB%D4%20%F0%C5%CC%D8%D4%D8%C5_%20%F4%C5%D2%CD%CF%DC%CC%C5%CB%D4%D2%C9%DE%C5%D3%CB%C9%CA%20%CD%CF%C4%D5%CC%D8%20%F0%C5%CC%D8%D4%D8%C5.htm

6. Застосування ефекту Пельтьє - https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/elementy-pelte

7. Особливості експлуатації модулів Пельтьє - https://mylektsii.ru/1-80338.html

Додаток 1

I(мА)	U(мВ) t = 7℃
0,500	0,82
1,000	1,63
1,500	2,45
2,000	3,26
2,500	4,08
3,000	4,89
3,500	5,71
4,000	6,52
4,500	7,34
5,000	8,15
5,500	8,97
6,000	9,78
6,500	10,60
7,000	11,41
7,500	12,23
8,000	13,04
9,500	15,49
10,000	16,30

I(мА)	U(мВ) t = 10℃
0,500	0,82
1,000	1,65
1,500	2,47
2,000	3,29
2,500	4,11
3,000	4,94
3,500	5,76
4,000	6,58
4,500	7,40
5,000	8,23
5,500	9,05
6,000	9,87
6,500	10,69
7,000	11,52
7,500	12,34
8,000	13,16
9,500	15,63
10,000	16,45

I(мА)	U(мВ) t = 13℃
0,500	0,83
1,000	1,66
1,500	2,49
2,000	3,32
2,500	4,15
3,000	4,98
3,500	5,81
4,000	6,64
4,500	7,47
5,000	8,30
5,500	9,13
6,000	9,96
6,500	10,79
7,000	11,62
7,500	12,45
8,000	13,28
9,500	15,77
10,000	16,60

I(мА)	U(мВ) t = 16℃
0,500	0,84
1,000	1,68
1,500	2,51
2,000	3,35
2,500	4,19
3,000	5,03
3,500	5,86
4,000	6,70
4,500	7,54
5,000	8,38
5,500	9,21
6,000	10,05
6,500	10,89
7,000	11,73
7,500	12,56
8,000	13,40
9,500	15,91
10,000	16,75

I(мА)	U(мВ) t = 19℃
0,500	0,85
1,000	1,69
1,500	2,54
2,000	3,38
2,500	4,23
3,000	5,07
3,500	5,92
4,000	6,76
4,500	7,61
5,000	8,45
5,500	9,30
6,000	10,14
6,500	10,99
7,000	11,83
7,500	12,68
8,000	13,52
9,500	16,06
10,000	16,90

I(мА)	U(мВ) t = 22℃
0,500	0,85
1,000	1,71
1,500	2,56
2,000	3,41
2,500	4,26
3,000	5,12
3,500	5,97
4,000	6,82
4,500	7,67
5,000	8,53
5,500	9,38
6,000	10,23
6,500	11,08
7,000	11,94
7,500	12,79
8,000	13,64
9,500	16,20
10,000	17,05

I(мА)	U(мВ) t = 25℃
0,500	0,500
1,000	1,000
1,500	1,500
2,000	2,000
2,500	2,500
3,000	3,000
3,500	3,500
4,000	4,000
4,500	4,500
5,000	5,000
5,500	5,500
6,000	6,000
6,500	6,500
7,000	7,000
7,500	7,500
8,000	8,000
9,500	9,500
10,000	10,000

I(мА)	U(мВ) t = 28℃
0,500	0,87
1,000	1,74
1,500	2,60
2,000	3,47
2,500	4,34
3,000	5,21
3,500	6,07
4,000	6,94
4,500	7,81
5,000	8,68
5,500	9,54
6,000	10,41
6,500	11,28
7,000	12,15
7,500	13,01
8,000	13,88
9,500	16,48
10,000	17,35

I(мА)	U(мВ) t = 31℃
0,500	0,88
1,000	1,75
1,500	2,63
2,000	3,50
2,500	4,38
3,000	5,25
3,500	6,13
4,000	7,00
4,500	7,88
5,000	8,75
5,500	9,62
6,000	10,50
6,500	11,38
7,000	12,25
7,500	13,13
8,000	14,00
9,500	16,63
10,000	17,50

I(мА)	U(мВ) t = 34℃
0,500	0,88
1,000	1,77
1,500	2,65
2,000	3,53
2,500	4,41
3,000	5,30
3,500	6,18
4,000	7,06
4,500	7,94
5,000	8,83
5,500	9,71
6,000	10,59
6,500	11,47
7,000	12,36
7,500	13,24
8,000	14,12
9,500	16,77
10,000	17,65

I(мА)	U(мВ) t = 37℃
0,500	0,89
1,000	1,78
1,500	2,67
2,000	3,56
2,500	4,45
3,000	5,34
3,500	6,23
4,000	7,12
4,500	8,01
5,000	8,90
5,500	9,79
6,000	10,68
6,500	11,57
7,000	12,46
7,500	13,35
8,000	14,24
9,500	16,91
10,000	17,80