МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший(бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему *«Розробка мікроелектронного пристрою для реєстрації втрат теплової енергії житлового приміщення.»*

Виконав: студент (ка) *4* курсу, групи *6.1532-с*
спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
Козир А.В.
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н. Небеснюк О.Ю.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *інженер-конструктор Конструкторського бюро Колосова Григор'єва І.К.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
(перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(назва)
Освітня програма *Мікро- та наносистемна техніка*
(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *Т. В.Критська*
«03» червня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Козирю Артему Валентиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Розробка мікроелектронного пристрою для реєстрації втрат теплової енергії житлового приміщення*
керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Небеснюк О.Ю., к.т.н.,доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «*27» 12. 2024 р. № 2029-с*
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра *03.06.2025р.*
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра*: прилад для реєстрації витоку теплової енергії: чутливий елемент-компаратор; світлодіодна індикація; живлення від батареї 9В, габаритні розміри не більше 70×40 мм*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1 Проблема енергозбереження в Україні. Теплова енергія. 2 Розробка пристрою реєстрації теплового випромінювання в приміщенні. 3 Охорона праці та техногенна безпека*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Л1 Результат моделювання підсилювача Л2 Схема електрична принципова Л3 Топологія друкованої плати та схема розміщення елементів.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Небеснюк О.Ю.*	*24.02.2025*
II	*Небеснюк О.Ю.*	*09.05.2025*
III	*Небеснюк О.Ю.*	*30.05.2025*

7. Дата видачі завдання *21.10.2024р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	*Аналіз стану енергозабезпечення в Україні*	*01.11.24 - 27.01.25*	
2	*Аналіз датчиків для реєстрації температури*	*28.01. -28.02.*	
3	*Розрахунок елементів, вибір елементної бази*	*03.03. -28.03.*	
4	*Розробка схеми електричної принципової*	*01.04. -14.04.*	
5	*Моделювання основних блоків*	*16.04. -01.05.*	
6	*Розробка топології друкованої плати*	*02.04. -09.05.*	
7	*Розділ охорони праці та техногенної безпеки*	*13.05. -20.05.*	
8	*Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень*	*21.05. -31.05.*	

студент _____ *Козир А.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ *Небеснюк О.Ю.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л. Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить 67 сторінок, 32 рисунки, 3 таблиці, 17 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – пристрої для реєстрації зміни температури.

Мета роботи - розробка пристрою для визначення місць найбільшого витоку тепла в приміщенні.

Задачі роботи – розробити структурну та електричну схеми, виконати топологію печатної плати та перевірити запропонований пристрій на функціонування.

Методика досліджень – моделювання в програмному середовищі sPlan, Electronics Workbench та розробка топології друкованої плати в Sprint Layout.

Короткий виклад результатів досліджень - розроблено пристрій на базі компаратора для реєстрації втрат тепла, що живиться від батареї 9 В, має незначні габаритні розміри 70×30,5 мм та простий в налаштуванні.

Прогнозні пропозиції - пристрій може використовуватися для моніторингу втрат теплової енергії в приватних квартирах чи будинках та промислових приміщеннях.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ЦИФРОВИЙ ПРИЛАД, ДАТЧИК, КОМПАРАТОР, СХЕМА, ТОПОЛОГІЯ

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 11.09.2024 по 30.05.2025.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ПРОБЛЕМА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УКРАЇНІ. ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ 7
1.1 Аналіз проблеми енергозбереження в Україні 7
1.2 Температура. Вимірювання температури 11
1.3 Теплове випромінювання 12
1.4 Класифікація оптико-електронних приладів і систем 18
1.5 Втрати теплової енергії в житлових будинках 21
2 РОЗРОБКА ПРИЛАДУ РЕЄСТРАЦІЇ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРИМІЩЕННІ 30
2.1 Аналіз датчиків для реєстрації змін температури 30
2.1.1 Напівпровідникові термометри опору 30
2.1.2 Датчики-генератори температури 31
2.1.3 Термопари 32
2.2 Розробка приладу для реєстрації втрат тепла 35
2.2.1 Розробка та дослідження підсилювача 35
2.2.2 Вибір світлодіода 38
2.2.3 Компаратор 41
2.2.4 Розробка схеми електричної принципової 44
2.2.5 Розробка схеми розміщення елементів та топології друкованої плати 47
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 50
3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів 50
3.2 Заходи з поліпшення умов праці, виробнича санітарія 51
3.2 Електробезпека 54
3.3 Пожежна та техногенна безпека 56

3.4 Дослідження засобів захисту від ураження струмом при дотику до фазового дроту 58
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 61

ВСТУП

Сучасний світ дедалі більше зіштовхується з проблемами обмеженості енергетичних ресурсів, зростанням цін на енергоносії та екологічною кризою. У цьому контексті енергозбереження набуває стратегічного значення, особливо для країн, які перебувають у стані воєнного протистояння та енергетичної трансформації. Україна, як держава, що водночас веде боротьбу за незалежність та модернізує свою економіку, стоїть перед викликом формування ефективної енергозберігаючої політики. Енергозбереження для нашої країни — це не лише питання економії, а й елемент національної безпеки, сталого розвитку та європейської інтеграції.

Модернізація житлового фонду- один із основних напрямків енергозбереження. Багато будівель в Україні потребують встановлення енергоефективних вікон, утеплення стін та дахів, що може суттєво знизити витрати на опалення.

Фахівцями наголошується, що тепле повітря в будинках втрачається через їх між панельні шви і двері, підлогу квартир, розташованих на першому поверсі в багатоквартирних будинках, а також через зношені старі або неправильно змонтовані, нові віконні системи [1].

У наш час дуже гостро стоїть проблема опалення приміщень та збереження тепла. Завдяки приладам, що дозволяють визначити втрати тепла є можливість передчасно утеплити ці місця в приміщенні до настання холодів, що дозволить заощадити гроші на опалення.

Тому актуальним є розробка бюджетного приладу для виявлення втрат тепла.

1 ПРОБЛЕМА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УКРАЇНІ. ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ

1.1 Аналіз проблеми енергозбереження в Україні

Енергозбереження - система організаційних, технічних, економічних та правових заходів, спрямованих на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів без погіршення умов життєдіяльності населення або якості продукції. Згідно з Законом України «Про енергозбереження» [2], це сукупність дій, спрямованих на скорочення витрат енергії в усіх секторах економіки.

Енергозбереження тісно пов’язане з поняттям енергоефективності — співвідношенням кількості спожитої енергії до отриманого результату. Чим менше енергії витрачається на одиницю продукції чи послуги, тим вищий рівень енергоефективності.

Світовий досвід показує, що енергоефективна політика є ключовою складовою сталого розвитку. Європейський Союз, зокрема, активно впроваджує так званий «Зелений курс», що передбачає повну декарбонізацію економіки до 2050 року [3]. Енергозбереження розглядається як один із найдоступніших способів скорочення викидів парникових газів, зменшення залежності від імпорту енергоносіїв та підвищення конкурентоспроможності національної економіки.

Україна є енергоємною країною, споживання енергії на одиницю ВВП суттєво перевищує показники країн ЄС. Згідно з даними Держстату та Міненерго, найбільше енергоресурсів споживають промисловість (близько 35%), житлово-комунальний сектор (30%) та транспорт (20%).

На 2024 рік структура споживання енергії в Україні характеризується переважанням природного газу (близько 30%), вугілля (20%) та нафтопродуктів (15%). Водночас, частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) стрімко зростає та на сьогодні становить близько 12% (рис.1.1).

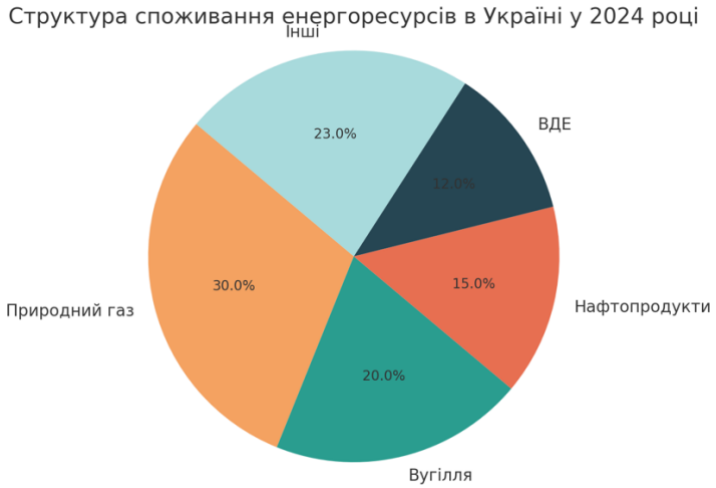


Рисунок 1.1- Структура споживання енергоресурсів в Україні у 2024 році [4]

Законодавча база та державна політика Україна здійснила низку реформ у сфері енергоефективності, серед яких ключову роль відіграють закони "Про енергетичну ефективність" та "Про енергетичну сертифікацію будівель". Також діє Національний план дій з енергоефективності до 2030 року (рис.1.2).

Промисловість є одним з найбільших споживачів енергії в Україні. Впровадження енергоефективних технологій, зокрема рекуперації тепла, інтелектуальних систем керування, модернізації обладнання, дозволяє знизити витрати на енергію на 20–40%.

Побутовий сектор займає близько 35% загального енергоспоживання. Проблемами залишаються застаріла інфраструктура, низький рівень модернізації житлового фонду, втрата енергії в мережах та низька енергоефективність обладнання. Особливої гостроти ця ситуація набула в умовах війни: обстріли енергетичних об'єктів знижують стабільність системи,

а вимушене переміщення мільйонів громадян підвищує навантаження на енергосистеми регіонів.



Рисунок 1.2 -Динаміка фінансування державних програм енергозбереження (2015–2024 рр.) [5]

Значний потенціал зниження споживання енергії закладений у житлово-комунальній сфері. Наприклад, утеплення будинків, модернізація систем опалення, встановлення лічильників тепла дозволяє скоротити витрати енергії на 20–40%.

Кампанії з популяризації енергоефективних практик, утеплення житла, встановлення індивідуальних лічильників та сонячних панелей – ключ до зменшення витрат. Особливу увагу слід приділяти технологіям збереження тепла в оселях**.** Основні заходи включають:

- утеплення зовнішніх стін, дахів і підвалів;
- встановлення сучасних вікон з подвійними або енергозберігаючими склопакетами;
- застосування тепловідбивних матеріалів та термоізоляції;
- модернізацію систем опалення (наприклад, встановлення теплових насосів);

- встановлення погодозалежного регулювання теплопостачання.

Такі заходи не лише скорочують енергоспоживання до 50%, а й підвищують комфорт проживання, зменшуючи втрати тепла до 30% навіть у старих будинках.

Відновлювана енергетика як основа сталого розвитку Зростає частка вітрової, сонячної та біоенергетики в енергетичному балансі України (рис.1.3). Програма підтримки відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), пільгові тарифи та іноземні інвестиції сприяють цьому розвитку. Україна активно співпрацює з ЄС, МВФ, Світовим банком та іншими партнерами у сфері енергозбереження. Впроваджуються спільні проєкти модернізації інфраструктури та залучення інвестицій.



Рисунок 1.3- Зростання виробництва електроенергії з ВДЕ (2010–2024 рр.) [6]

1.2 Температура. Вимірювання температури

Для вимірювання термодинамічної температури вибирається певний термодинамічний параметр термометрического речовини. Зміна цього параметра однозначно пов'язується зі зміною температури. Класичним прикладом термодинамічної термометра може служити газовий термометр, в якому температуру визначають методом вимірювання тиску газу в балоні постійного об'єму. Відомі також термометри абсолютні радіаційні, шумові, акустичні.

Термодинамічні термометри - це дуже складні установки, які неможливо використовувати для практичних цілей. Тому більшість вимірів проводиться за допомогою практичних термометрів, які є вторинними, тому що не можуть безпосередньо пов'язувати якийсь властивість речовини з температурою.

Для отримання функції інтерполяції вони повинні бути відградуйовані в реперних точках міжнародної температурної шкали.

Для вимірювання температури будь-якого тіла зазвичай вимірюють будь- який фізичний параметр, пов'язаний з температурою, наприклад, геометричні розміри (см. Дилатометр) для газів - обсяг або тиск, швидкість звуку, електричну провідність, електромагнітні спектри поглинання або випромінювання (наприклад, пірометри і вимір температури фотосфери і атмосфер зірок - в останньому випадку по доплеровскому розширення спектральних ліній поглинання або випромінювання).

У повсякденній практиці температуру зазвичай вимірюють за допомогою спеціальних приладів - контактних термометрів. При цьому термометр приводять в тепловий контакт з досліджуваним тілом, і, після встановлення термодинамічної рівноваги тіла і термометра, - вирівнювання їх температур, щодо змін деякого вимірюваного фізичного параметра термометра судять про температуру тіла. Тепловий контакт між термометром і тілом повинен бути достатнім, щоб вирівнювання температур відбувалося

швидше, також, прискорення вирівнювання температур досягається зниженням теплоємності термометра в порівнянні з досліджуваним тілом, зазвичай, зменшенням розмірів термометра. Зниження теплоємності термометра також менше спотворює результати вимірювання, так як менша частина теплоти досліджуваного тіла відбирається або передається термометру. Ідеальний термометр має нульову теплоємність.

Засоби вимірювання температури часто проградуйовані за відносними шкалами - Цельсія або Фаренгейта.

На практиці для вимірювання температури також використовують

- рідинні і механічні термометри,
- термопару,
- термометр опору,
- газовий термометр,
- пірометр.

Найточнішим практичним термометром є платиновий термометр опору. Розроблено нові способи вимірювання температури, засновані на вимірі параметрів лазерного випромінювання.

1.3 Теплове випромінювання

Теплове випромінювання (радіаційний теплообмін) – спосіб перенесення теплоти в просторі, здійснюваний в результаті поширення електромагнітних хвиль, енергія яких при взаємодії з речовиною переходить в тепло. Радіаційний теплообмін пов'язаний з подвійним перетворенням енергії і відбувається в три етапи:

— спочатку внутрішня енергія тіла перетворюється на енергію електромагнітного випромінювання (енергію фотонів або квантів);

— потім, променистa енергія переноситься електромагнітними хвилями в просторі, які в однорідному і ізотропному середовищі і у вакуумі поширюються прямолінійно із швидкістю світла (у вакуумі швидкість світла дорівнює $3 \cdot 10^8$ м/с) підкоряючись оптичним законам заломлення, поглинання і віддзеркалення;

— після перенесення енергії електромагнітними хвилями, відбувається другий перехід променистої енергії у внутрішню енергію тіла шляхом поглинання фотонів.

Тепловому випромінюванню відповідає інтервал довжин хвиль $\lambda = 0{,}4 \div 25$ мкм (1 мкм = 10^{-6} м), оскільки основна доля променистої енергії в теплотехнічних агрегатах передається саме в цьому діапазоні довжин хвиль. Відмітимо, що видимі світлові промені мають довжину хвилі $\lambda = 0{,}4 \div 0{,}8$ мкм, а до інфрачервоного або теплового випромінювання в загальному випадку відносять діапазон довжин хвиль $\lambda = 0{,}8 \div 1000$ мкм.

Особливості радіаційного теплообміну:

— всі тіла з температурою вище 0 К володіють власним тепловим випромінюванням, тобто енергію випромінюють всі тіла (тверді тіла, рідини і променевопрозорі гази);

— для передачі теплоти випромінюванням не потрібний тілопосередник, тобто променистa енергія може передаватися і у вакуумі;

— при температурах до 100 ^{0}С променистa і конвективна (при вільній конвекції) складові теплообміну мають один порядок. У високотемпературних енергетичних (наприклад, парогенераторах) і високотемпературних теплотехнологічних (наприклад, металургійних печах) агрегатах променистий теплообмін є домінуючим (до 100%) в сумарному теплопереносі від гарячого теплоносія до споживача теплової енергії;

— розрізняють поверхневе випромінювання (тверді тіла) і об'ємне випромінювання (променевопрозорі гази).

Спектром випромінювання називають розподіл променистої енергії по довжині хвилі $E_\lambda = f(\lambda)$, де E_λ, Вт/м^3, спектральна інтенсивність

випромінювання тіла. У більшості твердих тіл спектри суцільні. В газів і полірованих металів спектри лінійчаті або селективні.

З точки зору радіаційного теплообміну розрізняють два типи поверхонь: дифузні і дзеркальні поверхні. Дифузні поверхні розкладають все падаюче на них випромінювання в межах півсфери. У дзеркальних поверхонь кут падіння променя дорівнює куту його віддзеркалення.

Як і будь-який інший спосіб перенесення теплоти, теплообмін випромінюванням характеризується температурним полем системи тіл, що беруть участь в радіаційному теплообміні (Т), і тепловими потоками випромінювання (Q, Вт) або поверхневою щільністю теплових потоків випромінювання (Е, Вт/м^2). Окрім цього, тілам, що беруть участь в радіаційному теплообміні, приписують деякі специфічні властивості, звані радіаційними характеристиками або радіаційними властивостями тіла [7].

Потоком випромінювання (Q, Вт) називають кількість променистої енергії, що проходить через задану поверхню площею F в одиницю часу. Поверхневою щільністю потоку випромінювання (Е, Вт/м^2) називають кількість променистої енергії, що проходить через задану одиничну поверхню в одиницю часу.

У розрахунках радіаційного теплообміну прийняті наступні позначення:

— $Q_{пад}$ і $E_{пад}$ потік і щільність потоку випромінювання, що падають на поверхню тіла;

— $Q_{отр}$ і $E_{отр}$ потік і щільність потоку випромінювання, відбиті від поверхні тіла;

— $Q_{погл}$ і $E_{погл}$ потік і щільність потоку випромінювання поглинені тілом;

— $Q_{проп}$ і $E_{проп}$ потік і щільність потоку випромінювання, що пропускаються тілом;

— $Q_{соб}$ і $E_{соб}$ потік і щільність потоку власного випромінювання тіла;

— $Q_{эф}$ і $E_{эф}$ потік і щільність потоку ефективного випромінювання тіла;

— $Q_{рез}$ і $E_{рез}$ потік і щільність потоку результуючого випромінювання тіла

До радіаційних характеристик тіла відносять поглинальну, відбивну і пропускальну здібності тіла, спектральну і інтегральну ступінь чорноти і кутову ступінь чорноти.

Для розгляду фізичного сенсу поглинальної, відбивної і пропускальної здібностей тіла розглянемо напівпрозоре тіло, на поверхню якого падає потік випромінювання $Q_{пад}$ (рис. 1.4). Вочевидь, що для будь-якого напівпрозорого тіла із закону збереження енергії виходить:

$$Q_{погл} + Q_{отр} + Q_{проп} = Q_{пад}. \qquad (1.1)$$

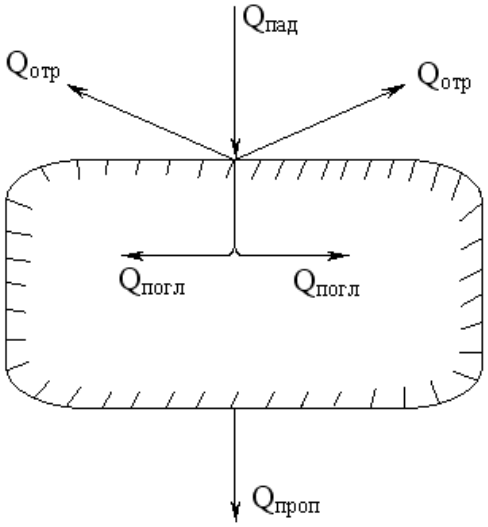


Рисунок 1.4- Схема радіаційного теплообміну для напівпрозорого тіла [8]

Розділивши ліву та праву частині рівності (1.1) на потік падаючого випромінювання, отримаємо:

$$\frac{Q_{погл}}{Q_{пад}} + \frac{Q_{отр}}{Q_{пад}} + \frac{Q_{проп}}{Q_{пад}} = \frac{Q_{пад}}{Q_{пад}} \text{ або } A + R + D = 1 \qquad (1.2)$$

де $A = Q_{погл} / Q_{пад}$ – поглинальна здатність тіла, рівна долі падаючого випромінювання, поглиненого тілом;

$R = Q_{отр} / Q_{пад}$ – відбивна здатність тіла, рівна долі падаючого випромінювання, відбитого тілом;

$D = Q_{проп} / Q_{пад}$ – пропускальна здатність тіла, рівна долі падаючого випромінювання, що проходить через тіло.

Залежно від числового значення A, R і D розрізняють абсолютно чорне, абсолютно білі та променевопрозорі або діатермічні тіла.

Тіло, яке поглинає все падаюче на нього випромінювання, називають абсолютно чорним тілом (АЧТ). Потік і щільність потоку власного випромінювання АЧТ позначають Q_0 і E_0 відповідно. В абсолютно чорного тіла: $A = 1,\ R = D = 0$.

Тіло, яке дифузійно відражає все падаюче на нього випромінювання називають абсолютно білим тілом. В абсолютно білого тіла: $R = 1,\ A = D = 0$.

Тіло, яке пропускає все падаюче на нього випромінювання, називають променевопрозорим або діатермічним. Для діатермічного тіла: $D = 1,\ A = R = 0$

Вищезгаданих ідеальних тіл в природі не існує. Проте деякі реальні тіла по своїх радіаційних властивостях близькі до ідеальних. Наприклад, в сажі і окисленої шорсткої сталі $A \to 1$, в полірованих металів $R \to 1$, в двоатомних газів з симетричними молекулами (N_2, O_2) і в сухого повітря $D \to 1$.

В непрозорих тіл: $D = 0,\ A + R = 1$. В газів: $R = 0,\ A + D = 1$.

1.4 Оптичне випромінювання

Дослідження властивостей оптичного випромінювання ведеться дуже давно, проте практичне використання цих властивостей для передачі зберіганняі прийому інформації в широкому діапазоні спектра стало можливим лише, починаючи з 30-40-х рр. XIX ст. У 1800 р В. Гершель встановив існування невидимого – інфрачервоного (ІЧ), або теплового випромінювання. У другій половині XIX ст. були встановлені закони

теплового випромінювання, створена електромагнітна теорія, а на самому початку XX в. зусиллями Б.Б. Голіцина, П.Н. Лебедєва, В. Вина, М. Планка, А. Ейнштейна та інших вчених були сформовані основні закономірності оптичного некогерентного випромінювання. Практично одночасно, з вивченням властивостей джерел випромінювання, досліджувалися приймачі оптичного випромінювання. У 1839 р А. Беккерель виявив освіту фото-ЕРС на контактах різнорідних матеріалів. У 1875 році був створений перший селеновий фотоелемент, а в 1880 р - перший болометр. У 1886 р Г. Герц виявив зовнішній фотоефект, а в 1987 р А.Г. Столетов сформулював його основні закони. У нашій країні перший фотоелемент з киснево-цезієвим катодом був розроблений П.В. Тимофєєвим в 1930 р У 1934 р Л.А. Кубецкий сконструював перший у світі багатоканальний фотоперемножувач. У 30-х рр. XX ст. з'явилися перші фоторезистори, чутливі в ІЧ області спектра. До цього часу посилюється інтерес до практичного використання ІЧ випромінювання, 30 особливо у військовій справі. Це пояснюється тим, що багато військових цілей (літальні апарати, наземні об'єкти, кораблі і т. д.) мають потужні власні випромінювання в ІЧ області спектра, що дозволяє виявити їх пасивним методом. Крім того, просторова роздільна здатність в ІЧ діапазоні набагато вище, ніж в радіодіапазоні. До кінця Другої світової війни були створені ІЧ самонавідні бомби, системи управління вогнем на базі ЕОП, ПНВ, для стрілецької зброї. Після закінчення війни в процесі гонки озброєнь було створено багато систем для управління ракетами класу «повітря-повітря», «повітря-земля», «земля-повітря» і т. п. Одночасно оптично-електричні пристрої і системи (ОЕП і С) проникали і в інші області: широко поширилися ОЕП і С в космічній техніці (космічна навігація і орієнтація), в ІЧ спектроскопії і в оптико-електронній радіометрії [9].

В останні роки ОЕС, що встановлюються на космічних і літальних апаратах, успішно використовуються при дослідженні природних ресурсів Землі та інших планет. Справжню революцію в розвитку ОЕП і С внесло

створення лазерів - ОКГ, фізичні основи яких заклали В.А. Фабрикант і А. Ейнштейн. Роботи Н.Г. Басова та А.М. Прохорова (СРСР), а також І. Таунса (США) зі створення газових лазерів були удостоєні Нобелівської премії. Створення лазерів дозволило широко використовувати активний метод роботи ОЕП, нові методи передачі, прийому і обробки оптичної інформації, помітно підвищили завадостійкість автоматичних ОЕП і С. Розвиток сучасних ОЕП невід'ємний і сприяє розвитку суміжних галузей науки і техніки. Так, освоєння ІЧ приймачів зажадало вдосконалення кріогенної техніки, призначеної для охолодження приймачів випромінювання; освоєння ОЕП в області 8÷14 мкм зажадало розробки нових приймачів випромінювання (наприклад, на основі потрійних сполук) і нових оптичних матеріалів. Все це свідчить про те, що розвиток теорії і практики ОЕП є невіддільною частиною зростання науково-технічного прогресу. Сучасний 31 стан розвитку теорії та практики ОЕС визначається тими потребами, які ставляться народним господарством перед мережею НДІ, КБ і підприємств, зайнятих проблемами спектральної, просторової і поляризаційної фільтрації оптичного випромінювання об'єктів і фонів, розробкою оптичних моделей об'єктів і фонів стосовно до активних, напівактивним і пасивним ОЕС для широкої області спектра і проектуванням конкретних ОЕС різних класів.

1.4 Класифікація оптико-електронних приладів і систем

Серед приладів, які використовують оптичне випромінювання, особливе місце займають оптико-електронні прилади та системи, яким властиві висока точність, швидкодія, можливість обробки багатовимірних сигналів і інші, цінні для теорії і практики, властивості [10].

Визначення ОЕП (або ОЕС): оптико-електронними називаються прилади (або системи), в яких інформація про досліджуваний або спостережуваний

об'єкт переноситься оптичним випромінюванням або міститься в оптичному сигналі, а її первинна обробка супроводжується перетворенням енергії випромінювання в електричну енергію.

Інформація про випромінювання об'єкта міститься в параметрах оптичного сигналу: амплітуді, частоті, фазі, стані поляризації, тривалості імпульсу і т. д., які і реєструються в приладі.

Залежно від поставленої задачі джерело випромінювання може бути об'єктом спостереження (метою) або фоном. ОЕП і ОЕС можна класифікувати за такими ознаками:

а) область спектра;

б) спосіб використання інформації;

в) можливість вирішення завдання;

г) ширина смуги довжин хвиль, в яких прилад чутливий;

д) режим роботи.

1. Виходячи з використовуваної області спектра, ОЕП підрозділяються на прилади, що працюють в УФ (0,10 ÷ 0,380 мкм), видимих (0,3800 ÷ 0,7800 мкм) і ІЧ (0,7800 мкм ÷ 1 мм) областях спектра.

2. Спосіб використання інформації визначає, чи є ОЕП автоматичним, тобто які приймають рішення без участі людини, або індикаційним, що забезпечує видачу інформації у вигляді, придатному для прийняття рішення людиною.

3. Виходячи з розв'язуваної задачі, ОЕП можна поділити на пеленгатори, що визначають положення цілі (в тому числі, і автоматичні пеленгатори - оптичні головки самонаведення (ОГС)), далекоміри, що визначають дальність до цілі, прилади нічного бачення (ПНВ) і телевізори, що визначають форму предмета (в тому числі, тепловізори, що формують зображення по випромінюванню предмета в ІК області спектра), пірометри - прилади для вимірювання температури об'єктів.

Крім того, існує клас приладів, призначених для визначення

фотометричних характеристик випромінювання, оптичних властивостей тіл і 33 середовищ, поляризації випромінювання і т. д. Всі ці прилади можна назвати оптико- фізичними. До них, в першу чергу, слід віднести оптичні радіометри.

4. Ширина смуги довжин хвиль, де прилад чутливий, дозволяє поділити ОЕП на спектральні (спектрометри, спектрофотометри), інтегральні (радіометри) і спектрозональні - спектрорадіометри. Згідно режиму роботи, ОЕП діляться на два великі класи - активні та пасивні ОЕП.

Активні ОЕП-це прилади, в яких для опроміненні мети використовується оптичний квантовий генератор (ОКГ). Частина випромінювання ОКГ відбивається від мети, і тільки частина цього відображення надходить на вхід ОЕП.

Пасивні ОЕП-це прилади, що сприймають власне (теплове) випромінювання об'єктів (і фонів) і відбите ними випромінювання природних джерел (Сонця, Місяця, розсіяне випромінювання атмосфери і підстильної поверхні).

Вимоги до ОЕП визначаються, виходячи з необхідності вирішення завдань військового характеру (виявлення, стеження, супровід і підрив мети), а також ряду проблем народногосподарського значення (космічна зйомка, дослідження природних ресурсів), які не вирішуються візуальними оптичними та радіоелектронними приладами.

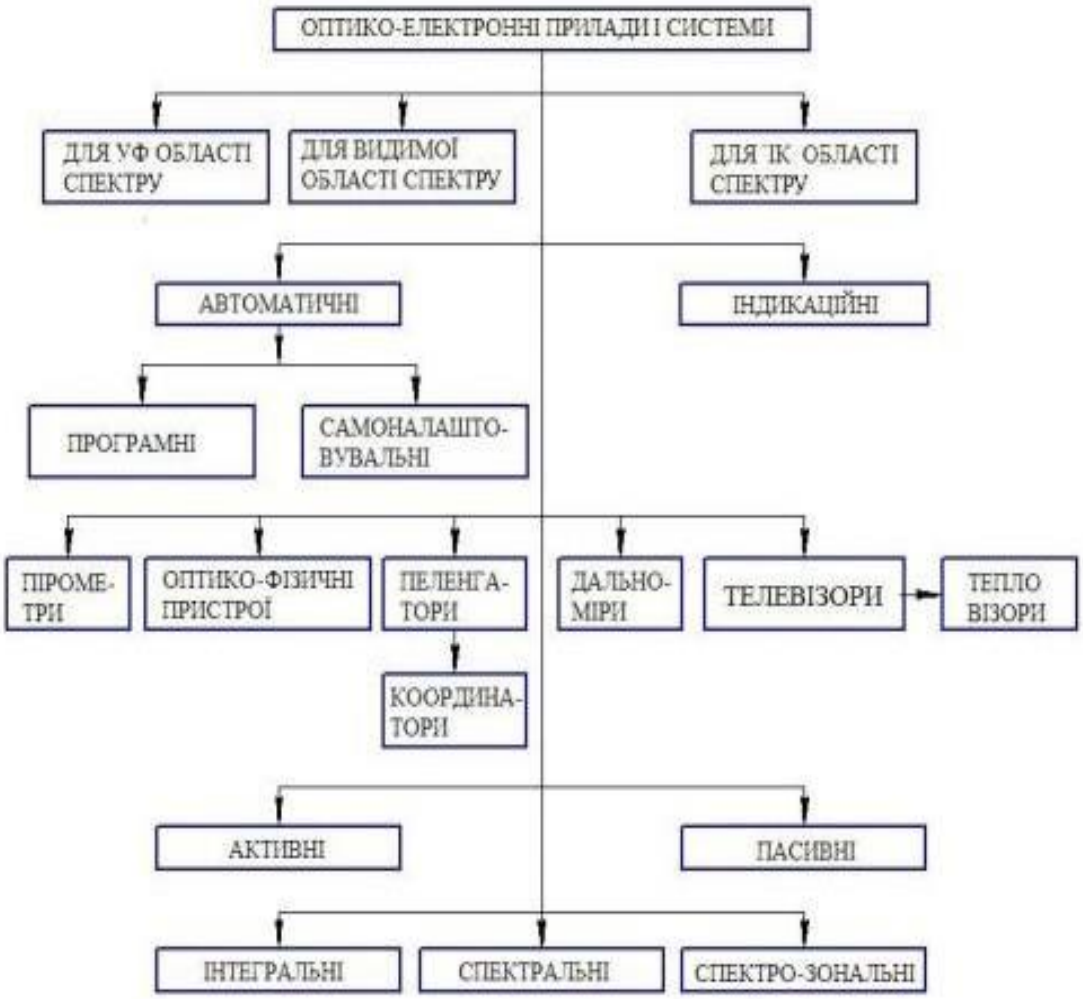


Рисунок 1.5 - Класифікація оптико-електронних приладів і систем

1.5 Втрати теплової енергії в житлових будинках

У наших будинках багато «проблемних» місць, через які «витікає» величезна кількість тепла на вулицю [11]. А, при дуже високих тарифах за опалення, проблема стає, в буквальному сенсі, загальнодержавною. Розглянемо найпоширеніші точки тепловтрат в приватному будинку, через які втрачається не менше половини тепла. Найпростіший спосіб довести, що через даний конструктивний вузол будівлі відбуваються витоки - привести термограми цих місць. Також розглянемо датчики за допомогою яких можливо визначити виток тепла.

Втрата тепла через стіни. В середньому на стіни будівлі доводиться від 30 до 40% всіх його тепловтрат. Але ця цифра може бути ще більше, якщо в стінах присутні конструктивні, будівельні та інші дефекти які забезпечують додаткові втрати тепла. Розглянемо на прикладах:

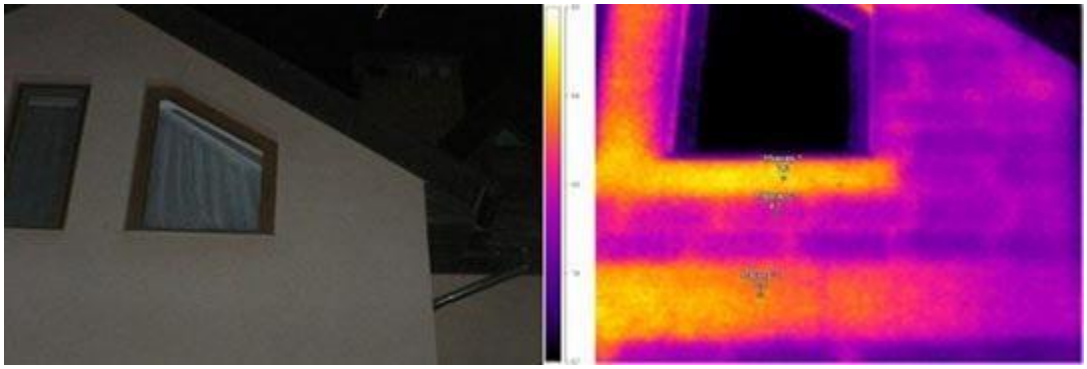


Рисунок 1.6 - Термограма зовнішньої стіни

Яскраві області на термограмі - виток тепла (рис. 1.6). Це такі ділянки, поверхня яких нагрівається сильніше інших в силу більш високих тепловтрат. В даному випадку проблема пов'язана із застосуванням різних будівельних матеріалів з різними теплотехнічними характеристиками. Наприклад, одна частина стіни викладена червоною цеглою, а інша бетонними блоками. Це наслідок недобросовісної роботи будівельників або ж початкова задумка.

Крім того видна структура кладки цегли і шви між ними. З огляду на масштаб проблеми і слабкий термічний опір швів можна зробити висновок, що стіна є «холодною» і погано утримує тепло в будинку.

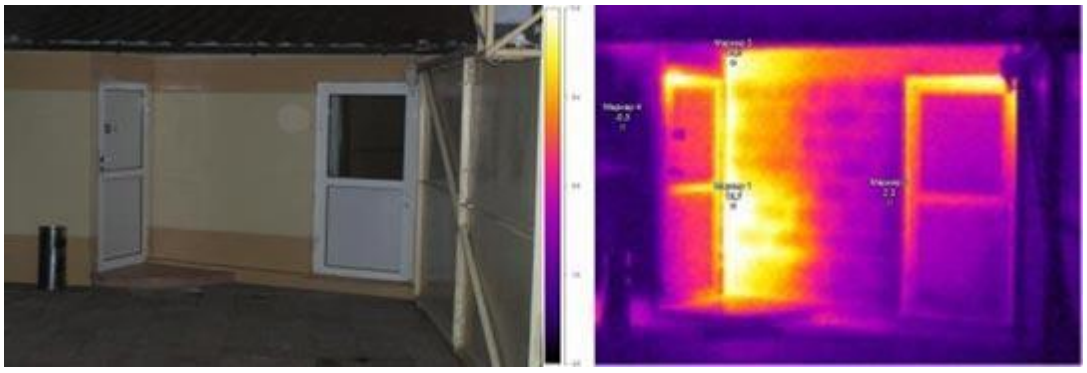


Рисунок 1.7 - Термограма швів зовнішньої стіни

В цьому випадку підвищені тепловтрати відбуваються в кутку будівлі (рис. 1.7). Причому, в нижній частині даний процес більш інтенсивний, що видно по характерному тепловому сліду.

Буває і так, що ізоляція начебто є, але при цьому працює неефективно. Це може бути пов'язано з неякісним монтажем, поганий закладенням стиків, порушенням технології або застосуванням неякісних матеріалів. Можливі навіть ситуації, коли в цілях економії деякі матеріали навмисно не використовують. Тому в ізоляції присутні різні приховані дефекти, пошкодження або волога, що знижують її ефективність роботи.

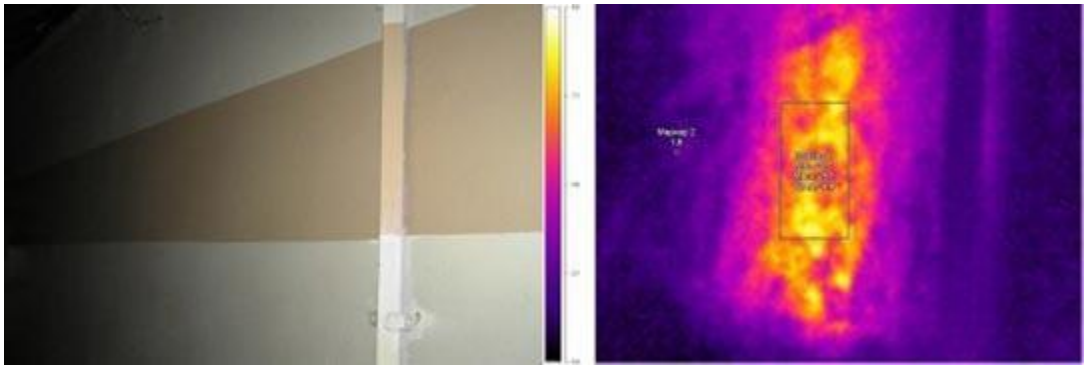


Рисунок 1.8 - Термограма термоізоляції стін

На перший погляд, утеплена стіна будівлі виглядає нормально (рис. 1.8). Однак термограма вказує на наявність проблеми - пошкодження і неефективну роботу теплової ізоляції. Це може бути обумовлено:

- помилкою монтажу або відсутністю ізоляції;
- пошкодженням ізоляції в процесі експлуатації.

Всередині приміщення встановлений котел, який ймовірно нагрів стіну до такої міри, що це призвело до деформації або пошкодження пінопласту.

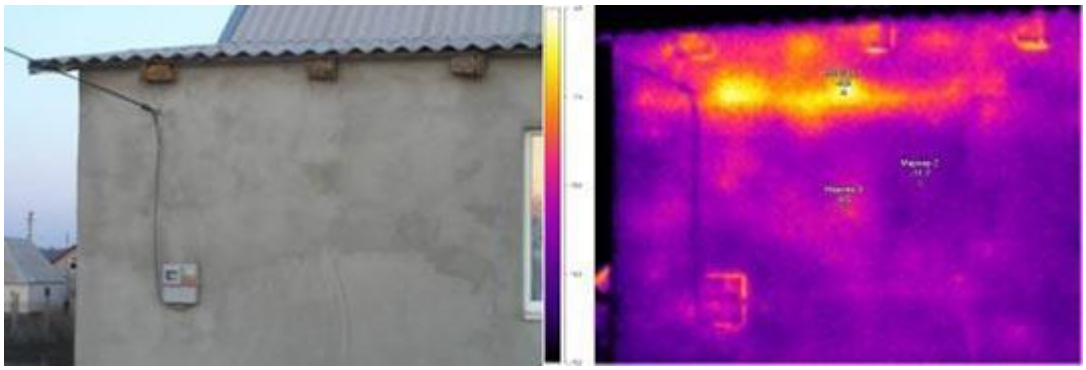


Рисунок 1.9 - Термограма термоізоляції стін

На поверхні стіни видно численні яскраві області, що вказують на підвищені втрати тепла і неефективну роботу ізоляції (рис. 1.9). Ймовірна причина - неякісний монтаж теплової ізоляції (або, її відсутність).

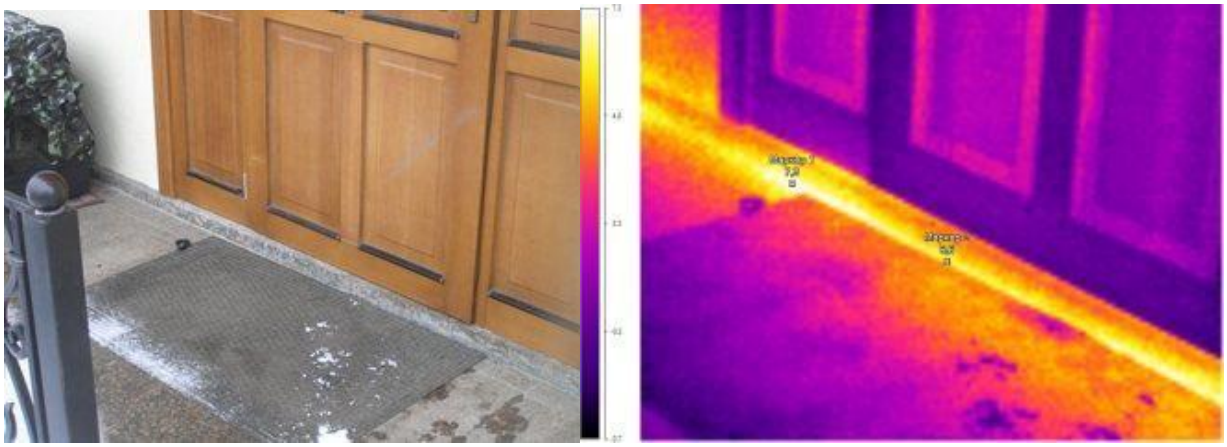


Рисунок 1.10- Термограма труби теплої підлоги

Труба теплої підлоги покладена близько до зовнішньої стіни (рис. 1.10). Теплоносій в системі охолоджується інтенсивніше і його доводиться підігрівати частіше. Результат - збільшення витрат на опалення.

Проблема також може бути пов’язана з фундаментом. Як приклад розглянемо наступні термограми [12].

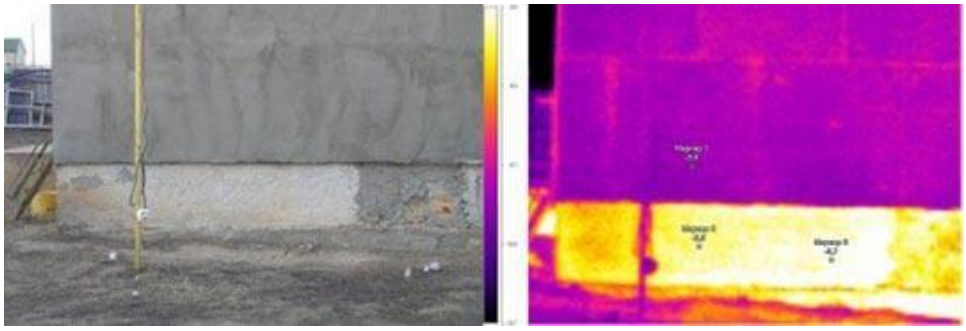


Рисунок 1.11 - Термограма фундаменту

Основні втрати тепла здійснюються через фундамент (рис. 1.11). З одного боку такий контраст пов'язаний з утепленням стіни, тому вона втрачає менше тепла і нагрівається слабкіше. Але з іншого боку утеплення стіни недостатньо. Як показує приклад, щоб мінімізувати втрати тепла і зробити будинок дійсно енергоефективним, необхідно також утеплити фундамент. В іншому випадку утеплення стін не принесе очікуваного ефекту, і будівля продовжить втрачати багато тепла.

Утеплення даху - один з найважливіших етапів при будівництві будівлі. Тому воно повинно бути виконано якісно і не містити проблем. Наслідки неякісного монтажу, нещільні стики, недостатня товщина теплової ізоляції призводять до втрат тепла.

На термограмі видно, що теплова ізоляція працює неефективно. По периметру присутні витоки тепла через недостатнє ущільнення стику мінеральної вати і дерев'яних балок (рис 1.12).

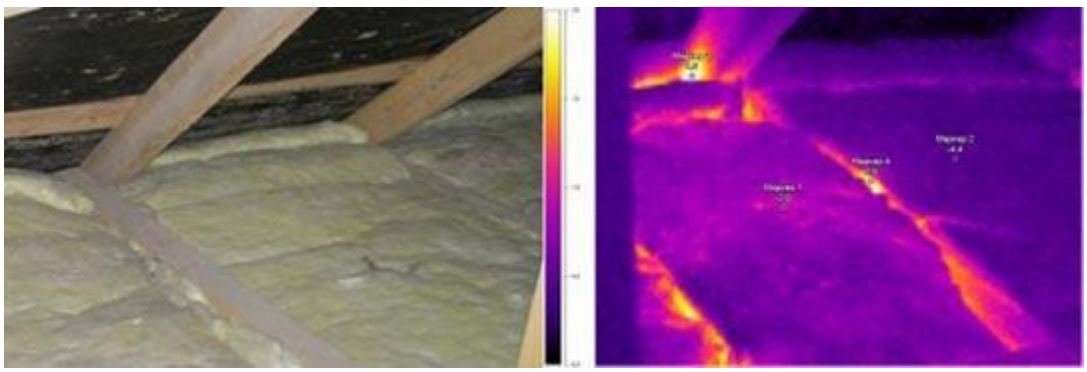


Рисунок 1.12 - Термограма даху будинку

Також це відбивається і на ефективності роботи всього рулону ізоляції. Середня температура на поверхні лівої половини ізоляції становить -2˚С, а праворуч - 4,4˚С. З цього можна зробити висновок, що ізоляція зліва нагрівається в 2,2 рази сильніше, ніж забезпечує більш високі втрати тепла.

На рисунку 1.13 проблема полягає в неякісному утепленні стиків балок, що забезпечує додаткові втрати тепла через дах. У разі якщо таких ділянок кілька, це істотно впливає на загальну ефективність роботи теплової ізоляції і збільшує тепловтрати будівлі.

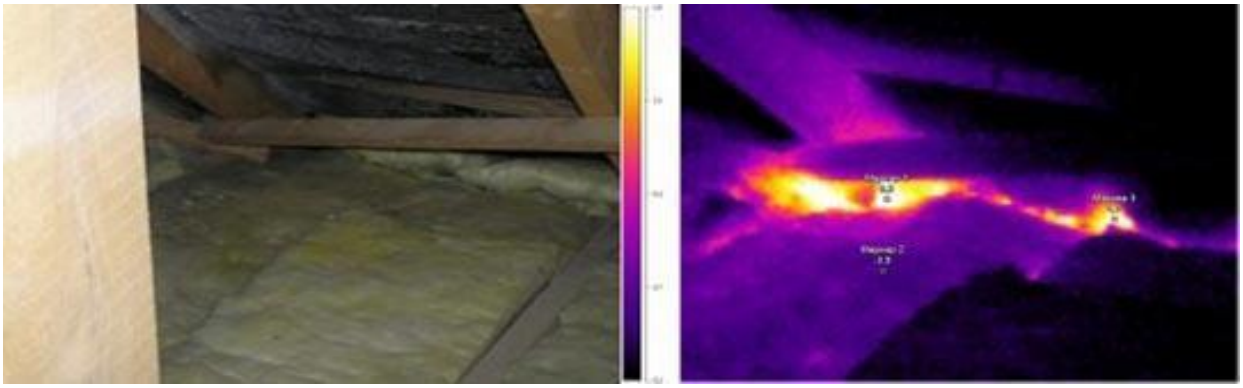


Рисунок 1.13 - Термограмма дахубудинку

«Мости холоду» - це ділянки будівлі з більш низьким термічним опором по відношенню до інших ділянок. Тобто вони пропускають більше тепла. Наприклад це кути, бетонні перемички над вікнами, місця сполучення будівельних конструкцій і так далі (рис.1.14).

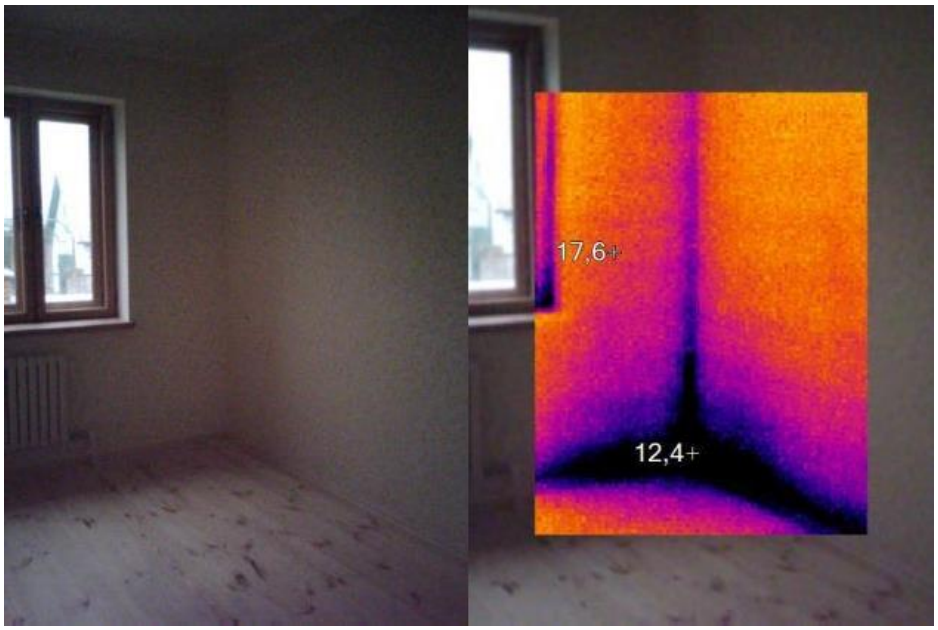


Рисунок 1.14 - Термограма мосту холоду

Містки холоду:

- збільшують тепловтрати будівлі. Одні містки втрачають більше тепла, інші менше. Все залежить від особливостей будівлі.
- при певних умовах в них випадає конденсат і з'являється грибок. Такі потенційно небезпечні ділянки потрібно попереджати і усувати заздалегідь.

Вентиляція працює «навпаки». Замість видалення повітря з приміщення назовні, з вулиці в приміщення затягується холодний вуличне повітря (рис. 1.15). Це також, як і в прикладі з вікнами забезпечує протяги і охолоджує приміщення. На наведеному прикладі температура повітря, який потрапляє в приміщення -2,5 градуса, при температурі приміщення ~ 20-22 градуси.

Часто в приміщеннях буває холодно через неефективну роботу радіатора. Червоні «плями» під вікнами - це радіатори, встановлені всередині приміщення і нагрівають зовнішню поверхню стіни. Такий режим роботи радіатора неефективний, так як ви «опалюєте» вулицю і платите за тепло, яке не використовуєте. На рисунку 1.16 зображена термограма роботи радіаторів.

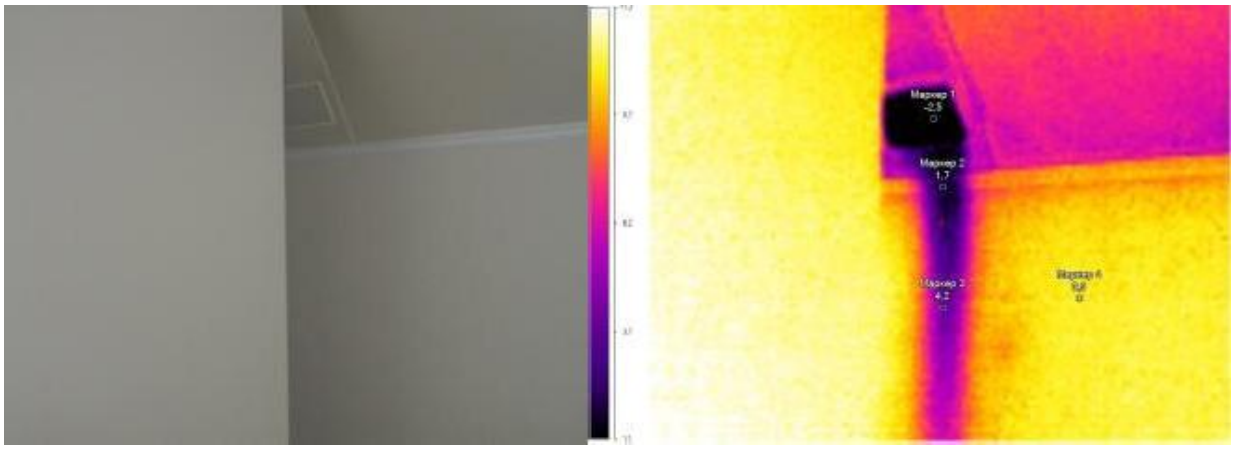


Рисунок 1.15 - Термограма вентиляції

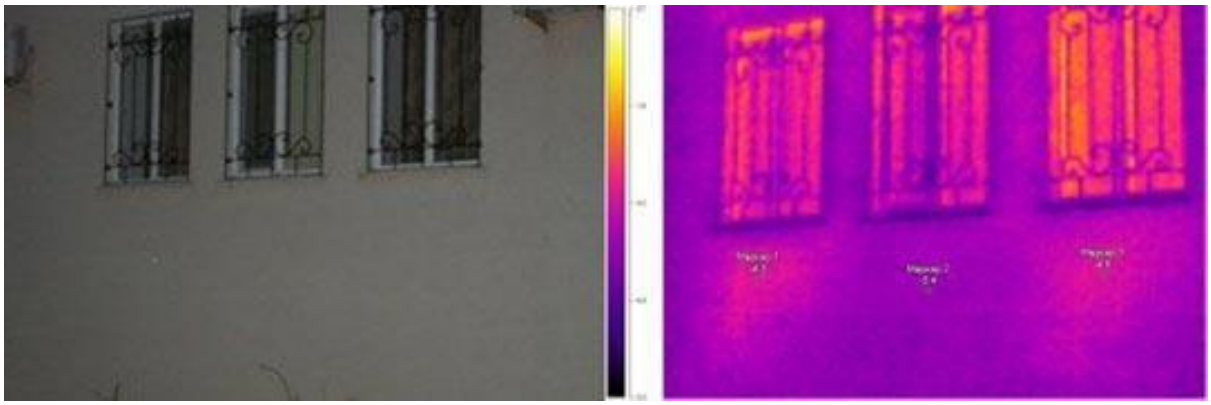


Рисунок 1.16 - Термограма роботи радіаторів

Щоб компенсувати тепловтрати, необхідно збільшувати потужність котла, через що збільшується споживання енергоресурсів (рис. 1.17). Усунення цієї проблеми дозволить більш ефективно витрачати тепло і збільшити температуру в приміщенні.

Часто в вікнах присутні щілини, які з'являються через: недостатнього притиснення вікна до віконної рами; зносу ущільнювачів гумок; неякісного монтажу (рис.1.18).

Через щілини в приміщення постійно потрапляє холодне повітря, через яке утворюються шкідливі для здоров'я протяги і збільшуються тепловтрати

будівлі.

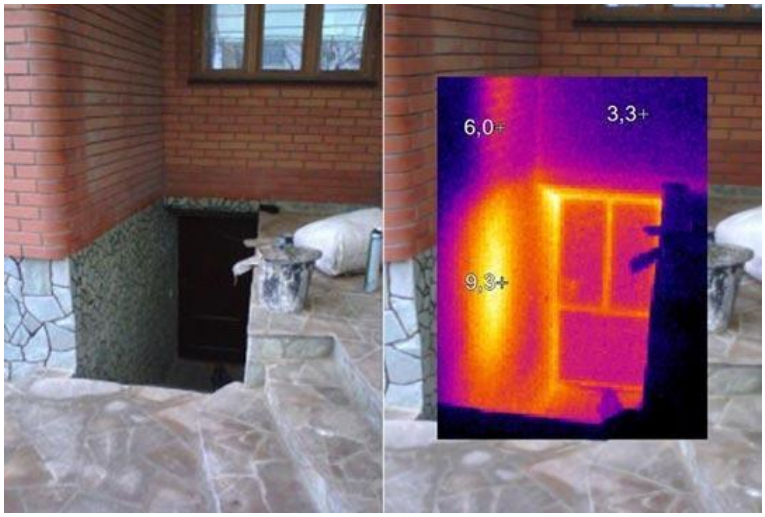


Рисунок 1.17 - Термограма роботи твердопаливного котла

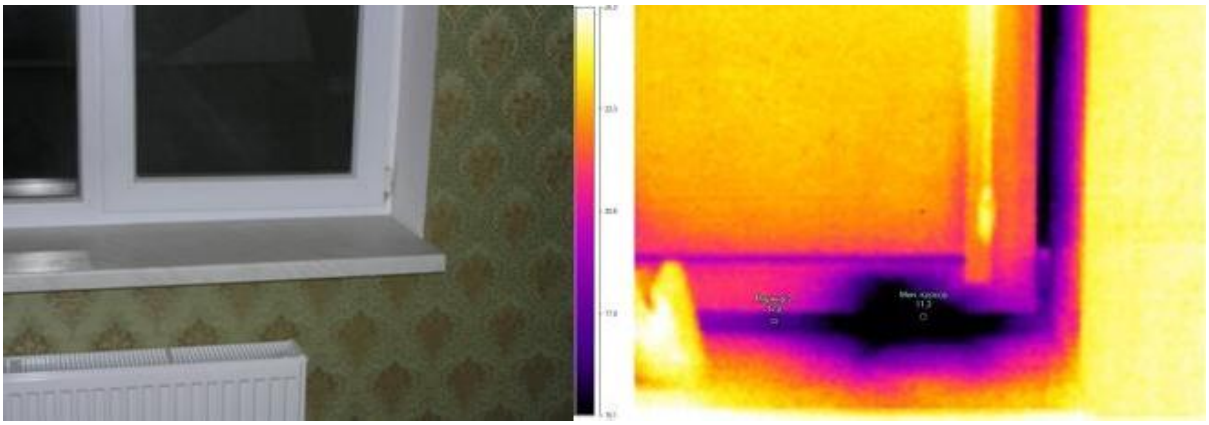


Рисунок 1.18 - Термограма щілин у вікні

Щоб уникнути високих тепловтрат у житловому приміщенні, заощадити на його опаленні та уникнути протягів необхідно вчасно виявити місця втрати теплової енергії та правильно провести утеплення. Тож метою роботи є розробка приладу для визначення місць найбільшого витоку тепла в приміщенні.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розрахувати елементи схеми та провести вибір елементної бази;
- розробити схему електричну принципову приладу;
- розробити топологію друкованої плати приладу.

2 РОЗРОБКА ПРИЛАДУ РЕЄСТРАЦІЇ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРИМІЩЕННІ

2.1 Аналіз датчиків для реєстрації змін температури

2.1.1 Напівпровідникові термометри опору

Напівпровідникові терморезистори в залежності від того, зростає чи зменшується опір при нагріванні, поділяються відповідно на позистори та термістори. Термістор – це напівпровідниковий терморезистор з від'ємним ТКО.

Фізичні явища, які лежать в основі роботи термісторів: збільшення концентрації носіїв зарядів; збільшення інтенсивності обміну електронами між іонами зі змінною валентністю; фазові перетворення напівпровідникового матеріалу.

Перше явище характерне для термісторів, виготовлених з монокристалів ковалентних напівпровідників (кремнію, германію, карбіду кремнію, з'єднань A_3B_5). Такі термістори працюють в області температур, що відповідають домішковій електропровідності. Однак найчастіше термістори виготовляють з порошків оксидів Mn, Fe, Ni, Cu, Zn та Co. Електропровідність таких матеріалів пов'язана з обміном електронів між сусідніми іонами. Енергія, необхідна для такого обміну, експоненційно зменшується зі зростанням температури. В оксидах ванадію за температур фазового переходу спостерігається зменшення питомого опору на декілька порядків, що також може використовуватись в термісторах.

Позистор – це напівпровідниковий терморезистор з додатнім ТКО. Позистори виготовляють на основі кераміки з титанату барію, який є діелектриком з питомим опором за кімнатної температури $10^{10}…10^{12}$ Ом·см. Якщо ж до складу кераміки ввести домішки рідкісноземельних металів (лантана, церія) або інших домішків (танатал, ніобія, сурьми), то це призведе до зменшення питомого опору до 10…102 Ом·см. Напівпровідниковий титанат барію характеризується аномальною температурною залежністю питомогоопору – у вузькому діапазоні температур при нагріві вище точки Кюрі питомий опір збільшується на декілька порядків. Крім титаната барію, використовують кремній для виготовлення позисторів, які працюють в області виснаження домішків.

Напівпровідникові терморезистивні перетворювачі мають ряд переваг порівняно з металевими терморезисторами: малі габарити, мала інерційність та висока чутливість. Однак напівпровідникові перетворювачі поступаються металевим в точності [13].

2.1.2 Датчики-генератори температури

Кремнієві датчики температури використовують залежність опору напівпровідникового кремнію від температури. Діапазон вимірюваних температур -50... + 150°С. Застосовуються в основному для вимірювання температури всередині електронних приладів.

Біметалічний датчик-генератор - зроблений з двох різнорідних металевих пластин, скріплених між собою [14]. Різні метали мають різний температурний коефіцієнт розширення. Якщо з'єднані в пластину метали нагріти або охолодити, то вона зігнеться, при цьому замкне (розімкне) електричні контакти або переведе стрілку індикатора. Діапазон роботи біметалевих датчиків -40... +550°С. Використовуються для вимірювання поверхні твердих тіл і температури рідин. Основні області застосування -

автомобільна промисловість, системи опалення та нагріву води.

Термоіндикатори - це особливі речовини, що змінюють свій колір під впливом температури. Зміна кольору може бути зворотною і незворотною. Виробляються у вигляді плівок.

За принципом дії термоіндикатори поділяють на 4 основних типу:

- термохімічні індикатори – це складні речовини, які при досягненні певної температури різко змінюють свій колір за рахунок хімічної взаємодії компонентів,
- термоіндикатори плавлення – це складні речовини, які різко змінюють свій колір в результаті плавлення одного чи декількох компонентів,
- рідкокристалічні термоіндикатори – це рідкокристалічні речовини, які в певному інтервалі температур змінюють свою структуру, в результаті чого падаючий на них промінь розпадається та відбивається зі зміною кольору,
- люмінесцентні термоіндикатори – це різновидність люмінофорів, які в залежності від температури змінюють або яскравість, або колір світіння.

2.1.3 Термопари

Принцип дії термопар заснований на термоелектричному ефекті, який полягає в тому, що при наявності різниці температур місць з'єднань (спаїв) двох різнорідних металів або напівпровідників в контурі виникає електрорушійна сила, яка називається термоелектрорушійною (скорочено термо-ЕРС) (рис.2.1). У певному інтервалі температур можна вважати, що термо-ЕРС прямо пропорційна різниці температур $\Delta T = T_1 - T_0$ між спаєм і кінцями термопари.

Сполучені між собою кінці термопари, що занурюються у середу, температура якої вимірюється, називають робочим кінцем термопари. Кінці,

які знаходяться в навколишньому середовищі, і які зазвичай приєднують проводами до вимірювальної схеми, називають вільними кінцями. Температуру цих кінців необхідно підтримувати постійною. При цьому умови термо-ЕРС *Em* буде залежати тільки від температури T_1 робочого кінця:

$$U_{вих} = E_T = C(T_1 - T_0),$$

де C - коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідників термопари. Створена за рахунок термопар ЕРС, порівняно невелика: вона не перевищує 8 мВ на кожні 100°С і зазвичай не перевищує за абсолютною величиною 70мВ.

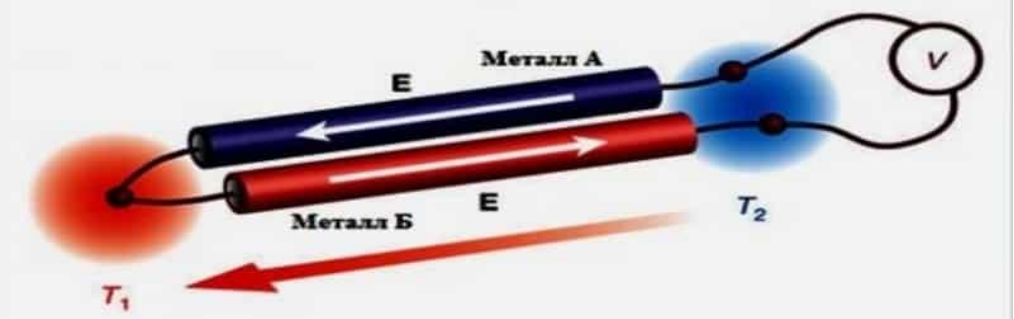


Рисунок 2.1-Термоелектричний перетворювач

Термопари дозволяють вимірювати температуру в діапазоні від -200 до 2200°С. Найбільшого поширення для виготовлення термоелектричних перетворювачів отримали платина, платинородій, хромель, алюмель.

Термоелектричний перетворювач мають наступні переваги: простота виготовлення і надійність в експлуатації, дешевизна, відсутність джерел живлення і можливість вимірювань в великому діапазоні температур.

Поряд з цим їм властиві і деякі недоліки - менша, ніж у терморезисторов, точність вимірювання, наявність значної теплової інерційності, необхідність введення поправки на температуру вільних кінців і необхідність в застосуванні спеціальних сполучних проводів.

2.1.4 Пірометри

Пірометри використовують енергію випромінювання нагрітих тіл, що дозволяє вимірювати температуру поверхні на відстані (рис. 2.2). Пірометри діляться на радіаційні, яскравості і кольору.



Рисунок 2.2- Безконтактний цифровий пірометр

Радіаційні пірометри використовуються для вимірювання температури від 20 до 2500 °С, причому прилад вимірює інтегральну інтенсивність випромінювання реального об'єкта.

Пірометри яскравості (оптичні) використовуються для вимірювання температур від 500 до 4000 °С. Вони засновані на порівнянні у вузькій ділянці спектру яскравості досліджуваного об'єкта з яскравістю зразкового випромінювача (фотометричної лампи).

Кольорові пірометри засновані на вимірі відносності інтенсивностей випромінювання на двох довжинах хвиль, які обирають зазвичай в червоній або синій частині спектра; вони використовуються для вимірювання температури в діапазоні від 800°С.

Пірометри дозволяють вимірювати температуру у важкодоступних місцях і температуру рухомих об'єктів, високі температури, де інші датчики

вже не працюють.

Для вимірювання температур від-80 до 250°С часто використовуються так звані кварцові термоперетворювачі, що використовують залежність власної частоти кварцового елемента від температури. Робота даних датчиків заснована на тому, що залежність частоти перетворювача від температури і лінійність функції перетворення змінюються в залежності від орієнтації зрізу щодо осей кристала кварцу. Дані датчики широко використовуються в цифрових термометрах.

2.2 Розробка приладу для реєстрації втрат тепла

2.2.1 Розробка та дослідження підсилювача

Для отримання максимальної чутливості приладу розрахуємо електричні параметри вузла підсилювача сигналу. Початкова ЕРС з датчика ($U_{вх}$) дорівнює 0,75В. Для побудови підсилювача використано операційний підсилювач LM393, тому що він забезпечує необхідний коефіцієнт підсилення.

Схема підсилювача сигналу з датчика представлена на рисунку 2.3.

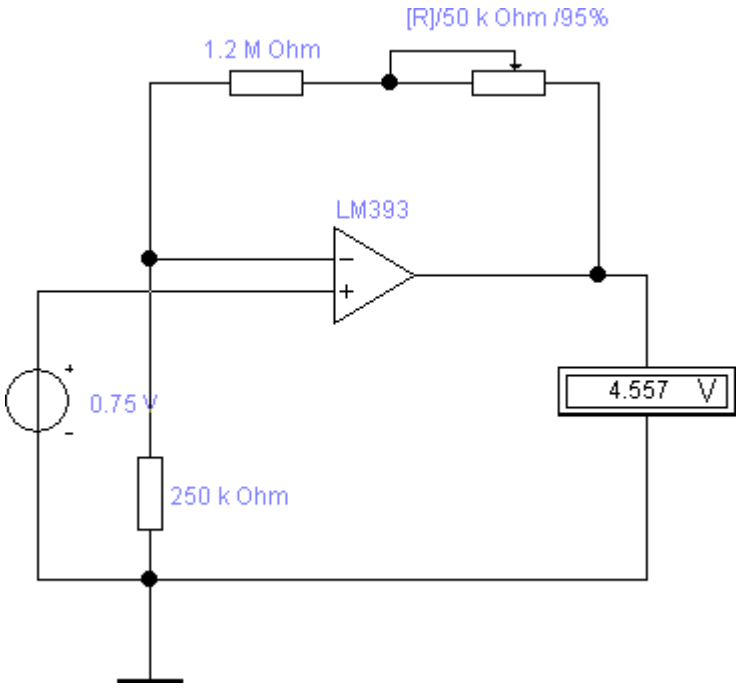


Рисунок 2.6 - Схема підсилювача сигналу з датчика

Таблиця 2.1 - Основні параметри мікросхеми LM393

Найменування параметра	Номінал
Напруга живлення не більше, В	±(2-36)
Напруга зміщення не більше, мВ	1
Вхідний струм (I ВХ) не більше, нА	20
Коефіцієнт підсилення не менше, дБ	100 (100000раз)
Коефіцієнт послаблення синфазного сигналу не менше, дБ	70
Вхідний опір не менше, кОм	100
Вихідний опір не більше, кОм	1
Гранична частота підсилення не менше МГц	1
Споживана потужність не більш, мВт	30
Діапазон робочих температур, 0С	0...+150

Для побудови схеми підсилювача застосовується інтегральна схема LM393 що містить в своєму складі два однакові ОП. Основні технічні

характеристики мікросхеми наведено в таблиці. 2.1.

Отже вихідна напруга ($U_{вих}$) сигналу, яка аналізується аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП) повинна бути більшою за 4,5В.

Оскільки вихідний опір датчика дорівнює 50 кОм – виконуючи умови узгодження вихідного опору датчика (R вих) та вхідного опору підсилювача (R вх) за напругою розрахуємо опір зворотного зв’язку при умові що R вх =250кОм.

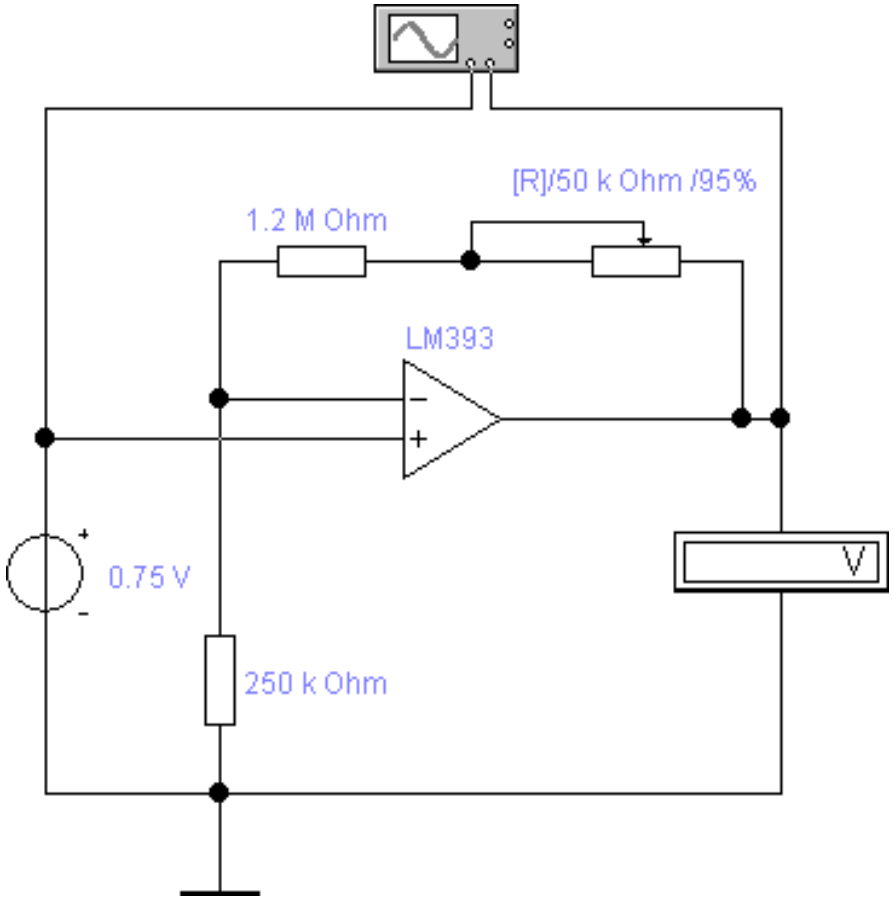


Рисунок 2.7 - Схема для моделювання підсилювача

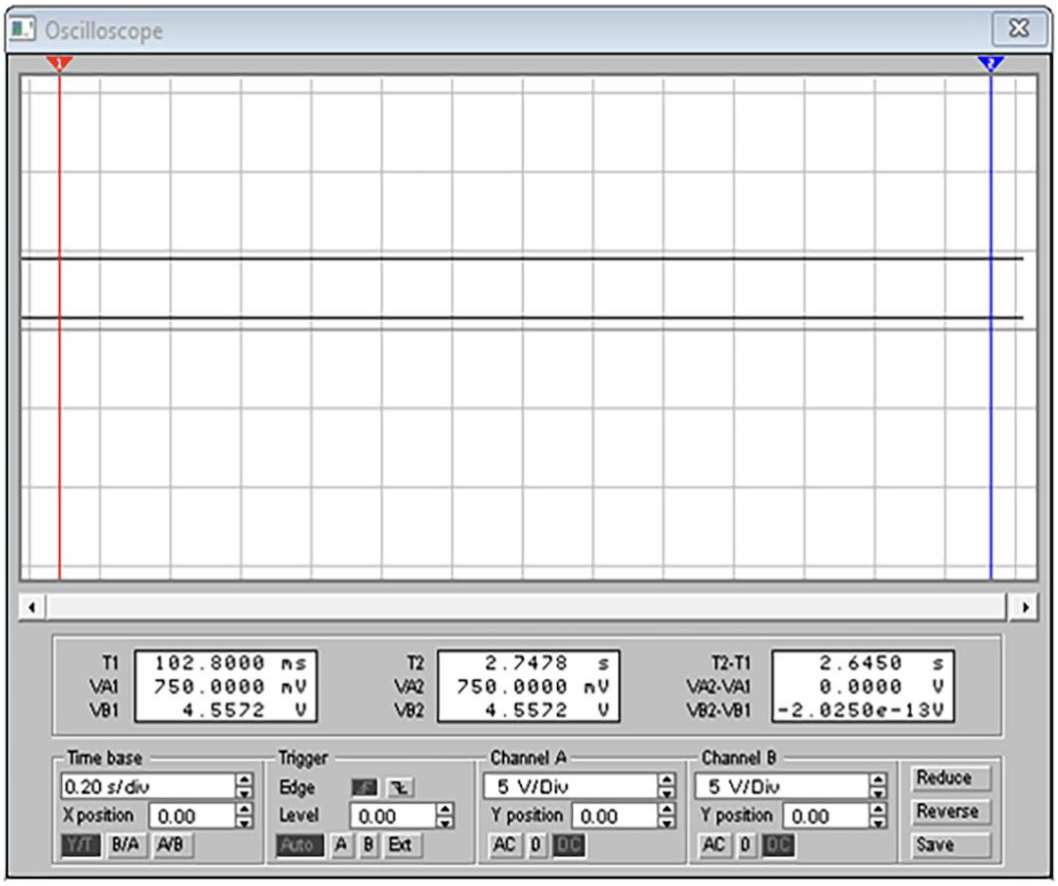


Рисунок 2.8- Результати моделювання

Результати розрахунків погоджуються з результатами моделювання в середовищі Electronics Workbench (рис. 2.8). Сигнал підсилюється згідно моделювання у 6 разів.

2.2.2 Вибір світлодіода

В якості фотовипромінювального елемента обраний світлодіод типу ЗЛ107А,ЗЛ107Б, АЛ107А, АЛ107Б- випромінювальні діоди ІК-діапазону арсенідо- галієві меза-епітаксійні, випускаються в пластмасовому корпусі; маса не більше 2 г.

Маркуються кольоровими обідками на корпусі: ЗЛ107А- один, ЗЛ107Б -два;

АЛ107А, АЛ107Б не маркується. Визначення виводів: анодний вивід довше; у ЗЛ107А, ЗЛ107Б з боку анодного виводу наноситься кольорова точка на корпусі.

Габаритні розміри світлодіоду представлені на рисунку 2.9.

Найважливіші характеристики світлодіодів - спектральна та характеристика спрямованості.

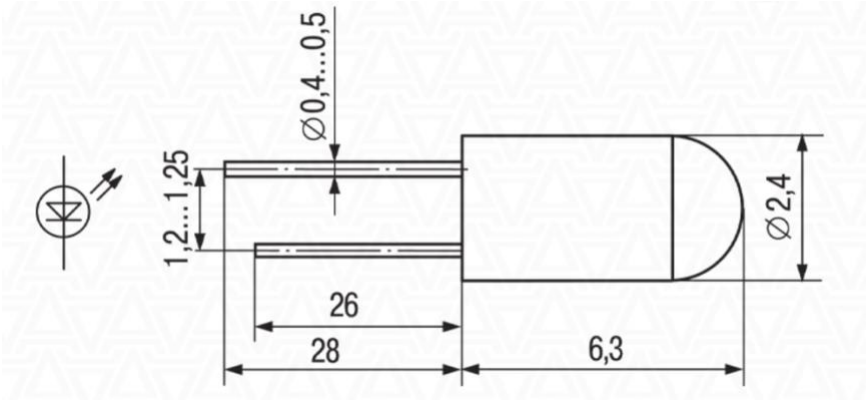


Рисунок 2.9- Габаритні розміри світлодіоду АЛ107А, АЛ107Б

Спектральна характеристика - залежність відносної потужності випромінювання від довжини випромінюваної хвилі при певній температурі середовища (рис. 2.11).

Характеристика спрямованості визначає величину інтенсивності світлового випромінювання в залежності від напрямку випромінювання представлена на рисунку 2.10.

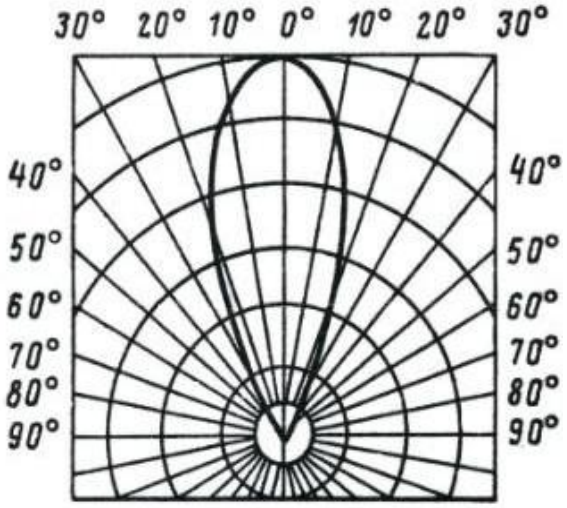


Рисунок 2.10 - Діаграма спрямованості

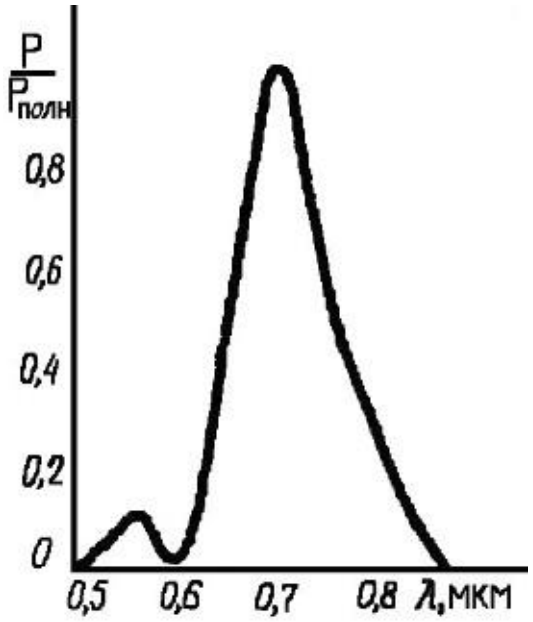


Рисунок 2.11 - Спектральна характеристика

Електричні і випромінювальні параметри при $T_{нав.сер.} = 25^{\circ}C$ представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Електричні і випромінювальні параметри при $T_{нав.сер.}$ = 25˚С

Потужність випромінювання при I пр = 100 мА, не менше: АЛ107А, ЗЛ107А, АЛ107Б, ЗЛ107Б	6 мВт 10 мВт
Постійна пряма напруга при I пр = 100 мА, не більше	2 В
Максимум спектрального розподілу випромінювання на довжині хвилі	0,95 мкм
Ширина спектра випромінювання за рівнем 0,5	0,03 мкм

Граничні експлуатаційні дані:

Постійний прямий струм:

при $T_{нав.сер}$ від 60° до + 35° С.....100 мА

при $T_{нав.сер}$ = 85 °С ..... ….80 мА

Постійна зворотна напруга у всьому діапазоні робочої температури для ЗЛ107А, ЗЛ107Б .....…….6 В

Діапазон робочої температури навколишнього середовища: АЛ107А, АЛ107Б ..... від -40° до + 85 °С

ЗЛ107А, ЗЛ107Б.....від -60° до + 85 °С

2.2.3 Компаратор

Чутливим елементом приладу є компаратор, що відслідковує невеликі зміни навколишньої температури. В якості компаратора обрано мікросхему

LM393, що є здвоєним диференціальним компаратором компанії Texas Instruments, який виконаний в єдиному пластиковому корпусі. У ньому містяться два незалежні між собою операційні підсилювачі, які застосовуються для порівняння аналогових сигналів, що надходять на їх входи. Позитивним результатом такої роботи стає поява напруги на їх виходах (логічна одиниця), негативним – її відсутність (нуль).

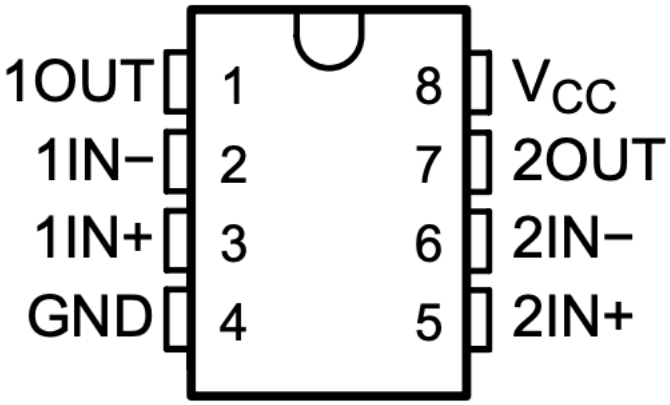


Рисунок 2.12-Умовне графічне позначення мікросхеми LM393

Номер виводу	Назва виводу	Призначення
1	OUT 1	вихід компаратора А
2	INPUT 1-	інвертуючий вхід компаратора 1
3	INPUT 1+	неінвертуючий вхід компаратора 1
4	GND	«земля»
5	INPUT 2+	неінвертуючий вхід компаратора 2
6	INPUT 2-	інвертуючий вхід компаратора 2
7	OUT 2	вихід компаратора 2
8	VCC	напруга живлення

Основні характеристики

- Діапазон живлення (Vcc): 2. 0 В до 36 В (однополюсне), ±1.0 В до ±18 В (двополюсне).
- Низький струм споживання: 0.4 мА.

- Зсув напруги на вході: ≤5 мВ.
- Зміщення струму на вході: ≤5 нА.
- Діапазон загального режиму: від 0 до Vcc-1.5 В.
- Сумісність вихідної напруги: DTL, TTL, MOS та CMOS логіка.
- Захист від ESD: Вбудовані клеми ESD для підвищення надійності.
- Робоча температура: від -40°C до +125°C (для деяких моделей).

Мікросхема здатна функціонувати як від одного, так і від двополярного джерела живлення. Включення та робота компаратора починається з подачі на його контакти Gnd та VCC постійної напруги. Порівнювані сигнали подають на операційні підсилювачі, кожен з яких має три контакти: два входи (+IN, -IN) і по одному виходу (Output).

Кожен з компараторів побудовано за наступною схемою (рис. 2.13). Моделювання кожного з компараторів та самого компаратора вікон проводилось в середовищі EveryCircut (рис.2.14).

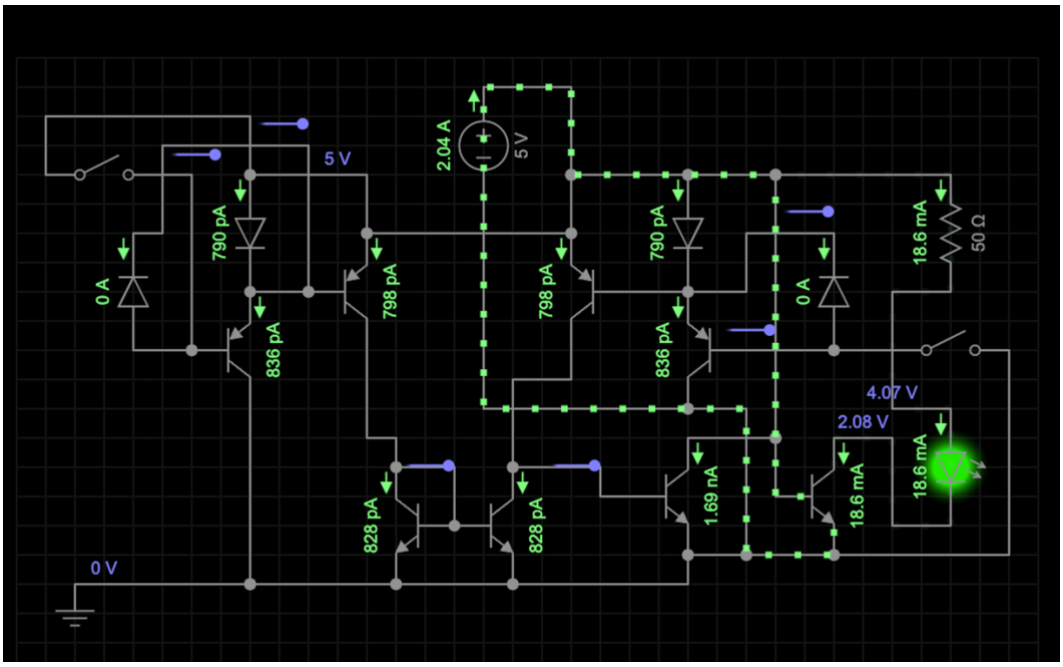


Рисунок 2.13- Схема кожного з компараторів мікросхеми LM393

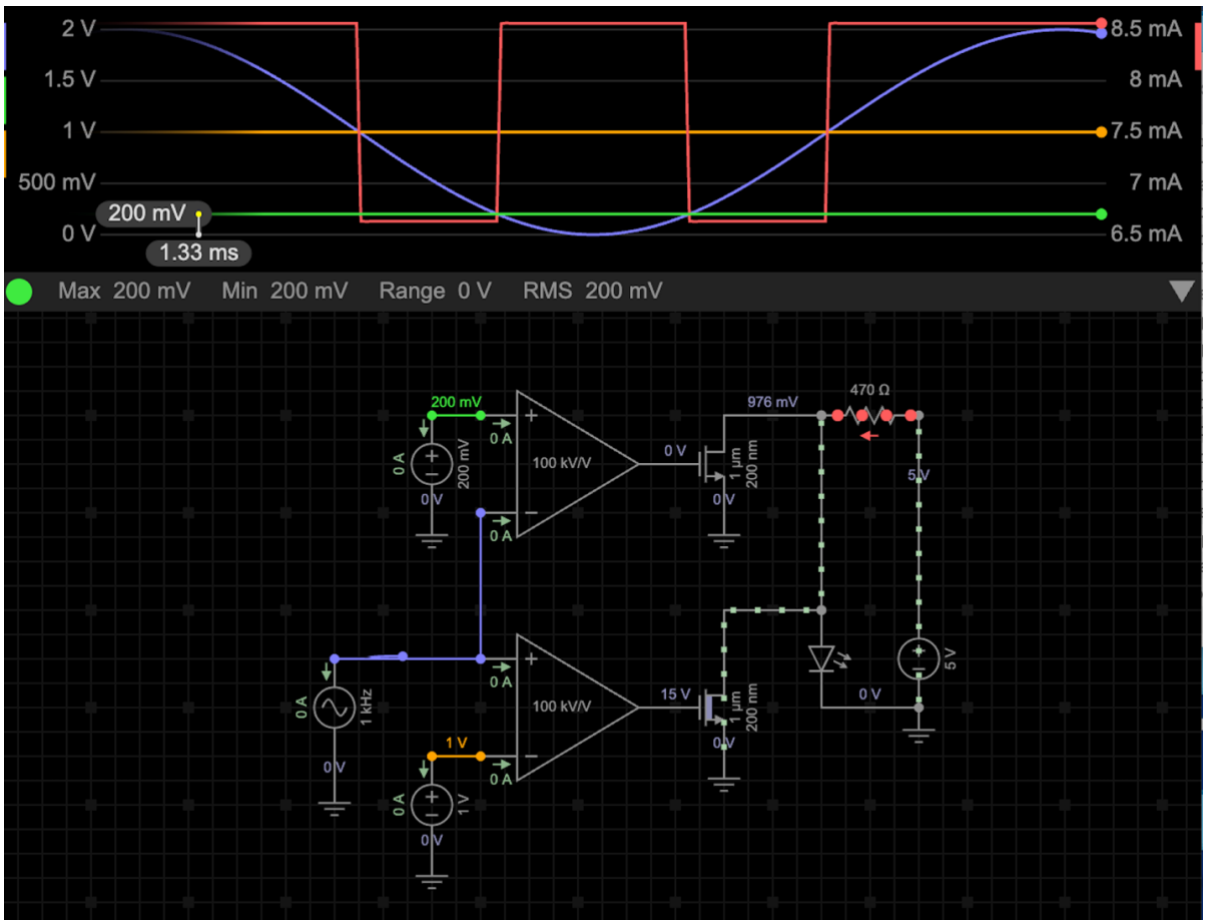


Рисунок 2.14- Моделювання мікросхеми LM393 в середовищі EveryCircut

2.2.4 Розробка схеми електричної принципової

Запропоновано пристрій, що дозволяє реєструвати незначні зміни температури навколишнього середовища.

Чутливим елементом схеми є компаратор, що відслідковує невеликі зміни навколишньої температури. Основне призначення схеми - відстеження протягів в дверях і вікнах, що призводять до втрат тепла, але є ще безліч застосувань, де необхідний високочутливий датчик зміни температури.

Два світлодіоди показують, чи змінюється температура вгору (червоний

світлодіод), або вниз (зелений світлодіод) відносно навколишньої температури.

Мікросхема IC1 виконує функції мостового детектора і підсилювача. Її вихідна напруга зростає зі збільшенням температури, і падає зі зменшенням. Це відбувається тому, що опір NTC термістора зменшується з підвищенням температури, і навпаки, що викликає розбаланс моста R1, R2, R4, R5. На мікросхемах IC2A і IC2B зібраний віконний компаратор, чутливість якого регулюється опором R8.

До початку вимірювань схема повинна бути збалансована, налаштування резистором R1 так, щоб обидва світлодіоди були вимкнені. Найбільша чутливість схеми, коли вона реагує на дуже незначні зміни температури, виходить при установці налаштування резистора R8 в нуль. У міру збільшення R8 чутливість схеми знижується.

Опір термістора вибирається з з діапазону 10 ... 22 кОм при 20 °C.

Величина R1 повинна бути приблизно вдвічі більше опору термістора при 20°C, тобто, при використанні термістора 22 кОм R1 має мати опір 47 кОм.

Для зменшення часу реакції на зміни температури обираємо термістори мінімальних розмірів.

Коли напрямок зміни температури байдуже, і другий світлодіод не потрібен, D2 можна не встановлювати, а вивід 1 мікросхеми IC2B з'єднати з виводом 7 IC2A.

Розроблена схема електрична принципова приладу для реєстрації втрат тепла наведено на рисунку 2.15, а перелік елементів в Додатку А.

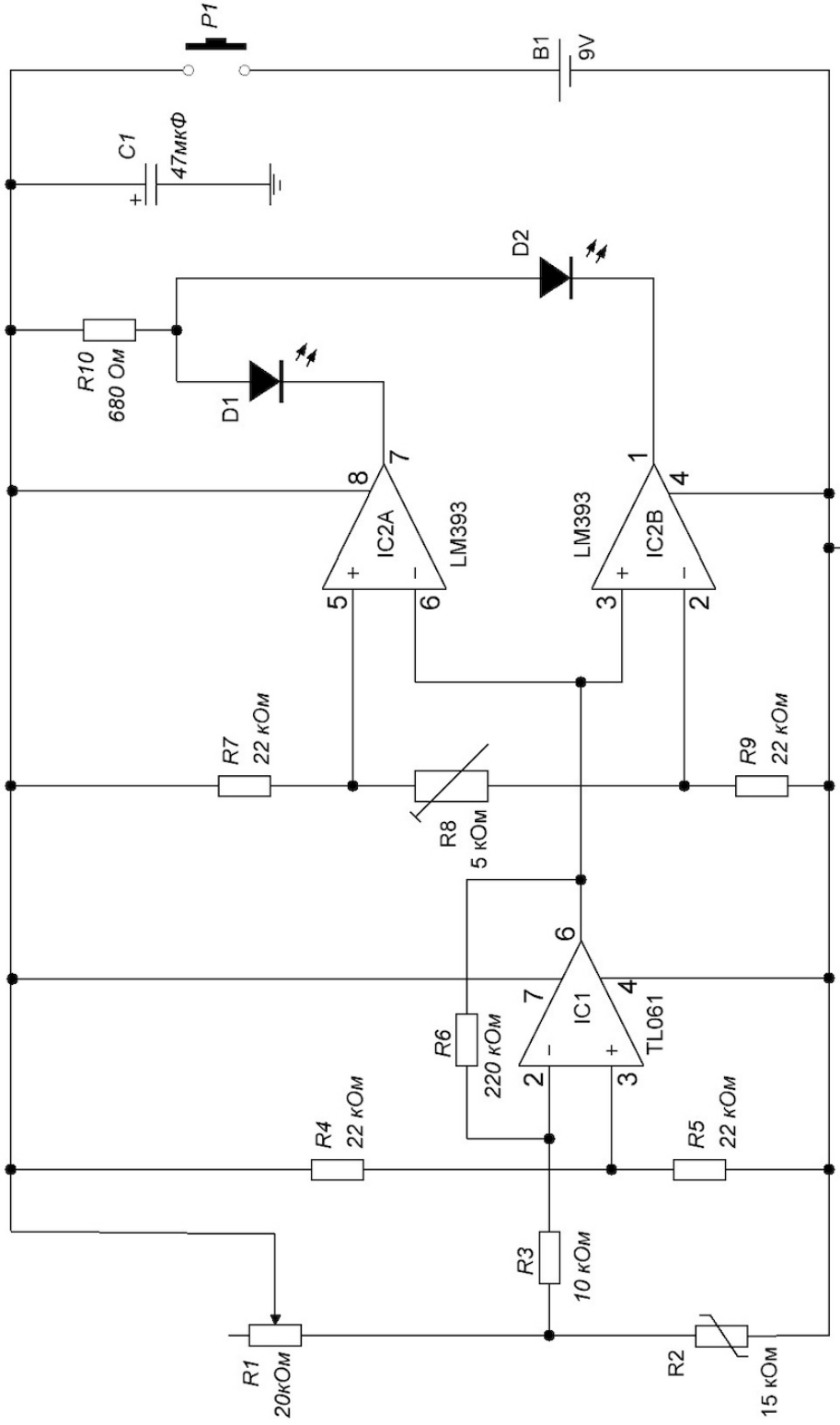


Рисунок 2.15- Схема електрична принципова приладу для реєстрації втрат тепла

2.2.5 Розробка схеми розміщення елементів та топології друкованої плати

Друкована плата — це пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на якій або/і всередині якої сформований хоча б один шар з провідними доріжками. На друковану плату монтуються електронні компоненти, які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка паянням, або, значно рідше, зварюванням, у результаті чого складається електронний модуль — змонтована друкована плата. Згідно з ДСТУ 2646-94 виготовлення друкованих плат здійснюють хімічним, електрохімічним або комбінованим методами, а останнім часом набуває також поширення адитивний метод.

Формування рисунка друкованих плат:

- сіткографічний;
- офсетний;
- фотохімічний;
- негативний і позитивний.

Зазвичай друкована плата проектується індивідуально залежно від електронної схеми і типів корпусів деталей. Для їх розробки існує спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє створювати креслення принципових схем, обирати найкраще розміщення електронних компонентів (для досягнення найменшої довжини струмопровідних доріжок, балансування сигнальних ліній, зменшення числа перемичок або шарів доріжок тощо), генерувати файли фотошаблонів та інструкцій для виготовлення друкованих плат на верстатах з ЧПК.

Плати покриваються лаком пензлем або зануренням. Альтернативи цьому покриттю досі не було. Технологія, запропонована ГК «Бінар Ко», заснована на нанесенні на готову плату ППКП за допомогою спеціального обладнання. У результаті обробки утворюється суцільне і рівномірне по

товщині покриття 57 від 5 мкм, яке не містить мікропорожнечі, має низьку волого-і газопроникність, чудові електроізоляційні властивості. Представлена новинка може скласти значну конкуренцію традиційного матеріалу.

Матеріали, які використовують для виготовлення друкованих плат, повинні мати високі електроізолюючі властивості і достатню механічну міцність. Для виготовлення друкованих плат використовують фольговані та нефольговані листові діелектричні матеріали. Найширше використовують фольговані діелектрики.

Приклад запису позначення матеріалу: СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316-78, де:

СФ — склотекстоліт фольгований; 1 — фольга з одного боку;

35 — товщина шару фольги (в мкм);

1,5 — товщина матеріалу, разом з шаром фольги (в мм).

Друкована плата конструкційно виглядає як ізоляційна основа з нанесеними електричними з’єднаннями, компоненти якої з’єднуються пайкою.

Односторонні друковані плати — це пластини, з розміщеними на ній провідниками тільки з одного боку. Двосторонні друковані плати мають розташування провідників з двох сторін.

Розроблена плата розрахована на установку мікросхем в корпусі для поверхневого монтажу. Інші деталі розпаяні традиційно – виводами в отвори. Резистори R2, R4 і R5 встановлені перпендикулярно платі.

Таким чином, запропоновано пристрій, чутливим елементом якого є компаратор, що відслідковує зміни навколишньої температури, дозволяє відстежити протяги в дверях і вікнах, що призводять до втрат тепла.

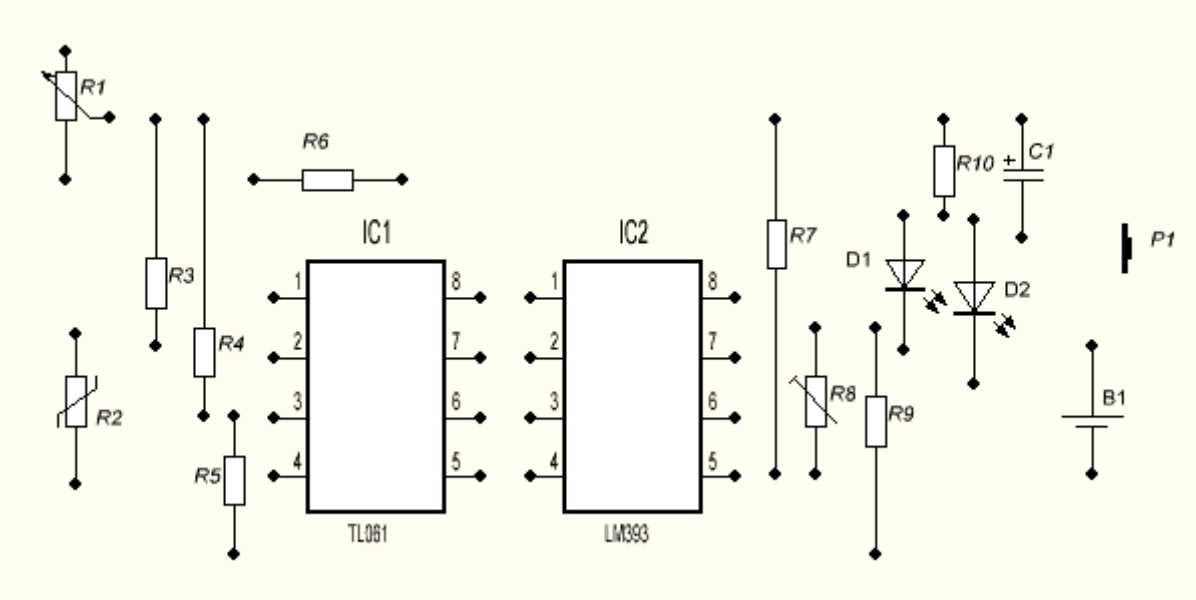


Рисунок 2.16 – Схема розміщення елементів

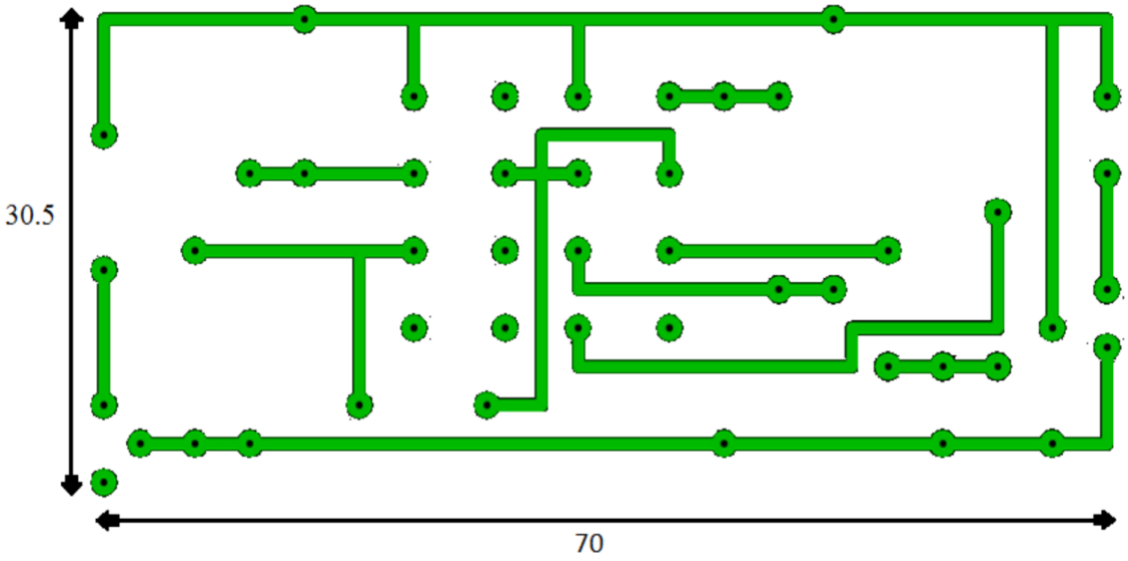


Рисунок 2.22 – Міжелементні з’єднання на друкованій платі

Два світлодіоди показують збільшення(червоний світлодіод), або зменшення (зелений світлодіод) температури відносно температури навколишнього середовища. Живлення здійснюється від батареї 9 В, габаритні розміри складають 70×30,5 мм. Пристрій може використовуватися як у житлових приміщеннях так і на промислових об`єктах.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

На робочому місці інженер електронної техніки піддається впливу наступних несприятливих умов:

- недостатнє освітлення;
- шум від працюючих машин (комп’ютерів, робочих стендів). Джерелом шуму є робочі стенди. Шум діє на робітника протягом 70% робочого часу;
- електромагнітне випромінювання, джерелом якого є персональні комп'ютери з системними блоками і моніторами;
- виділення надлишків теплоти;
- підвищена запиленість.

Розвитку стомлюваності на робочому місці сприяють такі чинники:

- характер протікання праці. Трудовий процес організований таким чином, що інженер-електронщик змушений з перших хвилин робочого дня вирішувати найбільш складні і трудомісткі задачі, у той час як у перші хвилини роботи функціональна рухливість нервових клітин мозку низька [15]. Важливе значення має чергування праці та відпочинку, зміна одних форм роботи іншими.
- неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення обладнання по висоті від підлоги, по фронту від осі симетрії;

Джерела небезпечних та шкідливих чинників на інженера електронної техніки:

- рівень шуму в приміщенні протягом робочого дня непостійний. При цьому протягом однієї години діє шум з рівнем звуку 83 дБА, протягом наступних двох годин з рівнем звуку 86 дБА, останній час 81 дБА при тому що норматив повинен бути не більше 70 дБА. Значить, робоче місце по показнику рівня шуму відноситься до класу умов праці 3.2 – шкідливий.
- основним джерелом електромагнітного випромінювання приміщення є персональні комп'ютери з системними блоками і моніторами.
- іонізація повітря приміщення. Рівні позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, де розташовані ПЕОМ, повинні відповідати санітарно-епідеміологічним нормативам, що діють.

Так як у приміщенні присутнє лабораторне устаткування, комп’ютери, шафи та робоча документація, то спостерігається деяка запиленість. За нормою запиленість в приміщенні не повинна перевищувати 4 мг/м³.

3.2 Заходи з поліпшення умов праці, виробнича санітарія

Для запобігання дещо підвищеної запиленості рекомендується встановлювати витяжні пристрої, а також проводити вологе прибирання приміщення лабораторного приміщення.

Раціональне колірне оформлення приміщення направлено на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення її продуктивності та безпеки. Забарвлення приміщень впливає на нервову систему людини, його настрій і в кінцевому рахунку на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно офарблювати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення і устаткування має бути м'яким, без блиску.

Температура в приміщеннях є одним з провідних чинників, що визначають метеорологічні умови виробничого середовища. Високі

температури створюють негативну дію на здоров'я людини. Робота в умовах високої температури супроводжується інтенсивним потовиділенням, що приводить до обезводнення організму, втрати мінеральних солей і водорозчинних вітамінів, викликає серйозні і стійкі зміни в діяльності серцево-судинної системи, збільшує частоту дихання.

При низькій температурі висока відносна вологість збільшує тепловтрати організму в результаті інтенсивного поглинання водяними парами енергії випромінювання людини. Це веде до переохолодження організму – гіпотермії. Низька вологість викликає пересихання слизистих оболонок дихальних доріг того, що працює.

В даному приміщенні допустима температура повітря в теплий період для роботи складає 22-24ºС (в холодний період 21-23ºС), відносна вологість 40-60%, швидкість руху повітря 0,1-0,2 м/с.

Фактичні параметри: в теплий період температура – 23-25 ºС, відносна вологість 45-60%, швидкість руху повітря 0,15-0,2 м/с, категорія робіт – 1а, в холодний період – температура 18-240С, відносна вологість 40-60 %, швидкість руху повітря 0,15-0,2 м/с, категорія робіт 1б, що відповідає нормам.

У приміщеннях, обладнаних ПЕВМ, повинна проводиться щоденне, вологе прибирання і систематичне провітрювання після кожної години роботи на ПЕВМ.

Світло є природною умовою життя людини, необхідною для збереження здоров'я і високої продуктивності праці, і заснованим на роботі зорового аналізатора. Недостатнє освітлення робочого місця утрудняє тривалу роботу, викликає підвищене стомлення і сприяє розвитку короткозорості. Дуже низькі рівні освітленості викликають апатію, сонливість, а в деяких випадках сприяють розвитку відчуття тривоги.

За правилами, світло при роботі з комп’ютером повинно падати зліва. Крім того, крісло слід відрегулювати так, щоб очі були на одному рівні з

центром монітора. Саме очі найбільш страждають при роботі з комп’ютером. Виявляється, коли довго дивишся на екран, перестаєш моргати. Тому очі червоніють, сльозяться, а значить, знижується зір. Невелика відстань до екрану, дрібний шрифт, мерехтіння, різне освітлення призводять, в остаточному підсумку, до короткозорості.

З метою зниження мерехтіння екрану рекомендується встановлювати частоту кадрів не менше 75 Гц для ЕЛТ-моніторів, та для ЖК-моніторів достатньою є мінімальна частота кадрів у 60 Гц.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей на оптимальній відстані 700мм, але не ближче 500 мм. Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп’ютера мають спеціальне покриття з коефіцієнтом відбиття не більше 0,5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань.

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп’ютери, можуть бути фанеровані звукопоглинальними матеріалами, а також застосування різних звукопоглинальних пристроїв. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням м'яких килимків з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, прокладки з м’якої гуми завтовшки 6-8 мм.

У зв’язку з усіма небезпеками досить чітко регламентовані розміри столу і стільця для роботи з комп'ютером. Адже "закам’яніла" постава шкідливо впливає на скелетно-м’язову систему. Стіл повинен бути просторим, із спеціальною підставкою для ніг, а робочий стілець – мати відрегульовану висоту, певний кут нахилу сидіння і спинки. Висота робочої поверхні столу повинна регулюватися а межах 680-800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу Робота за комп’ютером повинна бути 725 мм.

Робота за комп’ютером без регламентованої перерви не повинна перевищувати двох годин. Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційної напруги, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії і гіпокінезії, запобігання розвитку захворювань спини треба виконувати комплекси гімнастичних вправ.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача.

Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера та відстань між стіною з віконними прорізами і столом (має бути не менше 0,8 м). При невеликій кількості робочих місць бажано розташовувати столи біля протилежної стіни щодо віконних прорізів. Також відстань між робочими столами повинна бути не менш ніж 1,2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої стінки комп’ютера.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров’я, протягом часу роботи з комп’ютером, повинні встановлюватися регламентовані перерви. Під час регламентованої перерви, з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії та запобігання розвитку познотопічної втоми, доцільно виконувати комплекси вправ.

Щоб відновити загальний баланс атмосфери у приміщенні необхідно, щоб до робочого місця за комп’ютером проникало свіже повітря.

Таким чином, для безпечної роботи людини, лабораторне приміщення, де знаходиться персональний комп’ютер, повинно відповідати діючим санітарно- епідеміологічним нормам.

3.2 Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ПЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в

процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою [16]. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ПЕОМ і іншого устаткування, що опинився під напругою в результаті пошкодження (пробою)ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку.

У лабораторному приміщенні розрядні струми статичної електрики частіше за все виникають завдяки дотику до будь-якого з елементів ПЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ПЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в приміщенні покриття технологічних підлог слід виконувати з одношарового полівінілхлорид ного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичного електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики в лабораторному приміщенні можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

Щоб захистити людину від ураження електричним струмом, захисне заземлення має задовольняти ряду вимог, викладених у «Правилах безпеки електроустановок для споживачів» (ПЕУС), НПАОП 40.1-1.21-98[13]. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення». Ці вимоги залежать від напруги електроустановок та потужності джерела живлення. В електроустановках змінного струму напругою до 1000 В у мережі з ізольованою нейтраллю або ізольованим виводом джерела однофазного струму опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом .

3.3 Пожежна та техногенна безпека

В лабораторії найбільш небезпечна ситуація виникає при пожежах. Пожежі пов'язані з великими матеріальними втратами. Характерна особливість лабораторних приміщень – невеликі робочі площі. Як відомо пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалювання. У даному приміщеннях присутні всі три основні чинника, необхідні для виникнення пожежі.

Горючими компонентами в кімнаті є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, перфокарти і перфострічки, ізоляція кабелів та ін.

Протипожежний захист – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами запалювання в лабораторному приміщенні можуть бути електронні схеми від ПЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

В сучасних ПЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ПЕОМ служать системи вентиляції та кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи представляють собою додаткову пожежну небезпеку.

Однією з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнувань та забезпечення їх достатньої міцності

в умовах впливу високих температур при пожежі. Враховуючи високу вартість електронного обладнання, а також категорію його пожежної небезпеки, будівлі для лабораторного приміщення і частини будівлі іншого призначення, в яких передбачено розміщення ПЕОМ повинні бути 1 та 2 ступеня вогнестійкості.

Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються, як правило, цегла, залізобетон, скло, метал та інші негорючі матеріали. Застосування дерева повинно бути обмежено, а в разі використання необхідно просочувати його вогнезахисними складами.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. В лабораторних приміщеннях застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники (ВВК3-5), перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного устаткування. Діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу. Вогнегасник (ВВК3-5) переносний з місткістю балона 5 літрів (3,5 кілограма), призначений для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою не більш 10кВ. В даному приміщенні знаходиться один такий вогнегасник .

При виявленні пожежі кожен працівник зобов'язаний:

— Негайно викликати пожежну команду за телефоном 101;

— Вимкнути світлову та силову електромережу;

— Видалити з вогнища пожежі джерело запалення;

— Зменшити доступ повітря в зону горіння, ізолюючи вогнище вогнезахисної тканиною.

При виникненні пожежі на електроустановці потрібно негайно знеструмити обладнання і застосувати неелектропровідних вогнегасні засоби (пісок, порошкові вогнегасники, вогнезахисну тканина).

При гасінні одягу на людині потрібно діяти з урахуванням конкретних

обставин. Не можна допускати різких рухів і бігати в палаючому одязі, полум'я від цього тільки посилюється. При видаленні тліючих залишків одягу провести екстрені заходи по охолодженню ділянок тіла; не менше 10 хвилин витримати під струменем води, накласти товстий шар тканини, змоченою водою. До лікарської допомоги поверхню опіку ізолювати асептичною пов'язкою або чистою м'якою тканиною, змоченою спиртом.

При виникненні пожежі або іншої надзвичайної ситуації необхідно здійснити негайну евакуацію людей з об’єкту. Евакуація людей здійснюється по шляхах евакуації через евакуаційні виходи. Евакуаційні шляхи і виходи утримуються вільними. Двері на шляху евакуації відчиняються в напрямку виходу з будівлі.

Шляхи евакуації постійно освітлюються електричним світлом. Евакуаційні виходи позначені світловими покажчиками з написом "Вихід"[17].

3.4 Дослідження засобів захисту від ураження струмом при дотику до фазового дроту

Визначимо напругу дотику та силу струму, що пройде крізь тіло людини, при доторканні до фазового дроту та нульового дроту мережі одночасно. Напруга фазового дроту змінна, U=220В. Частота струму промислова, f=50 Гц. Приймемо власний опір дротів як r=2 Ом, індуктивність мережі L=0,5 Гн, ємність мережі С=1,5 мкФ. Схема дотику представлена на рисунку 3.1. Опір тіла людини Rh=1 кОм.

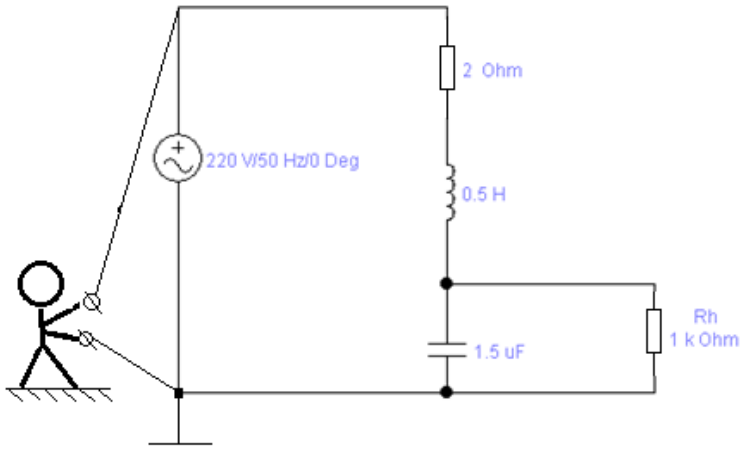


Рисунок 3.1 – Схема дотику

Визначимо індуктивний та ємнісний опір:

$$X_L = wL = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 0{,}5 = 157 \text{ Ом}$$

де w – циклічна частота;

$$X_C = \frac{1}{wC} = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6}} = 800 \text{ Ом}$$

Опір r=2 Ом незначний, у зрівнянні з X_L та X_C, тому практично не вплине на значення напруги дотику. Тобто цим опором можна знехтувати.

Теж можна і сказати про опір людини Rh, так як паралельне під’єднання опору до конденсатору майже не впливає на проходження струму в ланцюзі. Таким чином, отримуємо силу струму через тіло людини:

$$I = \frac{U}{X_c - X_L} = \frac{220}{800 - 157} = 0{,}344 \text{ А}$$

Тоді, напруга дотику дорівнює:

$$U_{\text{дот}} = IX_C = 0{,}344 \cdot 800 = 276 \text{ В}$$

Таким чином отримуємо, що напруга дотику за рисунком 3.1 буде більше, ніж напруга у ланцюзі. Це явище зв’язано з наявністю у ланцюзі послідовно з’єднаних індуктивності та ємності, за рахунок яких може відбутися резонанс напруг.

Отримана напруга дотику 276 В є набагато більшою за безпечну напругу 42 В. Отриманий струм 344 мА, що набагато перевищує значення смертельного струму 100 мА, тому є дуже небезпечним.

Проаналізувавши даний випадок можна зробити висновок, що при роботі з ланцюгами, де є послідовно з’єднані ємність та індуктивність необхідно використовувати індивідуальні засоби заходу (діелектричні рукавички, тощо), напруга пробою яких більша, ніж напруга ланцюга, тому що через резонансні явища є ризик отримати електричну травму або електричний удар.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- Аналіз існуючих пристроїв для реєстрації змін тепла показав, що вони мають високу ціну та потребують певних навичок у використанні тому розробка бюджетного та простого в налаштуванні пристрою є достатньо актуальною задачею.
- Розроблено пристрій для реєстрації втрат тепла на основі компаратора, який живиться від батареї 9 В, має незначні габаритні розміри (70×30,5 мм), простий в налаштуванні. Проведено розрахунки основних блоків та моделювання їх роботи в середовищі EveryCircut.

Пристрій може бути використано як в житлових приміщеннях так і на промислових об`єктах для виявлення втрат тепла та вчасно утеплення об’єктів.

Результати роботи обговорювалися на Міжнародній науково-практичній конференції «Global trends in science and education”» (10-12 лютого 2025 р., м. Київ)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр (дата звернення: 20.10.2024).
2. Закон України «Про енергоефективність» від 20.09.2023 № 3274-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3274-20 (дата звернення: 22.10.2024).
3. Кабінет Міністрів України. Постанова «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» від 18.08.2017 № 605- URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-р (дата звернення: 22.10.2024).
4. Погорєлов А. А., Пархоменко С. І. Енергозбереження та енергоефективність: навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 280 с.
5. Васильченко С. О. Енергоефективна політика в Україні: виклики та перспективи // *Економіка і держава*. 2021. № 6. С. 18–23.
6. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. Paris: IEA, 2023. 180 p. URL: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023 (дата звернення: 01.11.2024).
7. Угода про асоціацію між Україною та ЄС: Офіційний текст URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (дата звернення: 11.11.2024).
8. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Офіційний сайт. URL: https://saee.gov.ua/ (дата звернення: 18.11.2024).
9. Європейський зелений курс: основні положення. – Європейська комісія, 2020. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 28.11.2024).
10. Датчики температури. URL: http://surl.li/hxykog (дата звернення:

20.01.2025).

11. Огляд датчиків температури. URL: http://surl.li/znlgax (дата звернення: 22.01.2025).
12. Аналогово-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі. *Електронні системи.* URL: https://surl.li/moserc (дата звернення: 18.02. 2025).
13. Рябенький В.М. Жуйков В.Я. Ямненко Ю.С. Заграничний А.В. Схемотехніка. Пристрої цифрової схемотехніки. Навч. посібник. Київ: КПІ. 2016. 400 с.
14. Зубчук В.І., Делавар-Касмаі М. Цифрова схемотехніка. Навч. посібник. Київ: КПІ. 2021. 258с.
15. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Чинний від 14.03.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 78 с.
16. ДСТУ 12.1.018-93 Система стандартів безпеки праці. Пожежовибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги. Чинний від 01.01.1998. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2001. 97 с.
17. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Чинний від 01.08.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 201 с.

Додаток А

Перелік елементів схеми пристрою для вимірювання втрат тепла

Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	Батарея		
B1	9V 6LR61/PP3	1	
	Перемикач		
P1	SPST	1	
	Підсилювач		
IC1	BIFET ОУ TL061	1	
	Компоратор		
IC2A, IC2B	LM393	1	
	Конденсатор		
C1	CD263-47 мкФ	1	
	Резистори		
R1	RV16LN 20 кОм	1	
R2	NTC640 15 кОм – 0.5W	1	
R3	С2-23-0.25Вт-10 кОм±5%	1	
R4,R5 R7,R9	С1-4-0.25 В-22 кОм±5%	4	
R6	С1-4-0.25 Вт-220 кОм±5%	1	
R8	3852A-282-502AL-5 кОм	1	
R9	С1-4-0.25 Вт-680 кОм±5%	1	
	Світлодіоди		
D1, D2	A/1107A	2	

					153 КР	
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Схема пристрою для реєстрації втрат тепла	Літ: У
Розроб.		Козир А.В.				
Перевір.		Небеснюк О.Ю.				Аркуш: Аркушів:
Т. контр.						
Реценз.						ІННІ ім.Ю.М. Потебні 6.1532-с
Н. контр.		Верьовкін Л.Л.				
Утверд.		Критська Т.В.				



GLOBAL TRENDS IN SCIENCE AND EDUCATION

Proceedings of I International Scientific and Practical Conference

Kyiv, Ukraine

10-12 February 2025

Kyiv, Ukraine

2025

UDC 001.1

The 1st International scientific and practical conference "Global trends in science and education" (February 10-12, 2025) SPC "Sci-conf.com.ua", Kyiv, Ukraine. 2025. 1059 p.

ISBN 978-966-8219-82-5

The recommended citation for this publication is:
Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Global trends in science and education. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Kyiv, Ukraine. 2025. Pp. 21-27. URL: https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-global-trends-in-science-and-education-10-12-02-2025-kiyiv-ukrayina-arhiv/.

Editor
Komarytskyy M.L.
Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: kyiv@sci-conf.com.ua

homepage: *https://sci-conf.com.ua*

©2025 Scientific Publishing Center "Sci-conf.com.ua" ®

50. ***Ковальчук В. С.*** 250
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИННИКІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ
51. ***Козар Л. М., Кузьмяк Н. В.*** 253
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВІДВАЛОМ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ
52. ***Козир А. В., Небеснюк О. Ю.*** 255
ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ВТРАТ ТЕПЛА ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ
53. ***Кротюк О. І., Дворкін Л. Й.*** 258
АНАЛІЗ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ТА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛЕЙ ВОДОВІДДІЛЕННЯ ТАМПОНАЖНОГО ЦЕМЕНТУ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ
54. ***Кунанець Н. Е., Павлів І. І.*** 263
РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ НА БАЗІ BIG DATA
55. ***Лужанська Г. В., Сорокопуд М. М., Шилов Д. О., Ігнатенко Д. С., Рак О. В.*** 269
ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА У СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ
56. ***Марценюк Є. В.*** 273
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ВИКЛЮЧЕННЯМИ ПРИ ПОБУДОВІ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
57. ***Мороз Л. Б., Селінний Є. М.*** 279
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІДИН ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА
58. ***Сайчук О. В., Скофенко С. М., Сліпченко М. В., Каліберда Л. М.*** 283
ДО СКЛАДАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ РУХУ ДВОМАСОВОЇ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ НЕСТІЙКОМУ РУСІ
59. ***Самофал З. В., Ніконова З. А.*** 287
ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОР З РОЗШИРЕНИМ ФУНКЦІОНАЛОМ
60. ***Семенцов В. К., Цапар В. С.*** 291
ЗАСТОСУВАННЯ RFID-ІДЕНТИФІКАЦІЇ В ПРОМИСЛОВОСТІ
61. ***Терновий М. І., Білик А. С., Дауров М. К.*** 294
ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СТАЛЕВИХ ФЕРМ ПОКРИТТЯ З УРАХУВАННЯМ ДІЇ ІМПУЛЬСНОГО ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ
62. ***Тимофєєв К. С., Небеснюк О. Ю.*** 299
ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА БАЗІ ARDUINO NANO

ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ВТРАТ ТЕПЛА ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Козир Артем Валентинович,
здобувач освіти кафедри електроніки,
інформаційних системи та програмного забезпечення
Небеснюк Оксана Юріївна,
к.т.н., доцент, доцент кафедри
електроніки, інформаційних системи та програмного забезпечення
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю. М. Потебні
Запорізький національний університет
м. Запоріжжя, Україна

Актуальність. Енергозберігаючі технології здатні звести до мінімуму непотрібні втрати енергії, що сьогодні є одним з пріоритетних напрямків не тільки на державному рівні, а й на рівні кожної окремо взятої родини. Це пов`язано з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючою вартістю їх видобутку, військовою агресією росії, а також глобальними екологічними проблемами.

Впровадження енергозберігаючих технологій в господарську діяльність як підприємств, так і приватних осіб на побутовому рівні, є одним з важливих кроків у вирішенні багатьох екологічних проблем - зміни клімату, забруднення атмосфери, виснаження копалин ресурсів та інші.

Фахівцями наголошується, що тепле повітря в будинках втрачається через панельні шви і двері, підлогу квартир, розташованих на першому поверсі в багатоквартирних будинках, а також через зношені старі або неправильно змонтовані, нові віконні системи.

У наш час дуже гостро стоїть проблема опалення приміщень та збереження тепла. Завдяки таким приладам, що дають змогу дізнатися місця витоку теплової енергії, з’являється можливість передчасно утеплити ці місця до настання холодів та заощадити гроші на опалення.

Мета. Розробка бюджетного пристрою для індикації втрат тепла у

житлових приміщеннях.

Матеріали та методи./Materials and methods. У сучасному промисловому виробництві визначення температури є важливим метрологічним параметром (так, на атомній електростанції середнього розміру є близько 1500 точок, в яких проводиться такий вимір, а на великому підприємстві хімічної промисловості подібних точок понад 20 тис.). Широкий діапазон вимірюваних температур, різноманітність умов використання засобів вимірювальної техніки та вимог до них визначають різноманіття застосовуваних засобів вимірювання температури.

Якщо розглядати датчики температури для промислового застосування, то можна виділити такі основні класи: кремнієві датчики температури, біметалічні датчики, рідинні і газові термометри, термоіндикатори, термістори, термопари, термоперетворювачі опору, інфрачервоні датчики.

Кремнієві датчики температури використовують залежність опору напівпровідникового кремнію від температури. Діапазон вимірюваних температур -50... + 150°С. Застосовуються в основному для вимірювання температури всередині електронних приладів [1].

Біметалічний датчик-генератор – представляє контакт з двох різнорідних металевих пластин, скріплених між собою. Якщо з'єднані в пластину метали нагріти або охолодити, то вона зігнеться, при цьому замкне (розімкне) електричні контакти або перемістить стрілку індикатора. Діапазон роботи біметалевих датчиків -40... +550°С. Використовуються для вимірювання температури поверхні твердих тіл і рідин.

Терморезистори -принцип роботи заснований на зміні електричного опору провідників і напівпровідників в залежності від температури. Такі датчики температури мають високу стабільність характеристик в часі і застосовуються для зміни температур в діапазоні від - 100 до 200 °С.

Принцип дії термопар заснований на термоелектричному ефекті, який полягає в тому, що при наявності різниці температур місць з'єднань (спаїв) двох різнорідних металів або напівпровідників в контурі виникає електрорушійна



сила. Термопари дозволяють вимірювати температуру в діапазоні від -200 до 2200°C.

Пірометри використовують енергію випромінювання нагрітих тіл, що дозволяє вимірювати температуру поверхні на відстані, у важкодоступних місцях, температуру рухомих об'єктів, високі температури, де інші датчики вже не працюють.

Контактні датчики - це найпростіший вид резисторних датчиків, які перетворюють переміщення первинного елемента в стрибкоподібну зміну опору електричного кола. За допомогою контактних датчиків вимірюють і контролюють зусилля, переміщення, температуру, розміри об'єктів, контролюють їх форму і т. п.

Термоіндикатори - це особливі речовини, що змінюють свій колір під впливом температури [2].

Таким чином на основі датчиків можливо побудувати велику кількість різного роду приладів.

Висновки./Conclusions. Авторами запропоновано пристрій, чутливим елементом якого є компаратор, що відслідковує зміни навколишньої температури, дозволяє відстежити протяги в дверях і вікнах, що призводять до втрат тепла. Два світлодіоди показують збільшення (червоний світлодіод), або зменшення (зелений світлодіод) температури відносно температури навколишнього середовища. Живлення здійснюється від батареї 9 В, габаритні розміри складають 70×30,5 мм. Пристрій може використовуватися як у житлових приміщеннях так і на промислових об`єктах.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Датчики температури. URL: http://surl.li/hxykog (дата звернення: 20.01.2025).

2. Огляд датчиків температури. URL: http://surl.li/znlgax (дата звернення: 22.01.2025).