

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

До захисту

допущено: В.о.

зав.кафедрою

_____ Євгеній НЕЛІН

«___» _____ 20__р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіoeлектронної техніки»**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму
міліметрового діапазону**

Виконав:

студент IV курсу, групи РІ-71

Летінський Євгеній Олексійович

Прізвище, ім'я, по батькові

Керівник: доцент к.т.н. Перегудов Сергій Миколайович

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові

Рецензент: старший викладач Турєєва Ольга Василівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові


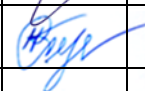
Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI71.468122.001.ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	4	
2	A4	PI71.468122.001 ПЗ	Пояснювальна записка	57	
3	A3	PI71.468122.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A3	PI71.468122.001 Е2	Структурна схема	1	
5	A2	PI71.758721.001	Друкована плата	1	
6	A2	PI71.468122.001 СК	Складальний кресленик малогабаритного температурного джерела електромагнітного шуму міліметрового діапазону	1	
7	A3	PI71.468122.002 СК	Складальний кресленик малогабаритного температурного джерела електромагнітного шуму міліметрового діапазону	1	
8	A2	PI71.468122.003 СК	Складальний кресленик друкованого вузла	1	
9	A4	PI71.757859.003	Кресленик узгодженого навантаження	1	

				PI71.468122.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону	Лист	Листів
Розробн.	Летінський Є.О.				1	1
Керівн.	Перегудов С.М.					
Н/контр.	Попсуй В.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КіВРА, Гр. PI-71	
Зав.каф.	Нелін Є.А.					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедрою

_____ Євгеній НЕЛІН

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Летінському Євгенію Олексійовичу

1. Тема проєкту «Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону», керівник проєкту Перегудов Сергій Миколайович, доцент, к.т.н. , затверджені наказом по університету від «18»травня 2021 р. №1205-с
2. Термін подання студентом проєкту 08 червня 2021 року
3. Вихідні дані до проєкту струм живлення терморегулятора для ГШ від 0,5 до 2 А, максимальна напруга живлення +12 В, габарити не більше 100 x 50 x 40 мм, напрацювання на відмову не менше ніж 10 000 годин, діапазон робочої поверхні терморегулятора від 0 °С до +50 °С, нестабільність робочої поверхні терморегулятора не більше 1°С .
4. Зміст пояснювальної записки 1 Вступ, 2 Аналіз технічного завдання, 3 Обґрунтування схемотехнічного рішення, 4 Вибір елементної бази, 5 Проектування друкованої плати, 6 Проектування пристрою та аналіз його працездатності.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1 Схема електрична принципова, 2 Складальний кресленик друкованого вузла плати, 3 Схема функціональна, 4 Складальний кресленик терморегулятора, 5 Кресленик друкованої плати, 6 Кресленик узгоджувального навантаження.

6. Дата видачі завдання 12 квітня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Розробка технічного завдання	12.04.2021	виконано
2	Огляд джерел за темою проекту	19.04.2021	виконано
3	Функціональна та електрична схеми	26.04.2021	виконано
4	Проектування конструкції	03.05.2021	виконано
5	Проведення дослідів та аналіз їх результатів	10.05.2021	виконано
6	Написання основної частини пояснювальної записки	17.05.2021	виконано
7	Підготовка креслеників	24.05.2021	виконано
8	Здача проекту на перевірку	08.06.2021	виконано

Студент

Євгеній Летінський

Керівник

Сергій Перегудов

АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті було проведено аналіз конструктивних особливостей теплових джерел електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону. Вибрано прототип терморегулятора для розроблювального пристрою та запропоновано конструкцію пристрою, який представляє собою генератор шуму з елементом Пельтьє та радіатором для стабілізації його температурного режиму. Обрано елементну базу, що забезпечує електричні параметри представленого пристрою та його надійну роботу. Даний пристрій може використовуватись як джерело електромагнітного випромінювання у таких сферах, як вимірювальна техніка, медицина, екологія.

Дипломний проект складається з пояснювальної обсягом 57 сторінок, включає 43 рисунку, 1 таблицю, 7 креслень, 30 посилань, 7 додатків.

Ключові слова: генератор шуму, терморегулятор, елемент Пельтьє.

ANNOTATION

In the diploma project the analysis of design features of heat sources of electromagnetic radiation range was carried out. A prototype of temperature controller for a development device is selected and the design of the device is proposed, which is a noise generator with a Peltier element and a radiator to stabilize its temperature. The element base that provides the electrical parameters of the presented device and its reliable operation is selected. This device can be used as a source of electromagnetic radiation in areas such as measurement technology, medicine, ecology.

The diploma project consists of an explanatory volume 57 pages, includes 43 figures, 1 table, 7 drawings, 29 references, 7 appendices.




Key words: noise generator, temperature regulator, Peltier element.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: Малогабаритне температурне джерело
електромагнітного шуму міліметрового діапазону**

Київ – 2021 року

Зміст

Вступ	4
1 Аналіз технічного завдання	5
2 Огляд існуючих рішень	6
2.1 Метод формування низькоінтенсивних електромагнітних сигналів НВЧ-діапазону	6
2.2 Методи формування низькоінтенсивних шумових сигналів	7
2.3 Конструктивні особливості генераторів шуму НВЧ діапазону	8
3 Біомедичне застосування генераторів шуму	13
3.1 Пристрої керування режимом теплових генераторів шуму	16
4 Обґрунтування схематичного рішення	25
4.1 Обґрунтування структурної схеми пристрою	25
5 Обґрунтування електричної принципової схеми	26
5.1 Стабілізація температури генератора шуму	28
5.2 Елемент Пельтьє	30
6 Вибір елементної бази	34
6.1 Вибір мікроконтролеру	34
6.2 Вибір стабілізатора напруги	36
6.3 Вибір блоку живлення	37
6.4 Вибір реле	38
6.5 Вибір терморезистора	39
6.6 Вибір елемента Пельтьє	40

					PI71.468122.001 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Летінський Є.О.			Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону		Лит.	Арк.	Аркуш із
Перев.		Перебудов С.М.						1	55
							НТУУ "КПІ ім І.Сікорського", РТФ		
Н. Контр.									
Затв.		Перебудов С.М.							

4.7 Розрахунок радіатора	41
7 Проектування друкованої плати	44
5.1 Вибір конструкційних матеріалів	44
5.2 Розміщення елементів на платі та їх з'єднання	45
8 Проектування пристрою та аналіз його працездатності.....	47
9 Опис конструкції терморегулятора.....	47
5.3 Розрахунок надійності	50
Висновки.....	52
Перелік джерел посилань.....	53

Перелік скорочень

ЕП — елемент Пельтьє;

ГШ — генератор шуму;

ГШСС — генератори стандартного шумового сигналу;

ГШНТ — низько температурні генератори шуму;

ГШВТ — високо температурні генератори шуму;

СЩПШ — спектральна щільність потужності шуму;

УН — узгоджене навантаження;

ВКШ — вимірювач коефіцієнту шуму;

ТЗ — технічне завдання.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Радіосигнали різної довжини хвилі, зокрема міліметрового діапазону, широко використовуються в різних областях науки, техніки та медицини.

В навігаційній, охоронній та іншій апаратурі все більше застосовуються пристрої пасивне радіобачення з робочим діапазоном виключно у міліметровому діапазоні. Така апаратура дозволяє створювати компактні бортові системи бачення для керування посадкою літальних апаратів, апаратури огляду прибережних акваторій, бачення об'єктів. Особливості поширення міліметрових хвиль роблять їх найбільш підходящими для радіобаченні. Вони є найкоротшими серед радіохвиль, які є легко проникними атмосферою. На відміну від видимого та інфрачервоного випромінювання міліметрові хвилі легко проникають через сніг, дощ, туман, тощо. У порівнянні з активними (радарними) пристроями, радіометричні системи є більш економічними, прихованими у пасивному режимі. Пасивне радіобачення — це методи та засоби для вимірювання власного електромагнітного випромінювання фізичних об'єктів. Як результат, надається можливість виявлення фізичних об'єктів з роздільною здатністю до декількох міліметрів та бачення через непроникливі бар'єри [1].

Важливою задачею є метрологічне забезпечення зазначеної апаратури, зокрема засобами повірки та калібрування, а також джерелами опорних сигналів в автоматизованих системах. До таких пристроїв можна віднести генератори шуму, переважно більша частина яких є теплові.

Крім того, останніми роками спостерігається стійка тенденція використання шумових генераторів в біомедичній галузі та екології [2-6].

					РІ71.468122.001 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Згідно з ТЗ необхідно спроектувати терморегулюючий пристрій, який буде забезпечувати діапазон температур робочої поверхні 0 °С до +50°С. Струм живлення терморегулятора повинен бути в межах від 0,5 до 2 А, а максимальна напруга 12 В.

Умови експлуатації приладу кімнатні у опалювальному приміщенні, необхідно забезпечити нормальну роботу при наступних умовах:

- Температура навколишнього середовища повинна бути в межах від +5 до 40°С;
- Вологість навколишнього середовища повинна бути в межах 20 – 85%;
- Виникнення періодичних ударів із максимальним прискоренням до 8 g, та тривалістю впливу 1 – 3 мс.

Потрібно забезпечити такі габарити кінцевого приладу, щоб ним було зручно користуватися, згідно з ТЗ розміри не повинні бути більшими за 100 x 50 x 40 мм.

Друкована плата буде односторонньою з двома шарами металізації. Елементи монтажу будуть вивідні та SMD.

Живлення пристрою здійснюється від блоку живлення 12 В.

При розробці необхідно керуватися загальними вимогами техніки безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88, ГОСТ 12.2.007.0-76.

Забезпечити напрацювання на відмову не менше ніж 10 000 годин. За показниками надійності пристрій повинен мати гарантійний термін не менше 12 місяців. Технічним обслуговуванням та ремонтом може займатися сам користувач.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Метод формування низькоінтенсивних електромагнітних сигналів НВЧ-діапазону

Як правило, основний принцип дії генераторів шуму (ГШ) базується на фізичних процесах, що пов'язані з нерегулярним рухом заряджених частинок в газовому середовищі або у твердих тілах. Причиною цього руху можуть бути нагрівання твердого тіла, розряди у газах або ж лавинний пробій у напівпровідниковому середовищі. Пристрої, в яких використовуються зазначені явища, можуть виступати в ролі джерел низькоінтенсивних електромагнітних сигналів, зокрема в НВЧ та НЗВЧ діапазонах (рис. 1).

До них слід віднести джерела, які містять робоче тіло з фіксованою температурою, яка відрізняється від температури навколишнього середовища, внаслідок чого створюється теплове електромагнітне випромінювання з шумоподібним спектром.

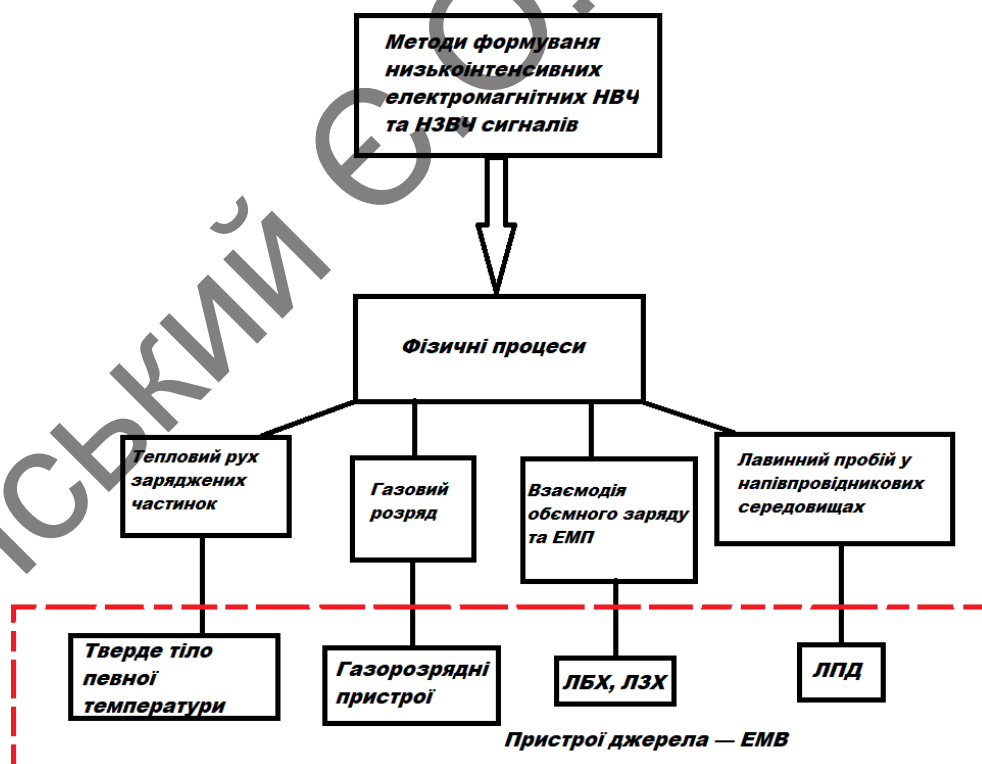


Рисунок 1 — Методи формування електромагнітних низькоінтенсивних сигналів НВЧ та НЗВЧ діапазонів

В НВЧ діапазоні теплові генератори шуму мають хвилеводну конструкцію і генерують випадкові сигнали, спектральна щільність потужності шуму (СЩПШ) визначається за формулою

$$p = kT$$

де: k – постійна Больцмана;

T – абсолютна температура об'єкта;

Спектральна щільність потужності шуму складає 10^{-21} - 10^{-20} Вт/Гц. СЩПШ не залежить від частоти робочого діапазону.

В залежності від співвідношення температур навантаження (робочого тіла) T і навколишнього середовища T_0 , теплові генератори шуму можна поділити на два типи, а саме високотемпературні — ГШВТ ($T > T_0$) та низькотемпературні — ГШНТ ($T < T_0$). На практиці більше застосовують ГШНТ, так як вони можуть забезпечити точніші виміри, ніж ГШВТ через менший рівень власних шумів вихідного хвилеводного тракту.

Серед недоліків таких генераторів потрібно виділити великі розміри, а також велика інерційність, що є вагомим проблемою при поточних вимірюваннях, коли слід результативно оцінити рівень якогось певного об'єкту [2].

2.2 Методи формування низькоінтенсивних шумових сигналів

Завдяки постійним науковим дослідженням у сфері електромагнітного впливу на організм людини сигналів мм-діапазону було виявлено стійкі біологічні ефекти за таких рівнів потужностей, які дорівнюють $1 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ Вт/см² для монохроматичних та $1 \cdot 10^{-20}$ - $1 \cdot 10^{-18}$ Вт/Гц·см² – для шумових сигналів. У свою чергу це наштовхнуло на створення терапевтичних пристроїв (шумових та квазішумових), вимірювання характеристик та параметрів яких стало неможливим за допомогою звичайної техніки.

Використовуючи стандартну апаратуру неможливо забезпечити метрологічний супровід подібного медичного обладнання. Щоб виконати вимірювання таких низько інтенсивних випромінювань потрібно використовувати — високочутливі радіометричні системи [2], які

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

також потребують певного метрологічного забезпечення, а саме генераторів еталонного шуму. В НЗВЧ діапазоні в ролі таких генераторів можуть виступати ГШТ. Традиційним методом формування еталонного шуму є саме застосування ГШТ, тобто використання випромінювання тіл при певній температурі, що в НЗВЧ діапазоні являють собою узгоджене навантаження при температурі T , яка може бути більшою (ГШВТ), або меншою (ГШНТ) від температури навколишнього середовища T_0 [3].

До недоліків температурних генераторів саме у застосуванні для калібрування ВРС можна виділити:

- низький рівень СЦПШ, котрий обмежується через температуру нагріву;
- неможливість модуляції вихідного сигналу за рахунок живлення, що важливо при розробленні автоматизованих засобів вимірювання [3].

2.3 Конструктивні особливості генераторів шуму НВЧ діапазону

Генератори шуму широко використовуються у вимірювальній та метрологічній апаратурі НВЧ діапазону, зокрема як еталони електромагнітних сигналів. Відомі генератори шумового стандартного сигналу (ГШСС), які призначені для роботи у складі вимірювача коефіцієнта шуму (ВКШ), в залежності від робочого діапазону частот, конкретної мети вимірювань, заданої точності вони можуть мати різну структуру. ГШСС НВЧ діапазону поділяються на два типи, а саме прості та складові. Простий генератор шуму може містити в собі джерело шуму і узгоджене навантаження. Складовий генератор шуму може містити елементи електромагнітної розв'язки, послаблювачі, пристрої узгодження та інше. Характерні структури складових ГШСС зображені на рис. 2.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

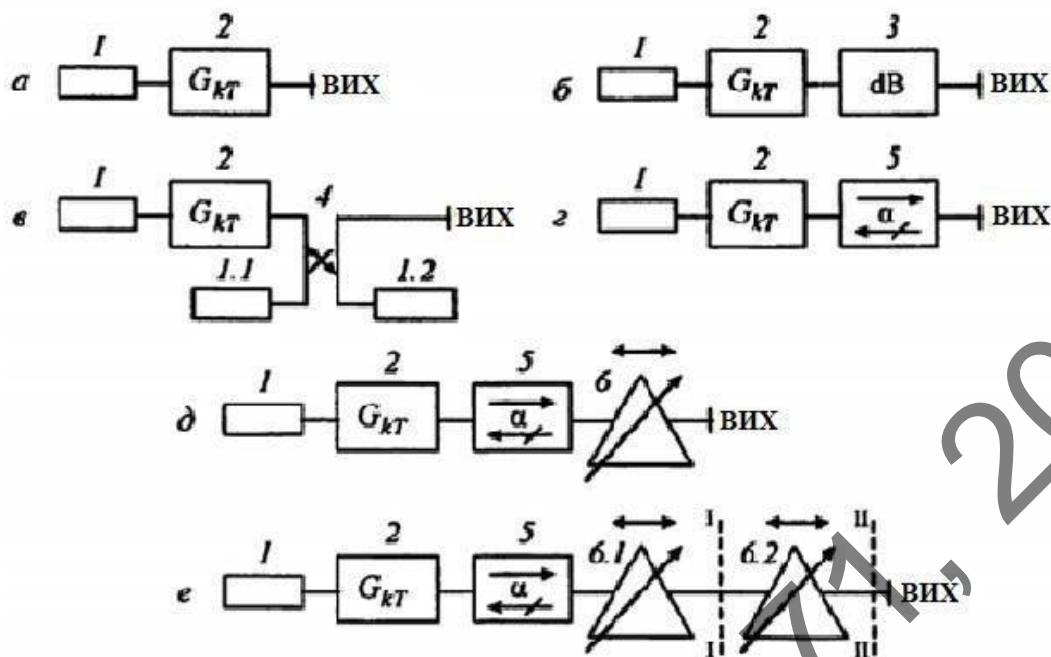


Рисунок 2 — Структурні схеми ГШСС [3]: 1 — узгоджене навантаження; 2 — джерело шуму; 3 — поглинаючий послаблювач; 4 — спрямований відгалужувач; 5 — феритовий вентиль; 6 — узгоджений трансформатор

На рисунку 2а зображений звичайний ГШ, в склад якого входить джерело шуму (2) і узгоджене навантаження (1). Така структура характерна для хвильоводних і коаксіальних каналів з газорозрядним джерелом шуму.

На рисунку 2б зображений генератор з поглинаючим послаблювачем, який виконує три функції:

- покращує узгодження генератора;
- знижує рівень шуму ГШСС до необхідної величини;
- зменшує змінення коефіцієнта відбиття від виходу ГШСС при включанні та вимиканні ГШ;

У якості розв'язуючого пристрою, окрім послаблювача, може бути також використаний спрямований відгалужувач, що зображено на рисунку 2в. При

цьому вихідний КСХН ГШСС визначається угодженням навантаженням 1.2, а вихідний рівень шуму і розв'язка — перехідним ослабленням відгалужувачем.

На рисунку 2г зображений ГШСС з використанням в якості елементу розв'язки феритовий вентиль (5). Застосування в даному випадку вентилля з малими прямими втратами забезпечує необхідні розв'язки і узгодження, а також практично зберегти рівень СЦПШ ГШ.

ГШСС, що зображені на рисунках 2д, е, мають регулюючий вихідний імпеданс, що досягається введенням в їх склад узгоджених трансформаторів (6) з незалежний регулюванням модуля і фази коефіцієнта відбиття. Завдяки узгодженому трансформатору у схемі на рисунку 2е може бути досягнута передача максимальної потужності шуму з ГШСС у наступний пристрій. Також дана схема дозволяє не тільки регулювати, але й встановлювати необхідний вихідний коефіцієнт відбиття ГШСС.

Структурні схеми зображені на рисунку 2а, б, в, г використовуються при вимірюваннях характеристичного коефіцієнту шуму, коли необхідно узгодження джерела на хвильовий опір. Вимірювання точніше тоді, коли коефіцієнт відбиття менше від виходу ГШСС.

Простий генератор (рис. 2а), у якому не прийняті спеціальні засоби по покращенню узгодження і його незмінності при відключенні джерела, не рекомендується використовувати при необхідності вимірювання коефіцієнту шуму з високою точністю, так як можлива похибка у 1 дБ і більше.

Генератори зібрані по схемам, що зображені на рисунку 2б, в, г, мають хорошу розв'язку і узгодження в широкій полосі частот і можуть бути рекомендовані до вимірювання коефіцієнту шуму при хвильовому опорі на вході. Такий коефіцієнт шуму доцільніше використовувати при контролі приймальних пристроїв, одночасно працюючих в широкій полосі частот, багатоканальних пристроїв і в панорамних вимірювачах [3].

Структурні схеми на рисунку 2д, е, з узгоджувальними трансформаторами використовуються при таких вимірюваннях коефіцієнтів як:

					РІ71.468122.001 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

- коефіцієнт шуму при комплексно-спряженому узгодженні на вході;
- мінімальний (оптимальний) коефіцієнт шуму;
- максимальний коефіцієнт шуму при заданому коефіцієнті відбиття;
- коефіцієнт шуму при заданому опорі на вході;

Генератор шуму зібраний по схемі, яка зображена на рисунку 2г також застосовується при вимірюванні шумових параметрів підсилювача. Як було зазначено раніше, що такий генератор дозволяє не тільки регулювати вихідний коефіцієнт відбиття, але і встановлювати його необхідне значення. Тому таку схему використовують при вимірюванні шуму при заданому комплексному коефіцієнті відбиття від джерела і максимального коефіцієнта шуму при виборі несприятливої фази коефіцієнта відбиття і заданому його модулю.

На рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8 зображені конструкційні схеми ГШСС в різних каналах для діапазону 1-17,85 ГГц, які можуть бути використані при проектуванні ВКШ.



Рисунок 3 — Структурна схема газорозрядного ГШ на основі коаксіальних патронів [3]

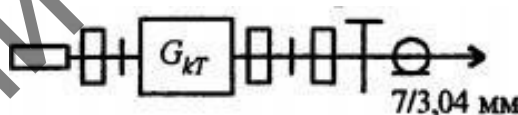


Рисунок 4 — Структурна схема газорозрядного ГШ на основі коаксіальних патронів з хвильоводним-коаксіальним переходом [3]

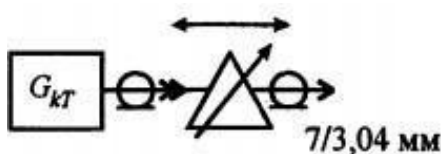


Рисунок 5 — Структурна схема ГШ з регулюванням вихідного опору одним узгодженим трансформатором [3]

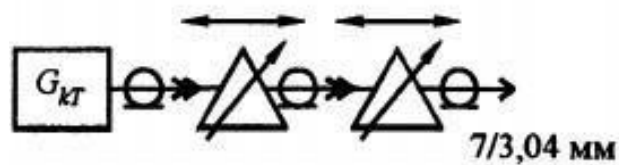


Рисунок 6 — Структурна схема ГШ з регулюванням вихідного опору двома узгодженими трансформаторами [3]

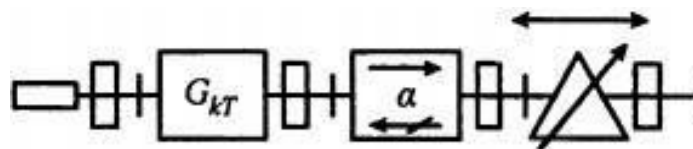


Рисунок 7 — Структурна схема хвиеводного ГШ з регулюванням вихідного опору [3]

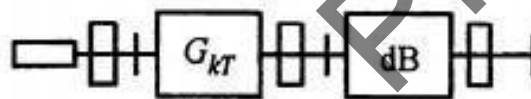


Рисунок 8 — Структурна схема хвиеводного ГШ без регулювання вихідного опору [3]

Також відомі температурні генератори антенного типу [3]. Такий генератор має антенну, діаграма спрямованості за допомогою якої перекривається впоперечній площині розподіленням узгодженим поглиначом, який знаходиться при відомій температурі. Випромінювання прийняте такою антенною від поглинача і передане в НВЧ лінію передачі, може бути розраховане і використане як вихідний сигнал генератора. Одне з перших застосувань подібного випромінювача відомо у радіоастрономії.

Кріогенний антенний випромінювач 3-х мм діапазону використовується для калібрування чутливості радіометричних модулів. Схема кріогенного випромінювача зображена на рис. 9.

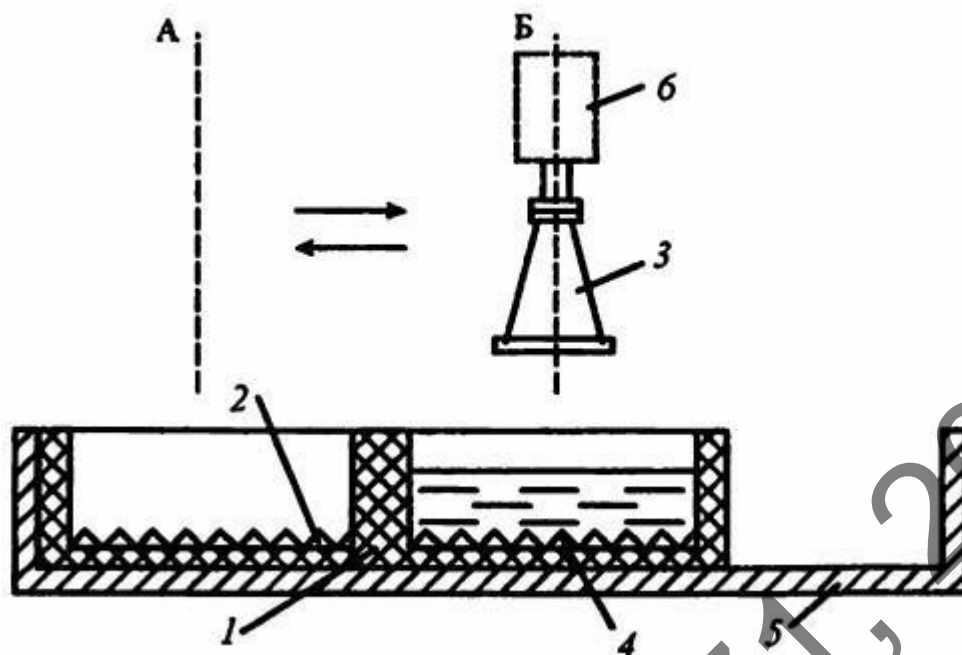


Рисунок 9 — Схема криогенного антенного випромінювача [3]: 1 — кювета, 2 — тепловий випромінювач при температурі T_0 , 3 — рупорна антенна, 4 — тепловий випромінювач при температурі 77 К, 5 — підставка, 6 — досліджуване приймальний пристрій

Така схема має рупорну антенну (6), яка переміщується з положення А до положення Б, по чергово приймає випромінювання від поглиначів, розміщених в кюветі (1). Один з поглиначів (2) знаходиться при кімнатній температурі, а інший (4) — при температурі рідкого азоту (77К). Калібрований сигнал визначається різницею випромінювання з кювет. Атестація випромінювача по рівню шумів проводиться методом по вимірюванню затухань і КСХН антени, що є вагомою перевагою даного вимірювача. Розрахункова похибка у визначенні каліброваного сигналу складає $\pm (0,4-0,6)$ дБ [3].

2.4 Біомедичне застосування генераторів шуму

В сучасній медицині медики використовують широкий спектр діагностичних методів і пристроїв, особливими пристроями слід зазначити неінвазивні, це такі пристрої у яких датчик розташований на певній відстані або ж безпосередньо розміщується на тілі пацієнта. Саме радіотермометричні методи належать до таких. За допомогою такого метода медики можуть

визначити температурний режим біологічного об'єкта, а це у свою чергу є ключовою характеристикою для нормального функціонування будь-якої живої істоти. На таких явищах як прийом та обробка власного електромагнітного випромінювання досліджуваного об'єкта засновані дані методи та пристрої.

Завдяки швидкому розвитку електронної техніки мм-хвиль діапазону частот від 30 до 300 ГГц в останні 20-25 років посприяло і розвитку медичної техніки цього діапазону. І зараз на сучасному ринку присутній дуже широкий вибір даної апаратури. Наразі в Україні в теперішній час виготовляють та випускають близько 25-30 типів, а з урахування країн СНГ — приблизно 100 типів різної апаратури міліметрового діапазону для МРТ або її різновидів — міліметрової резонансної терапії, резонансно-хвильової терапії, інформаційно-хвильової терапії і інше [2].

Надалі буде приведено декілька вітчизняних пристроїв, що відносяться до даної тематики.

Апарат АМРТ-01 (апарат мікрохвильової резонансної терапії) для медичного застосування, у якому передбачена генерація як гармонічних, так і шумоподібних сигналів. Даний пристрій впливає на організм людини полем наднизької інтенсивності надвисокої частоти (НВЧ), що призводить до покращення роботи серцево-судинної системи, підвищенню імунітету та вилікування таких захворювань як гастрит, бронхіт і інші. Вид сигналу гармонічний, шумовий. Зовнішній вигляд пристрою зображено на рис. 10. Вихідна потужність приладу — 10-200 мкВт в діапазоні частот від 52 до 62 ГГц.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		



Рисунок 10 — АМРТ-01 [4]

Апарат Поріг-3М призначений для безконтактного впливу шумовим випромінюванням електромагнітних хвиль міліметрового діапазону на біологічні активні зони шкіряної поверхні. Пристрій складається генератора випромінювання електромагнітних хвиль НВЧ і блока живлення, котрі з'єднані між собою гнучким дротом. Зовнішній вигляд пристрою зображено на рис. 11. Вихідна інтегральна потужність в діапазоні 53-78 ГГц складає 0,1-1 нВт.



Рисунок 11 — Поріг-3М [5]

					РІ71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		15

Існує ще декілька модифікацій пристрою Поріг. Одна з них — це Поріг-НТ, що містить низькотемпературний генератор шуму міліметрового діапазону. Основними його відмінностями є зовнішній вигляд приладу та ширший діапазон робочих частот, що дорівнює 37,5...78 ГГц, в той час коли у попередньої моделі цей діапазон складає 54...78 ГГц. Зовнішній вигляд моделі зображено на рис. 12.



Рисунок 12 — Поріг-НТ [6]

Таким чином, можна стверджувати, що генератори шуму, зокрема міліметрового діапазону знаходять достатньо широке застосування в медичних приладах, призначених для проведення лікувальних процедур.

2.5 Пристрої керування режимом теплових генераторів шуму

Як було зазначено вище ГШ поділяються на два типи, а саме: високотемпературні та низькотемпературні. Існують такі ГШ, в яких використовується температурне джерело шуму. Тому у сучасній техніці дуже важливо підтримувати та зберігати постійну нормальну температуру задля досягнення максимальної ефективності цих пристроїв. Завдяки швидкому та ефективному розвитку електротехніки, зокрема використання широкого обсягу електронно-компонентної бази та значному зниженню складності

					РІ71.468122.001 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

виробничого процесу, на ринку вже існує значна кількість ідей, щодо вирішення цього питання.

Наразі відомий широкий обсяг терморегулюючих пристроїв, які використовуються в різноманітних сферах. Надалі буде приведено декілька прикладів прототипів розроблюваного пристрою з їхніми короткими відомостями щодо параметрів та характеристик, які відомі та широко використовуються у продажах на сучасному ринку.

Одним з таких аналогів є цифровий терморегулятор SKL W1209 WK -50 +110C. Вбудований програмований терморегулятор призначений для контролю температури в діапазоні від -50°C до +110°. Може працювати як на охолодження, так і на нагрівання. Є чудовим варіантом для невеликої домашньої автоматизації. Застосовується в домашніх і виробничих системах опалення, систем кондиціонування, інкубаторах, теплих, морозильних або охолоджувальних установках і т.д. Зовнішній вигляд терморегулятора зображено на рисунку 13.

Технічні характеристики пристрою:

- точність виміру; 0.1 °C — в межах від -9,9 до +99,9 °C та 1 °C - в межах від -50 до -10 і від +100 до +110;
- гістерезис; від 0.1 до 30°C;
- діапазон вимірювання та регулювання температури: від -50 до +110° C;

Зовнішній вигляд деяких відомих терморегуляторів зображено на рис. 16. Практично усі терморегулятори мають прямокутну конструкцію, їхні габарити є доволі невеликими в залежності від моделі, що в свою чергу максимально спрощує використання даної техніки.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		



Рисунок 13 — Цифровий терморегулятор SKL W1209 WK-50 +110C [7]

Одним з найдоступніших терморегуляторів є TP300. До комплекту входить термопара типу ТХА з кабелем для підключення. Основною функцією термопари є те, що вона працює як термосенсор. Використовується для таких цілей, як вимірювання температури і підтримки постійної заданої температури упродовж заданого часу.

Серед переваг даного терморегулятора слід віднести, що він має ширший діапазон вимірювання та регулювання температури, що становить від +20 до +300° C, а також його доволі низька вартість. Основними недоліками є:

- відсутність корпусу;
- точність задавання температури: $\pm 1^{\circ} \text{C}$;
- працює тільки в одному температурному режимі (нагрівання).

Технічні характеристики пристрою:

- діапазон вимірювання та регулювання температури: від 20 до 300° C;
- час затримки: 1 хв;
- точність задавання температури: $\pm 1^{\circ} \text{C}$.

Зовнішній вигляд терморегулятора зображено на рис. 14.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		18



Рисунок 14 —Терморегулятор TP300 [8]

Терморегулятор-термостат STC-3018 12V призначений для підтримання температури середовища в заданих межах. Працює в двох температурних режимах, а саме на нагрівання та охолодження. В даному терморегуляторі передбачена можливість підключення двох виносних датчиків. Має декілька режимів тривожної сигналізації, а також перемикання між градусами Цельсія та Фаренгейта. Перевагою даного пристрою є режим пам'яті встановлених налаштувань при раптовому зникненні живлення або від'єднання терморегулятора від живлення. Основним недоліком є — примусова часова затримка між вимкненням нагрівача та увімкненням охолоджувача, яка складає не менше 1 хвилини, а це у свою чергу може призвести до значних коливань температури. Використовується для домашнього контролю температури, ферм, теплиць, парників, різноманітних холодильних камер, акваріумів тощо.

Технічні характеристики пристрою:

- діапазон вимірювання та регулювання температури: від -55 до +120°C;
- час затримки: 1 хв;
- точність задавання температури: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Зовнішній вигляд пристрою зображено на рис. 15.



Рисунок 15 — Терморегулятор-термостат STC-3018 12V [9]

Цифровий терморегулятор ХН-W3001 відрізняється від STC-3018 високою точністю та швидкістю оновлення показань температури залежить від швидкості зміни температури. При швидких змінах температури, індикатор оновлює показання 3 рази за секунду, при повільних змінах — приблизно в 10 разів повільніше, тобто відбувається цифрова фільтрація результату для підвищення стабільності показань. Сфера застосування терморегулятора: водонагрівачі, електричні котли, тепла підлога, обігрів труб, системи сніготанення та анти обледеніння, кондиціонування приміщення. По всіх інших технічних характеристиках практично схожий з попередньою моделлю STC-3018.

Технічні характеристики пристрою:

- діапазон вимірювання та регулювання температури: від -50 до +110°C;
- мінімальний гістерезис 0,1°C;
- точність задавання температури: $\pm 0,1^{\circ} \text{C}$.

Зовнішній вигляд пристрою зображено на рис. 16.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		



Рисунок 16 — Цифровий терморегулятор ХН-W3001[10]

Деякі варіанти побудови схем електричних принципальних розглянуті в [11, 12, 13]. На рис. 17, 18 та 19 зображені найпоширеніші з них.

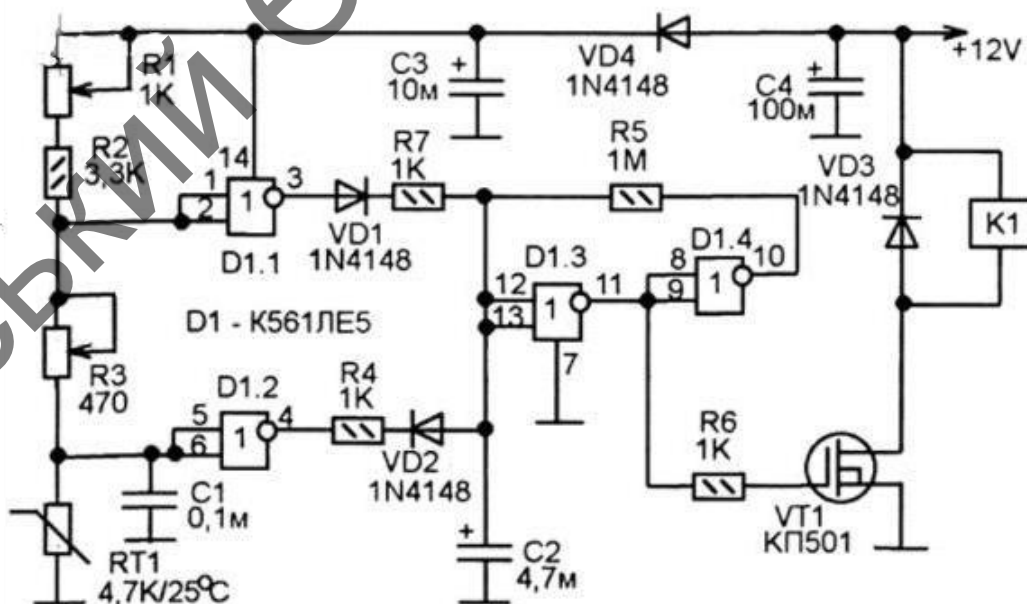


Рисунок 17 — Термостат з регулюючим гістерезисом на мікросхемі CD4001

[11]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат

PI71.468122.001 ПЗ

Арк.
21

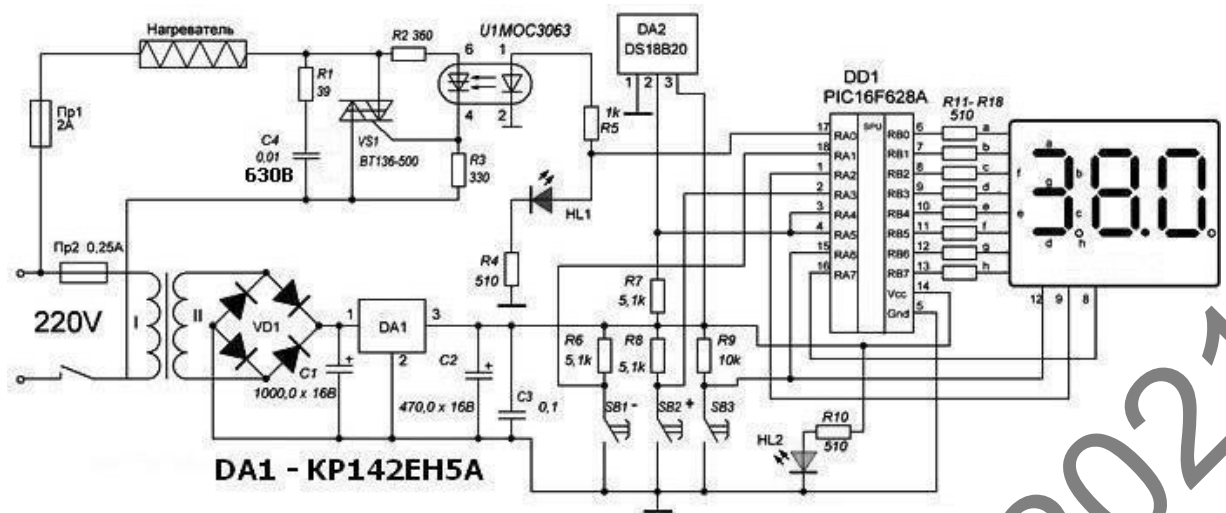


Рисунок 18 — Цифровий терморегулятор для інкубаторів [12]

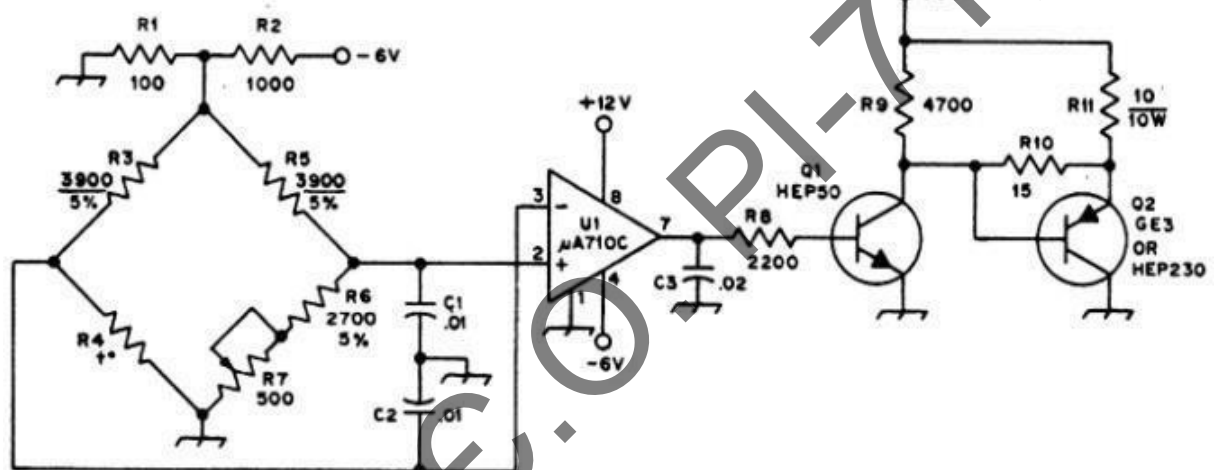


Рисунок 19 — Схема терморегулятора [13]

Терморегулятор W1209 має дуже просту конструкцію та має велику популярність серед користувачів в Україні. Даний пристрій може працювати також як і нагрівач, так і як охолоджувач. Пристрій можна використовувати для вимірювання та контролю температури в охолоджуючих і нагрівних системах, акваріумах, кімнаті, інкубаторах.

Зовнішній вигляд зображено на рис. 20.



Рисунок 20 — Терморегулятор W1209 [14]

Основними перевагами є:

- низька вартість;
- доступність;
- універсальність;
- функціональність.

Серед недоліків слід виділити:

- габарити реле не дозволяють розробити доволі зручний та ергономічний для використання корпус;
- терморегулятор передбачає тільки підключення лише або елемента нагріву, або елемента охолодження.

Технічні характеристики пристрою:

- діапазон вимірювання та регулювання температури: від -50 до 110°C ;
- точність вимірювання температури: $0,1^{\circ}\text{C}$;

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

- час затримки: 30 с;
- точність задавання температури: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Схема електрично принципова даного терморегулятора зображена на рис.

21.

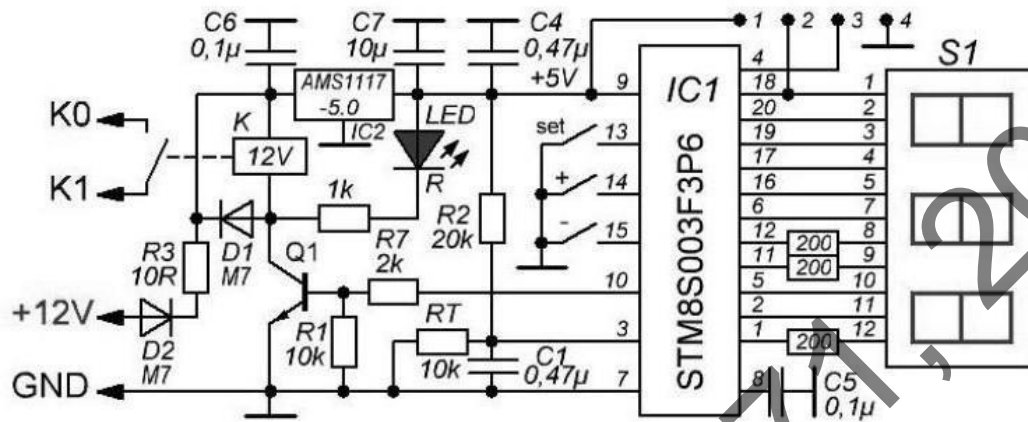


Рисунок 21 — Схема електрична принципова терморегулятора W1209 [15]

Враховуючи вище вказані технічні характеристики терморегулятор W1209 найкраще підходить у якості прототипу розроблювального пристрою. Так як має час затримки приблизно 30 секунд, в той час як попередньо розглянуті аналоги не менше 1 хвилини. Отже даний пристрій чудово підходить для керування режимом ГШ. Основний недолік, який буде усунутий в розроблюваному пристрої це розробка зручного та ергономічного корпусу.

З усього вищесказаного в даному розділі можна зазначити, що використання теплових генераторів шуму мають дуже широкий спектр застосування у метрологічній та вимірювальній техніці, а також є найбільш популярним типом ГШ серед інших. Основні недоліки це велика інерційність та можливий перегрів пристрою, що в свою чергу може порушити працездатність техніки. Даний недолік можливо усунути з використанням елемента Пельтьє.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

3.1 Обґрунтування структурної схеми пристрою

Структурна схема зображена на рис. 22.

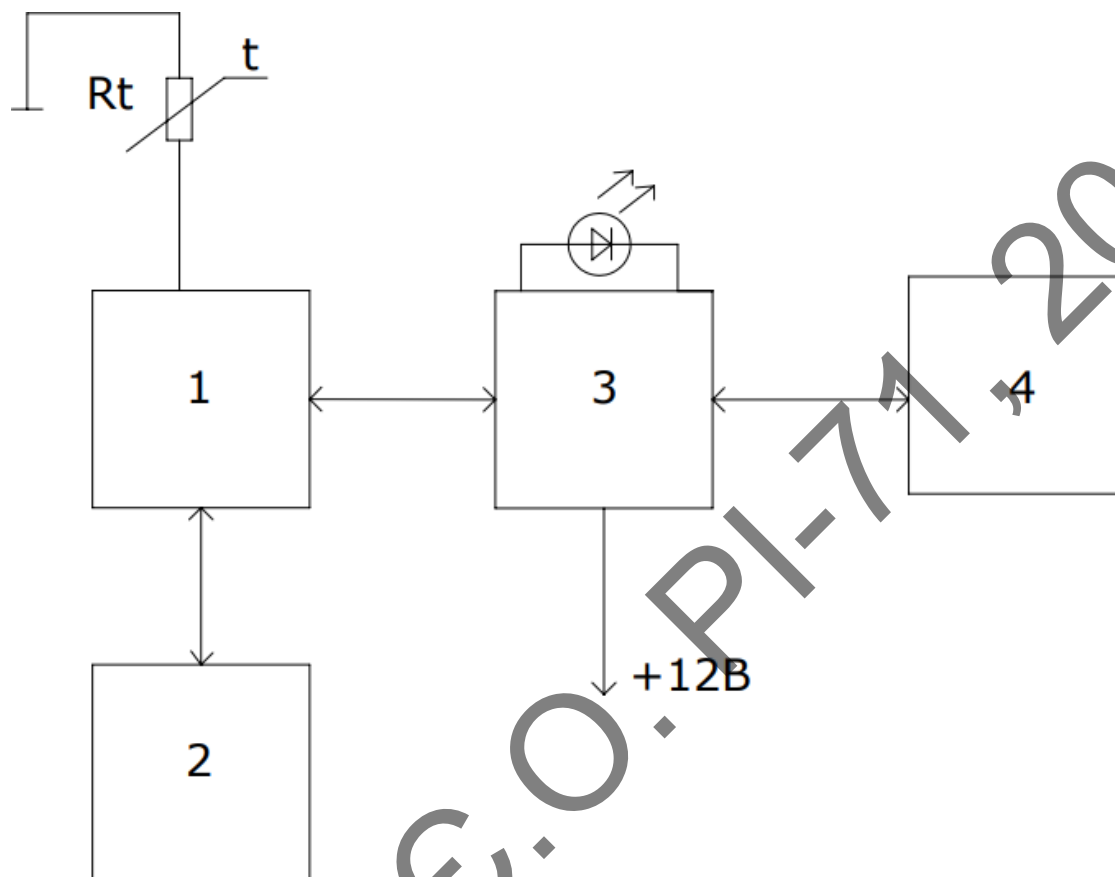


Рисунок 22 — Структурна схема генератора шуму: 1 — мікроконтролер; 2 — трьох розрядний дисплей; 3 — блок керування; 4 — джерело теплового шуму

Спроекований пристрій містить в собі терморегулятор та вузол термостатування. Терморегулятор складається з таких частин як мікроконтролер 1 з терморезистором R_t , у ролі індикатора виступає трьох розрядний дисплей 2, який керується блоком 3.

До складу блоку 4 узгоджене навантаження (УН), розташовується на поверхні елемент Пельтьє 4, протилежна поверхня якого з'єднана з радіатором. Конструкція радіатора має забезпечувати температури поверхні ЕП, яка близька до температури навколишнього середовища.

Терморегулятор працює наступним чином. За допомогою терморезистора R_t мікроконтролер здатний виміряти температуру УН і сформувати керуючий сигнал, формує струм обмотки реле і підключає до джерела живлення +12В елемент Пельтьє.

В якості індикатора використовується трьох розрядний дисплей 2, який теж підключений до мікроконтролеру, і показує поточну температуру та відображає меню налаштувань самого пристрою.

З блоку керування 3 подається напруга на світлодіод протягом усього часу роботи терморегулятора. Якщо значення заданої температури збільшується, то мікроконтролер відключає обмотку реле і модуль ЕП від джерела живлення.

Терморегулятор працює від джерела живлення +12 В і напруга, що подається через це джерело є достатньою для роботи мікроконтролера та задля забезпечення нормального режиму роботи елемента Пельтьє.

Зі структурної схеми зрозуміло, що слід обрати такий блок живлення та мікроконтролер, які зможуть забезпечити нормальну функціональність схеми та елемент Пельтьє.

3.2 Обґрунтування електричної принципової схеми

Схема електрична принципова зображена на рис. 23.

Функцією кнопок SB1–SB3 є налаштування режиму роботи терморегулятора, а саме задання температури, значення гістерезису (різниця увімкнення та вимкнення ЕП). За допомогою кнопки SB1 здійснюється вхід до меню приладу та вихід.

Кнопка SB2 збільшує величину встановленої температури, а кнопка SB3 — зменшує відповідно.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

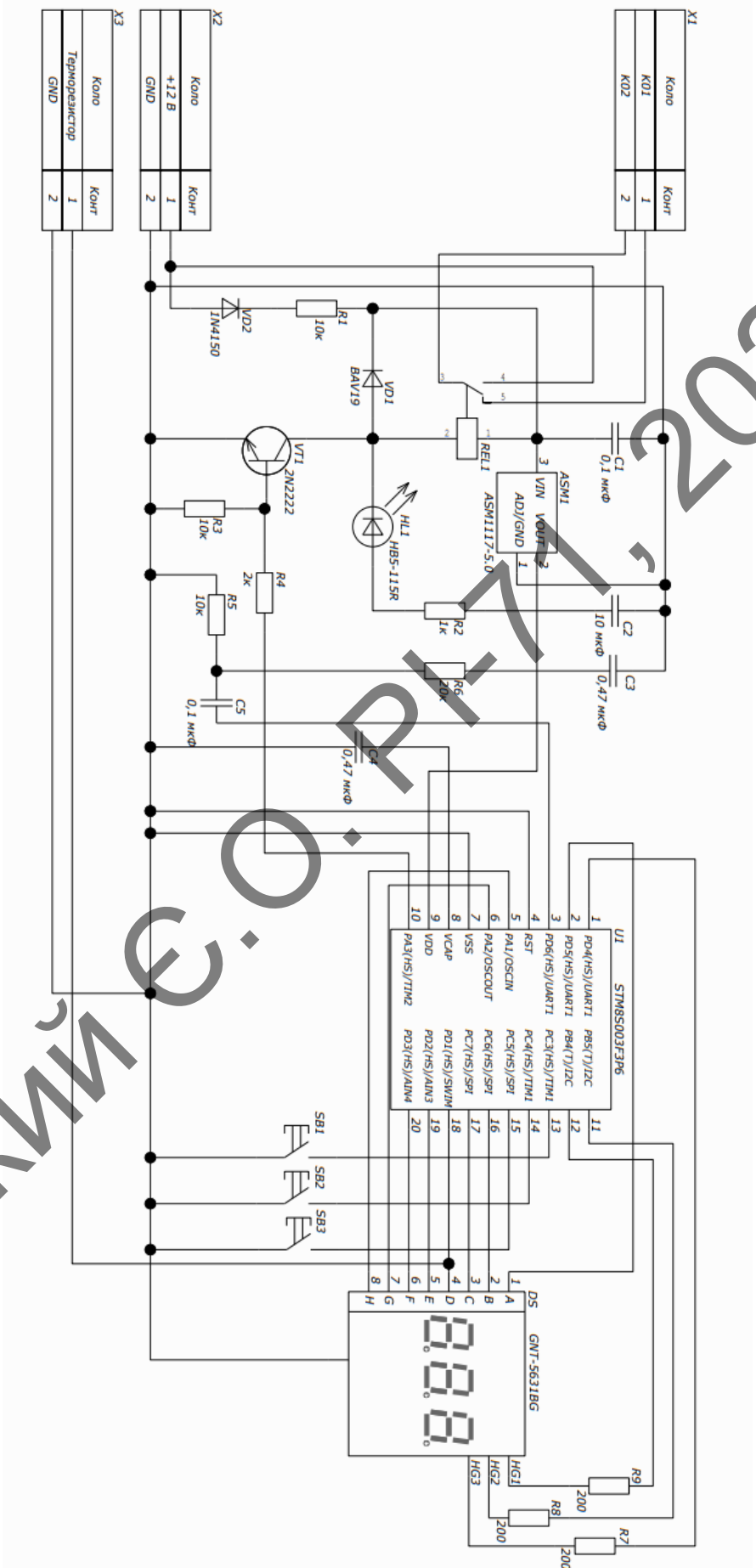


Рисунок 23 — Схема електрична принципова

PI71.468122.001 ПЗ

Арк.

27

Зм. Лис № докум. Підпис Дат

Світлодіод HL1 загоряється тільки в тому випадку, коли фланець терморегулятора нагрівається, тобто пристрій працює в режимі нагрівання. Щоб зрозуміти в якому режимі працює система можливо орієнтуватися не тільки на те, що відображається на дисплеї, а також якщо світлодіод горить або ні (працює на охолодження).

У ролі джерела живлення виступає блок живлення вихідна напруга, якого є 12 В. Сам блок живлення підключається до клем +12 В (на схемі це коло X2). Обґрунтування та пояснення вибору джерела живлення наведено у розділі 4.

Завдяки терморезистору, який буде розміщений усередині узгодженого навантаження можна контролювати температуру робочого тіла (поглинаючого клину) генератора шуму (ГШ).

Після задання усіх необхідних налаштувань, температура ГШ, визначається за допомогою терморезистора і порівнюється із заданим значенням у мікроконтролері STM8S003F3P6. У випадку, коли поточне значення температури є меншим, аніж задане, то на обмотку реле подається напруга і відбувається нагрів робочої поверхні ЕП, що контактує з УН.

Обґрунтування та пояснення вибору мікроконтролера наведено у розділі 4.

Елемент Пельтьє виступає у ролі навантаження. Цей елемент підключений між контактами реле та «землею». Обґрунтування та пояснення вибору реле наведено у розділі 4.

3.3 Стабілізація температури генератора шуму

Для задання температури теплового генератора та її стабілізації використано елемент Пельтьє. Це дозволить, по-перше, підтримувати вибраний рівень вихідної потужності електромагнітного шуму, а, по-друге, змінювати цей рівень. Елемент Пельтьє широко застосовують у радіоапаратурі та іншій техніці, коли потрібно охолодити той чи інший вузол. Охолодження стає можливим в результаті ефекту Пельтьє. Ефектом Пельтьє називають термоелектричне явище переносу енергії (тобто поглинання та виділення теплоти) при проходженні електричного струму у місці контакту двох

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

різномірних провідників, від одного провідника до іншого. Причиною виникнення даного ефекту полягає у наступному. На контактах двох речовин є контактна різниця потенціалів, яка створює контактне поле. Якщо через контакт протікає електричний струм, то це поле буде пропускати струм або ні. Якщо струм рухається проти цього поля, то зовнішнє джерело повинно витратити додаткову енергію, яка в свою чергу виділяється при контакті і призводить до нагріву. Ефект Пельтьє може бути позитивним, коли контакт нагрівається, а також негативним, коли контакт охолоджується.

Провідники під'єднуються до електричного кола, через яке проходить електричний струм [16]. Ефект Пельтьє пояснюється за допомогою схеми, зображеної на рис. 24.

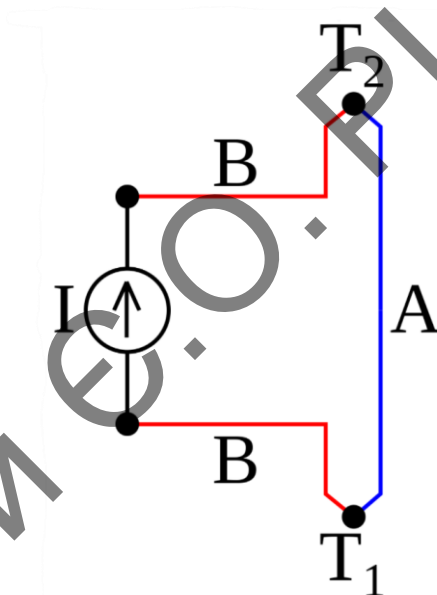


Рисунок 24 — Електричне коло елемента Пельтьє [16]

Величина переміщеної енергії і напрямок її перенесення залежать від виду контактуючих речовин і від напрямку і від сили протікання електричного струму. Математично ефект Пельтьє визначається за наступною формулою:

$$Q = \Pi_{AB} \cdot I \cdot t = (\Pi_B - \Pi_A) \cdot I \cdot t$$

де Q — це кількість виділеного або поглиненого тепла;

I — сила струму;

t — час протікання струму;

P_{AB} — коефіцієнт Пельтьє того чи іншого матеріалу.

Коефіцієнт Пельтьє можна виразити через коефіцієнт термо-ЕРС і визначається він за наступною формулою:

$$P = a \cdot T$$

де a — це коефіцієнт термо-ЕРС;

T — температура спайки напівпровідників.

3.4 Елемент Пельтьє

Прилади, принцип дії яких базується на ефекті Пельтьє широко використовуються в сучасній техніці та оптимізовані з точки зору отримання максимального термоелектричного ефекту. До таких приладів відноситься термоелектричний охолоджувач (елемент Пельтьє). Його основними перевагами є:

- невеликі розміри та мала вага, що в свою чергу дозволяє встановленню на невеликій робочій поверхні;
- відсутність будь-яких рухомих частин, газів та рідин, що підвищує термін роботи елемента та його надійність;
- при змінні напрямку струму (зміна полярності) можлива робота як і на охолодження, так і на нагрівання (сторона, що нагрівалася може охолоджуватися і навпаки).

Серед недоліків є те, що елемент Пельтьє має низький КПД і, як результат, призводить до великого споживання потужності задля досягнення помітної різниці температур між охолодженим пристроєм та радіатором. Зовнішній вигляд Елемент Пельтьє зображено на рис. 25 [17].

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

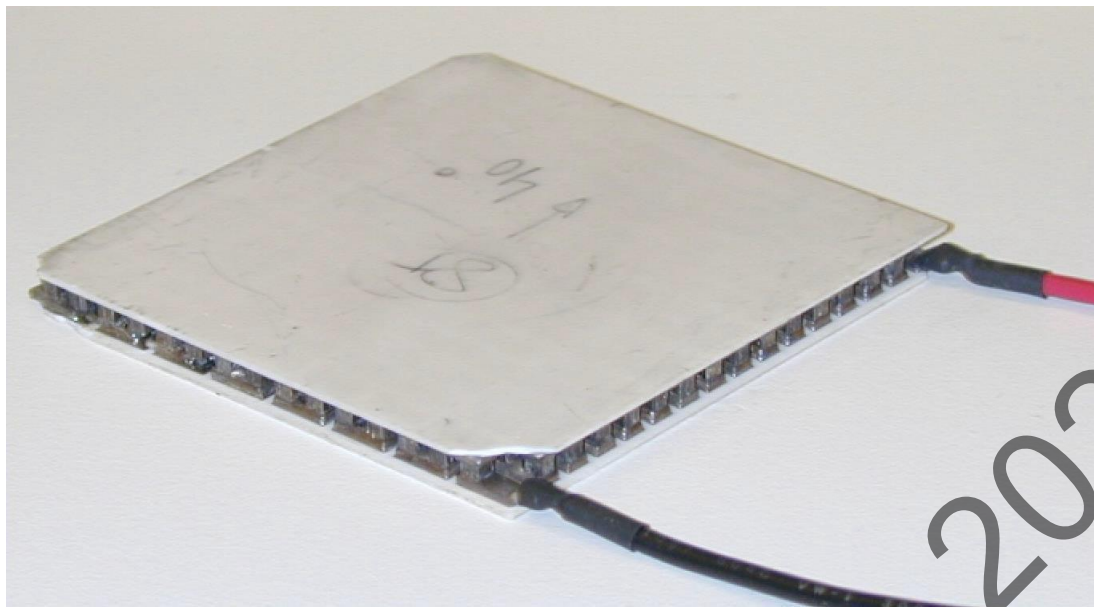


Рисунок 25 — Елемент Пельтьє

Він складається з декількох p - і n -напівпровідникових елементів, з'єднаних так як показано на рис. 26 [18].

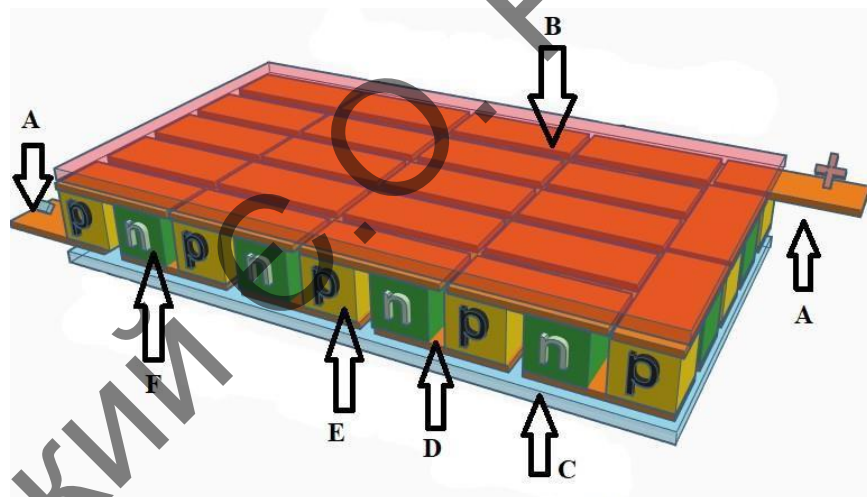


Рисунок 26 — Структура елементу Пельтьє: А — контакти, які підключаються до джерела живлення; В — поверхня елемента, яка нагрівається; С — поверхня елемента, яка охолоджується; D — провідники матеріалом яких є мідь; E — напівпровідники p -типу; F — напівпровідники n -типу

Конструкція виконана таким чином, що кожна зі сторін модуля контактує р-п або п-р переходами (в залежності від полярності). Контакти р-п нагріваються, а п-р охолоджуються відповідно, що зображено [19] на рис. 27.

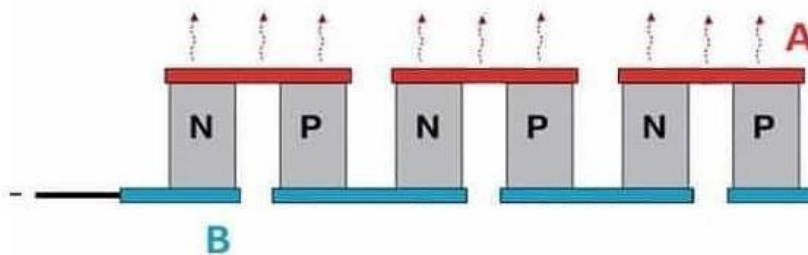


Рисунок 27 — Нагрівання та охолодження поверхонь термоелементу: А — поверхня елемента, яка нагрівається;
В — поверхня елемента, яка охолоджується

Як правило даний елемент застосовують в таких ситуаціях, коли необхідно охолодження з невеликою різницею температур. Широко використовують у побутовій техніці, в маленьких автомобільних холодильниках, мобільних холодильних установках, кулери для охолодження та нагріву води тощо.

Типовий модуль забезпечує значний температурний перепад між об'єктом охолодження та зовнішнім середовищем, який становить кілька десятків градусів. Якщо виникає задача коли потрібно збільшити різницю температур, то можливо каскадне підключення модулів Пельтьє, але щоб використовувати такий метод підключення потрібно забезпечити адекватне їх охолодження. Це дозволяє порівняно простими засобами отримати значний перепад температур і забезпечити ефективне охолодження елементів, що захищаються.

На рис. 28 зображено [20] приклад каскадного включення елементів Пельтьє.

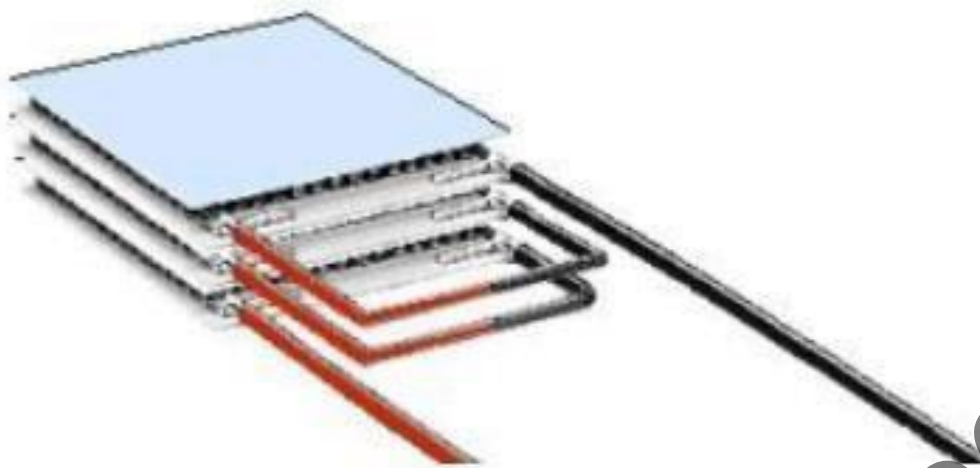


Рисунок 28 — Каскадне підключення декількох елементів Пельтьє

Пристрій охолодження на основі модулів Пельтьє часто називають активними холодильниками Пельтьє або просто кулерами Пельтьє [20]. Зовнішній вигляд такої системи зображено на рис. 29.



Рисунок 29 — Кулер з елементом Пельтьє

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

PI71.468122.001 ПЗ

Арк.
33

4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

У даному розділі наведені характеристики і параметри елементів та обґрунтування їхнього вибору. Ці елементи забезпечують необхідні електричні параметри розроблюваного пристрою.

Параметри за якими були обрані радіоелементи наступні: забезпечення нормальної роботи та надійності пристрою, створення невеликих габаритів пристрою, наявність та цінова доступність на ринку.

Підібрані елементи з легкістю можуть забезпечити невисоку вартість виробу, а це у свою чергу збільшує шанси на конкурування з іншими аналогами на ринку.

Головною задачею при виборі елементної бази та проектуванні пристрою є забезпечення високої надійності та точності приладу, щоб мінімізувати зайві сторонні втручання в його роботу.

Не менш важливим фактором є забезпечення невеликих габаритних розмірів та малу вагу терморегулятора, що у свою чергу поліпшить ергономічність та простоту експлуатації.

4.1 Вибір мікроконтролеру

Мікроконтролер відіграє одну з найважливіших ролей у функціональності пристрою. Він потрібний задля аналізу вимірної температури та порівняння з заданою.

Мікроконтролер STM8S003F3P6 [21] є відносно дешевим, а також його застосування має широкий обсяг. Користується широкою популярністю серед користувачів через свою швидку обробку інформацію та її аналіз.

Зовнішній вигляд радіоелементу зображено на рис. 30.

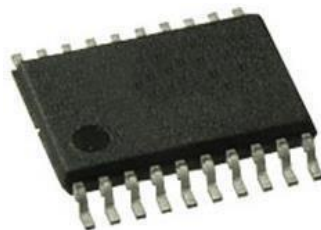


Рисунок 30 — Мікроконтролер STM8S003F3P6

					<i>PI71.468122.001 ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні параметри та характеристики:

- серія STM8S;
- ядро STM8;
- тип корпусу — TSSOP20;
- напруга живлення : 2,95 В ... 5,5 В;
- обсяг флеш-пам'яті — 8Кб;
- обсяг SRAM пам'яті — 1 Кб;
- 16-бітовий таймер: кількість — 2, (ШИМ, захват/порівняння);
- 8-бітовий таймер: кількість — 1.
- розрядність АЦП — 10 біт, кількість каналів — 5;
- тактова частота ядра процесора — 16 МГц;
- діапазон робочої температури -40... +85° С.

На рис. 31 зображені виводи мікроконтролера та їх призначення.

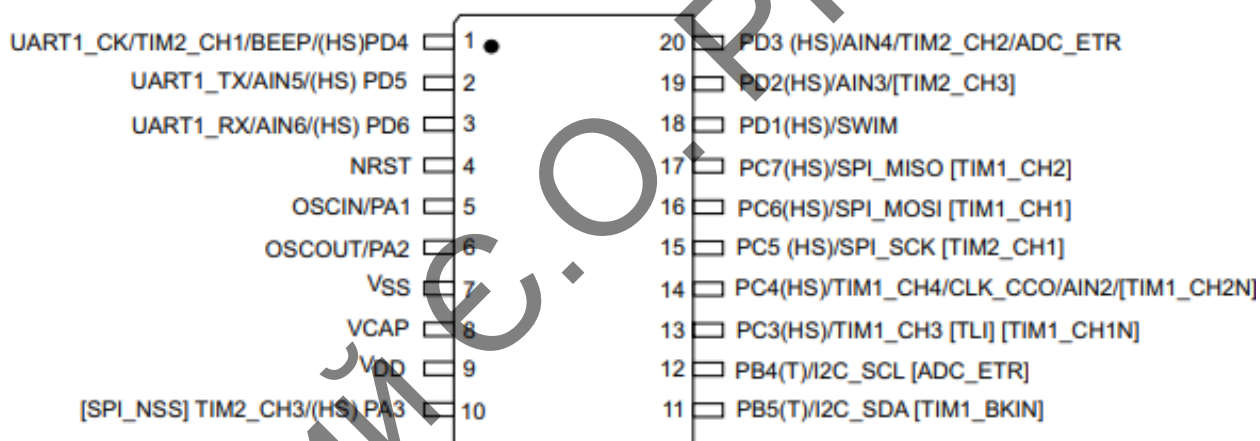


Рисунок 31 — Позначення виводів мікроконтролера STM8S003F3P6

В схемі будуть задіяні такі з'єднання виводів:

- PC3, PC4, PC5 для підключення на кнопки керування «set», +, –.
- Vss для підключення на землю (GND).
- VCAP під'єднується до регульованого конденсатора.
- VDD — до живлення.
- NRST — скидання мікроконтролера.
- PA1,PA2, PB5, PB4, PC6, PC7,PD1... PD5 — до LED дисплею.

Габаритні розміри мікроконтролера дозволять йому займати не багато місця на друкованій платі тому, що радіоелемент виготовлений у корпусі TSSOP. Відстань між выводами дорівнює 0,65 мм.

4.2 Вибір стабілізатора напруги

Щоб забезпечити нормальну працездатність схеми та запобігти виходу з ладу деяких елементів, слід обрати такий стабілізатор напруги, який має необхідні параметри для роботи в схемі та доступну ціну. Стабілізатор AMS1117-5.0 [22] здатний перетворювати напругу до 15 В в 5 В за рахунок розсіювання енергії у вигляді тепла. Виготовлений у корпусі SOT-223 та має три виводи. Зовнішній вигляд елемента зображено на рис. 32.



Рисунок 32 — Стабілізатор напруги AMS1117-5.0

Основні параметри та характеристики:

- мінімальна вхідна напруга : 1,5 В;
- максимальна вхідна напруга : 15 В;
- мінімальна вихідна напруга : 4,9 В;
- максимальна вихідна напруга : 5,1 В;
- номінальне значення вихідної напруги : 5 В;
- максимальне значення вихідного струму : 1 А;
- діапазон робочої температури -40... +125° С.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

4.3 Вибір блоку живлення

Блок живлення буде забезпечувати нормальну роботу ЕП. Обраний блок живлення Ledmax 96Вт 12V Standart [23] працює від мережі. Цей блок живлення використовують у приладах, напруга живлення яких становить — 12 В. Зовнішній вигляд зображено на рис. 33.



Рисунок 33 — Блок живлення Ledmax 96Вт 12V Standart

Основні параметри та характеристики:

- потужність : 96 Вт;
- вихідний струм : 8 А;
- вхідна напруга : 220 В;
- вихідна напруга : 12 В;
- діапазон робочої температури -25...+40° С;
- частота вхідної напруги: 50-60 Гц.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Даний блок живлення забезпечує захист від короткого замикання та захист від перенавантаження, а це у свою чергу збільшує показники ефективності та надійності. Обраний блок живлення відповідає усім необхідним вимогам.

Головні вимоги до блоку живлення наступні: напруга на вході повинна бути до 240 В, струм на виході від 8 А до 12 А, напруга на виході від 10В до 12 В, потужність в межах від 60 до 100 Вт.

4.4 Вибір реле

Щоб реалізувати роботу терморегулятора із застосуванням елемента Пельтьє, слід обрати реле яке буде з'єднувати його з колом живлення. Обране реле HLS-T78-DC12V-1C [24] має 5 контактів і є електромеханічним, його зовнішній вигляд зображено на рис. 34.



Рисунок 34 — Реле HLS-T78-DC12V-1C

Основні параметри та характеристики:

- максимальний комутуючий струм : 20 А;
- керуюча постійна напруга : +12 В;
- комутуюча змінна напруга : до 120 В;
- габаритні розміри 15,7x12,3x14;
- діапазон робочої температури -40... +85° С
- вага не більше 6 г.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

4.5 Вибір терморезистора

Головною задачею терморезистора буде вимірювання температури та передавання значень до мікроконтролеру. Обрано терморезистор моделі Taiye NTC 10kOm 3950K 2m [25]. Основною перевагою є те, що діаметр головки термістора дорівнює 4 мм і є найменшим розміром серед існуючих аналогів на ринку.

Зовнішній вигляд зображено на рис. 35.



Рисунок 35 — Терморезистор Taiye NTC 10kOm 3950K 2m

Основні параметри та характеристики:

- довжина кабелю 2 м;
- номінальний опір 10 кОм;
- габаритні розміри головки 4 x 20 мм.

Провівши аналіз ринку елементної бази були обрані необхідні радіоелементи для нормальної роботи схеми пристрою. Завдяки температурному датчику та блоку живлення можливо забезпечити нормальне функціонування терморегулятора.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Розміри мікроконтролера, реле та стабілізатора дозволяють розробити корпус з невеликими габаритами.

Датчик температури та блок живлення обиралися таким чином, щоб вони підходили до приладу по параметрам та характеристикам. Блок живлення буде забезпечувати постійну роботу елемента Пельтьє.

4.6 Вибір елемента Пельтьє

На сьогоднішній день існує велика кількість елементів Пельтьє у різних способах виконання та з різними технічними характеристиками. Обрана модель ЕП ТЕС1-12706 [26]. Даний модуль підходить за всіма необхідними параметрами.

Основні параметри та характеристики:

- робоча напруга: 12 В;
- максимальна напруга: 15,4 В;
- робочий струм: 6 А;
- споживана потужність: 77 Вт;
- максимальна потужність охолодження: 53,3 Вт;
- максимальна різниця температур між сторонами: 60° С;
- кількість термопар 127;
- опір: 1,98 Ом.

Якщо допустити нагрів сторони ЕП вище +50° С і модуль не буде мати належного відводу тепла, то через 1-2 хвилини термоелемент вийде з ладу. При нагріву до +40° С використання будь-якого тепловідводу не є обов'язковим.

Габаритні розміри елемента Пельтьє зображені на рис. 36.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

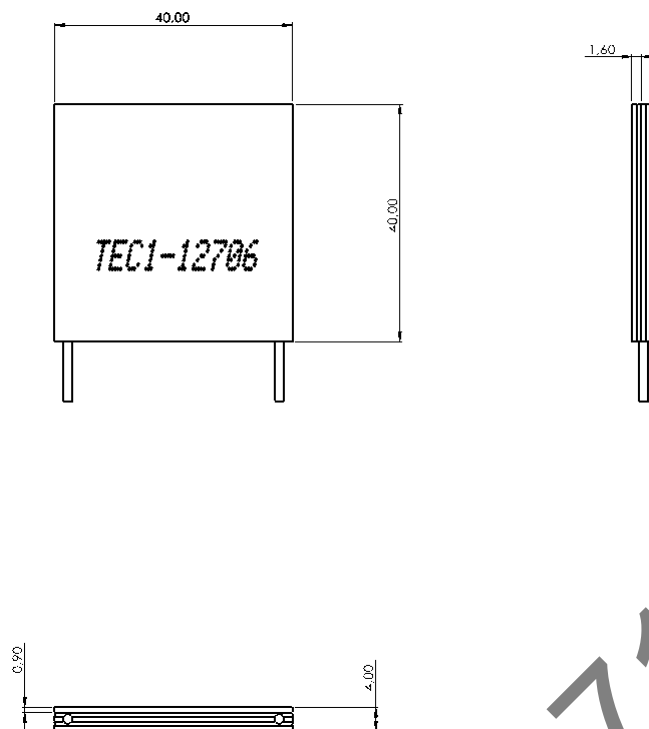


Рисунок 36 — Габаритні розміри елемента Пельтьє

Рекомендований струм для живлення модуля Пельтьє не повинен перевищувати рівень пульсацій ніж 5%, максимально допустимий складає 10%. Напруга у 12 В є рекомендованою для даної моделі елемента Пельтьє і вона може забезпечити високий ККД. У випадку коли прикладена напруга є більшою, то ККД буде зменшуватися.

Обов'язковим є встановлення додаткового тепловідводу від вільної сторони модуля, який збільшить працездатність та ефективну роботу елемента Пельтьє. Вирішенням даної задачі є встановлення радіатора.

4.7 Розрахунок радіатора

Використання радіатора забезпечить потрібний тепловідвід, це буде використане задля оптимального режиму роботи модуля Пельтьє.

Щоб розрахувати площу радіатора слід використати наступну формулу

$$S = \left(\frac{50}{Q}\right)^2,$$

де S — це площа поверхні радіатора, яка буде відводити тепло;

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Q — тепловий опір радіатора.

Розрахувати тепловий опір радіатора можливо з наступної формули

$$Q = \frac{N}{t_n},$$

де N — теплова потужність, яку радіатор повинен розсіяти;

t_n — температура перегріву.

Потужність визначити можливо з формули

$$N = \frac{Q_p}{\Delta t},$$

де Q_p — теплова енергія, що розсіюється і її розраховують за допомогою формули наведеної нижче

$$Q_p = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

де c — питома теплоємність матеріалу радіатора [27] ($\frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{кг}}$);

m — маса (кг);

ΔT — зміна температур (К).

Для розроблюваного пристрою $\Delta T = 383,15 - 293,15 = 90 \text{ К}$, $c = 380 \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{кг}}$

$m = 0.120 \text{ кг}$. Підставивши усі відомі значення у формулу отримуємо, що $Q_p = 4104 \text{ Дж}$

Знаючи Q_p тепер можна розрахувати потужність, яку потрібно розсіяти

$$N = \frac{4104}{35} = 117 \text{ Вт},$$

Розрахувавши потужність можна визначити тепловий опір контакту радіатора з елементом Пельтьє

$$Q = \frac{117}{50} = 2,4 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}.$$

Маючи усі необхідні значення підставимо їх у формулу розрахунку площі радіатора

$$S = \left(\frac{50}{2,4}\right)^2 = 41 \text{ см}^2.$$

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Ескіз радіатора зображений на рис. 37.

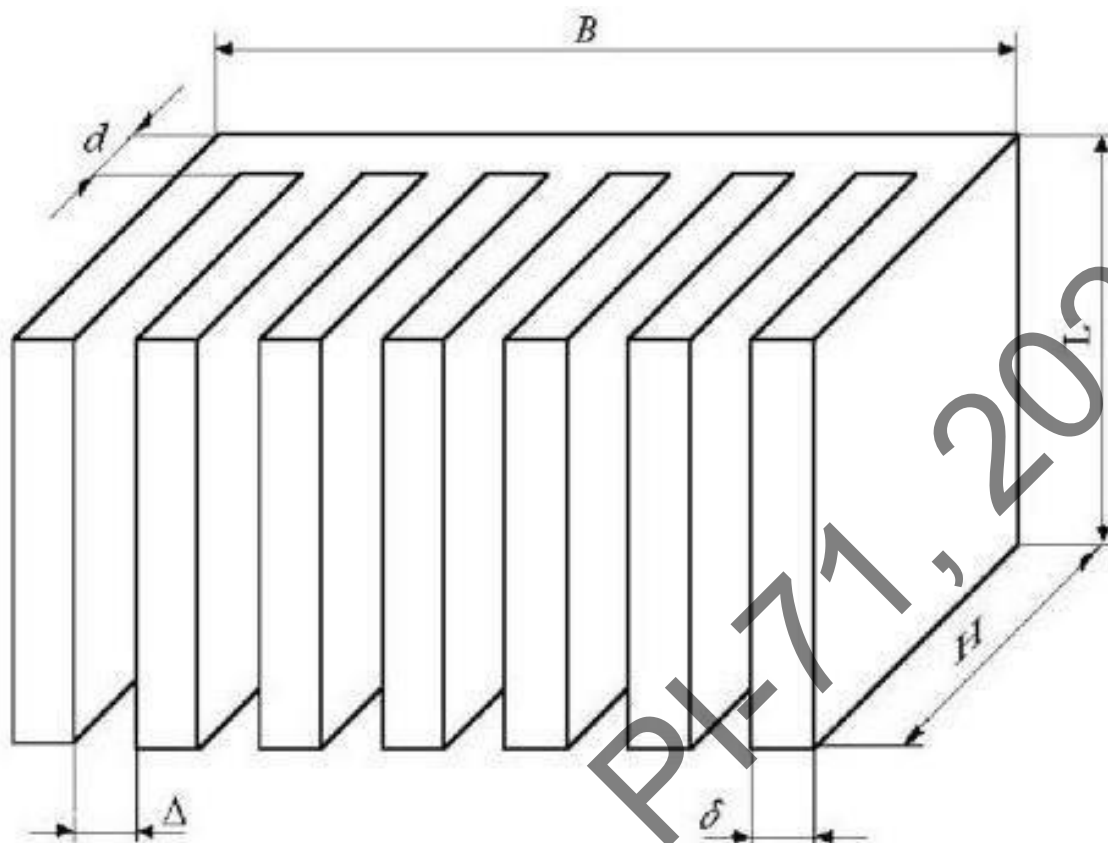


Рисунок 37 — Ескіз радіатора

де L — довжина радіатора (40 мм)

B — товщина радіатора (40 мм)

Δ — відстань між ребрами (2,7 мм)

d — товщина основи (5 мм)

H — висота ребр (8 мм)

δ — товщина ребр (2 мм)

Даний радіатор підходить за всіма розрахованими параметрами та габаритними розмірами для ефективного тепловідводу. В якості матеріалу з якого буде виготовлений радіатор було обрано алюміній. Радіатор буде повністю покривати поверхню ЕП.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат

PI71.468122.001 ПЗ

Арк.
43

5 ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

5.1 Вибір конструкційних матеріалів

Матеріал з якого буде виготовлятися друкована плата має вагомий вплив на такі параметри, як технічно-економічні, експлуатаційні та конструктивно-технологічні. У якості обраного матеріалу буде фольгований склотекстоліт, так як він має високу механічну міцність, низькі втрати та високий поверхневий опір. Даний матеріал є найрозповсюдженішим серед усіх інших для виготовлення друкованих плат.

Матеріал для виготовлення друкованої плати обрано фольгований склотекстоліт марки FR-4 [28]. Шар металізації становить 35 мкм та товщина плати 1,5 мм.

Основні параметри та характеристики матеріалу:

- діапазон робочих температур від -60°C до 135°C ;
- температура склування складає не менше ніж 170°C ;
- поверхневий електричний опір $(1\div 5)\cdot 10^{10}\text{ Ом}$;
- питомий опір $1\cdot 10^9\text{ Ом}\cdot\text{м}$;
- тангенс кута діелектричних втрат (при частоті 1 МГц) 0,035;
- величина діелектричної проникності 5,5;
- міцність на відрив від контактного майданчика 60 Н;
- міцність на відшарування фольги 1,1–1,8 Н;
- напруга пробою 40-50 кВ.

Друкована плата матиме двосторонній монтаж та буде виготовлятися комбінованим позитивним методом. Основною перевагою цього методу є те, що під час процесу свердління монтажних отворів можливо запобігти зриву провідників та контактних майданчиків. Формування провідників відбувається тільки в тому випадку коли процес свердління завершився. Також слід зазначити такі переваги, як відсутність потреби у контактному обладнанні для гальванічної металізації отворів.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

5.2 Розміщення елементів на платі та їх з'єднання

Використовуючи програмне забезпечення Altium Designer version 20.1.14 була створена друкована плата з бібліотеки радіоелементів, яка відповідає вимогам ГОСТ 23687-69. Під час проектування друкованого вузла основною задачею є правильне розташування радіоелементів на друкованій платі. За допомогою програмного забезпечення було зроблено трасування та розміщення елементів.

Щоб спроектувати зручний та ергономічний корпус для пристрою було вирішено, що необхідно деякі елементи перенести на зворотну сторону друкованої плати, а саме реле.

На рис. 38 зображено трасування верхнього шару друкованої плати.

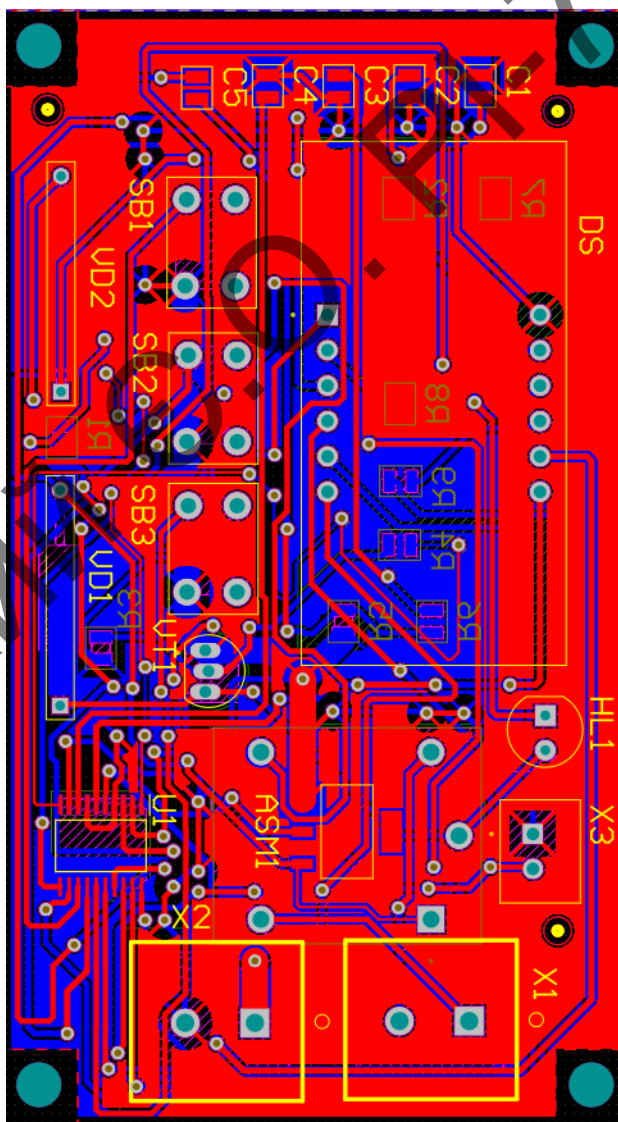


Рисунок 38 — Трасування верхнього шару друкованої плати

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		45

На рис. 39 зображено трасування нижнього слою друкованої плати

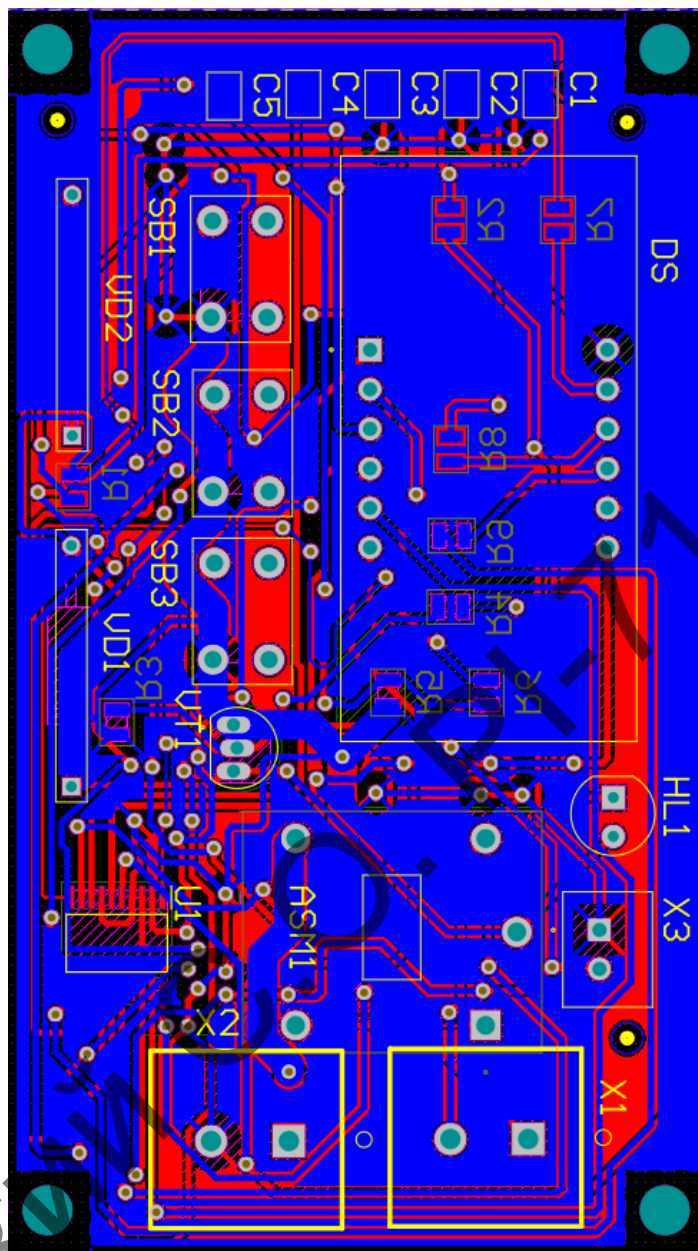


Рисунок 39 — Трасування нижнього шару друкованої плати

Червоним кольором позначені провідники на верхньому шарі, а на нижньому — синім кольором відповідно. Всі отвори є металізованими. Захисною маскою були покриті усі необхідні контакти, за виключенням контактних майданчиків.

Задля економії матеріалу не весь вільний простір був залитий шаром міді, а де був залитий, то під'єднаний до землі.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		46

6 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

6.1 Опис конструкції терморегулятора

Кнопки для керування пристроєм, семисегментний трьох розрядний дисплей та усі роз'єми розташовані зверху. Це було зроблено, щоб максимально забезпечити ергономічність під час експлуатації.

Корпус надруковано на фотополімерному принтері та в якості матеріалу був обраний полікарбонат. Основними перевагами на відміну від ABS-пластику є: екологічність, ударостійкість та міцність. Єдиний недолік це його висока вартість.

Ескіз терморегулятора зображено на рис. 42.

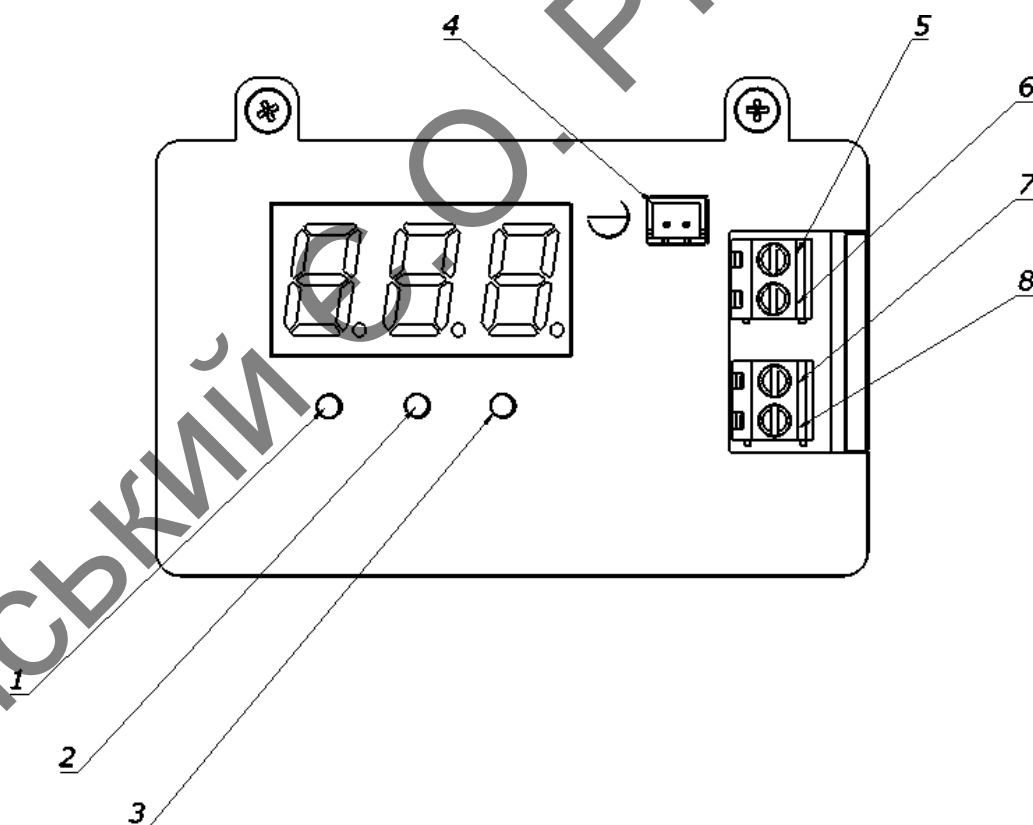


Рисунок 42 — Ескіз терморегулятора

де 1 — це кнопка “set”;

2 — кнопка “+”;

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		47

- 3 — кнопка “-”;
- 4 — роз’єм для терморезистора;
- 5 — роз’єм K01;
- 6 — роз’єм K02;
- 7 — роз’єм для ДЖ;
- 8 — роз’єм для “землі”.

Плату кріпити гвинтами типу М 1,6х8 4 шт., отвори розташовані на краях плати. Верхня частина корпусу з’єднується з нижньою за допомогою гвинтів типу М 1,6х8 2 шт та двома гайками задля міцнішої фіксації двох складових корпусу.

Друга частина терморегулятора складається з одного елемента Пельтьє, терморезистора, узгодженого навантаження (УН) та радіатора. Площина модуля Пельтьє розміщена паралельно широкій стінці навантаження. Кріплення елемента Пельтьє, радіатора та узгодженого навантаження потрібно робити за допомогою термопровідного клею типу STARS-922.

Ескіз вузла терморегулятора зображено на рис. 43.

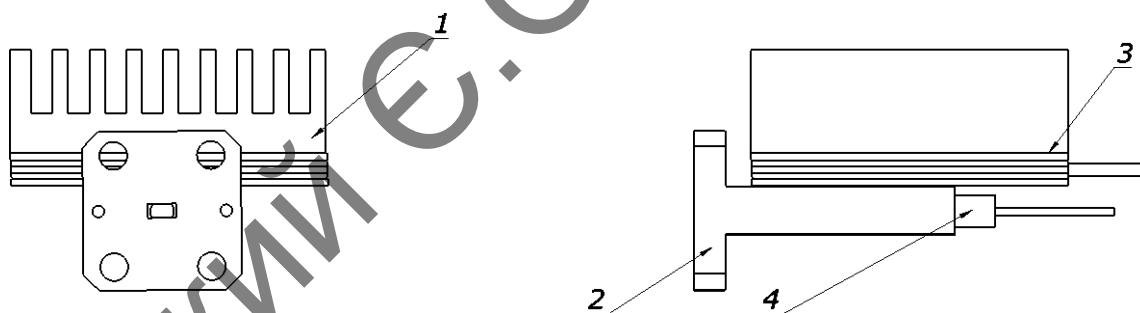


Рисунок 43 — Ескіз вузла терморегулятора

- де 1 — радіатор;
- 2 — УН;
- 3 — елемент Пельтьє;
- 4 — терморезистор.

Підключивши до терморегулятора модуль Пельтьє та живлення, на дисплеї з’явиться поточна температура УН.

В генераторі шуму для задання температури УН використано модернізований терморегулятор W1209. Програмні функції та налаштування повністю задовольняють всі задані вимоги, тому програмна частина приладу залишилася незмінною.

Крайня ліва кнопка слугує для налаштування роботи терморегулятора, потрібно на неї натиснути та не відпускати 5 хвилин. Середня кнопка призначена для збільшення поточних значень, а крайня права відповідає за зменшення цих значень відповідно. Нижче буде наведено позначення меню налаштувань.

P0 — вибір температурного режиму пристрою (нагрівання або охолодження);

P1 — налаштування різниці температур ввімкнення та вимкнення (гістерезис);

P2 — налаштування максимальної температури роботи пристрою (верхня межа);

P3 — налаштування мінімальної температури роботи пристрою (нижня межа);

P4 — корекція температури;

P5 — затримка у часі включення реле;

P6 — верхня межа температури вимкнення.

Додатково у програмній частині пристрою передбачено ще декілька відображень на індикаторі, які відображають стан роботи терморегулятора. Список цих додаткових відображень наведено нижче

LLL — терморезистор не підключений до приладу

NNN — температура знаходиться за межами робочого діапазону

--- — перевищені межі температури вимкнення.

Важливо, перед тим як використовувати терморегулятор для ГШ потрібно перевірити чи надійно зафіксовані та правильно підключенні всі елементи до роз'ємів. Через не надійну фіксацію усіх необхідних компонентів робота пристрою може бути порушено або ж взагалі не працювати належним чином.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

6.2 Розрахунок надійності

Розроблювальний пристрій належить до категорії лабораторних. Якщо по тій чи іншій причині будь-який радіоелемент перестане нормально функціонувати чи взагалі вийде з ладу, то його з легкістю можна буде замінити на інший і тим самим відновити роботу усієї системи в цілому. Іншими словами даний терморегулятор відноситься до відновлювальної апаратури.

Слід зауважити, що елементи можуть відмовити випадково та ця відмова є взаємонезалежною. У разі відмови будь-якого елементу прилад не буде функціонувати взагалі, при чому інтенсивність відмов (λ_0) та потоки відмов (ω_0) не змінні у часі, тобто $\lambda_0 = const$ та $\omega_0 = const$.

Усі розрахунки були проведені згідно з методичними вказівками [29]. Даний пристрій буде використовуватися у лабораторних умовах і поправний коефіцієнт K_e дорівнює 1,5. Скориставшись наступною формулою можливо розрахувати інтенсивність відмов кожного радіоелементу

$$\lambda_{pi} = \lambda_{0i} \cdot K_{ei}$$

У таблиці 1 наведені значення інтенсивності відмов елементів (λ_0), кількість радіодеталей того чи іншого типу (N) та робоче значення інтенсивності відмов (λ_p) які використовуються у схемі електричній принциповій.

Таблиця 1 — Значення інтенсивності відмов

Назва і тип елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1 год	N	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1 год
SMD-резистор R1-R9	0,06	9	0,09
Керамічний конденсатор C1-C5	0,7	5	1,05
Транзистор VT1	1,6	1	2,4
Індикатор	0,42	1	0,63
Реле	2,8	1	4,2

Діоди VD1, VD2	0,5	2	0,75
Клемники	1	5	1,5
Стабілізатор ASM	1	1	1,5
Кнопки	0,08	3	0,12

Щоб розрахувати потік відмов усіх елементів слід скористатися нижче наведеною формулою

$$\omega = \sum_{i=1}^n \lambda_p \cdot N_i$$

Підставивши усі значення отримаємо $\omega = 54,7 \cdot 10^{-6}$ 1/год. Тепер маючи усі необхідні значення слід розрахувати напрацювання пристрою на відмову за наступною формулою.

$$T_0 = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{54,7 \cdot 10^{-6}} = 18000 \text{ (год)}$$

Отримане теоретичне значення напрацювання на відмову пристрою повністю задовольняє вимоги технічного завдання.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті проведено аналіз конструкцій джерел електромагнітного шуму мікрохвильового діапазону. Враховуючи результати аналізу запропонована конструкція пристрою, який містить генератор шуму міліметрового діапазону у вигляді узгодженого навантаження. Температура навантаження регулюється за допомогою елемента Пельтьє, електричний режим якого підтримується автоматично за допомогою терморегулятора.

Як терморегулятор в проекті використано прилад W1209, конструкцію якого вдосконалено, що спільно з вибраною елементною базою забезпечує невеликі габаритні розміри блока керування режимом генератора шуму та стабільну роботу пристрою. Використані елементи доступні на ринку, що його спрощує ремонт у випадку відмови будь-якого елемента.

Використання елемента Пельтьє дозволяє регулювати температуру навантаження, що входить до складу генератора шуму, від $+5$ до 70°C , що еквівалентно, за даними літературних джерел, зміні вихідної потужності розробленого джерела більше ніж на 20 дБ. При цьому використання елемента Пельтьє значно зменшує інерційність пристрою.

Можливість регулювання вихідної потужності розробленого джерела електромагнітного шуму значно розширює можливості його застосування. Зокрема він може використовуватись як джерело зразкового сигналу під час калібрування радіометричних систем міліметрового діапазону.

За результатами проведеного аналізу та розрахунків спроектований прилад повністю задовольняє усі вимоги технічного завдання.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Павлов Р. А. Пассивное радиовидение в миллиметровом диапазоне / Павлов Роман Александрович, Котов Александр Викторович [Электронний ресурс]—Режим доступу до ресурсу: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2007/18/pavlov_ra.doc.pdf – Дата звернення: 20.05.2021.
2. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины: Научное издание. — Киев, 1999. - 205 с
3. Алмазов-Долженко К.И. Коэффициент шума и его использование на СВЧ / К.И. Алмазов-Долженко. – М. : Научный мир, 2000. – 240 с.
4. Аппарат микроволновой резонансной терапии АМРТ-01 [Электронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : <https://ua.all.biz/apparat-mikrovolnovoј-rezonansnoj-terapii-amrt-01-g62202481>. Дата звернення: 20.05.2021.
5. Аппарат микроволновой резонансной терапии Порог-3 [Электронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : <https://ua.all.biz/apparat-mikrovolnovoј-rezonansnoj-terapii-porog-3-g62202321> Дата звернення: 20.05.2021.
6. Аппарат микроволновой резонансной терапии Порог-НТ [Электронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : <https://polisana.com.ua/product/apparat-mikrovolnovoј-rezonansnoj-terapii-porog-nt/1>. Дата звернення: 20.05.2021.
7. Цифровой терморегулятор skl w1209wk [Электронний ресурс] —Режим доступу до ресурсу : <https://dostavleno.com.ua/ua/p1326101968-termoregulyator-tsifrovoj-skl.html> Дата звернення: 20.05.2021.
8. Терморегулятор ТР_ТП_ТХА_300 [Электронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : <http://www.kosmodrom.com.ua/data/tp300.php>
9. Терморегулятор — Термостат, STC-3018, 12V [Электронний ресурс]— Режим доступу до ресурсу : <https://sxema.com.ua/p1297689119-termoregulyator-termostat-> Дата звернення: 20.05.2021.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		53

stc.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjwsqmEBhDiARIsAN
V8H3YeTssx24L9Cx-

CSzMnV_CC0SqxKkMJdDanAcqcRpbaxsnK8sjeQj4aAvHVEALw_wcB

10. Цифровой Терморегулятор ХН-W3001 12В [Электронный ресурс] —

Режим доступа до ресурсу : <https://o-mega.com.ua/ua/p669496973-termoregulyator-tsifrovoj-w3001.html>

11. Термостат с регулируемым гистерезисом (CD4001) [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <https://radiostorage.net/5395-termostat-s-reguliruemym-gisterezisom-cd4001.html> 1. Дата звернення:

20.05.2021.

12. Всё своими руками [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу : <https://www.kondratev-v.ru/termometry-termostaty/cifrovoj-termoregulyator-dlya-inkubatora.html> Дата звернення: 20.05.2021.

13. Схемы терморегуляторов [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу : <http://soundbarrel.ru/raznoe/termoreg.html>

14. Терморегулятор цифровой W1209 [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: https://3v3.com.ua/product_6406.html

15. Схема W1209 [Электронный ресурс]: <https://all-audio.pro/> — Режим доступа до ресурсу: <https://all-audio.pro/c2/shemi/shema-w1209.php> Дата звернення: 20.05.2021.

16. Эффект Пельтье [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%9F%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D0%B5 Дата звернення: 20.05.2021.

17. Элемент Пельтье [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D1%94%D0%A2%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F Дата звернення: 20.05.2021.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

18. Элемент Пельтье [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу:
<https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/element-pelte/>
19. Что такое элемент Пельтье, его устройство, принцип работы и практическое применение [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу:
<https://www.asutpp.ru/chto-takoe-element-pelte-i-ego-primenenie.html>
20. Эффект Пельтье и его применение [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <https://works.doklad.ru/view/dXPUIICn7bQ/2.html>
 Дата звернення: 20.05.2021.
21. STM8S003F3P6 [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу :
<https://www.chipdip.ru/product/stm8s003f3p6> 1. Дата звернення: 20.05.2021.
22. Линейный регулятор напряжения AMS1117-5.0, 5.0В, 1 А [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: https://arduino-geek.pp.ua/product/linejnyj-reguljator-naprijazhenija-asm1117-5-0-5-0v-1-a/?gclid=Cj0KCQjwwLKFBhDPAReAPzPi-LGNP27PAgfnYwTyag_47tEbMrbaIermsDhkjyU2j6xLjBf9Ks18HcaAhxCEALw_wcB Дата звернення: 20.05.2021.
23. Сетевой адаптер Ледмакс (Ledmax) 96Вт 12V Standart PSP-96-12 [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <https://prolum.com.ua/setevoy-adapter-ledmaks-ledmax-96vt-12v-standart/>
 Дата звернення: 20.05.2021.
24. HLS-T78-DC12V-1C [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/hls-t78-dc12v-1c_59604.html Дата звернення: 20.05.2021.
25. Аналоговый датчик температуры Taiye NTC 10kOm 3950K 2m [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: https://rozetka.com.ua/192704548/p192704548/?gclid=CjwKCAjwqcKFBhAhEiwAfEr7zWn1MLeLA9-mBuwy_E0sNuZ_7h5BW3KTcfk8mg5psUnw4tBIhArG8RoCIUYQAvD_BwE Дата звернення: 20.05.2021.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

26. TEC1-12706 [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=TEC1-12706> Дата звернення: 20.05.2021.
27. Теплопроводность материалов [Електронний ресурс] – 2011. 14 – 15 с, 23 – 26 с. — Режим доступу до ресурсу : [https://portal.tpu.ru/SHARED/s/STZIBULSKY/academic/Tab2/Teploprov odnost_mat.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/s/STZIBULSKY/academic/Tab2/Teploprov%20odnost_mat.pdf) Дата звернення: 20.05.2021.
28. Стеклотекстолит FR-4 [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/FR4_datasheet.pdf Дата звернення: 20.05.2021.
29. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до розрахункових та контрольних робіт для студентів напряму підготовки 06050902 «Радіоелектронні апарати» / Уклад.: С. М. Перегудов, М. В. Зінченко — К.: НТУУ «КПІ» 2012 — 56 с. Дата звернення: 20.05.2021.

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

Додаток А – Технічне завдання

Додаток Б – Специфікація

Додаток В – Перелік елементів

Додаток Г – Специфікація на друкований вузол

Додаток Д – Специфікація до малогабаритного
температурного джерела електромагнітного
шуму міліметрового діапазону

					PI71.468122.001 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

ПОГОДЖЕНО

к.т.н., доц. Перегудов С.М.

(керівник)



(підпис)

(розшифровка

підпису)

ЗАТВЕРДЖЕНО

д.т.н., проф. Нелін Є.А.

(Завідувач кафедри КіВРА)

(підпис)

(розшифровк

підпису)

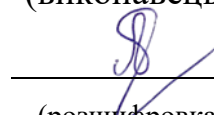
ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму
міліметрового діапазону

Летінський Є.О.

(виконавець)



(підпис))

(розшифровка підпису

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат

PI71.468122.001 T3

Арк.

1

1 Назва і підстави для виконання роботи

Назва: Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону

Підстави для виконання: Наказ по факультету №1205-с від 18 “травня” 2021 р.

2 Мета і призначення ДП

Метою роботи є розробка терморегулюючого пристрою для керування режимом генератора шуму. Особливістю якого є використання одного елемента Пельтьє.

3 Вихідні данні для проведення ДП

При проведенні ДП необхідно забезпечити такі характеристики для терморегулятора:

- Діапазон температур робочої поверхні терморегулятора від 0 °С до +50°С;
- Нестабільність температури робочої поверхні терморегулятора не більше 1°С.
- Струм живлення терморегулятора від 0,5 до 2 А;
- Максимальна напруга живлення терморегулятора +12 В;
- Терморегулятор для ГШ складається з двох частин (терморегулюючий пристрій та джерело теплового шуму), з'єднаних терморезистором. Габарити кожної частини пристрою не повинні перевищувати 100 x 50 x 40 мм.
- Напрацювання на відмову не менше ніж 10 000 годин.

4 Вимоги до життєдіяльності та стійкості до зовнішніх впливів та чинників

Кліматичне виконання – У1 (згідно ГОСТ 15150–69).

					PI71.468122.001 T3	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		2

У1 – для мікрокліматичного району за помірним кліматом, для експлуатації на відкритому повітрі. Температури експлуатації: мінус 5 + 40 °С.
Мінімальна робоча температура: мінус 25 °С
Максимальна робоча температура: + 50 °С

5 Вимоги до транспортування, зберігання та експлуатації

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001. С1 — Стаціонарний, розміщується в опалюваних приміщеннях.

6 Вимоги до ДП

ДП має бути виконана відповідно до календарного плану.

Звіт (дипломний проект) має бути оформлено згідно з ДСТУ 3974-2000.

7 Вимоги до безпеки обслуговування

Керуватися загальними вимогами техніки безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88, ГОСТ 12.2.007.0-76.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Рівень стандартизації та уніфікації повинен відповідати ГОСТ 12.201-83.

Коефіцієнт стандартизації не менше 0,4.

Коефіцієнт уніфікації не менше 0,6.

9 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ

Вимоги до сировини та матеріалів не висуваються.

10 Вимоги до розроблюваної документації

Документація оформлюється згідно ЄСКД.

					PI71.468122.001 T3	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		3

11 Умови експлуатації

Кімнатні умови:

- Температура навколишнього середовища від – 10 до +60°C;
- Вологість навколишнього середовища 20 – 85%;
- Виникнення періодичних ударів із максимальним прискоренням до 8 g, та тривалістю впливу 1 – 3 мс.

12 Вимоги до розроблюваної документації

Технічне обслуговування проводити 1 раз на рік. Ремонт можна здійснювати самостійно.

13 Вимоги до технологічності

Вимоги до технологічності по ГОСТ 14.201-83.

					PI71.468122.001 T3	Арк.
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		4

ДОДАТОК Б

Летінський Є.О. РІ-71, 2021

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			PI71.468122.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
A2			PI71.468122.001 СК	Складальний кресленик		
A3			PI71.468122.001 Е2	Схема функціональна		
A3			PI71.468122.001Е3	Схема електрична принципова		
A4			PI71.468122.001 ПЕ	Перелік елементів		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		2	PI71.468122.002	Терморегулятор	1	
A2		3	PI71.468122.003	Друкований вузол	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Гвинт М 1,6 х 8,0		
				ГОСТ 174 75-80	6	
		5		Гайка М3 ISO 4032	2	
				<u>Матеріали</u>		
		6		Термопровідний клей STARS-922	5 0	мг
PI71.468122.001						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Летінський Є.О.				Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону	
Перев.	Перебудов С.М.					
Н.конт						
Затв.	Перебудов С.М.					
					Лит.	Арк
						1
					НТУУ "КПІ ім І.Сікорського", РТФ	

ДОДАТОК В

Летінський Є.О. РІ-71, 2021

Позначення	Найменування			Кільк.	Прим.
	<u>Конденсатори</u>				
C1	C0805B104K160NT-Hitano 100 нФ 16В ±10%			1	Hitano
C2	C0805B106K160N3-Hitano 10 мкФ 16В ±10%			1	Hitano
C3, C4	C0805B474K160N3-Hitano 470 нФ 16В ±10%			2	Hitano
C5	C0805B104K160NT-Hitano 100 нФ 16В ±10%			1	Hitano
	<u>Мікросхеми</u>				
U1	STM8S003F3P6			1	ST Microelectronics
	<u>Резистори</u>				
R1	RC0805FR-10KR 10 кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R2	RC0805FR-1KR-Hitano 1кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R3	RC0805FR-10KR 10 кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R4	RC0805FR-2KR-Hitano 2кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R5	RC0805FR-10KR 10 кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R6	RC0805FR-20KR-Hitano 20кОм 0,125 Вм ± 1%			1	Hitano
R7, R8, R9	RC0805FR-200R-Hitano 200 Ом 0,125 Вм ± 1%			3	Hitano
				PI71.468122.001 ПЕ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		
			Дата		
Розроб.	Летінський			Малогабаритне температурне джерело електромагнітного шуму міліметрового діапазону Перелік елементів	
Перев.	Перегудов				
Н.конт.					
Затв.	Перегудов				
				Лім.	Арк.
					1
				Аркуші в	3
				НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", РТФ	

Позначення		Найменування			Кільк.	Прим.
		<u>Діоди</u>				
VD1		BAV19			1	Fairchild
VD2		1N4150			1	
		<u>Транзистор</u>				
VT1		2N2222			1	
		<u>Стабілізатор</u>				
ASM1		AMS1117-5.0			1	
		<u>Реле</u>				
REL1		HLS-T78-DC12V-1C			1	NINGBO FORWARD RELAY
		<u>Кнопки</u>				
SB1, SB2, SB3		SWT-2/11 KLS7-TS6601-11			3	KLS
		<u>Індикатори</u>				
DS		GNT-5631BG			1	G-nor
HL1		HB5-115R			1	Huey-Jann
					PI71.468122.001 ПЕ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						2

[illegible]

ДОДАТОК Г

Летінський Є.О. РІ-71, 2021

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A2			PI71.468122.003 СК	Складальний кресленник		
				<u>Деталі</u>		
A2		1	PI71.758721.001	Плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
		2		C0805B104K160NT-Hitano 100 нФ 16В ±10%	2	C1, C5
		3		C0805B106K160N3-Hitano 10 мкФ 16В ±10%	1	C2
		4		C0805B474K160N3-Hitano 470 нФ 16В ±10%	2	C3, C4
		5		Мікросхема STM8S003F3P6	1	U1
				<u>Резистори</u>		
		6		RC0805FR-10KR 10 кОм 0,125 Вм ± 1%	3	R1, R3, R5
		7		RC0805FR-1KR-Hitano 1кОм 0,125 Вм ± 1%	1	R2
		8		RC0805FR-2KR-Hitano 2кОм 0,125 Вм ± 1%	1	R4
		9		RC0805FR-20KR-Hitano 20кОм 0,125 Вм ± 1%	1	R6
		10		RC0805FR-200R-Hitano 200 Ом 0,125 Вм ± 1%	3	R7,R8,R 9
			PI71.468122.003			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп	Дат		
Розроб.	Летінський				Лит.	Арк
Перев.	Перебудов					Аркуші
	С.М.					1
						2
Н.конт					Друкований вузол	
Затв.	Перебудов С.М.					
					НТУУ "КПІ ім І.Сікорського", РТФ	

30
P.M.

3.

□

Maye

F

Menu

ВНН

■

UM

11			BAV19	1	VD1
12			1N4150	1	VD2
13			Транзистор 2N2222	1	VT1
14			Стабілізатор AMS1117-5.0	1	ASM1
15			Реле HLS-T78-DC12V-1C		
			5pin 16A 14 VDC	1	REL1
16			Кнопка SWT-2/11 KLS7-TS6601-11	3	SB1,
					SB2,
					SB3
			Індикатори		
17			GNT-5631BG	1	DS
18			HB5-115R	1	HL1
			Роз'ємні з'єднання		
19			DG128-5.0-02P-14-00A(H)	2	X1,X2
20			B2B-XH-A (LF)(SN)	1	X3

ДОДАТОК Д

Летінський Є.О. РІ-71, 2021

[illegible]

Летінський Є.О. РІ-71, 2021