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 схеми термостабілізатора з розширеним функціоналом*.»

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)
Самофал З.В
(ініціали та прізвище)
Керівник професор кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н. Ніконова З.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент Інженер конструктор ТОВ ``Конструкторське бюро Колосова`` Григор'єва І.К
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2025 рік

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)

Спеціальність _____Мікро- та наносистемна_техніка_____
(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _Т. В.Критська____
“_10__” _____лютого_____2025_року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
_____Самофалу Захару Вікторовичу_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1.Тема кваліфікаційної роботи_Розробка схеми термостабілізатора з розширеним функціоналом_____
керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Ніконова З.А., к.т.н.,доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27”__12__2024 року №2029-с

2.Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 21.05.2025 року

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: Діапазон напруги живлення 200 – 240 В, 50 – 60 Гц, потужність нагрівального елемента до 3кВт, потужність охолоджуючого елемента до 3кВт_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_1.Аналіз конструктивних та технологічних особливостей термостабілізаторів 2.Розробка принципової та структурної схеми термостабілізатора з розширеним функціоналом 3.Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)_Л1 Схема джерела живлення Л2 Підсилювач термопари Л3 Принципова електрична схема термостабілізатора_____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1	Ніконова З.А	
2	Ніконова З.А	
3	Ніконова З.А	

7. Дата видачі завдання___10 лютого 2025 року_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	Аналіз особливостей схем стабілізаторів	10.02.2025-25.02.2025	
2	Проведення моделювання трансформатору	26.02.2025-31.03.2025	
3	Розробка програмного забезпечення пристрою	1.04.2025-5.05.2025	
4	Охорона праці	6.05.2025-15.05.2025	
5	Висновки та рекомендації	16.05.2025-19.05.2025	
6	Оформлення графічного матеріалу	20.05.2025-10.06.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	18.06.2025	

студент _____ _Самофал З.В___
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Ніконова З.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 68 сторінок, 35 рисунків, 15 джерел літератури, 2 додатки.

Об’єкт дослідження – термостабілізатор з широким функціоналом.

Мета роботи – розробка термостабілізатора з розширеним функціоналом, який забезпечить високу точність підтримання заданої температури, адаптивність до змінних умов експлуатації та можливість інтеграції в сучасні автоматизовані системи управління.

Задачі роботи – провести аналіз існуючих конструктивних рішень виготовлення термостабілізаторів, обґрунтовати вибір елементної бази, розробити принципову схему пристрою та програмне забезпечення для його керування, визначити технічні характеристики, розробити друковану плату у програмному середовищі Splan, провести дослідження на працездатність плати термостабілізатора та дослідити ефективність його роботи .

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмного забезпечення Proteus та NI Multisim, зняття вихідних сигналів, дослідження роботи термостабілізатора.

Короткий виклад результатів досліджень – опрацьовано ключові напрями дослідження та розробки термостабілізатора, які сприятимуть досягненню якісного результату створення сучасного пристрою здатного задовольнити актуальні потреби різних галузей.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для використання у побутових умовах або для комерційної експлуатації.

ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОР, СХЕМА, ЖИВЛЕННЯ, НАПРУГА, ПАРАМЕТРИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, WI-FI, ПРОГРАМУВАННЯ

Дипломну роботу виконано на кафедрі ЕІСПЗ з 20.02.2025 по 25.05.2025.

ЗМІСТ

ВСТУП…….…….. 6

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕРМОСТАБІЛІЗАТОРІВ…….…...……..8

1.1 Параметри та характеристики термостабілізаторів……8

1.2 Сучасні технології виготовлення ермостабілізаторів……..….11

1.3 Області застосування термостабілізаторів та ринки буту……..…15

1.4 Оновні принципи термостабілізації……. 18

2. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОРА З РОЗШИРЕНИМ УНКЦІОНАЛОМ……...…… 21

2.1 Визначення технічних вимог до термостабілізатора……..…21

2.2 Обґрунтування вибору елементної бази……..……23

2.3 Розробка структурної схеми ермостабілізатора…… 28

2.4 Розробка принципової схеми термостабілізатора…….....…….30

2.5 Моделювання та опис алгоритму роботи пристрою…….……..…35

2.6 Тестування та оптимізація……46

3. ОХОРОНА РАЦІ……..…… 53

3.1 Електроізоляція……..……53

3.2 Приклад розрахунку електроізоляції……...……55

ВИСНОВКИ ТА ЕКОМЕНДАЦІЇ……...…..…… 57

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...…….…..… 58

ДОДАТОК А Перелік елементів принципової схеми термостабілізатора

ДОДАТОК Б Лістинг до програмного забезпечення

ВСТУП

Насьогодні більшість технологічних процесів йде шляхом оптимізації параметрів приладових наноструктур для силової високотемпературної електроніки. Крім того, управління численним технологічним обладнанням просто не можливе без точних вимірювань фізичних величин. Важливими є вимір тиску, вимірювання кутової швидкості, а також лінійної і багато-багато інших. Але найпоширенішими (близько 50%) є температурні виміри. Відомо, що середня за величиною атомна станція налічує близько 1500 контрольних (вимірювальних) точок температури, а велике напівпровідникове виробництво - близько 20 тис. [1]

Сучасні технології постійно розвиваються, сприяючи створенню нових пристроїв та систем, які забезпечують ефективність, точність та зручність у використанні. Одним із важливих напрямів технічних розробок є автоматизовані системи термостабілізації, які знаходять широке застосування в промисловості, медицині, наукових дослідженнях та побуті [2]

Забезпечення стабільного температурного режиму є критичним для багатьох процесів, таких як виробництво електронних компонентів, зберігання ліків, вирощування біологічних культур та роботи високоточних вимірювальних приладів. Традиційні рішення для термостабілізації часто мають обмежений функціонал, що не завжди дозволяє адаптувати їх до потреб користувача.

Аналіз конструктивних та технологічних особливостей пристроїв термостабілізації показав на сучасному етапі необхідність створення термостабілізаторів з розширеним функціоналом, які забезпечуватимуть не лише підтримку заданої температури, але й додаткові можливості, такі як віддалене керування, гнучке налаштування параметрів, енергоефективність та можливість інтеграції у сучасні системи автоматизації [3].

Так як діапазон вимірювань і їх умови можуть значно відрізняться один від одного, розроблено різні за точністю, стійкістю, швидкодією типи

термостабілізаторів. Однак, якого б типу вони не були, загальним для всіх є принцип перетворення, тобто вимірювана температура перетворюється в електричну величину. Це обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані, отже актуальною проблемою є створення термостабілізатора з розширеним функціоналом, який матиме широкий діапазон швидкості прийому-передачі, високу точність вимірів і швидкодію [3].

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОРІВ

1.1 Параметри та характеристики термостабілізаторів

Термостабілізатори є технічними пристроями, які забезпечують підтримку температури в заданих межах з визначеною точністю і стабільністю протягом певного часу. Їхні характеристики визначають функціональні можливості, точність регулювання, енергоефективність і надійність в умовах експлуатації. Основні параметри поділяються на температурні, електричні, конструктивні та функціональні [6]



Рисунок 1.1 - Вплив природних реагуючих речовин на швидкість хімічної реакції

Температурні характеристики охоплюють кілька важливих аспектів. Робочий діапазон температур — це межі, в яких пристрій здатен підтримувати температуру. У типовому випадку він становить від мінус 40 до плюс 150 градусів Цельсія, але для спеціалізованих систем може бути розширеним. Точність стабілізації визначає допустиме відхилення від заданого значення температури, яке сучасні термостабілізатори можуть утримувати в межах від ±0,1 до ±2 градусів. Ще одним важливим параметром є температурний

гістерезис — різниця між температурами ввімкнення та вимкнення нагрівального елемента, що забезпечує стабільність роботи пристрою й унеможливлює надмірну частоту перемикань. Також до важливих параметрів належить час встановлення температури, тобто період, протягом якого система досягає заданої температури з початкового стану. Цей показник залежить від потужності нагрівального елемента та теплової інерції всієї системи [7-9].



Рисунок 1.2 - Термостат лабораторний

Електричні параметри термостабілізаторів включають напругу живлення, яка може коливатись у широкому діапазоні залежно від типу пристрою — від 5 до 220 Вольт. Споживана потужність визначає максимальне енергоспоживання під час роботи і залежить від режиму регулювання та типу нагрівача. Тип регулятора також відіграє ключову роль: у різних моделях використовують аналогові або цифрові схеми керування, релейне або імпульсне (широтно-імпульсне) керування, а також PID-регулятори, що забезпечують підвищену точність і плавність роботи.

Конструктивні особливості термостабілізаторів визначають їхню сумісність з іншими системами та пристроями. До них належать габаритні розміри, які мають бути достатньо компактними для інтеграції в різні середовища. Тип корпусу визначає рівень захисту від зовнішніх впливів — пилу, вологи чи механічних пошкоджень. Найчастіше використовуються пластикові або металеві корпуси з різним ступенем герметичності, позначеним класами захисту IP. Кількість і тип температурних датчиків також є важливим критерієм: у більшості випадків використовуються терморезистори, термопари або цифрові датчики [9].

Функціональні можливості сучасних термостабілізаторів включають такі важливі властивості, як можливість калібрування температури відповідно до умов експлуатації. Інтерфейси керування можуть бути як дротовими (наприклад, I2C, UART, SPI), так і бездротовими (Wi-Fi або Bluetooth), що дозволяє інтегрувати пристрій у системи розумного будинку чи автоматизованого виробництва. Значення також має наявність захисту від перегріву, короткого замикання та інших аварійних ситуацій. Додатковою перевагою є наявність вбудованої пам’яті, яка зберігає встановлені параметри навіть після відключення живлення.

Надійність і довговічність термостабілізатора значною мірою залежать від якості його елементної бази, коректного проєктування системи та дотримання умов експлуатації. Сучасні пристрої зазвичай розраховані на безперебійну роботу впродовж п’яти-десяти років. Стабільність, точність, енергоефективність і адаптивність — саме ті характеристики, які визначають рівень технічної досконалості термостабілізатора.

1.2 Сучасні технології виготовлення термостабілізаторів

Термостабілізатори, як пристрої, що забезпечують підтримку стабільного температурного режиму, мають широкий спектр застосувань у

різних галузях науки, техніки, промисловості та побуті. Зростаючі вимоги до точності, енергоефективності та інтеграції в автоматизовані системи відкривають нові можливості для використання термостабілізаторів у таких сферах:



Рисунок 1.3 - Термостабілізатори для переробки ПВХ - матеріалів

Термостабілізатори в промисловості застосовуються в процесах, де контроль температури є критичним для забезпечення якості продукції та безпеки виробничих процесів. Деякі з основних напрямів їх використання:

а) Виробництво напівпровідників і електроніки. Високоточне регулювання температури є необхідним для виготовлення мікросхем і іншої електронної продукції. Порушення температурного режиму може призвести до дефектів у виробах, зменшення їхньої надійності та продуктивності.

б) Хімічна та фармацевтична промисловість. Висока точність температури необхідна для проведення хімічних реакцій, де навіть незначні зміни температури можуть змінити результат реакції або утворити небажані побічні продукти. В фармацевтичному виробництві температурні коливання можуть змінити склад ліків і знизити їх ефективність.

в). Металургія та машинобудування. У процесах термічної обробки матеріалів важливо забезпечити сталу температуру, щоб досягти необхідних механічних властивостей матеріалів, таких як твердість або міцність [10-14].

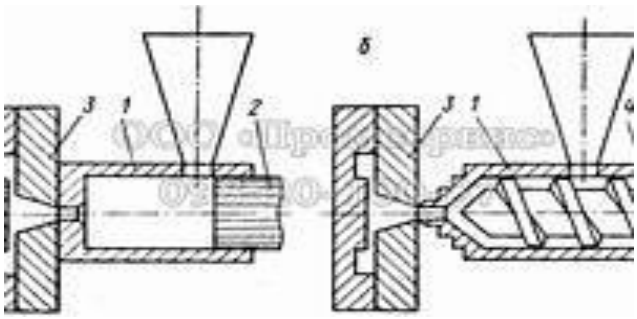


Рисунок 1.4 - Термостабілізатор для лиття під тиском

У медицині стабільний температурний режим має критичне значення для збереження властивостей біологічних та медичних матеріалів. Принципи термостабілізації застосовуються в таких напрямках:

а) Зберігання медикаментів і вакцин. Для забезпечення ефективності та безпеки препаратів необхідно дотримуватись певного температурного режиму. Невідповідність температури зберігання може призвести до зниження ефективності препаратів, а в деяких випадках – до їхнього небезпечного впливу на здоров'я.

б) Лабораторні та наукові дослідження. У багатьох наукових експериментах температура є важливим фактором для підтримки стабільності зразків та проведення точних вимірів.

в) Термостабілізатори використовуються для створення умов для вирощування культур клітин, зберігання біологічних матеріалів, виконання аналізів у певних температурних діапазонах.

г). Медичне обладнання для підтримки температури пацієнтів. В акушерстві та анестезіології потрібні спеціальні пристрої для підтримки температури тіла пацієнта в межах нормального діапазону під час операцій чи лікувальних процедур.



Рисунок 1.5 - Термостабілізатор для медичного обладнання

В області науки і техніки точне підтримання температури є основою для успішного проведення досліджень. У таких сферах термостабілізатори використовуються для:

а) Виконання фізичних та хімічних експериментів, де температура може впливати на результат дослідження. Наприклад, у фізичних лабораторіях можуть використовуватися термостабілізатори для стабілізації температури під час вимірювань електричних чи магнітних властивостей матеріалів.

Біохімічні експерименти, в яких температура може значно вплинути на швидкість ферментативних реакцій. У таких умовах необхідно забезпечити точне регулювання температури в певних межах.



Рисунок 1.6 - Термостабілізатор для електронних компонентів

У побуті термостабілізатори застосовуються в широкому спектрі побутових пристроїв, які забезпечують комфортні умови для людини:

а) Клімат-контроль у приміщеннях. Системи кондиціонування та обігріву, що автоматично підтримують комфортну температуру в будинках, використовують термостабілізатори для налаштування оптимальних температурних умов.

б) Холодильні та морозильні установки. У побутових холодильниках та морозильниках термостабілізатори забезпечують стабільність температури для збереження продуктів на тривалий період.

в) Кавоварки, обігрівачі, сушарки та інші побутові пристрої. В багатьох з таких пристроїв термостабілізатори використовуються для точного контролю температури, що дозволяє покращити ефективність і безпеку їх роботи.

У галузі енергетики термостабілізатори також можуть відігравати важливу роль при:

а) Контролі температури в енергетичних системах, де підтримка стабільної температури дозволяє оптимізувати роботу генераторів і знизити їхні експлуатаційні витрати.

б) Використанні відновлюваних джерел енергії. В таких системах, як сонячні та вітрові електростанції, стабільність температури в процесах перетворення енергії також може впливати на ефективність роботи

обладнання.

В умовах розвитку автоматизації та IoT необхідність у інтеграції термостабілізаторів з іншими пристроями в системах "розумного будинку" або промислових платформах зростає. Вони можуть бути використані для:

а) Моніторингу та автоматичного управління температурою в різних пристроях, таких як термостати, охолоджувальні системи, системи збереження енергії тощо.

б) Дистанційного керування температурними режимами через мобільні додатки або веб-інтерфейси, що дозволяє користувачам легко налаштовувати та контролювати температуру у реальному часі.

1.3 Області застосування термостабілізаторів та ринки збуту

Термостабілізатори є важливими елементами в багатьох сферах техніки та промисловості, забезпечуючи стабільний температурний режим для ефективної роботи обладнання. Їх застосування охоплює широкий спектр галузей [5].

У промислових процесах температура є критичним фактором, що впливає на якість кінцевої продукції, а точність температурного контролю є умовою для правильної роботи обладнання:

а) Аналізатори та лабораторне обладнання – забезпечення стабільної температури проб для підвищення точності аналізів.

б) Діагностичне обладнання – підтримка оптимальних температурних режимів у магнітно-резонансних томографах (МРТ), ультразвукових апаратах (УЗД), рентгенівських системах.

Також термостабілізатори відіграють важливу роль у забезпеченні стабільної роботи авіаційних та космічних систем:

а) Космічні апарати – захист електроніки від екстремальних температур у відкритому космосі.

б) Літакові бортові системи – контроль температури паливних систем, акумуляторних батарей та авіаційної електроніки.



Рисунок 1.7 - Термостабілізатор для космічних апаратів

В енергетичній сфері термостабілізатори використовуються для запобігання перегріву та підвищення ефективності роботи обладнання:

а) Сонячні та вітроелектростанції – стабілізація роботи акумуляторів і генераторів.

б) Трансформатори та електростанції – контроль температури силових елементів.

Сучасний автотранспорт та електронні пристрої активно використовують термостабілізатори для підвищення надійності систем:

а) Електромобілі – охолодження акумуляторів для запобігання перегріву.

б) Двигуни та кондиціонери – підтримка оптимальних температурних умов.

в) Комп'ютери та сервери – охолодження процесорів, стабілізація температури в дата-центрах.



Рисунок 1.8 - Термостабілізатор для автомобільних акумуляторів

Залежно від сфери застосування, ринок збуту термостабілізаторів поділяється на кілька основних сегментів.

Основними споживачами термостабілізаторів є виробничі підприємства, що потребують точного температурного контролю:

а) Виробники електроніки та машинобудівні заводи.

б) Металообробні підприємства та хімічні компанії.

в) Енергетичні компанії та виробники альтернативної енергетики.

г) Виробники медичного обладнання.

д) Космічні агенції та оборонні підприємства.

є) Автомобільні концерни, що впроваджують новітні технології охолодження.

1.4 Оновні принципи термостабілізації

Температура є одним із найважливіших фізичних параметрів, які визначають поведінку матеріалів, ефективність технологічних процесів та стабільність роботи обладнання. У різних сферах наукової, промислової та побутової діяльності підтримка заданого температурного режиму є критично важливим фактором.

Наприклад, у хімічній промисловості температура визначає швидкість і напрямок хімічних реакцій. Відхилення від оптимального температурного режиму може призвести до утворення побічних продуктів або навіть до аварійних ситуацій. У медицині правильна температура потрібна для зберігання ліків і вакцин. Порушення температурного режиму зберігання може спричинити втрату активних властивостей препаратів, що в умовах сучасних епідеміологічних загроз може призвести до катастрофічних наслідків. [9]

Також важливим є забезпечення стабільної температури в лабораторних умовах. У багатьох наукових дослідженнях потрібне точне підтримання температури, оскільки навіть незначні її коливання можуть призвести до значних похибок у результатах експерименту. У виробництві електронних компонентів і напівпровідників стабільність температурного режиму дозволяє уникнути дефектів і підвищити якість кінцевого продукту.

Разом із цим, у побутовій сфері та в системах "розумного будинку" температурна стабілізація є основою для забезпечення комфорту. Наприклад, системи клімат-контролю, холодильні установки та інші пристрої для збереження стабільних умов навколишнього середовища вже стали невід'ємною частиною нашого життя.

Із розвитком технологій виникають нові виклики до термостабілізаторів. Сучасні тенденції, такі як Інтернет речей (IoT), автоматизація виробництва, енергозбереження та зростання екологічної відповідальності, вимагають від термостабілізаторів нових можливостей. До основних вимог належать:

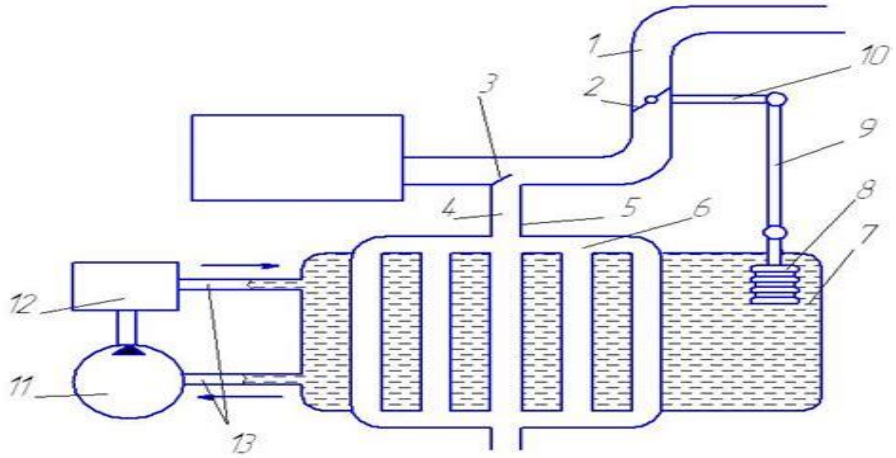


Рисунок 1.9 - Схема термостабілізації робочої точки підсилювача за допомогою від’ємного зворотного зв’язку

а) Висока точність регулювання температури. Багато сучасних процесів вимагають утримання температури з точністю до десятих або сотих градусів.

б) Енергоефективність. Зменшення енергоспоживання є важливим як з економічної точки зору, так і для зменшення впливу на екологію.

в) Гнучкість і адаптивність. Пристрої мають працювати у змінних умовах і адаптуватися до різних вимог користувача.

г) Віддалене керування та моніторинг. У контексті автоматизації виробничих процесів та IoT важливо, щоб термостабілізатори могли інтегруватися в загальні системи управління.

Більшість існуючих пристроїв для термостабілізації відповідають лише базовим вимогам. Наприклад, багато з них не мають функції моніторингу температури в режимі реального часу або можливості змінювати параметри роботи дистанційно. Крім того, традиційні рішення часто споживають значну кількість енергії, що робить їх непридатними для тривалого використання в умовах, де важливі економія ресурсів і сталість.

Проблема полягає і в обмеженій універсальності багатьох рішень. Існують системи, орієнтовані лише на вузьке застосування, наприклад, у

побуті чи медицині. При цьому уніфіковані багатофункціональні пристрої, які могли б бути адаптовані для різних умов, поки що залишаються недостатньо розвиненими.

Розробка термостабілізатора з розширеним функціоналом має стати відповіддю на ці виклики. Такий пристрій дозволить інтегрувати передові технічні рішення, забезпечуючи високу точність, надійність і простоту у використанні. Додаткові функції, такі як можливість дистанційного керування, енергоефективність, автоматичне налаштування параметрів під конкретні умови та інтеграція у сучасні автоматизовані системи, зроблять термостабілізатор універсальним і зручним у використанні.

Перевагами запропонованого термостабілізатора є його універсальність; невелика вартість (використання вітчизняної елементної бази); застосування в побутових та промислових пристроях навіть при мінусовій температурі навколишнього середовища; стійкість при можливій нестабільності мережевої напруги; зручність під час експлуатації (встановлення температури включення нагрівача та його виключення, тобто нижньої та верхньої межі).

Оскільки на елементах схеми термостабілізатора виділятиметься мінімум тепла, її можна реалізувати у вигляді компактного пристрою. Така конструкція забезпечить тривалий термін служби завдяки наступним показникам: ударо- та вібростійкість, високий рівень захисту.

Мета роботи – розробка термостабілізатора з розширеним функціоналом, який забезпечить високу точність підтримання заданої температури, адаптивність до змінних умов експлуатації та можливість інтеграції в сучасні автоматизовані системи управління.

Задачі роботи – провести аналіз існуючих конструктивних рішень виготовлення термостабілізаторів, обґрунтовати вибір елементної бази, розробити принципову схему пристрою та програмне забезпечення для його керування, визначити технічні характеристики, розробити друковану плату у програмному середовищі Splan, провести дослідження на працездатність плати термостабілізатора та дослідити ефективність його роботи .

2. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОРА З РОЗШИРЕНИМ ФУНКЦІОНАЛОМ

2.1 Визначення технічних вимог до термостабілізатора

На етапі проєктування термостабілізатора були сформовані технічні вимоги, які ґрунтуються на поставлених функціональних завданнях, особливостях елементної бази та умовах експлуатації. Основним завданням розробки є створення пристрою, здатного підтримувати стабільну температуру об’єкта в заданому діапазоні з мінімальними коливаннями та високою точністю.

Передбачено, що робочий температурний діапазон термостабілізатора становить від 25 до 120 °C, що відповідає потребам у більшості лабораторних, промислових або побутових застосунках. При цьому точність підтримки температури не повинна перевищувати ±0.5 °C. Час стабілізації після зміни навколишніх умов або цільової температури обмежено 30 секундами, що забезпечує оперативну реакцію системи на зміни.

Для вимірювання температури використовується термопара, сигнал з якої підсилюється за допомогою операційного підсилювача і подається на аналоговий вхід мікроконтролера.

Розрахунок температури з аналогового сигналу термопари

$$T = \frac{Uвх}{k * Kдільник} \quad (2.1)$$

де:

Uвх – виміряна напруга з термопари,

k – коефіцієнт термо-ЕДС ,(0.0019 В/°C для термопари типу K)

Kдільник – коефіцієнт дільника напруги.

У перспективі передбачена можливість розширення кількості температурних сенсорів, що дозволить реалізувати точнішу зональну

термостабілізацію або контроль кількох об'єктів. Для цього можливе використання цифрових датчиків температури.

Вся логіка керування реалізована на базі мікроконтролера Atmega328P. Він виконує обробку сигналів з термопари, реалізує алгоритм терморегуляції, виводить інформацію на дисплей та керує нагрівачем і охолоджувальним елементом. Керування здійснюється автоматично відповідно до встановлених користувачем параметрів. Задання цільової температури виконується за допомогою енкодера, а інформація про поточний стан системи виводиться на LCD дисплей формату 2004 (4 рядки по 20 символів). На дисплеї відображаються такі параметри, як поточна температура, цільова температура, активний режим (нагрів чи охолодження), а також повідомлення про несправності.

Нагрівальна система побудована на основі силового симістора, керованого через оптосимістор. Це забезпечує гальванічну розв’язку логічної частини від силової мережі 220 В. Аналогічне рішення застосовано і для системи охолодження, яка в базовій версії представлена мотором-вентилятором. У покращеній версії замість вентилятора запропоновано використовувати елемент Пельтьє, що забезпечує активне охолодження та підвищує ефективність пристрою при великих теплових навантаженнях.

Живлення системи реалізовано на основі понижувального трансформатора з наступною стабілізацією напруги до +12 В та +5 В за допомогою стабілізаторів. Забезпечено базовий рівень захисту за рахунок запобіжника, варистора та гальванічної розв’язки високовольтної частини.

Програмна логіка пристрою базується на принципах гістерезисного або ПІД-регулювання з можливістю калібрування коефіцієнтів. У разі зникнення сигналу з термопари або перевищення допустимого температурного порогу, система переходить у аварійний режим, припиняючи нагрів або активуючи охолодження. Така реалізація дозволяє забезпечити не лише стабільну роботу, а й базову безпеку для користувача.

2.2 Обґрунтування вибору елементної бази

Обрано для порівняння симістори типів BTA і BTB, які мають схожі електричні параметри та виконані в корпусі TOP-3. Проте важливою осбливістю симісторів BTA є наявність ізольованої підкладки від другого виводу, що забезпечує електробезпеку при монтажі. На відміну від них, у BTB-пристроях підкладка з'єднана з виводом, тому при використанні таких симісторів напруга мережі 220 В може опинитися на корпусі термостабілізатора, що є неприпустимим. При виборі симістора головним критерієм була його здатність комутувати струм не менше ніж 20 А у відкритому стані.

В якості симістора обрано TYN840RG, наведений на рисунку 2.1.

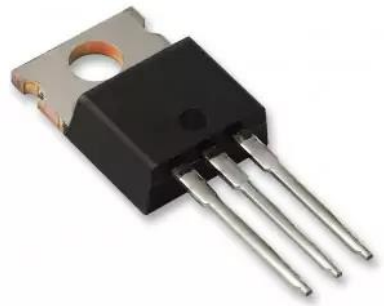


Рисунок 2.1 - Симістор TYN840RG

Керування симістором реалізується за допомогою оптопари H11A1 (рис. 2.2), яка забезпечує гальванічну розв’язку між високовольтною частиною схеми, що підключена до мережі 220 В, та низьковольтною логікою керування. Це дозволяє надійно ізолювати мікроконтролер від можливих стрибків напруги та завад, що виникають у мережі живлення.

Завдяки наявності вбудованої функції синхронізації з переходом через нуль (zero-cross detection), оптопара дозволяє вмикати симістор лише в момент, коли змінна напруга проходить через нуль. Це суттєво знижує рівень

електромагнітних завад, подовжує термін служби комутуючих елементів і забезпечує більш стабільну роботу пристрою в умовах промислових перешкод. Такий підхід є найбільш ефективним у схемах керування потужним навантаженням, зокрема у термостабілізаторах.

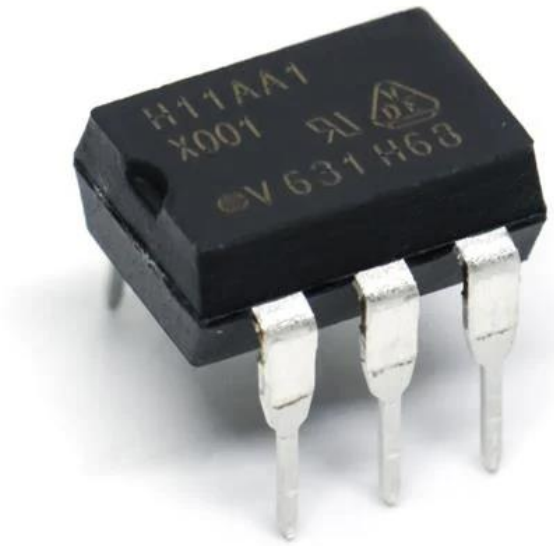


Рисунок 2.2 - Оптопара H11A1

Серед найбільш поширених мікроконтролерів, що застосовуються у вбудованих системах, можна виділити Arduino, STM32 та ESP. Кожен із них має свої переваги в залежності від вимог до обчислювальної потужності, енергоспоживання, кількості периферії та способу програмування.

Оскільки в межах виконання цієї роботи не передбачено складних обчислень чи специфічних апаратних інтерфейсів, було прийнято рішення використати Arduino Nano, що побудований на базі мікроконтролера Atmega328. Цей модуль є одним із найпопулярніших серед розробників завдяки компактним розмірам, доступній вартості, широкій підтримці

спільноти та великій кількості бібліотек, що значно спрощують розробку програмного забезпечення.

Arduino Nano має достатню кількість цифрових та аналогових входів/виходів, вбудований 10-розрядний АЦП, а також підтримує інтерфейси I²C, SPI та UART, що дозволяє легко підключати дисплей, енкодер, давач температури та інші елементи керування. Його габарити ідеально підходять для використання у компактних пристроях, таких як термостабілізатори.

Схему виводів модуля представлено на рисунку 2.3.

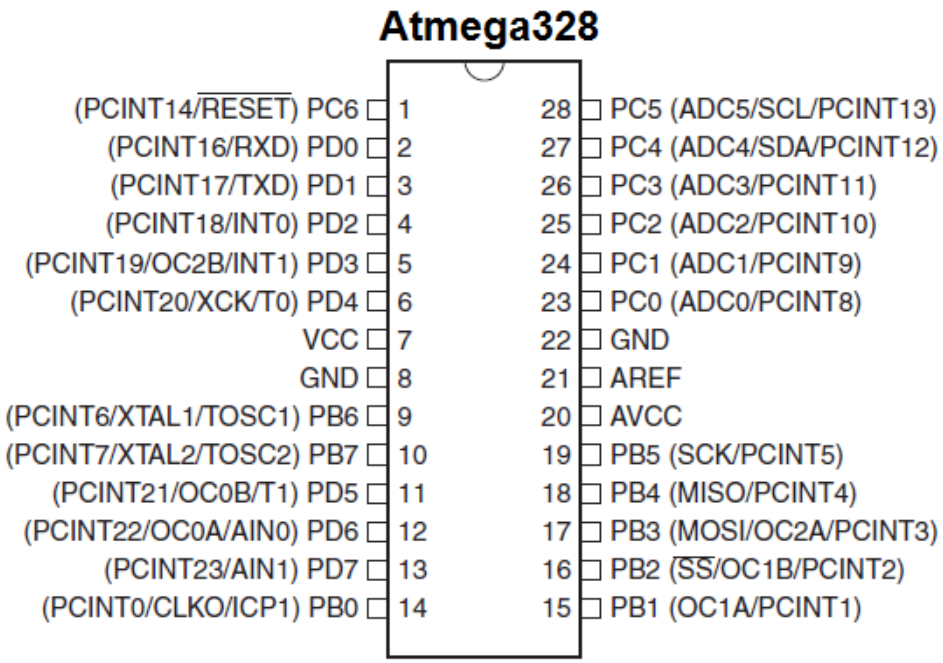


Рисунок 2.3 - Схема виводів Arduino Nano

Інформація про поточну температуру з датчика та встановлене значення температури відображатиметься на LCD-дисплеї формату 2002 (рис. 2.4). Цей дисплей складається з 4 рядків по 20 символів у кожному, що дає змогу виводити всю необхідну інформацію.



Рисунок 2.4 - LCD-дисплей

Дисплей підключається через модуль I2C на базі мікросхеми PCF8574, це дозволяє підключати дисплей по I2C інтерфейсу використовуючи всього два проводи для передачі даних.

Для забезпечення живлення мікросхеми та LCD-дисплея необхідне джерело постійної напруги 5 В. Загальне споживання струму становить 400 мА. Мінімальна необхідна потужність джерела визначається за формулою:

$$P = I \cdot U = 5 \cdot 0{,}4 = 2 \text{ Вт} \quad (2.2)$$

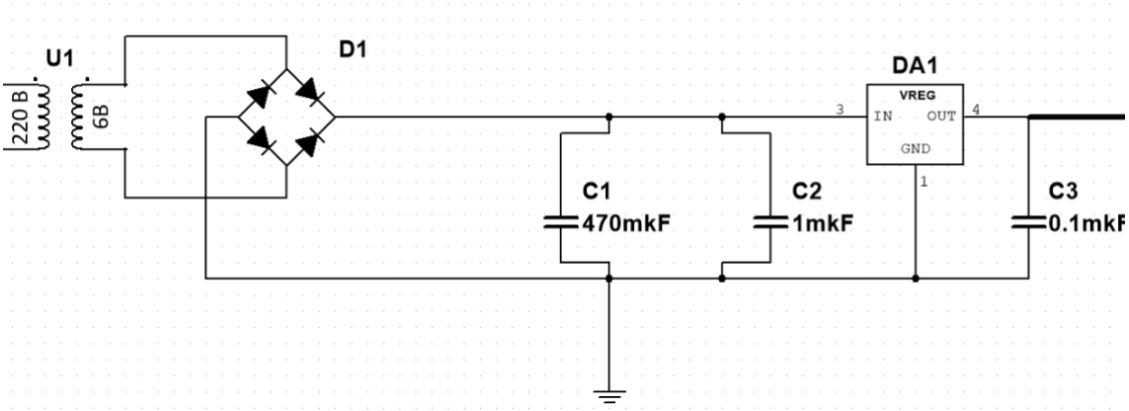
де

P — потужність,

I — струм,

U — напруга.

У кваліфікаційній роботі запропоновано лінійне джерело живлення, схема якого зображена на рисунку 2.6.



2.5 - Схема джерела живлення

Основними перевагами такої конструкції є висока надійність та низький рівень високочастотних перешкод на виході, що особливо важливо для стабільної роботи підсилювача термопари.

Живлення реалізовано на основі мережевого трансформатора TEZ4/D230/6-6V (рис. 2.7), що має вихідну напругу 6 В та забезпечує потужність 4 Вт.



Рисунок 2.6 - Трансформатор TEZ4/D230/6-6V

Після трансформатора змінна напруга випрямляється за допомогою діодного моста MB10S, а подальше стабілізування до 5 В виконується лінійним стабілізатором AMS1117-1.8. Для зменшення пульсацій на виході

після діодного моста використовується електролітичний конденсатор ємністю 480 мкФ (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 - Згладжуючий конденсатор джерела живлення

Задання необхідної температури здійснюється за допомогою енкодера моделі EC11, який забезпечує визначення обертання як за годинниковою стрілкою, так і проти неї. Крім того, енкодер оснащений вбудованою кнопкою, що дозволяє здійснювати натискання для додаткових функцій (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 - Енкодер EC11

2.3 Розробка структурної схеми термостабілізатора

Структурна схема термостабілізатора (рисунок 2.10) відображає основні функціональні блоки системи, а також взаємозв’язки між ними. Вона дозволяє

візуалізувати загальну логіку роботи пристрою, починаючи від джерела живлення й закінчуючи сенсорним модулем та інтерфейсом користувача.

Система живиться від мережі змінного струму з напругою 220 В, яка подається на понижувальний трансформатор. Трансформатор знижує напругу до 6 В змінного струму, після чого сигнал надходить на випрямляч, реалізований на основі діодного моста MB10S. Випрямлена напруга згладжується фільтром — електролітичним конденсатором ємністю 480 мкФ. Стабілізацію напруги здійснює лінійний стабілізатор AMS1117, який забезпечує стабільну напругу 5 В для живлення електронних компонентів системи.

Живлення подається до мікроконтролера, який є центральним елементом управління системою. Мікроконтролер виконує зчитування даних з температурного датчика, обробляє їх та забезпечує взаємодію з користувачем.

Для вимірювання температури використовується термопара, сигнал з якої надходить на підсилювач сигналу (на базі мікросхеми LM358). Підсилений аналоговий сигнал подається на аналоговий вхід мікроконтролера для подальшої обробки.

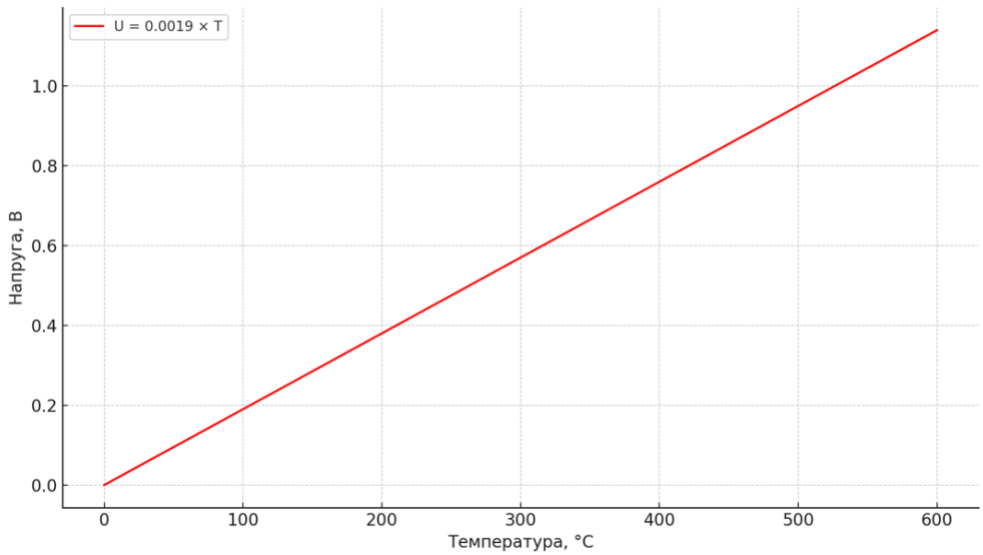


Рисунок 2.9 - Залежність напруги від температури термопари типу K

Користувач задає необхідну температуру за допомогою енкодера EC11, що дозволяє як обертання, так і натискання для керування. Поточні дані, зокрема встановлена й фактична температура, виводяться на LCD-дисплей (рис 2.9).

Уся система побудована таким чином, щоб забезпечити точне вимірювання температури, зручне керування та мінімізацію електричних завад, що є критичним для надійної роботи термостабілізатора.

Основні функціональні блоки структурної схеми термостабілізатора:

Блок живлення: мережа 220 В → трансформатор → випрямляч → фільтр → стабілізатор 5 В.

Вимірювальний канал: термопара → підсилювач → мікроконтролер.

Керуючий блок: мікроконтролер з АЦП та цифровими входами/виходами.

Інтерфейс користувача: енкодер EC11 та LCD-дисплей.



Рисунок 2.10 - Структурна схема термостабілізатора

2.4 Розробка принципової схеми термостабілізатора

Джерело живлення термостабілізатора призначене для забезпечення стабільної напруги 5 В, необхідної для роботи мікроконтролера та підсилювача сигналу термопари. Напруга також використовується для керування нагрівальним елементом, підключеним до мережі 220 В через

комутаційний вузол, реалізований на основі симістора. Керування симістором здійснюється мікроконтролером через оптопару, що забезпечує гальванічну розв'язку між силовою та керуючою частинами схеми.

Вибір симістора як комутуючого елемента замість традиційного електромеханічного реле обумовлений його перевагами. Зокрема, симістор має вищу швидкодію та дозволяє реалізувати фазо імпульсне керування, тобто регулювання потужності, яка надходить до нагрівального елементу, шляхом обрізання частини синусоїдального сигналу змінної напруги. Такий підхід дає змогу більш точно регулювати температуру та зменшити теплову інерційність електропечі.

Схема комутатора наведена на рисунку 2.11.

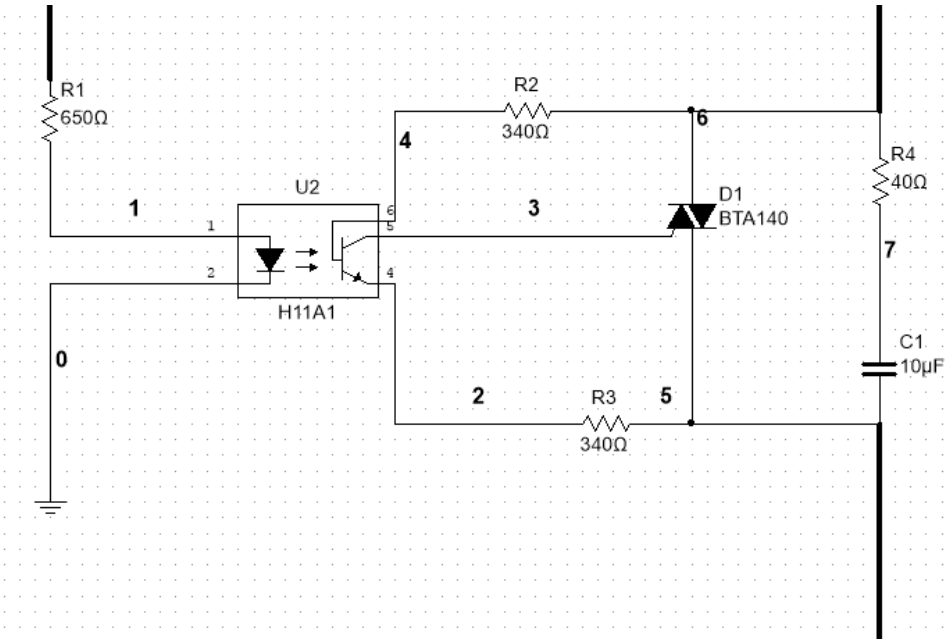


Рисунок 2.11 - Комутатор на симісторі

Симістор підключається до мікроконтролера через оптопару, що забезпечує гальванічну розв'язку між високовольтною силовою частиною та низьковольтною керуючою схемою.

Як підсилювач сигналу термопари використано схему на основі операційного підсилювача, зображену на рисунку 2.12.

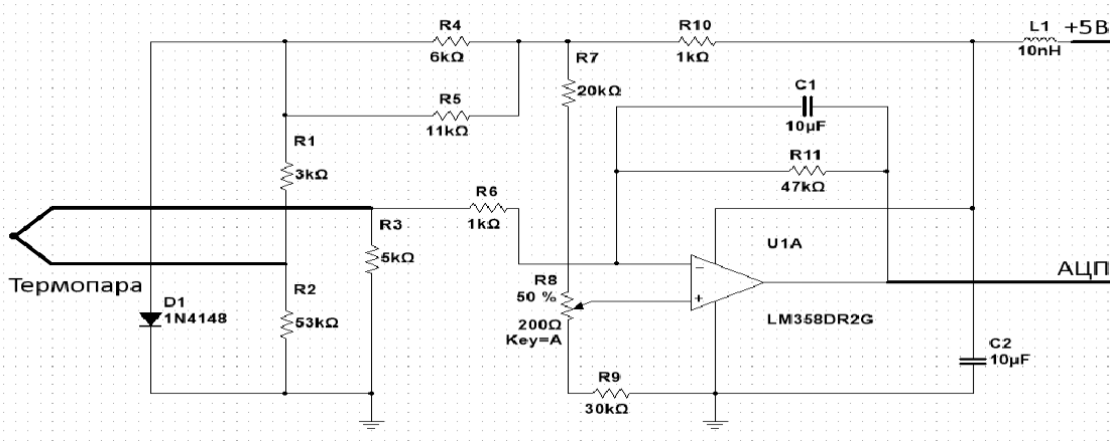


Рисунок 2.12 - Підсилювач термопари

Підсилювач сигналу термопари є ключовим елементом у складі термостабілізатора, оскільки дозволяє забезпечити точне вимірювання температури. Вбудований АЦП мікроконтролера має обмежену розрядність і не здатен з достатньою точністю обробити низькорівневий сигнал термопари. Застосування ж АЦП із вищою роздільною здатністю значно ускладнило б конструкцію та збільшило собівартість пристрою, що є недоцільним.

Тому перед введенням сигналу в АЦП він піддається попередньому підсиленню. Використана схема, наведена на рисунку, реалізована на операційному підсилювачі та не вимагає застосування дорогих компонентів. Водночас вона забезпечує необхідний рівень підсилення зі зниженим рівнем шуму, що дозволяє досягти точності вимірювання температури в межах 1–2 °C — цього цілком достатньо для більшості застосувань.

Для калібрування схеми передбачені два змінних резистори: один — для налаштування рівня нуля (температури 0 °C), інший — для встановлення максимального значення. Це дає змогу використовувати різні типи термопар із різними коефіцієнтами термо-ЕРС без необхідності зміни схеми.

Розробка електричної схеми термостабілізатора виконувалась у середовищі Ni Multisim. У процесі проєктування були створені власні

бібліотеки схемних умовних позначень. Принципова електрична схема термостабілізатор представлена на рисунку 2.13.

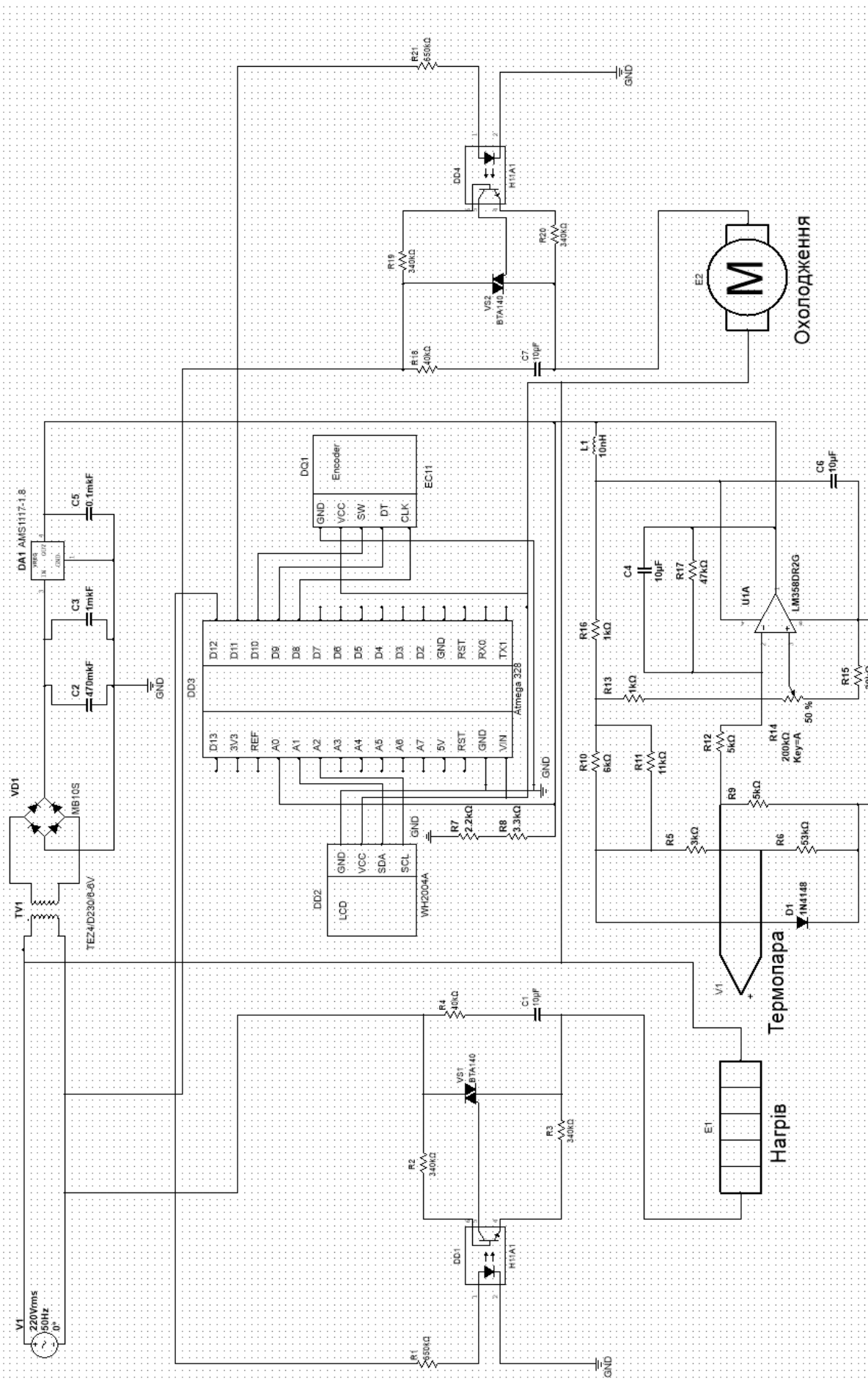


Рисунок 2.13 Схема електрична принципова термостабілізатора

2.5 Моделювання та опис алгоритму роботи пристрою

Алгоритм роботи пристрою;

а) Початок

б) Ініціалізація компонентів

в) Зчитування температури

г) Порівняння з заданим значенням:

Якщо T < Tmin → Увімкнути нагрівач

Якщо T > Tmax → Вимкнути нагрівач

ґ) Виведення даних на дисплей

д) Передача/отримання даних

є) Перехід до наступного циклу (повтор з кроку 3).

Живлення термостабілізатора реалізується за допомогою понижуючого трансформатора TV1, який здійснює перетворення змінної напруги мережі 220 В у змінну напругу приблизно 12 В. Отримана змінна напруга подається на діодний міст VD1, який виконує функцію випрямлення та перетворює змінну напругу в пульсуючу постійну. Далі напруга згладжується за допомогою фільтруючих конденсаторів, які зменшують рівень пульсацій і забезпечують більш стабільний вихідний сигнал.

Для живлення цифрової частини пристрою використовується стабілізатор напруги DA1 (AMS1117-5.0), який формує стабільну постійну напругу 5 В, необхідну для роботи мікроконтролера, дисплея та інших низьковольтних компонентів. Такий підхід дозволяє забезпечити надійну та безпечну роботу всіх елементів схеми.

Схема перетворення 220В у 5В представлена на рисунку 2.14.

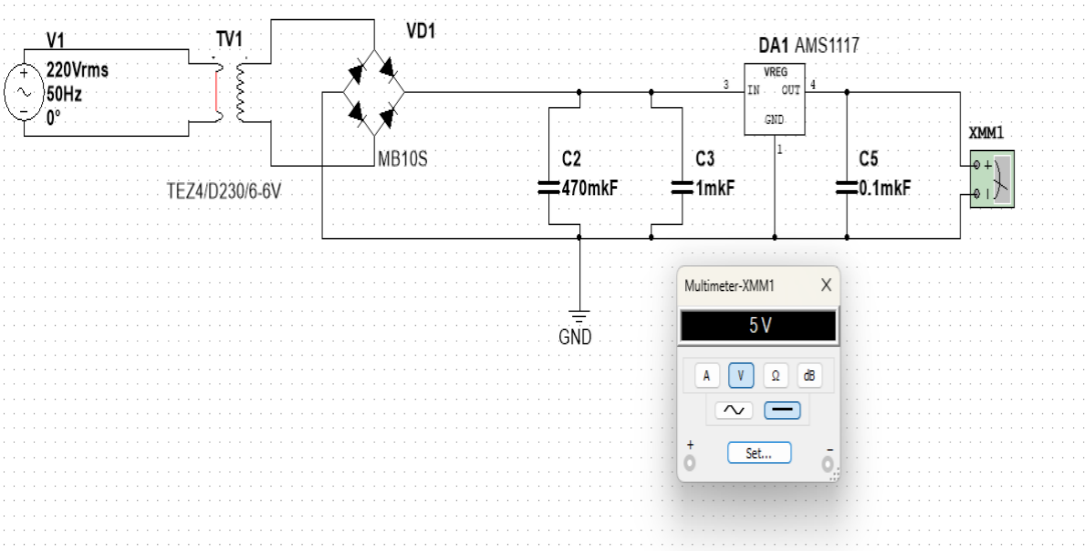


Рисунок 2.14 – Схема перетворення 220В у 5В

Центральною частиною пристрою є мікроконтролер DD3 (ATmega328), який виконує функцію керування всіма елементами системи. Він зчитує температуру з термопари через попередньо підключений підсилювач сигналу, порівнює отримане значення з заданою користувачем температурою та приймає рішення щодо активації або деактивації нагрівача чи охолоджувача.

Крім того, мікроконтролер забезпечує зв’язок із дисплеєм, на який виводиться поточна та задана температура, а також стан системи. Взаємодія з користувачем відбувається за допомогою енкодера, через який можна встановлювати бажану температуру та керувати режимами роботи пристрою.

Таким чином, ATmega328 виконує всі основні обчислювальні та керуючі операції, забезпечуючи повноцінну роботу системи термостабілізації.

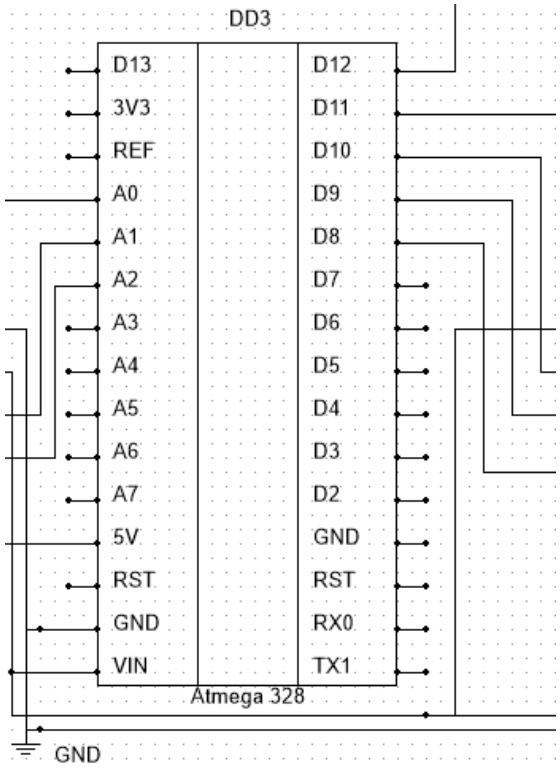


Рисунок 2.15 - ATmega328

Для реалізації програмного забезпечення термостабілізатора було обрано середовище Visual Studio Code та мову програмування C++. Це зумовлено зручністю написання коду, широкою підтримкою бібліотек, зокрема для роботи з дисплеями та енкодерами, а також великими можливостями для розширення функціоналу.

Основне завдання програми — забезпечити стабільну роботу термостабілізатора, а саме:

а) відображення поточної та заданої температури на дисплеї;

б) вимірювання температури;

в) зчитування значення з енкодера;

г) регулювання цільової температури;

ґ) керування нагрівачем на основі заданих температурних параметрів.

Підключення бібліотек здійснюється наступним чином:

Для роботи з LCD-дисплеєм застосовується бібліотека LiquidCrystal_I2C.h, а для зчитування енкодера — GyverEncoder.h. Оскільки обмін із дисплеєм відбувається через I2C, підключається також бібліотека

Wire.h. Для опитування енкодера з фіксованим інтервалом використовується TimerOne.h.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <GyverEncoder.h>
#include <Wire.h>
#include <TimerOne.h>
```

Робота з дисплеєм

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

У функції setup() дисплей ініціалізується:

```
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
```

Щоб вивести інформацію, встановлюємо курсор і викликаємо print():

```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp:");
```

Оскільки деякі символи, як-от градус, не є стандартними, їх потрібно створити вручну:

```
byte degree[8] = {
  B00110,
  B01001,
  B01001,
  B00110,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000
};
lcd.createChar(0, degree);
```

Вивід символів:

```
lcd.write((byte) 0);
```

Функція оновлення дисплея

```
lcd.write((byte) 0);
char* title = "Electric furnace";
char* heatStateText[3] = {"No heat", "Heat", "Cooling"};
int heatState = 0;
void displayUpdate() {
  lcd.setCursor((20 - strlen(title)) / 2, 0);
  lcd.print(title);
  lcd.setCursor((20 - strlen(heatStateText[heatState])) / 2, 1);
  lcd.print(heatStateText[heatState]);

  lcd.setCursor(1, 2);
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.print(currentTemp);
  lcd.write((byte) 0);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(1, 3);
  if (!indicationState) {
    lcd.print("Set: ");
  } else {
    lcd.write((byte) 1);
    lcd.write((byte) 2);
    lcd.write((byte) 3);
    lcd.print(": ");
  }
  lcd.print(targetTemp);
  lcd.write((byte) 0);
  lcd.print("C");
}
```

Робота з енкодером

```
Encoder enc(8, 9, 10);
```

Енкодер опитується в обробнику переривань:

```
Timer1.initialize(1000);
Timer1.attachInterrupt(timerIsr);
void timerIsr() {
  enc.tick();
}
```

Обробка введення:

```
if (enc.isClick()) {
  tempSet = !tempSet;
}
if (tempSet) {
  if (enc.isLeft()) targetTemp--;
  if (enc.isRight()) targetTemp++;
}
```

Зчитування температури

```
analogReference(INTERNAL);
```

Зчитування напруги:

```
float readVoltage(const uint8_t pin) {
  return analogRead(pin) / 1023.0 * 1.1;
}
```

Переведення у температуру (з урахуванням дільника та коефіцієнта термо-ЕДС):

```
float voltageToTemp(float voltage) {
  float coef = 0.0019;
  return voltage / 2.2 * 5.5 / coef;
}
```

Основна логіка в loop()

```
unsigned long timer1 = 0;
unsigned long last = millis();
```

```
void loop() {
  unsigned long current = millis();
  unsigned duration = current - last;
  last = current;
  timer1 += duration;
  if (enc.isClick()) tempSet = !tempSet;
  if (tempSet) {
    if (enc.isLeft()) targetTemp--;
    if (enc.isRight()) targetTemp++;
  }
  if (timer1 >= 500) {
    timer1 -= 500;
    float currentTemp = voltageToTemp(readVoltage(A0));
    if (currentTemp >= targetTemp) {
      heatState = false;
      digitalWrite(9, LOW);
    } else {
      heatState = true;
      digitalWrite(9, HIGH);
    }
    displayUpdate();
  }
}
```

Для вимірювання температури в пристрої запропонована термопара, позначена як V1, яка генерує дуже слабкий електричний сигнал у мілівольтовому діапазоні. Через це сигнал потребує попереднього підсилення. Цю функцію виконує операційний підсилювач U1A (мікросхема LM358), який значно підвищує рівень напруги, що надходить із термопари. Після підсилення сигнал передається на аналоговий вхід мікроконтролера ATmega328, де

відбувається його подальша обробка та перетворення у цифрове значення температури.

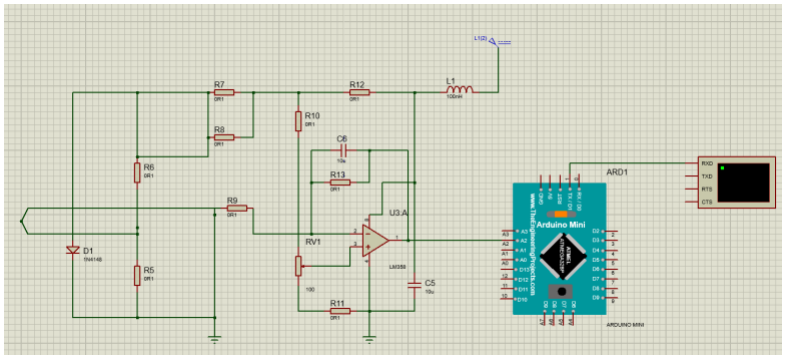


Рисунок 2.16 – Схема функціонування термопари

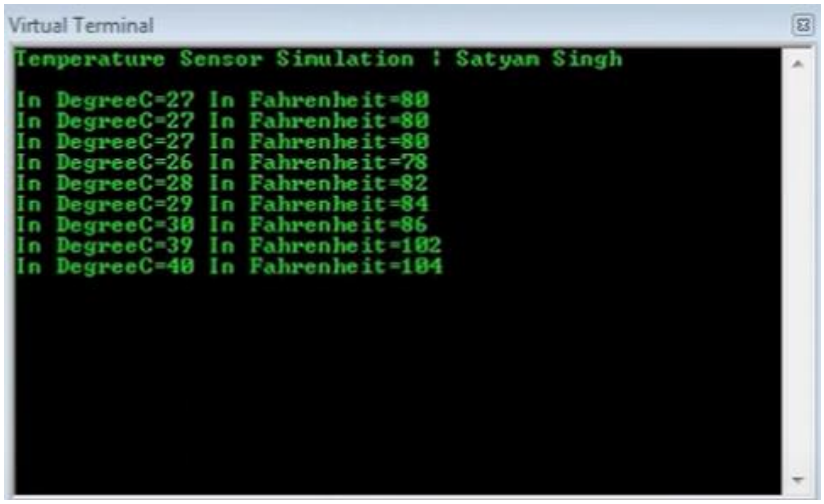


Рисунок 2.17 - Показники температури

Для встановлення бажаного температурного значення в пристрої запропоновано енкодер EC11 (DQ1). Обертанням енкодера користувач може змінювати цільове значення температури, яке зчитується мікроконтролером. Сигнали від енкодера проходять цифрову обробку в ATmega328, після чого

нове значення температури використовується у процесі керування режимами нагріву чи охолодження.

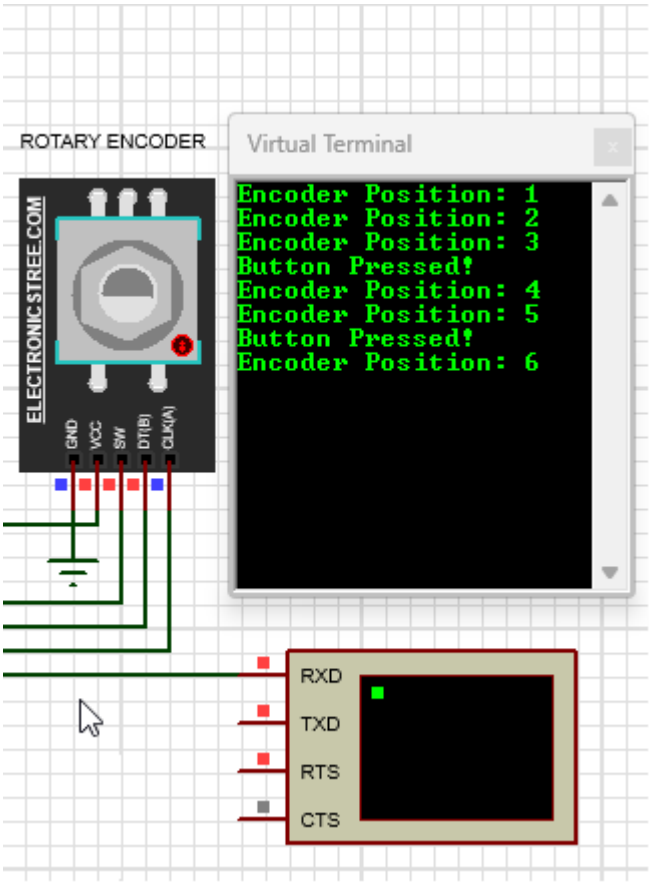


Рисунок 2.18 – Схема функціонування енкодера

Для відображення поточної інформації використовується дисплей WH2004A (DD2), який підтримує чотири рядки по двадцять символів. На екрані одночасно виводяться поточне значення температури, задане значення температури, а також режим роботи пристрою — нагрів або охолодження. Така система індикації дозволяє користувачеві в режимі реального часу спостерігати за станом пристрою та змінювати параметри за потреби.

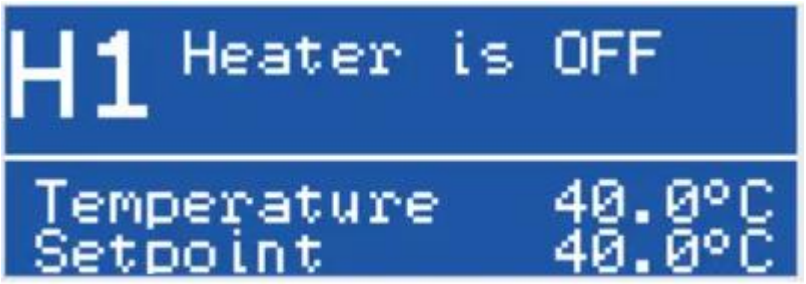


Рисунок 2.19 - Відображення на екрані

У разі, коли виміряна температура виявляється нижчою за встановлене користувачем значення, пристрій активує нагрівальний елемент. Це відбувається таким чином: мікроконтролер подає керуючий сигнал на оптосимістор DD1, який у свою чергу відкриває силовий симістор VS1, через який проходить струм до нагрівача (E1). Таким чином, система розпочинає нагрівання до моменту, поки температура не досягне встановленого порогу.

Потужність нагрівача

$$P = \frac{U^2}{R} \tag{2.3}$$

де:

U – напруга живлення нагрівача,

R – опір нагрівача,

P – потужність тепловиділення, яку треба враховувати для стабілізації.

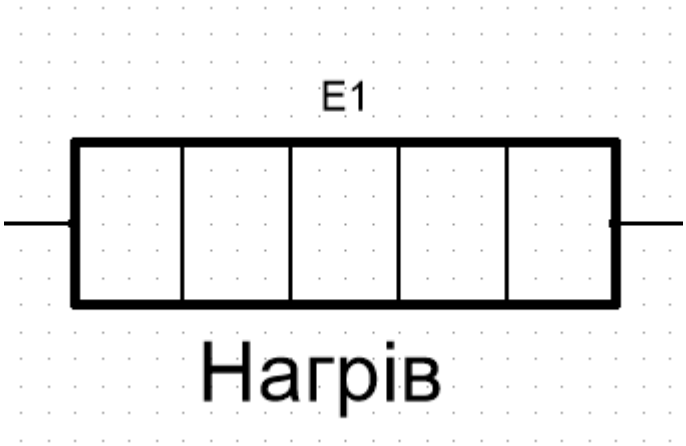


Рисунок 2.20 - Умовне позначення нагрівача

У випадку перевищення поточної температури над заданим значенням активується охолодження. Принцип дії аналогічний до нагріву: мікроконтролер подає сигнал на оптосимістор DD4, який відкриває симістор VS2, що з’єднаний з охолоджувачем E2. Як охолоджувальний елемент може використовуватись вентилятор або термоелектричний елемент Пельтьє.

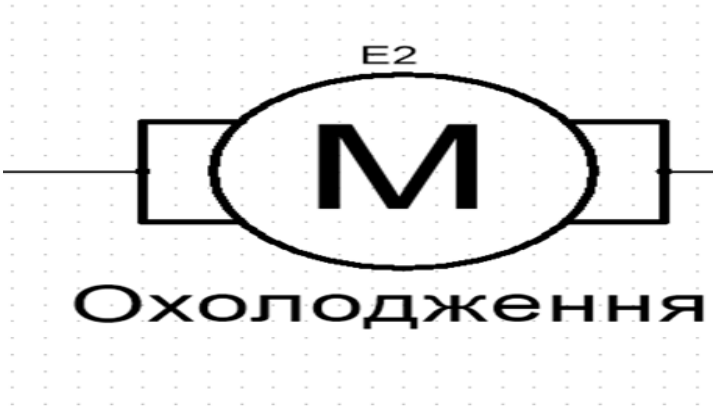


Рисунок 2.21 - Умовне позначення охолоджувача

Після активації охолоджувач знижує температуру до встановленої межі.

Формула охолодження (тепловий баланс рис.2.22)

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta T \quad (2.4)$$

де:

Q — кількість тепла, яке потрібно відвести (Дж),
C — теплоємність середовища,
m — маса середовища (кг),
ΔT=Tпоч−Tкінц — зміна температури (°C).

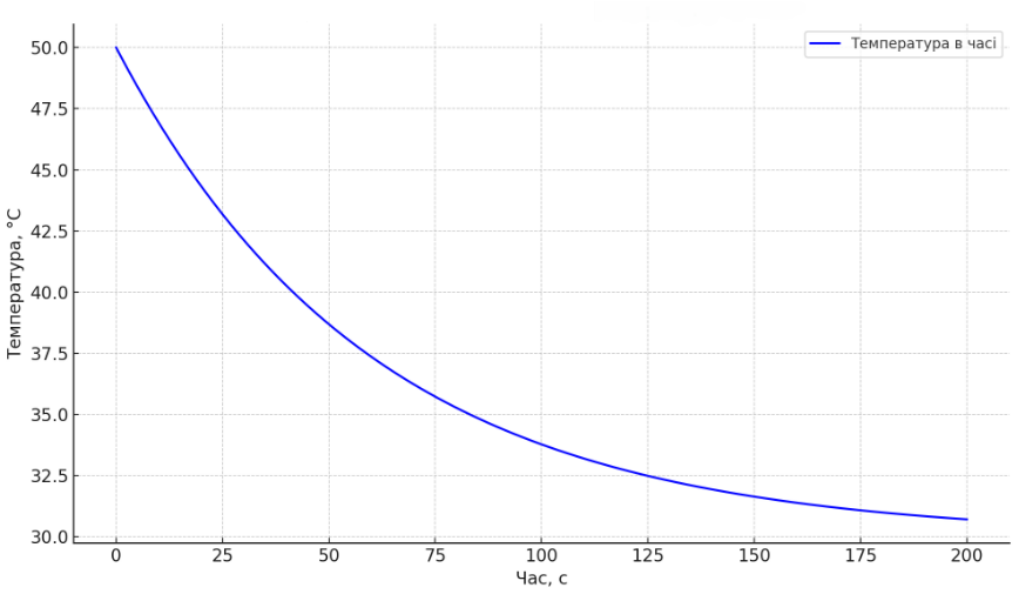


Рисунок 2.22 – Температурний режим під час охолодження

2.6 Тестування та оптимізація

Напруга живлення 220 В успішно трансформується та стабілізується.

Нульовий рівень на входах мультиметрів свідчить про відсутність зовнішніх збурень та правильну роботу логіки запуску.

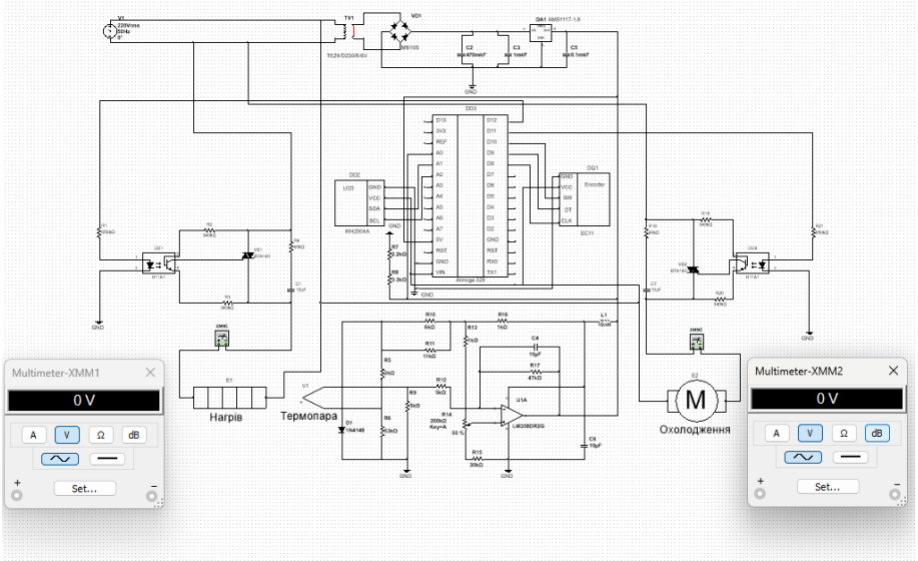
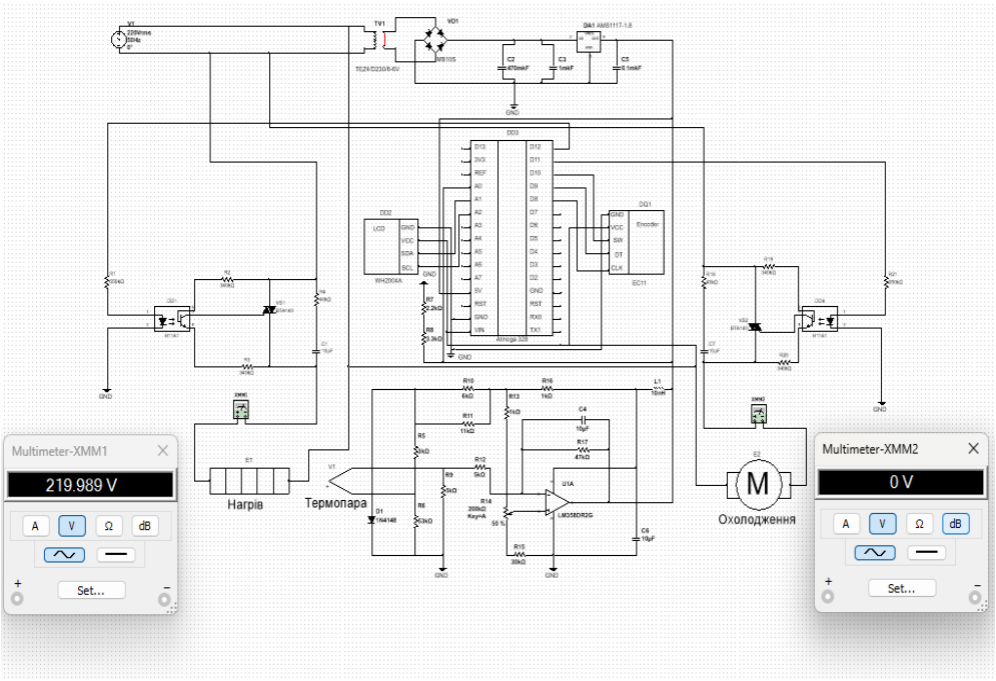


Рисунок 2.23 - Початковий етап тестування

Після підвищення температури, схема активує систему охолодження (мотор отримує живлення).

Вихід з мікроконтролера подає керуючий сигнал на симістор, що підтверджено значенням напруги 220 В на відповідному виводі.



Рисиунок 2.24 -Схема імітації нагріву

У разі зниження температури нижче встановленого порогу, активується нагрівальний елемент (через другий симістор).

Всі сигнали стабільні, реакція системи відповідає запрограмованому алгоритму.

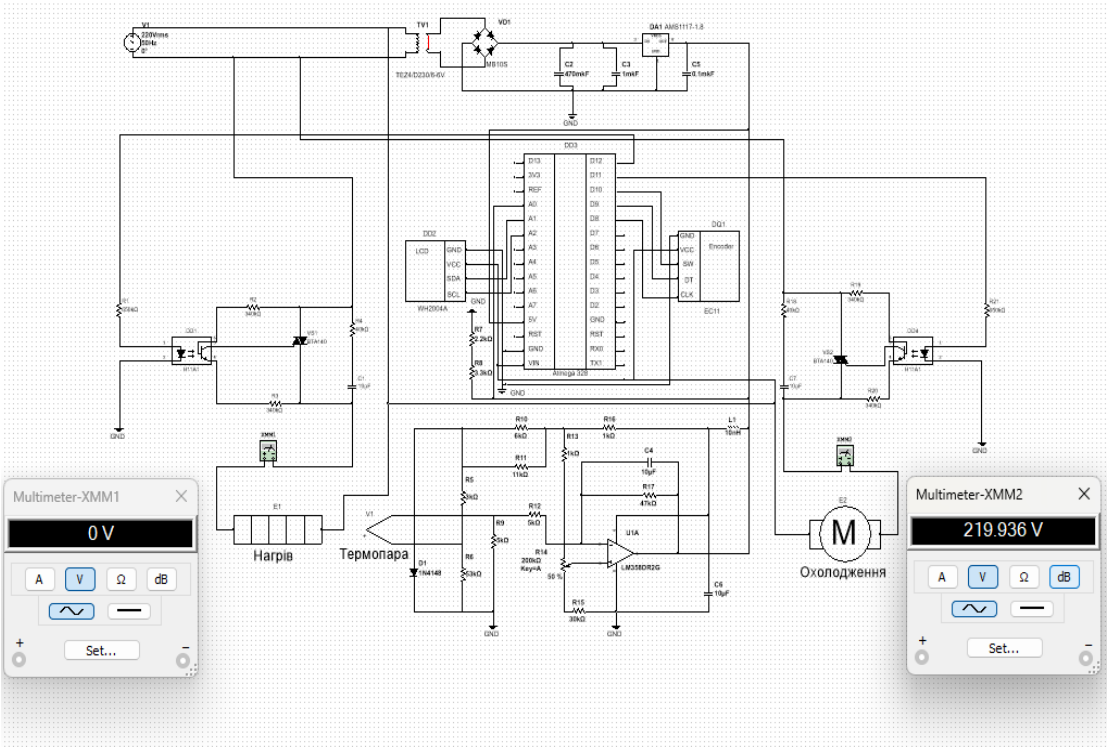


Рисунок 2.25 -Схема імітації режиму охолодження

Результати тестування;

а) Система стабільно підтримує задану температуру в межах ±1 °C.

б) На дисплеї відображаються поточна температура, задане значення та стан (нагрів/охолодження).

в) Виявлено потребу у фільтрації шумів на вході операційного підсилювача — реалізовано за допомогою RC-фільтра.

г) Симістори спрацьовують коректно, затримок чи збоїв не спостерігається.

Запропоновано додавання додаткових температурних датчиків у різних точках контрольованого об'єкта. Це дозволить підвищити загальну точність системи та забезпечити рівномірну термостабілізацію по всьому об’єму або площині, що стабілізується. Наприклад, додаткові сенсори можна під’єднати

через мультиплексори або I2C-інтерфейс до мікроконтролера, що не потребує значного ускладнення схеми

Існуючий електродвигун (вентилятор) для охолодження запропоновано замінити на елемент Пельтьє (наприклад, модель TEC1-12706). Такий підхід має низку переваг.

Для стабільної роботи елемента Пельтьє слід включити у схему радіатор та термозахист, а також використовувати ШІМ-керування (PWM) для регулювання інтенсивності охолодження залежно від температури.

Друкована плата — це пластина з діелектричного матеріалу (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на поверхні або всередині якої створено один чи кілька шарів провідних доріжок. На платі розміщуються електронні компоненти, які з’єднуються з провідними доріжками за допомогою паяння, а в рідкісних випадках — зварювання. У результаті цього формується електронний модуль, тобто змонтована друкована плата (рис.2.26).

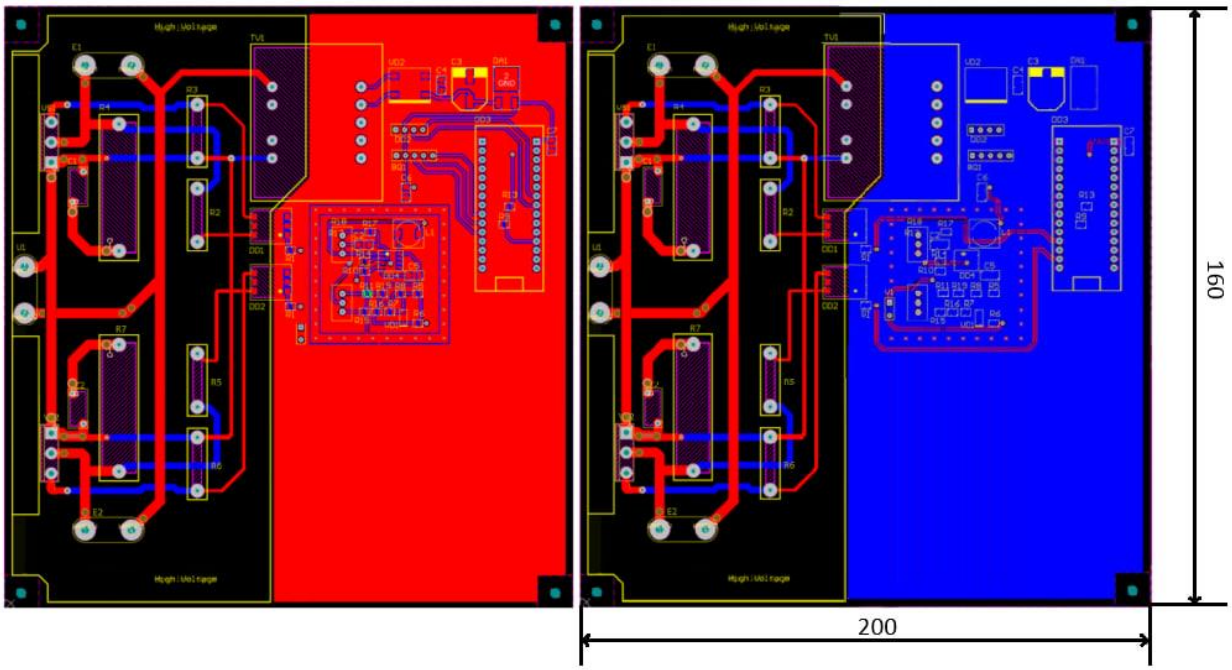


Рисунок 2.26 – Друкована плата термостабілізатора

Друковані плати класифікуються за такими ознаками:

1) Кількість шарів

• Одношарові плати: Найпростіший тип плат, на якому всі компоненти розміщені на одному шарі. Використовуються для простих пристроїв із невеликою кількістю елементів.

• Двошарові плати: Компоненти розміщуються на обох сторонах плати, а з'єднання між ними забезпечується отворами або міжшаровими мідними переходами. Це універсальний варіант, який широко застосовується в сучасній електроніці.

• Багатошарові плати: Складаються з більш ніж двох шарів (зазвичай від 4 до 12, але може бути більше). Використовуються для складних пристроїв, оскільки забезпечують компактність, кращу електричну провідність і знижують рівень електромагнітних завад.

2) Тип діелектрика

• Фенольна смола (FR-1, FR-2, FR-3): Недорогий матеріал, що часто застосовується в одноразових електронних пристроях.

• Епоксидна смола (FR-4): Найпопулярніший матеріал для друкованих плат завдяки високій надійності та універсальності.

• Поліамідна плівка: Використовується для виготовлення гнучких друкованих плат і шлейфів.

• Алюмінієві та мідні пластини з діелектричним покриттям: Використовуються для ефективного відведення тепла, наприклад, у платах для світлодіодів.

• Керамічні діелектрики: Застосовуються в високоточних і високочастотних пристроях. Мають високу теплопровідність, механічну міцність і стійкість до електричних навантажень.

3) Типи струмопровідних шарів

Зазвичай як струмопровідний шар використовується мідь, що наноситься або приклеюється до діелектрика. У спеціалізованих платах також застосовуються:

- Дорогоцінні метали для підвищення провідності.
- Резистивні суміші для інтегрованих резисторів у платі.

4) Типи покриття монтажних майданчиків

Щоб захистити мідь від окислення, монтажні майданчики, перехідні отвори та інші елементи покривають спеціальними матеріалами:

- Припій зі свинцем (HASL).
- Припій без свинцю (HASL).
- Хімічне покриття золотом (ENIG).
- Хімічне покриття сріблом.
- Хімічне покриття оловом.

Існує п'ять класів точності виготовлення друкованих плат, які визначаються відповідно до рекомендацій ДСТУEN61188-1-1:2022.

Перший і другий класи точності застосовуються для плат із низькою щільністю розміщення дискретних елементів та мікросхем із невисоким ступенем інтеграції.

Третій клас точності підходить для компонентів як із поверхневим монтажем (SMT), так і з монтажем через отвори (THT), коли поверхня плати має середню або високу щільність розміщення елементів.

Четвертий клас точності використовується для плат із високою щільністю мікросхем, як із поверхневим монтажем, так і з монтажем через отвори.

П'ятий клас точності призначений для плат із максимально високою щільністю розміщення компонентів поверхневого монтажу.

В результаті аналізу параметрів класів точності, які перераховані вище, прийнято рішення використовувати 2 клас точності, так як низька щільність розміщення елементів і більша частина компонентів на друкованій платі буде використовуватися в корпусі поверхневого монтажу.

При трасуванні друкованої плати використовується ширина не меньше ніж 0,5 мм. Це рішення обумовлене зниженням опору провідника й зменшенням можливості його пошкодження. Також для провідників живлення і землі використовуються набагато ширші провідники там, де це можливо, розміри досягають до 1,5 мм. Для живлення виділені окремі шари, на яких залиті великі площі для зменшення опору. Те саме зроблено і для шарів землі, що у свою чергу зменшує максимальну відстань, яку проходить струм і опір. Також шари землі зменшують завади, які створюють провідники живлення та інформаційні.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Електроізоляція

Стан електричної ізоляції значною мірою визначає безпека експлуатації електроустановок, особливо – у мережах з ізольованої нейтраллю. Опір ізоляції в даному випадку визначає струм, що проходить через тіло людини. У мережах з напругою понад 1000 В ушкодження ізоляції приводить до замикання на землю. При заземленій нейтралі струм замикається на землю і струм, що проходить через людину, не залежать від опору ізоляції, але при ушкодженні ізоляції можливі замикання на корпус чи короткі замикання. При замиканні на корпус виникає небезпека поразки людей, тому що під напругою опиняються не струмоведучі частини. Кротке замикання може служити причиною пожежі.

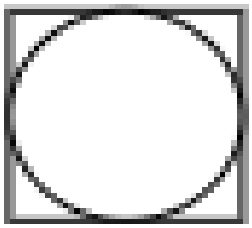
Опір ізоляції кожної ділянки в межах з напругою до 1000 В повинен бути не нижче 500 кОм на фазу. Ділянкою вважається частина мережі між двома послідовно встановленими апаратами захисту чи за останнім захисним апаратом (автоматичне реле, плавкий запобіжник і т.п.). Для ізоляції електричних апаратів і машин норми інші.

Опір ізоляції залежить від багатьох факторів – від питомого електричного опору ізоляційного матеріалу, від товщини ізоляції і довжини ділянки. Опір ізоляції зменшується зі збільшенням вологості повітря. Підвищена температура прискорює старіння ізоляції, що призводить до зниження її опору і навіть до руйнування. Опір ізоляції нелінійно залежить від прикладеної напруги – з ростом напруги він знижується.

Для електроізоляції використовуються покривні лаки, фарби. Як електроізоляційні матеріали застосовуються бавовняна пряжа, гума,

поліхлорвініл, нейрит і інші пластмаси. При високих температурах використовується азбест.

З метою підвищення надійності застосовується подвійна ізоляція, що особливо ефективна в ручному електроінструменті. Тут використовується робоча ізоляція, тобто ізоляція струмоведучих частин усередині корпусу, і додаткова – ізольований сам корпус. Такі електроустановки маркіруються знаком:



Проводи повітряних ліній електропередач підвищують на порцелянових ізоляторах, щоб уникнути замикання через дугу.

Активний опір ізоляції на ділянці у випадку проводів круглого перетину можна визначити за формулою, Ом [13]:

$$R_{и} = \rho\delta/\pi d_{и} l \ , \tag{3.1}$$

де ρ – питомий електричний опір ізоляційного матеріалу, Ом • м; δ – товщина ізоляції, м; $d_{и}$ – діаметр ізоляції, м; l – довжина ділянки, м.

У випадку великої довжини ділянки необхідно враховувати ємнісну провідність. Ємнісний опір однієї фази щодо землі, Ом [13]:

$$X_c = 1 \ /2\pi f \tag{3.2}$$

Повний опір фазного проводу $Z_ф$ щодо землі можна представити як два паралельно включених опори – активний і ємнісний. Тоді одержуємо, Ом [13]:

$$Z_ф = \frac{1}{\sqrt{1}} / R_и^{\ 2} + 1/X_c^{\ 2} \quad (3.3)$$

3.2 Приклад розрахунку електроізоляції

Наприклад питомий електричний опір ізоляційного матеріалу ρ=20 Ом•м, товщина ізоляції δ=5 м, діаметр ізоляції $d_и$=6 м, довжина ділянки l=5 м, частота *ƒ*=0,8 Гц. Треба визначити активний опір на ділянці, також у випадку коли велика довжина ділянки та розрахувати повний фазний опір.

Для розрахунку активного опору використаємо формулу [13]:

$$R_и = \rho\delta/\pi d_и l \quad (3.4)$$

Та отримаємо:

$$R_и = 20 \cdot 5/3{,}14 \cdot 6 \cdot 5$$

$$R_и = 1{,}061 \text{ Ом}$$

Потім розрахуємо ємнісний опір однієї фази за допомогою формули [13]:

$$X_c = 1\ /2\pi f \quad (3.5)$$

Отримуємо:

$$X_c = 1\ /2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}8$$

$$X_c = 0{,}199045 \text{ Ом}$$

Отримавши значення активного опору та ємнісного опору, можливо розрахувати повий опір фазного проводу за допомогою формули [13]:

$$Z_{\text{ф}} = \frac{1}{\sqrt{1}} / {R_{\text{и}}}^2 + 1/{X_c}^2 \tag{3.6}$$

Підставляємо отримані дані у формулу:

$$Z_{\text{ф}} = \frac{1}{\sqrt{1}} / 1{,}061^2 + 1/0{,}1990{,}45^2$$

$$Z_{\text{ф}} = 26{,}12 \text{ Ом}$$

Таким чином можливо розрахувати повний опір фазного проводу.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1.Реалізація зазначених завдань дозволить створити термостабілізатор, який:

а) забезпечить високу точність підтримки температурина на рівні ±0.5°C;;

б) матиме низьке енергоспоживання: не більше 0.5 Вт у режимі очікування (логічна частина) та динамічне споживання в межах до 3 кВт залежно від стану нагріву або охолодження.;

в) буде простим у налаштуванні й експлуатації;

г) матиме можливість інтеграції в автоматизовані системи.

2. Рекомендується для використання у побутових та промислових умовах, при виконанні лабораторних та практичних робіт кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення або для комерційної експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко О.І. Основи теорії автоматичного керування. – Київ: Вища школа, 2017. – 276 с.
2. Василенко А.О., Кузьменко С.М. Автоматизація технологічних процесів. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 312 с.
3. Дробінський А.І. Основи терморегулювання в технічних системах. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. – 198 с.
4. Сидоренко М.Г. Теплофізичні основи приладів термостабілізації. – Дніпро: ДНУ, 2021. – 233 с.
5. Яковлєв П.П. Системи термостабілізації електронної апаратури. – Київ: Наукова думка, 2018. – 145 с.
6. Ляшенко В.О. Мікропроцесорні засоби та їх застосування. – Київ: Ліра-К, 2022. – 284 с.
7. ДСТУ 4218:2003. Системи автоматизації. Терміни та визначення понять. – К.: Держспоживстандарт України, 2003.
8. Arduino: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.arduino.cc – (Дата звернення: 14.02.2025.)
9. Texas Instruments. Thermostat Design Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ti.com/lit/an/slyt478/slyt478.pdf –(Дата звернення: 05.03.2025.)
10. Mishra R. Temperature control systems: Principles and Applications. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 348 p.
11. Anderson R. Modern Thermostat Design and Control Strategies. – London: Elsevier, 2021. – 302 p.
12. O'Sullivan D., Igoe T. Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers. – Boston: Thomson, 2017. – 398 p.
13. Analog Devices. Temperature Sensors Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.analog.com/en/temperature-sensors.html – (Дата звернення: 22.04.2025).
14. STMicroelectronics. Digital Temperature Sensors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.st.com/en/sensors/digital-temperature-sensors.html – (Дата звернення: 10.03.2025.)

15. Електротехніка в Україні: аналітика ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.techua.org/articles/thermostabilizers – (Дата звернення: 02.04.2025.)

Додаток А

Перелік елементів принципової схеми термостабілізатора

Назва	Специфікація	Кількість	Додат.
Мікроконтролер	ATmega328	1	
LCD-дисплей	VH2004A, I2C	1	
Енкодер	EC11	1	З кнопкою
Трансформатор	TEZ4D230/6-8V	1	
Діодний міст	MB10S	1	
Стабілізатор	AMS1117-1.8	1	
Конденсатори	470 мкФ, 1 мкФ, 10 мкФ	3	C2, C3, C5
Термопара	Тип K	1	E1
Операційний підсилювач	LM358DR2G	1	U1A
Діод	1N4148	1	D1
Резистори	Різні номінали	21	R1–R21
Конденсатори	10 мкФ, 10 нФ	4	C1, C4, C6, C7
Дросель	10 мГн	1	L1
Симістори	BTA140	2	VS1, VS2
Оптосимістори	MOC3041	2	DD1, DD4
Нагрівач	–	1	E1
Вентилятор/Мотор	–	1	E2

Додаток Б

Лістинг до програмного забезпечення

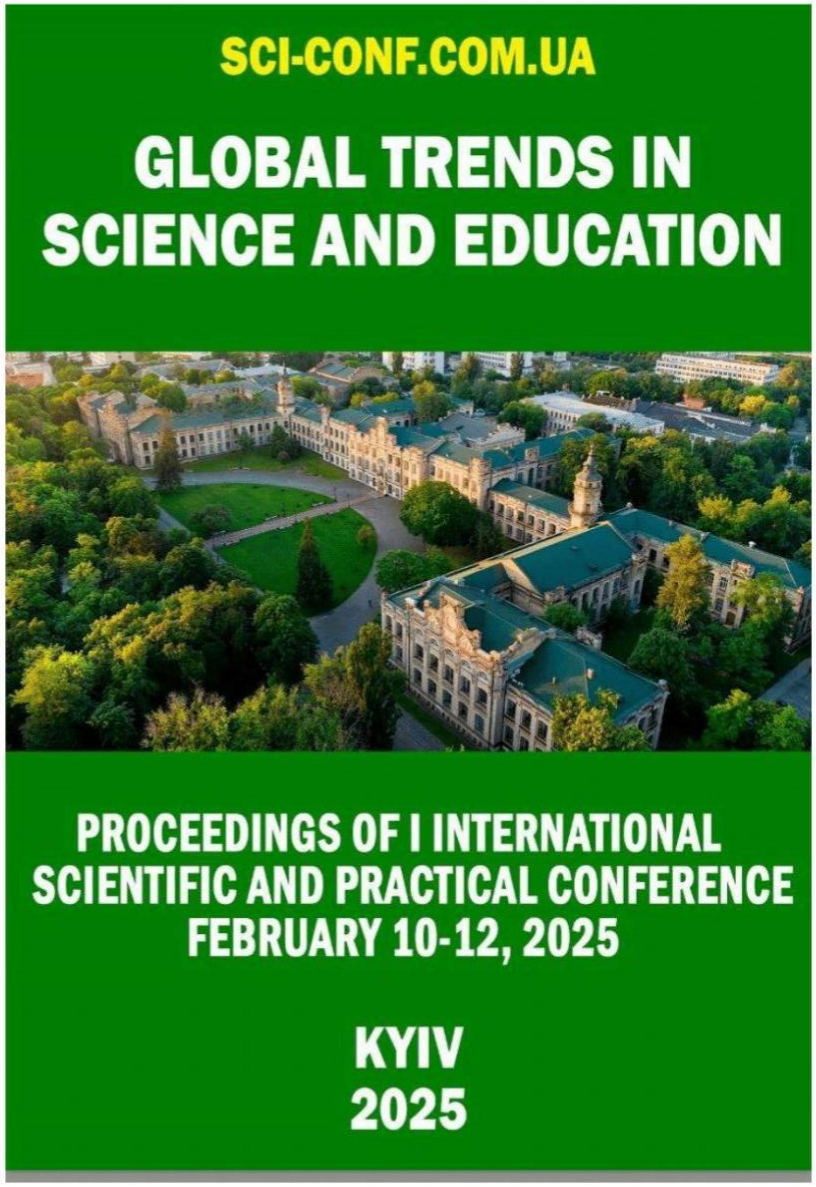
```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <GyverEncoder.h>
#include <Wire.h>
#include <TimerOne.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();:
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp:");
byte degree[8] = {
  B00110,
  B01001,
  B01001,
  B00110,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000
};
lcd.createChar(0, degree);
lcd.write((byte) 0);
lcd.write((byte) 0);
char* title = "Electric furnace";
char* heatStateText[3] = {"No heat", "Heat", "Cooling"};
int heatState = 0;
void displayUpdate() {
  lcd.setCursor((20 - strlen(title)) / 2, 0);
  lcd.print(title);
  lcd.setCursor((20 - strlen(heatStateText[heatState])) / 2, 1);
  lcd.print(heatStateText[heatState]);
  lcd.setCursor(1, 2);
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.print(currentTemp);
```

```
  lcd.write((byte) 0);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(1, 3);
  if (!indicationState) {
    lcd.print("Set: ");
  } else {
    lcd.write((byte) 1);
    lcd.write((byte) 2);
    lcd.write((byte) 3);
    lcd.print(": ");
  }
  lcd.print(targetTemp);
  lcd.write((byte) 0);
  lcd.print("C");
}
Encoder enc(8, 9, 10);
Timer1.initialize(1000);
Timer1.attachInterrupt(timerIsr);
void timerIsr() {
  enc.tick();
}
if (enc.isClick()) {
  tempSet = !tempSet;
}
if (tempSet) {
  if (enc.isLeft()) targetTemp--;
  if (enc.isRight()) targetTemp++;
}
analogReference(INTERNAL);
```

Зчитування напруги:

```
float readVoltage(const uint8_t pin) {
  return analogRead(pin) / 1023.0 * 1.1;
}
float voltageToTemp(float voltage) {
  float coef = 0.0019;
  return voltage / 2.2 * 5.5 / coef;
}
unsigned long timer1 = 0;
unsigned long last = millis();
```

```
void loop() {
  unsigned long current = millis();
  unsigned duration = current - last;
  last = current;
  timer1 += duration;
  if (enc.isClick()) tempSet = !tempSet;
  if (tempSet) {
    if (enc.isLeft()) targetTemp--;
    if (enc.isRight()) targetTemp++;
  }
  if (timer1 >= 500) {
    timer1 -= 500;
    float currentTemp = voltageToTemp(readVoltage(A0));
    if (currentTemp >= targetTemp) {
      heatState = false;
      digitalWrite(9, LOW);
    } else {
      heatState = true;
      digitalWrite(9, HIGH);
    }
    displayUpdate();
  }
}
```



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

ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОР З РОЗШИРЕНИМ ФУНКЦІОНАЛОМ

Самофал Захар Вікторович,
здобувач освіти кафедри електроніки,
інформаційних системи та програмного забезпечення
Ніконова Зоя Андріївна,
к.т.н., доцент, професор кафедри
електроніки, інформаційних системи та програмного забезпечення
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю. М. Потебні
Запорізький національний університет
м. Запоріжжя, Україна

Актуальність. Насьогодні більшість технологічних процесів йде шляхом оптимізації параметрів приладових наноструктур для силової високотемпературної електроніки. Крім того, управління численним технологічним обладнанням просто не можливе без точних вимірювань фізичних величин. Важливими є вимір тиску, вимірювання кутової швидкості, а також лінійної і багато-багато інших. Але найпоширенішими (близько 50%) є температурні виміри. Відомо, що середня за величиною атомна станція налічує близько 1500 контрольних (вимірювальних) точок температури, а велике напівпровідникове виробництво - близько 20 тис. [1]. Так як діапазон вимірювань і їх умови можуть значно відрізняться один від одного, розроблено різні за точністю, стійкістю, швидкодією типи термостабілізаторів. Однак, якого б типу вони не були, загальним для всіх є принцип перетворення, тобто вимірювана температура перетворюється в електричну величину. Це обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані, отже актуальною проблемою є створення термостабілізатора з розширеним функціоналом, який матиме широкий діапазон швидкості прийому-передачі, високу точність вимірів і швидкодію.

Мета. Метою є розробка термостабілізатора з розширеним функціоналом, який забезпечить мінімальне випромінювання тепла, що дозволить отримувати точні значення температури в широкому діапазоні, дуже близькі до фактичної

температури робочого середовища.

Матеріали та методи./Materials and methods. При розробці термостабілізаторів особлива увага приділяється часу реакції. Конструкція повинна забезпечити надійний контакт чутливого елемента та арматури для швидкої передачі тепла від середовища до приладу, а також мінімізувати розсіювання тепла. Термостабілізатори можна поділити на чотири основні групи:

Механічні (біметалеві) – їх основою є пружина, зварена з двох металевих пластин. Пластини виготовлені з різних матеріалів, тому мають різні коефіцієнти лінійного розширення і при нагріванні змінюють свою довжину нерівномірно. Це спричиняє скручуванню або розкручуванню пружини і рухає стрілку вздовж поділок шкали приладу;

Термоелектричні (термопари) – також утворені з двох зварених між собою різнорідних провідників. Один спай провідника вміщується у середовище, температуру якого потрібно визначити, другий приєднується до контактів вимірювального приладу. При нагріванні або охолодженні робочого спаю у місці з'єднання провідників виникає термо-ЕРС, величина якої пропорційно залежить від температури робочого спаю.

Терморезистивні – принцип їх дії базується на здатності матеріалів змінювати опір залежно від температури.

Пірометричні – безконтактні термостабілізатори, що фіксують теплове випромінювання нагрітого тіла і за довжиною хвиль визначають його температуру.

На сьогодні багато іноземних підприємств, що займаються розробкою та виробництвом термостабілізаторів, терморегуляторів, термодатчиків, сенсорів та інших вимірювальних електронних пристроїв, серед них: SunFull (Китай), Nexans (Норвегія), Wärme (Німеччина), ProfiTherm (Польща), Oj Electronics (Данія), Thermon (США) та інші [2].

Не зважаючи на складну політичну, економічну і екологічну ситуацію українські компанії посідають гідне місце серед відомих світових

підприємств-виробників таких приладів, це такі як : DS Electronics (Україна), TEN 24 (Україна), Seltok (Україна), Axiomplus (Україна).

Результати та обговорення./Results and discussion. Запропонований авторами термостабілізатор являється універсальним і призначений для підтримки фіксованого значення заданої температури у побутових та промислових пристроях в діапазоні +1…. - 60 °С, з точністю 0,1 °С, при напрузі живлення змінного струму 220 В, 50 Гц.

До складу принципової електричної схеми термостабілізатора включено компаратор з вимірювальним мостом на вході, в одне із плечей моста якого входить терморезистор, який є датчиком терморегулятора.

В інше плече моста включено змінний резистор для встановлення температури, яку необхідно підтримувати та контролювати в пристрої. Напруга мережі через вилку (220) надходитиме на трансформатор і через тиристор на нагрівач. Трансформатор забезпечує гальванічну розв'язку між низьковольтними вузлами терморегулятора і мережею 220 В.

Напруга з вторинної обмотки трансформатора подається на вхід блоку живлення, що створює стабілізовану напругу для живлення блоку регулятора і вимірювального моста. Грубу і точну оцінку відповідно до встановлення температури забезпечують резистори.

Якщо температура навколишнього середовища в пристрої стає нижчою від заданої, термостабілізатор відкриває тиристор і напруга мережі надходить на нагрівач.

В схемі термостабілізатора запропоновано компаратор на прецизійному операційному підсилювачі, який забезпечить високу точність підтримки температури.

Висновки./Conclusions. Перевагами запропонованого термостабілізатора є його універсальність; невелика вартість (використання вітчизняної елементної бази); застосування в побутових та промислових пристроях навіть при мінусовій температурі навколишнього середовища; стійкість при можливій нестабільності мережевої напруги; зручність під час експлуатації (встановлення

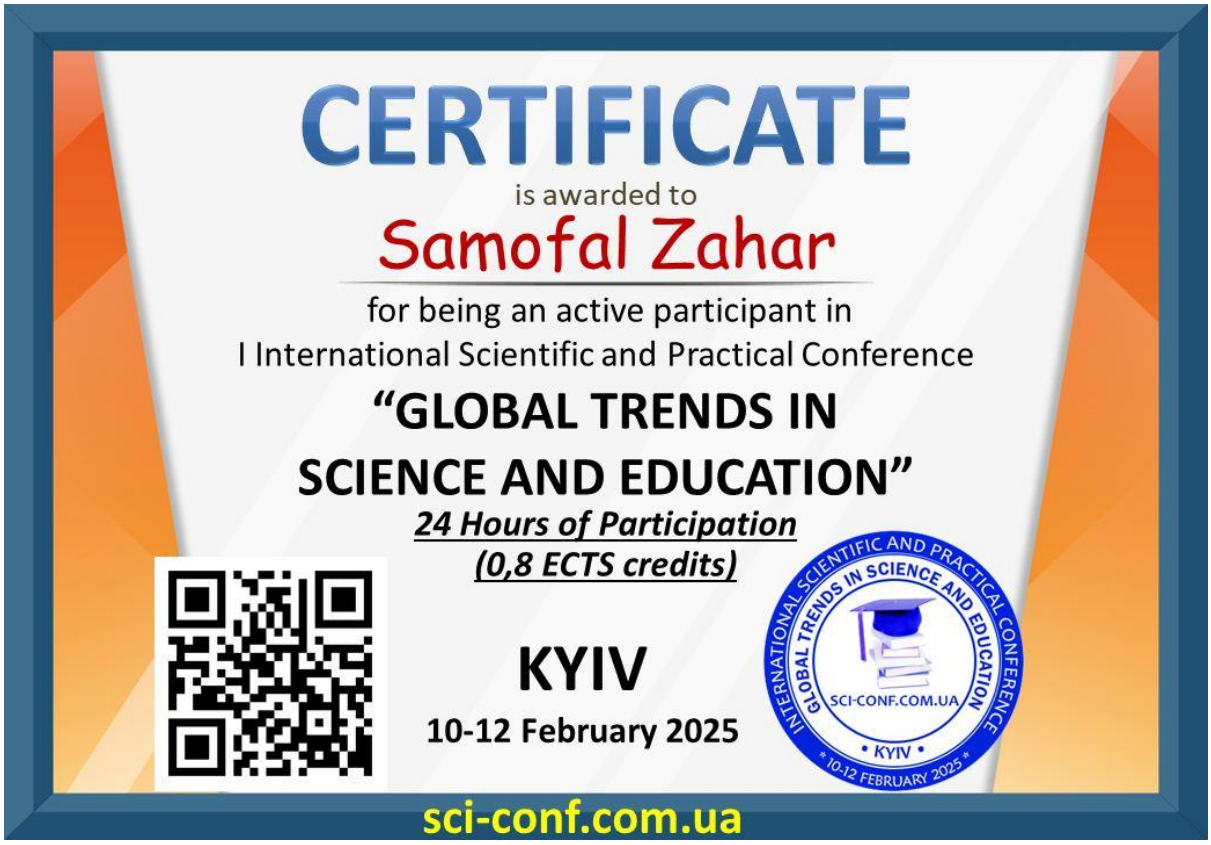
температури включення нагрівача та його виключення, тобто нижньої та верхньої межі).

Оскільки на елементах схеми термостабілізатора виділятиметься мінімум тепла, її можна реалізувати у вигляді компактного пристрою. Така конструкція забезпечить тривалий термін служби завдяки наступним показникам: ударо- та вібростійкість, високий рівень захисту.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Аналіз методів і засобів вимірювання температури об’єктів. URL: file:///Users/oksana/Downloads/7019-25073-1-PB.pdf (дата звернення: 23.01.2025)

2. Стабілізатори температури. URL: https://surl.li/eqofsv (дата звернення: 26.01.2025)


CERTIFICATE
is awarded to
Samofal Zahar
for being an active participant in
I International Scientific and Practical Conference
"GLOBAL TRENDS IN SCIENCE AND EDUCATION"
24 Hours of Participation
(0,8 ECTS credits)
KYIV
10-12 February 2025
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
GLOBAL TRENDS IN SCIENCE AND EDUCATION
SCI-CONF.COM.UA
• KYIV •
• 10-12 FEBRUARY 2025 •
sci-conf.com.ua