

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ, КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ
СИСТЕМ

Ісаченко Олег Олексійович

Інтелектуальний термостат на базі сучасних технологій

Спеціальність 171 Електроніка
Освітня програма Електронні системи

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Науковий керівник:

Юркін І. М.

к.ф.-м. наук, доцент

Регистрація

11

(номер)

« 24 » сервія

2025 р.

Тетяна Семак

Тетяна СЕМАК

(підпис)

Кваліфікаційна робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

Тарас Заяць

(підпис)

Тарас ЗАЯЦЬ

к.ф.-м.н., доцент

« » 2025 р.

Рецензент

В.І. Федорук

(підпис)

1 Федорук В.І. /

(Ім'я, Прізвище)

доц. к.ф.-м.н.

(науковий ступінь, вчене звання)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Бездротовий (радіочастотний) цифровий термостат для систем автоматизованого кліматичного контролю» / УжНУ; Керівник Заяц Т.М.; Студент Ісаченко О.О., група ЕС.

Пояснювальна записка: 79 сторінок, 3 рисунків, 6 таблиці, 20 джерел, 1 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1, 1 листи формату А3.

Об'єкт розробки — система бездротового керування кліматом, зокрема цифрові термостати для автоматизованого контролю температури.

Методи дослідження — аналітичний огляд літератури, моделювання, прототипування, експериментальні випробування та аналіз отриманих результатів.

У процесі виконання цієї роботи було проведено аналіз існуючих бездротових цифрових термостатів, розроблено конструкцію термостата з урахуванням вимог до радіочастотного зв'язку, а також досліджено методи оптимізації енергоспоживання. Результати експериментальних випробувань дозволили оцінити ефективність прототипу та окреслити перспективи його подальшого вдосконалення. Робота має як теоретичну, так і практичну значимість для впровадження у побутових та промислових системах автоматизованого кліматичного керування.

ТЕРМОСТАТ, БЕЗДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, КЛІМАТ-КОНТРОЛЬ,
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, РАДІОЧАСТОТНА ТЕХНОЛОГІЯ

ABSTRACT

Qualification bachelor's thesis on "Wireless (Radio Frequency) Digital Thermostat for Automated Climate Control Systems" / UzhNU; UzhNU; Supervisor Zaiats T.M.; Student Isachenko O.O., ES group

Explanatory note: 79 pages, 3 figures, 6 tables, 20 sources, 1 appendices.

Graphic part: 2 sheets of A1 format, 1 sheets of A3 format.

Object of development — wireless climate control systems, specifically digital thermostats for automated temperature regulation.

Research methods — analytical literature review, modeling, prototyping, experimental testing, and result analysis.

During the implementation of this work, existing wireless digital thermostats were analyzed, a thermostat design was developed considering RF communication requirements, and methods for optimizing power consumption were investigated. The experimental results allowed assessing the effectiveness of the prototype and identifying opportunities for further improvement. The work has both theoretical and practical value for implementation in residential and industrial climate control systems.

THERMOSTAT, WIRELESS COMMUNICATION, CLIMATE CONTROL,
ENERGY EFFICIENCY, RADIO FREQUENCY TECHNOLOGY

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

Зав. кафедрою _____



ЗАТВЕРДЖУЮ

к.ф.-м.н., доц. Заяць Т.М.

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТА

Прізвище, ім'я, по батькові: Ісаченко Олег Олексійович

Спеціальність: 171 «Електроніка»

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Бакалавр

Затверджено на засіданні кафедри: Протокол №3 18 жовтня 2024

1. ТЕМА ПРОЕКТУ

«Інтелектуальний термостат на базі сучасних технологій»

Затверджена наказом по університету від « 18 » 10 2025 р. № 3

2. СТРОК ЗДАЧІ СТУДЕНТОМ ЗАКІНЧЕНОГО ПРОЕКТУ «10»

сервіс 2025 р.

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУ

Технічні вимоги до системи:

Діапазон вимірювання температури: від -10°C до +85°C

Точність вимірювання: ±0.5°C

Радіус дії бездротового зв'язку: до 100 метрів

Час автономної роботи: не менше 6 місяців

Напруга живлення: 3.3-5.0 В

Частотний діапазон: 433 МГц або 868 МГц

Інтерфейс користувача: LCD дисплей + мобільний додаток

КОНСУЛЬТАНТИ З ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ ПРОЕКТУ

Розділ	Консультант	Підпис, дата
Безпека життєдіяльності		
Економічна частина		

ДАТА ВИДАЧІ ЗАВДАННЯ

«18» жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд літератури та аналіз аналогів		
2	Розробка технічного завдання та вибір компонентів		
3	Проектування структурної схеми		
4	Розробка схеми електричної принципової		
5	Розробка друкованої плати		
6	Програмування мікроконтролера		
7	Розробка мобільного додатку		
8	Виготовлення та налагодження прототипу		
9	Проведення випробувань та вимірювань		
10	Оформлення пояснювальної записки		
11	Підготовка до захисту		

Студент-дипломник Ісаченко О.О. (підпис)





Керівник проекту Юркін І.М. _____ (підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: «18» жовтня 2024 р.

Дата здачі проекту: « » _____ 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури та аналіз існуючих рішень	11
1.1 Сучасні методи контролю температури.....	11
1.2 Безпроводні технології в системах терморегуляції.....	20
1.3 Огляд радіочастотних термостатів та їх характеристик.....	27
РОЗДІЛ 2. Теоретичні основи проектування бездротового цифрового термостату	35
2.1. Основні принципи роботи цифрового термостату.....	35
2.2. Вибір радіочастотної технології для передачі даних.....	40
2.3. Огляд компонентів та їх характеристик.....	46
РОЗДІЛ 3. Розробка конструкції цифрового термостату	52
3.1 Структурна схема термостату.....	52
3.2 Розробка схеми електричних з'єднань.....	55
3.3 Вибір компонентів.....	59
3.4 Програмування мікроконтролера для управління термостатом.....	63
РОЗДІЛ 4. Розрахунки та аналіз параметрів системи	68
Висновки	74
Список використаної літератури	76

КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Ісаченко О.О.		
		Юркін І.М.		
		Папп О.В.		
		Заяц Т.М.		
Інтелектуальний термостат на базі сучасних технологій			Літ.	Арк.
			7	80
УжНУ, ІТФ, 4курс Група ЕС				

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій призводить до зростання попиту на автоматизовані системи керування температурою, які забезпечують зручність, енергоефективність та точність у контролі кліматичних умов. Одним із таких пристроїв є бездротовий (радіочастотний) цифровий термостат, який дозволяє віддалено керувати температурним режимом у приміщеннях, що є особливо актуальним у сфері «розумного дому» та промислових застосувань. Використання цифрових термостатів, оснащених бездротовими технологіями, дозволяє суттєво знизити енерговитрати та покращити комфорт користувачів, що сприяє підвищенню ефективності функціонування різних систем опалення та охолодження.

Актуальність. На сьогоднішній день актуальність дослідження бездротових цифрових термостатів обумовлена зростаючим попитом на енергозберігаючі технології, що забезпечують високий рівень автоматизації та керованості. В умовах постійного підвищення цін на енергоресурси, завданням є зменшення витрат на опалення та кондиціонування приміщень. Бездротові термостати є інноваційним рішенням, яке дозволяє оптимізувати споживання енергії та підвищити зручність використання кліматичних систем.

Метою роботи є розробка та аналіз бездротового (радіочастотного) цифрового термостата, що забезпечує автоматизований контроль температурного режиму з можливістю віддаленого керування та моніторингу.

Об'єктом дослідження є системи бездротового керування кліматом, зокрема цифрові термостати для автоматизованого контролю температури.

Предметом дослідження є конструкція, принципи роботи та технологічні можливості бездротових цифрових термостатів, а також методи передачі даних у таких пристроях.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Завдання дослідження

1. Провести аналіз існуючих бездротових цифрових термостатів та їх особливостей.
2. Розробити конструкцію бездротового термостата з урахуванням вимог до радіочастотного зв'язку.
3. Дослідити методи оптимізації енергоспоживання для забезпечення ефективності роботи пристрою.
4. Провести експериментальні випробування прототипу термостата та оцінити його ефективність.
5. Визначити можливі напрямки вдосконалення та практичного застосування розробленого термостата.

Методи дослідження

Для досягнення поставленої мети у роботі застосовуються такі методи дослідження:

- аналітичний огляд літератури з тематики бездротових термостатів та енергоефективних технологій;
- моделювання та прототипування термостату з використанням спеціалізованого програмного забезпечення;
- експериментальні дослідження ефективності та енерговитрат розробленого пристрою;
- аналіз отриманих даних та порівняння з аналогічними пристроями.

Наукова новизна роботи полягає в розробці бездротового цифрового термостата з оптимізованими енергетичними характеристиками та можливістю віддаленого керування, що дозволяє підвищити ефективність керування кліматом у приміщеннях та скоротити споживання енергоресурсів.

Теоретична значимість роботи полягає у визначенні основних принципів конструювання бездротових термостатів, а також у розробці методів оптимізації енерговитрат під час їх експлуатації. Це може бути корисним для подальших досліджень у галузі автоматизації кліматичних систем та енергозбереження.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Практична значимість роботи полягає в розробці та впровадженні бездротового цифрового термостата, який може використовуватись як у побутових, так і в промислових умовах для оптимізації температурного контролю. Отримані результати можуть бути застосовані при проектуванні розумних систем керування кліматом, що сприятиме зниженню енерговитрат та покращенню комфорту користувачів.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури та аналіз існуючих рішень

1.1 Сучасні методи контролю температури

Сучасні методи контролю температури є елементом автоматизації систем опалення, вентиляції та кондиціонування, а також виробничих процесів, де необхідно підтримувати стабільні кліматичні умови. Один із найпоширеніших методів — це використання цифрових термостатів, які дозволяють точно вимірювати та регулювати температуру за допомогою електронних сенсорів та мікропроцесорів. Такі термостати, оснащені інтелектуальними алгоритмами, здатні не лише контролювати температуру з високою точністю, але й адаптуватися до змін у навколишньому середовищі, підлаштовуючи свої налаштування для досягнення оптимальних умов.

Іншим сучасним методом є використання бездротових технологій, зокрема Wi-Fi, Bluetooth або радіочастотних протоколів, які дозволяють керувати температурою дистанційно через смартфони чи інші мобільні пристрої. Такі системи інтегруються у концепцію «розумного дому» та забезпечують можливість моніторингу й управління кліматичними умовами в реальному часі, що зручно для користувачів і сприяє енергозбереженню. За допомогою мобільних додатків користувачі можуть налаштовувати розклад роботи системи опалення або кондиціонування, визначати допустимі діапазони температур і отримувати повідомлення про зміни параметрів.

Також значного поширення набули інфрачервоні сенсори, які дозволяють безконтактно вимірювати температуру поверхонь або повітря. Інфрачервоні датчики використовуються у складних системах контролю, де необхідно контролювати температуру в багатьох точках простору. Завдяки своїй швидкодії та високій точності, вони ефективно застосовуються в промислових умовах, наприклад, у металургії, харчовій промисловості та медицині.

Додатково, сучасні методи контролю температури передбачають використання датчиків з компенсацією за зміни навколишніх умов. Це дозволяє

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

уникнути похибок у вимірюваннях, пов'язаних зі змінами вологості, тиску або інших зовнішніх факторів. Такі датчики можуть автоматично коригувати вимірювання, що робить їх ефективними в умовах високих вимог до точності, таких як лабораторії або наукові дослідження.

Головним аспектом сучасного контролю температури є використання систем зворотного зв'язку, які забезпечують автоматичну реакцію системи на зміну температури. При досягненні заданих температурних значень такі системи можуть автоматично знижувати або підвищувати інтенсивність обігріву або охолодження, що дозволяє підтримувати сталий температурний режим без втручання людини. Такі підходи використовуються в енергозберігаючих системах для побутових і промислових потреб, де важливо забезпечити постійний клімат-контроль з мінімальними витратами енергії.

Нарешті, варто відзначити інтеграцію контролю температури з системами штучного інтелекту та машинного навчання. Ці технології дозволяють пристроям аналізувати дані про температуру та інші фактори для прогнозування змін і оптимізації режимів роботи. Штучний інтелект може враховувати попередні патерни використання, погодні умови, час доби та навіть наявність людей у приміщенні для автоматичного налаштування параметрів системи. Це дозволяє створювати максимально комфортні умови для користувачів, одночасно забезпечуючи ефективне використання ресурсів.

Застосування штучного інтелекту в системах контролю температури відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності та комфорту у приміщеннях. На відміну від традиційних терморегуляторів, які діють за фіксованими алгоритмами, інтелектуальні системи здатні до самонавчання та адаптації. Вони враховують не лише базові параметри, як-от час доби чи зовнішню температуру, а й індивідуальні особливості експлуатації конкретного простору, режим роботи будівлі, поведінкові звички користувачів.

Наприклад, на основі історичних даних така система може визначити, що ввечері температура в оселі має бути трохи вищою, адже мешканці повертаються додому і прагнуть відчуття тепла й затишку. Водночас уночі, коли всі сплять,

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

система автоматично знижує температуру, оптимізуючи енергоспоживання без шкоди для комфорту. Це дозволяє не тільки підвищити якість кліматичного середовища, а й суттєво зменшити витрати на опалення чи кондиціонування.

Ключовим аспектом є здатність таких систем до передбачення. Вони не просто реагують на зміни, а й формують прогнози на основі накопиченого досвіду: вивчають графік відсутності чи присутності людей, звички відкривати вікна, частоту використання певних кімнат. Як результат, система приймає рішення заздалегідь — ще до того, як зміни температури стали б помітними для мешканців. Це робить управління кліматом не тільки зручнішим, а й значно розумнішим.

Таким чином, інтеграція штучного інтелекту в системи терморегулювання є перспективним напрямом розвитку сучасних «розумних» будівель, де технології працюють на користь людини, поєднуючи комфорт, енергоефективність і екологічну відповідальність.

Ще одним перспективним кроком у розвитку технологій контролю температури є їхня інтеграція з відновлюваними джерелами енергії. Такий підхід не лише сприяє підвищенню енергоефективності, а й значною мірою знижує залежність від традиційних джерел енергії, зменшуючи вуглецевий слід і експлуатаційні витрати. Найчастіше в цьому контексті використовуються сонячні панелі та теплові насоси — джерела, що забезпечують енергію з навколишнього середовища без шкідливих викидів.

Інтелектуальні системи управління температурою, які поєднані з такими джерелами, можуть оптимізувати процес споживання енергії. Наприклад, у денний час, коли сонячні панелі генерують максимальну кількість електроенергії, система може автоматично активувати обігрів чи охолодження приміщень із заздалегідь визначеним резервом. Тобто в умовах активного вироблення енергії вона «накопичує» комфорт, заздалегідь підготувавши будівлю до вечірнього або нічного періоду, коли зовнішні джерела енергії стають менш доступними.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таке поєднання дозволяє кліматичним системам функціонувати частково або повністю автономно, що особливо важливо для віддалених чи енергонезалежних об'єктів. Крім того, штучний інтелект може координувати роботу кліматичних установок з рівнем генерації енергії, автоматично визначаючи найвигідніші часові проміжки для активного обігріву або охолодження. Це не лише сприяє економії, а й розвантажує енергомережу у пікові години.

У підсумку, інтеграція інтелектуальних систем управління температурою з відновлюваними джерелами енергії є ключовим чинником на шляху до створення енергонезалежних, екологічно сталих та «розумних» будівель, де технології працюють не лише в інтересах користувачів, а й на користь довкіллю.

Крім забезпечення комфорту в житлових приміщеннях, сучасні системи контролю температури відіграють ключову роль у низці промислових галузей, де стабільність температурного режиму є важливою. Особливо це стосується фармацевтичної, харчової та хімічної промисловості, де навіть незначні коливання температури можуть призвести до зниження якості продукції або її повного псування. У таких умовах контроль температури перестає бути лише питанням зручності — це вимога, що безпосередньо впливає на безпеку, відповідність нормативам і економічну ефективність виробництва.

Інтелектуальні системи з цифровими термостатами та високоточними сенсорами дозволяють підтримувати задані параметри з точністю до часток градуса. Це забезпечує не лише відповідність технологічним картам та стандартам (наприклад, GMP у фармацевтиці), а й мінімізує ризики браку, втрат і позапланових зупинок. Такі системи можуть бути інтегровані в загальну інфраструктуру управління підприємством і взаємодіяти з іншими автоматизованими вузлами — наприклад, регулювати подачу охолоджувального чи нагрівального середовища залежно від фаз виробничого процесу.

Крім того, розумні температурні системи здатні виявляти навіть незначні відхилення від заданого діапазону в режимі реального часу й автоматично сигналізувати персоналу або запускати алгоритми компенсації. У результаті

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

підприємство отримує підвищену стабільність процесів, зниження втрат і покращення загальної продуктивності. Це особливо важливо у виробництві продуктів, які мають обмежений термін зберігання або чутливі до коливань навколишнього середовища, як-от вакцини, молочні продукти чи хімічні реагенти.

Таким чином, сучасні методи контролю температури, доповнені можливостями автоматизації та штучного інтелекту, стають незамінним інструментом у промисловості, де точність, надійність і своєчасність реагування на зміни мають вирішальне значення.

Завдяки стрімкому розвитку технологій, системи температурного контролю дедалі частіше інтегруються з інтернетом речей (IoT), що кардинально розширює їхні функціональні можливості. Таке поєднання дозволяє створювати розгалужені мережі керування кліматом, які охоплюють великі або віддалені об'єкти, забезпечуючи централізований і водночас гнучкий підхід до моніторингу та регулювання температурних режимів.

Усі термостати, сенсори та виконавчі пристрої можуть бути з'єднані в єдину мережу, яка передає дані в режимі реального часу на центральний сервер або хмарну платформу. Це забезпечує повний огляд стану температурного фону в кожному приміщенні — від складських приміщень і серверних кімнат до палат у лікарнях чи аудиторій у навчальних закладах. При цьому дані не лише зберігаються, а й обробляються за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяє прогнозувати тенденції, виявляти відхилення та вчасно втручатися у випадку порушень.

Наприклад, якщо система фіксує нетипове зниження температури у конкретній зоні, вона може автоматично надіслати сповіщення відповідальній особі, а також — залежно від налаштувань — самостійно внести коригування: підвищити температуру, увімкнути резервне джерело тепла або тимчасово обмежити роботу інших систем, щоб уникнути перевантаження.

У випадку з великими будівельними комплексами інтеграція з IoT дозволяє також оптимізувати споживання енергії шляхом адаптивного керування на

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

основі даних про заповнюваність приміщень, графік роботи або навіть погоду. Це створює не лише більш комфортне середовище для людей, а й сприяє значній економії ресурсів.

Таким чином, поєднання систем температурного контролю з технологіями IoT перетворює традиційне керування мікрокліматом на динамічну, розумну та передбачувану систему, здатну реагувати на виклики в режимі реального часу й забезпечувати стабільність у будь-яких умовах експлуатації.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.1 – Сучасні методи контролю температури

Метод контролю	Особливості	Переваги	Недоліки	Область застосування
Цифрові термостати	Використання електронних сенсорів і мікропроцесорів для точного контролю температури	Висока точність, можливість програмування	Залежність від електроживлення	Побутові, промислові приміщення
Бездротові термостати	Дистанційне керування за допомогою Wi-Fi, Bluetooth або радіочастотних технологій	Зручність керування, інтеграція в системи 'розумного дому'	Залежність від надійності бездротового зв'язку	Побутові приміщення, офіси, розумні будівлі
Інфрачервоні сенсори	Безконтактний метод вимірювання температури поверхонь або повітря	Швидкість вимірювання, висока точність	Вплив зовнішніх факторів (вологість, пил)	Промисловість, медицина, харчова промисловість
Сенсори з автоматично	Датчик з автоматично	Мінімізація похибок,	Висока вартість,	Лабораторії, наукові дослідження

компенсаціє ю	ю корекцією вимірювань з урахуванням навколишніх умов	стабільні результати	складність конструкції	
Систе ми зворотного зв'язку	Автома тична реакція на зміни температури з можливістю регулювання потужності обігріву або охолодження	Енергоефек тивність, зручність	Потр еба у складному налаштува нні	Побутов і, промислові об'єкти
Інтегр ація з IoT	Підклю чення до інтернету для дистанційног о моніторингу і керування температуро ю у реальному часі	Центральни й контроль, можливість віддаленого доступу	Потр еба в інтернет- з'єднанні та безпеці даних	Великі об'єкти, навчальні заклади, бізнес-центри
Застос ування ШІ та МЛ	Викори стання штучного інтелекту та	Максималь на адаптивність, економія енергії	Висо ка вартість, складність	Систем и «розумного дому», великі

такої системи — сенсор, термостат чи виконавчий механізм — стає частиною єдиної інтелектуальної інфраструктури, яка функціонує безперервно, самонавчається і підлаштовується під динамічні умови експлуатації.

Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи теплові насоси, відкриває можливості для часткової або повної енергонезалежності, підвищує екологічність і забезпечує довгострокову економічну ефективність. У перспективі такі системи не лише підвищуватимуть якість життя та безпеку користувачів, але й сприятимуть формуванню «розумних» екосистем — будинків, виробництв та міст, які функціонують раціонально, ефективно і з урахуванням сталого розвитку.

У майбутньому можна очікувати ще вищий рівень персоналізації температурних сценаріїв — з урахуванням фізіологічних особливостей людини, графіка її активності, типу діяльності чи навіть стану здоров'я. У промисловості ж акцент зміщуватиметься на ще точніший контроль і превентивну діагностику, що зменшуватиме ризики технологічних збоїв і підвищуватиме загальну надійність виробничих процесів.

Загалом, розвиток сучасних технологій контролю температури свідчить про трансформацію кліматичних систем з пасивних інженерних рішень у активні, «розумні» інструменти, які гармонійно поєднують зручність, безпеку, ефективність і турботу про довкілля.

1.2 .Безпроводні технології в системах терморегуляції

Безпроводні технології в системах терморегуляції значно підвищують рівень автоматизації та зручності у контролі температури, забезпечуючи можливість дистанційного управління та моніторингу кліматичних умов у реальному часі.

Одним із ключових принципів функціонування сучасних систем температурного контролю є використання безпроводних мереж для передачі даних, що значно розширює можливості користувача у керуванні мікрокліматом.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Завдяки таким технологіям, як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або радіочастотні канали зв'язку, зникає потреба у прокладанні складних кабельних мереж, що робить монтаж і масштабування систем значно простішими та економічно вигіднішими.

Безпроводне підключення забезпечує постійний зв'язок між термостатом, сенсорами та центральними контролерами. Це дозволяє користувачам отримувати повний контроль над температурними параметрами з будь-якої точки світу, використовуючи лише смартфон, планшет або комп'ютер із доступом до мережі. Наприклад, перебуваючи в дорозі або на роботі, власник житла може заздалегідь увімкнути обігрів перед поверненням додому або, навпаки, знизити температуру у приміщенні, якщо змінились плани.

Крім того, такі системи часто підтримують інтеграцію з голосовими помічниками, хмарними платформами та розумними домашніми системами, що забезпечує ще вищий рівень комфорту та автоматизації. Користувач може, наприклад, задати сценарій, за яким температура автоматично змінюватиметься в залежності від часу доби, присутності людей або погоди за вікном.

Таким чином, використання безпроводних технологій зв'язку в системах температурного контролю значно підвищує їхню мобільність, зручність в експлуатації та швидкість реагування на зміну умов, водночас забезпечуючи гнучкість і масштабованість рішень для найрізноманітніших потреб — від індивідуальних квартир до великих комерційних або виробничих об'єктів.

Однією з ключових переваг сучасних систем температурного контролю є їх здатність до повної інтеграції в екосистему «розумного дому». Це не просто ізольоване управління кліматом, а частина комплексного автоматизованого середовища, де всі елементи взаємодіють між собою для досягнення максимального рівня зручності, безпеки та енергоефективності.

Інтеграція терморегуляторів у систему «розумного дому» дозволяє об'єднати контроль температури з іншими інтелектуальними компонентами — освітленням, жалюзі, сигналізацією, камерами відеонагляду, сенсорами руху або віконними/дверними датчиками. У результаті створюються складні сценарії автоматизації, які враховують як зовнішні умови, так і поведінкові звички

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

користувачів. Наприклад, система може знизити температуру та вимкнути освітлення, коли виявляє відсутність людей у приміщенні, або навпаки — автоматично підвищити її до комфортного рівня за кілька хвилин до повернення мешканців.

Завдяки збиранню та аналізу даних з різних джерел, «розумні» системи здатні не лише оперативно реагувати на зміни, а й передбачати їх. Це означає, що температура може коригуватись не лише за фактом події, а й на основі прогнозів або встановлених шаблонів. Наприклад, у холодну пору року система може почати обігрів завчасно, орієнтуючись на звички членів сім'ї чи розклад робочого дня.

Таким чином, поєднання терморегуляторів з іншими елементами «розумного дому» не тільки підвищує рівень комфорту, але й істотно знижує енергоспоживання, мінімізуючи втрати тепла і оптимізуючи роботу всієї інженерної інфраструктури будівлі. Це особливо актуально в умовах підвищення тарифів на енергоносії та зростання уваги до питань сталого розвитку.

Безпроводні терморегулятори відкривають нові можливості для автоматизації кліматичного контролю, особливо у випадках, коли важливо підтримувати стабільні умови без постійного втручання з боку персоналу. Однією з найзручніших функцій таких пристроїв є можливість налаштувати роботу за індивідуальним розкладом. Це дозволяє гнучко керувати температурним режимом упродовж доби, тижня або навіть сезону, враховуючи специфіку використання конкретного приміщення.

У комерційних і громадських будівлях — офісах, магазинах, навчальних закладах або спортивних залах — температурні параметри часто змінюються в залежності від робочого графіка. Завдяки можливості програмування безпроводні терморегулятори дозволяють, наприклад, підвищити температуру до комфортного рівня до початку робочого дня, а після завершення роботи — автоматично зменшити її, знижуючи енерговитрати. Це не лише підвищує комфорт для працівників і відвідувачів, а й сприяє економії ресурсів, оскільки опалення чи охолодження не працює марно.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Крім того, деякі сучасні системи обладнані функцією адаптивного навчання. Вони аналізують щоденну активність користувачів, звички та реакції на зміни температури, щоб з часом самостійно коригувати розклад та параметри. Наприклад, якщо система помічає, що в певний час мешканці зазвичай зменшують температуру вручну, вона в майбутньому робитиме це автоматично.

Завдяки спеціалізованим мобільним додаткам керування терморегулятором стає ще зручнішим. Користувач може швидко змінити розклад, створити нові сценарії або переглянути історію змін температури, що особливо корисно для адміністраторів будівель або керівників підприємств.

У результаті, застосування безпроводних терморегуляторів із функціями розкладу та адаптивного навчання значно підвищує ефективність керування мікрокліматом, забезпечуючи комфортні умови та мінімізуючи втрати енергії як у побутовому, так і в комерційному середовищі.

Використання сенсорів у безпроводних системах терморегуляції значно розширює функціональні можливості таких рішень, роблячи їх більш чутливими до умов навколишнього середовища та здатними до комплексного управління мікрокліматом. На відміну від традиційних терморегуляторів, що реагують лише на температуру повітря, сучасні бездротові технології дозволяють підключати додаткові сенсори, які вимірюють вологість, рівень освітлення, наявність руху або навіть якість повітря.

Ці сенсори постійно передають дані на центральний контролер, який аналізує отриману інформацію у реальному часі. Такий підхід дозволяє системі не просто підтримувати задану температуру, а й адаптувати її відповідно до умов, які можуть впливати на сприйняття комфорту. Наприклад, у приміщенні з підвищеною вологістю навіть помірна температура може сприйматися як задушлива, тому система може автоматично активувати вентиляцію або знижувати температуру, щоб забезпечити оптимальні відчуття для користувачів.

Окрім комфорту, така інтеграція відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки. Сенсори можуть своєчасно виявити небажані зміни в параметрах повітря — надмірну вологість, що сприяє появі плісняви, або нестачу вентиляції

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

в задушливих приміщеннях. У відповідь система може виконувати коригуючі дії: відкривати електричні заслінки, вмикати витяжки чи змінювати режим обігріву.

Завдяки цьому бездротові терморегуляційні системи перетворюються на повноцінні інтелектуальні комплекси керування мікрокліматом, які діють на випередження, забезпечуючи комфортні, здорові та безпечні умови перебування у приміщеннях. Це особливо важливо для місць з підвищеними вимогами до якості повітря — дитячих садків, лікарень, лабораторій або архівів.

Безпроводні терморегулятори відзначаються високим рівнем надійності завдяки впровадженню резервних каналів зв'язку, які забезпечують безперервність роботи систем навіть у випадках, коли основна мережа дає збої. Така архітектура особливо актуальна для великих і відповідальних об'єктів, наприклад, лікарень, лабораторій чи складських приміщень із чутливими до температури медичними препаратами та обладнанням.

У разі втрати сигналу від основного каналу зв'язку, система автоматично переходить на альтернативні шляхи передачі даних — це може бути резервний Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або інші протоколи, що підтримують безпроводні мережі. Завдяки цьому забезпечується безперервний моніторинг і контроль температури, що виключає ризик аварійних ситуацій, спричинених раптовими перебоями у зв'язку.

Крім того, багато сучасних терморегуляторів оснащені режимом автономної роботи, який дозволяє їм зберігати останні налаштування та підтримувати заданий температурний режим навіть без постійного зв'язку з центральним контролером. Така функціональність особливо важлива у випадках процесів, коли відхилення від встановлених параметрів може призвести до значних збитків або загрози здоров'ю.

Таким чином, комбінація резервних каналів зв'язку та автономного режиму роботи значно підвищує надійність безпроводних систем терморегуляції, роблячи їх безпечними та ефективними рішеннями для складних і відповідальних середовищ.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Безпроводні технології в системах терморегуляції значно розширюють можливості користувачів у керуванні температурними умовами, забезпечуючи гнучкість, зручність і енергоефективність. Вони підходять як для побутових, так і для промислових потреб, дозволяючи легко масштабувати систему і адаптувати її під різні вимоги. У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку таких технологій, зокрема з інтеграцією штучного інтелекту, що дозволить ще точніше налаштовувати температурні режими відповідно до індивідуальних потреб кожного користувача. Окрім згаданих переваг, безпроводні технології в системах терморегуляції сприяють оптимізації управління кліматичними умовами на рівні великих мереж та інфраструктурних об'єктів. Вони дозволяють центральним диспетчерським пунктам контролювати кліматичні умови на віддалених об'єктах і приймати швидкі рішення щодо їх регулювання. Це особливо актуально для комерційних будівельних комплексів, торговельних центрів, складів та промислових підприємств, де температура та вологість мають підтримуватися в межах чітко визначених параметрів для забезпечення якості продукції або комфорту працівників.

Додатково, безпроводні терморегулятори забезпечують можливість інтеграції з іншими системами енергозбереження, такими як інтелектуальне освітлення або системи управління споживанням електроенергії. У комплексі ці системи здатні оптимізувати використання ресурсів і знижувати експлуатаційні витрати. Наприклад, у період підвищеного навантаження на електромережу система може автоматично знижувати температуру в окремих зонах для зниження енергоспоживання, або, навпаки, підвищувати її, коли рівень споживання зменшується. Це дає змогу використовувати енергію більш раціонально і знижує загальне навантаження на електромережу, що важливо для стабільності енергосистеми в цілому.

Перспективним напрямом розвитку безпроводних технологій у терморегуляції є інтеграція із системами штучного інтелекту та машинного навчання. Завдяки цим технологіям система зможе самостійно аналізувати величезні масиви даних, отриманих від різних сенсорів, і визначати оптимальні

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

температурні режими для кожного конкретного випадку. Штучний інтелект дозволяє передбачати майбутні температурні коливання на основі попередніх даних і адаптувати параметри роботи системи, що забезпечує більш високий рівень комфорту та енергоефективності. Наприклад, у офісних будівлях система може знижувати температуру вночі та автоматично підвищувати її вранці перед початком робочого дня, враховуючи кількість працівників і погодні умови.

Інноваційним рішенням є також використання технології "енергетичних мереж зворотного зв'язку" в системах безпроводного терморегулювання. Ця концепція полягає в тому, що система здатна не лише адаптуватися до зовнішніх умов, але й прогнозувати та управляти попитом на енергію, координуючи свою роботу з іншими системами в будівлі або навіть з електричною мережею в цілому. Це дає можливість будівлям функціонувати як «розумні об'єкти», що беруть активну участь у розподілі енергетичних ресурсів та забезпечують стабільність у використанні електроенергії.

Розвиток технології Інтернету речей (ІоТ) відкриває нові горизонти для безпроводних систем терморегуляції, дозволяючи створювати складні та масштабовані мережі, що інтегрують різноманітні сенсори та виконавчі пристрої. Завдяки такій архітектурі всі компоненти системи — від температурних датчиків і вологомірів до вентиляторів, клапанів і нагрівальних елементів — можуть обмінюватися даними у режимі реального часу через єдину мережу.

Це значно спрощує налаштування та адміністрування системи, особливо у великих об'єктах, де кількість пристроїв може сягати сотень або навіть тисяч. Єдиний інтерфейс управління дозволяє централізовано контролювати всі параметри, отримувати аналітику, виявляти несправності і оперативно реагувати на будь-які зміни. Крім того, ІоТ-системи підтримують автоматичне налаштування на основі отриманих даних, що допомагає оптимізувати використання енергоресурсів і підвищити ефективність роботи.

Інтеграція таких мереж створює цілісні екосистеми, де кожен пристрій працює в унісон з іншими, забезпечуючи не лише підтримання комфортного

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

температурного режиму, а й загальну оптимізацію кліматичних умов, енергоспоживання та безпеки приміщень. Це робить сучасні безпроводні системи терморегуляції надзвичайно гнучкими та адаптивними рішеннями, здатними задовольнити потреби як малих будівель, так і великих комплексів.

Отже, безпроводні технології в сфері терморегуляції активно розвиваються, відкриваючи нові можливості для створення розумних, адаптивних та енергоефективних систем управління кліматом як у житлових приміщеннях, так і на промислових об'єктах. Впровадження інтелектуальних алгоритмів штучного інтелекту, широке використання інтернету речей та інтеграція з відновлюваними джерелами енергії створюють передумови для появи нових стандартів у контролі температури.

Ці системи не лише підвищують комфорт користувачів і забезпечують точність підтримки необхідних параметрів, а й сприяють суттєвому зниженню енергоспоживання, що є кроком у напрямку сталого розвитку та охорони навколишнього середовища. Завдяки цим інноваціям безпроводні системи терморегуляції поступово перетворюються на ключові інструменти, які допомагають зменшувати вплив людини на клімат і створювати більш екологічно відповідальні простори для життя і виробництва.

1.3.Огляд радіочастотних термостатів та їх характеристик

Радіочастотні термостати є одним із видів безпроводних терморегуляторів, які використовують радіохвилі для передачі даних між термостатом і контролером. Вони дозволяють здійснювати дистанційне керування температурою без потреби у фізичному підключенні термостата до системи опалення чи кондиціонування, що робить їх дуже зручними для встановлення та використання в різних умовах. Такий тип термостатів є популярним у сучасних системах "розумного дому", де передбачається висока автономність і простота у використанні.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Радіочастотні термостати вирізняються своєю здатністю підтримувати стабільний зв'язок на великих відстанях — іноді до кількох десятків метрів, що значно перевищує можливості деяких інших безпроводних технологій, наприклад Bluetooth. Це дозволяє ефективно керувати температурою в різних зонах одного приміщення або навіть на різних поверхах великої будівлі, забезпечуючи при цьому надійний зв'язок без необхідності прямої видимості між пристроями.

Завдяки такому радіусі дії, радіочастотні термостати забезпечують значну гнучкість в установці — їх можна розміщувати у важкодоступних або технічно складних для прокладання кабелів місцях. Водночас використання радіочастотного діапазону сприяє зменшенню кількості перешкод від інших електронних пристроїв, що підвищує якість передачі даних і стабільність роботи системи температурного контролю. Це робить радіочастотні термостати оптимальним рішенням для масштабних або складних об'єктів, де потрібен надійний і гнучкий безпроводний контроль клімату.

Ще однією важливою перевагою радіочастотних термостатів є їхня висока сумісність із різноманітними типами опалювальних систем, що робить їх універсальним рішенням як для побутових, так і для комерційних об'єктів. Вони здатні ефективно працювати не лише з традиційними джерелами тепла — газовими чи електричними котлами, — а й з сучасними технологіями, такими як теплові насоси або системи сонячного опалення.

Ця універсальність забезпечує зручність інтеграції радіочастотних термостатів у вже наявні системи опалення без необхідності проведення масштабних технічних змін або додаткових адаптацій. Для користувачів це означає можливість модернізувати свої кліматичні системи, підвищити їхню ефективність та гнучкість, не витрачаючи зайвих ресурсів на переобладнання чи заміну основного обладнання. Таким чином, радіочастотні термостати поєднують у собі простоту використання, надійність та широкі можливості сумісності.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Радіочастотні термостати вирізняються високою надійністю при одночасному низькому енергоспоживанні, що робить їх ідеальними для тривалого використання в різних умовах. Сучасні моделі оснащені енергозберігаючими технологіями, які оптимізують процес передачі даних, мінімізуючи витрати енергії без шкоди для стабільності зв'язку. Це особливо важливо в тих випадках, коли доступ до постійного джерела живлення обмежений або відсутній.

Багато радіочастотних термостатів підтримують автономну роботу від батарей, що забезпечує їхню функціональність протягом тривалого часу — від кількох місяців до навіть років — без необхідності частого технічного обслуговування чи заміни елементів живлення. Така особливість значно підвищує зручність експлуатації та надійність системи в цілому, особливо у віддалених або важкодоступних місцях, де забезпечення електроживлення є складним.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 1.2 – Огляд характеристик радіочастотних термостатів

Характеристика	Опис
Дальність дії	До кількох десятків метрів, забезпечуючи зручність керування з віддалених зон приміщення.
Сумісність з системами опалення	Сумісність з різними типами систем, такими як газові та електричні котли, теплові насоси.
Рівень енергоспоживання	Низьке енергоспоживання з можливістю роботи від батарей, що забезпечує тривалий час автономної роботи.
Інтелектуальні функції	Здатність вивчати поведінку користувача і адаптувати налаштування відповідно до умов.
Частотний діапазон	Зазвичай працює в діапазоні 433 або 868 МГц для зменшення перешкод і стабільності сигналу.
Можливості багатозонного контролю	Можливість контролю температури в різних зонах будівлі за допомогою одного пристрою.
Прогнозування погодних умов	Підтримка прогнозування для автоматичного налаштування температури згідно з майбутніми змінами погоди.
Інтеграція з іншими системами	Інтеграція з системами освітлення, безпеки, а також енергозберігаючими системами.

Інтелектуальні функції є однією з ключових переваг радіочастотних термостатів, що суттєво підвищують їхню ефективність і зручність у використанні. Завдяки впровадженню сучасних алгоритмів керування, ці пристрої не просто підтримують встановлений температурний режим, а активно адаптуються до змінних умов у приміщенні. Вони здатні аналізувати поведінку користувачів, вивчати їхні звички та розпорядок дня, що дозволяє прогнозувати потреби у зміні температури ще до того, як користувачі фактично це зроблять. Наприклад, якщо система визначає, що мешканці зазвичай повертаються додому у певний час, вона заздалегідь підвищує температуру, створюючи комфортну атмосферу без зайвих витрат енергії. Аналогічно, коли приміщення залишається порожнім, термостат автоматично знижує температуру, уникаючи непотрібного споживання ресурсів. Такий підхід дозволяє не лише підвищити рівень комфорту, але й значно зменшити витрати на опалення чи охолодження в довгостроковій перспективі, роблячи систему більш економічною та екологічно дружньою. Таким чином, інтелектуальні функції радіочастотних термостатів сприяють ефективнішому використанню енергії і створенню оптимальних кліматичних умов без додаткових зусиль з боку користувачів.

Щодо комунікаційних характеристик, радіочастотні термостати часто працюють у діапазоні 433 або 868 МГц, що дозволяє забезпечувати надійний зв'язок із низьким рівнем перешкод. Використання таких частот є перевагою, оскільки вони менш завантажені порівняно з діапазонами, що використовуються для Wi-Fi або Bluetooth, де може виникати велика кількість сигналів від інших пристроїв. Завдяки цьому забезпечується стабільна передача даних навіть в умовах великої кількості електронних пристроїв, що є особливо актуальним для комерційних та офісних приміщень.

Радіочастотні термостати є зручним та ефективним рішенням для дистанційного керування температурою, яке поєднує високу надійність, енергоефективність і простоту експлуатації. Вони забезпечують користувачам широкі можливості контролю кліматичних умов у приміщеннях, сприяючи підвищенню комфорту та оптимізації витрат на енергію. Завдяки своїм

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

унікальним характеристикам, ці термостати дедалі більше стають ключовим елементом сучасних систем «розумного дому», а їхній потенціал для подальшого розвитку, зокрема через інтеграцію технологій штучного інтелекту та інтернету речей, відкриває нові горизонти в автоматизації та енергоефективності.

Розвиток радіочастотних термостатів не лише сприяє підвищенню комфорту в приміщеннях, але й стає інструментом для досягнення цілей енергоефективності та екологічної сталості. Завдяки можливостям віддаленого моніторингу та управління, користувачі можуть контролювати кліматичні умови навіть за межами приміщення, налаштовуючи режим роботи систем опалення та охолодження відповідно до актуальних потреб. Це дозволяє уникати непотрібного споживання енергії, наприклад, коли приміщення пустує. Радіочастотні термостати, інтегровані в мережу "розумного дому", можуть синхронізуватися з іншими пристроями, що створює комплексну систему автоматизації для ефективного керування ресурсами.

Важливою перевагою таких термостатів є їх здатність працювати як частина багатозонної системи кліматичного контролю. Це означає, що один термостат може контролювати кілька окремих зон у приміщенні, налаштовуючи різний температурний режим у кожній з них. Наприклад, в офісному комплексі можна підтримувати оптимальну температуру в робочих зонах, знижуючи її у коридорах та допоміжних приміщеннях, що дозволяє скоротити витрати на енергію без компромісів з боку комфорту. Така багатозонна система може бути особливо корисною для великих будівель або приміщень з різною інтенсивністю використання, адже дозволяє персоналізувати кліматичні налаштування для кожної зони залежно від часу доби та рівня зайнятості.

Одним із перспективних напрямів розвитку радіочастотних термостатів є їх інтеграція з системами прогнозування погоди. Ця функція дозволяє термостатам автоматично адаптуватися до змін зовнішніх умов на основі даних метеорологічних прогнозів. Якщо очікується різке похолодання або потепління, термостат зможе завчасно підвищити чи знизити температуру у приміщенні, готуючи його до майбутніх змін. Такий підхід дозволяє уникати стрибків

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

температури та підвищує загальний рівень комфорту, одночасно знижуючи навантаження на систему кліматичного контролю.

У перспективі радіочастотні термостати отримають значне вдосконалення завдяки впровадженню передових алгоритмів управління, що базуються на аналізі поведінкових патернів користувачів та індивідуальних особливостей приміщення. Використання технологій машинного навчання дозволить цим пристроям не просто реагувати на поточні умови, а й прогнозувати майбутні потреби, оптимізуючи роботу системи для максимальної енергоефективності та комфорту.

Завдяки навчанню на основі історичних даних про звички мешканців, такі термостати зможуть автоматично підбирати найкращі параметри температури, наприклад, своєчасно підвищуючи її вранці перед пробудженням або знижуючи вночі, коли приміщення порожнє. Це створить не просто комфортне середовище, а й забезпечить раціональне використання енергоресурсів, що сприятиме економії та зменшенню впливу на довкілля. Такий інтелектуальний підхід відкриває нові горизонти у сфері кліматичного контролю, перетворюючи радіочастотні термостати на ключовий елемент «розумних» будинків майбутнього.

Інноваційні рішення в сфері безпеки суттєво підвищують функціональність радіочастотних термостатів, роблячи їх надійним інструментом для контролю температури навіть у найскладніших умовах. Завдяки інтеграції додаткових сенсорів, ці пристрої можуть відстежувати параметри, такі як перегрів або замерзання, і миттєво реагувати на виникнення аномалій. У разі виявлення небезпечних ситуацій система не лише сповіщає користувача через мобільний додаток або інші канали зв'язку, а й автоматично активує аварійний режим, який може, наприклад, відключити опалення або охолодження, щоб уникнути пошкоджень обладнання або приміщення.

Особливо значеннєвим це є для промислових об'єктів, де суворе дотримання температурного режиму є значеннєвим для збереження якості продукції або безпеки виробничих процесів. Такий рівень захисту дозволяє

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

мінімізувати ризики аварій, зменшити можливі втрати та забезпечити безперервну та стабільну роботу систем, що підвищує загальну ефективність і надійність інфраструктури.

Таким чином, радіочастотні термостати володіють значним потенціалом для широкого застосування у різноманітних сферах — від побутових умов до масштабних промислових об'єктів. Їхні функції віддаленого керування, здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища та висока енергоефективність роблять їх ключовим елементом сучасних автоматизованих систем кліматичного контролю.

Завдяки впровадженню передових технологій штучного інтелекту, інтернету речей та використанню відновлюваних джерел енергії, радіочастотні термостати поступово перетворюються на ще більш розумні, надійні та ефективні пристрої. Це, в свою чергу, сприятиме формуванню комфортного та безпечного середовища, що відповідає сучасним стандартам якості життя та вимогам екологічної сталості.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

графічним інтерфейсом. Завдяки дисплею користувач може бачити поточні параметри, такі як фактична температура, задані значення, режим роботи, а також отримувати повідомлення про помилки або інші важливі події. Це значно спрощує експлуатацію пристрою, робить його зручним для побутового та промислового використання.

Цифровий термостат також підтримує програмовані режими роботи, які дозволяють задавати розклад включення або виключення системи обігріву чи охолодження. Це забезпечує високу енергоефективність, оскільки система працює лише тоді, коли це необхідно. Наприклад, термостат може автоматично знижувати температуру вночі або підвищувати її перед поверненням користувачів додому. Сучасні цифрові термостати інтегруються з бездротовими мережами, що дозволяє керувати пристроєм дистанційно через смартфони або інші мобільні пристрої. Завдяки бездротовому зв'язку користувач може контролювати температуру, отримувати дані про її зміни в реальному часі, а також налаштовувати параметри роботи, навіть перебуваючи далеко від об'єкта.

Основні принципи роботи цифрового термостату полягають у використанні точних сенсорів для збору даних, потужного мікроконтролера для їх обробки, ефективних алгоритмів регулювання для забезпечення стабільності, а також у впровадженні зручного інтерфейсу та можливості віддаленого керування. Це дозволяє створювати надійні, зручні та енергоефективні системи контролю температури, які відповідають сучасним вимогам автоматизації та комфорту. Однією з характеристик цифрового термостата є його здатність адаптуватися до умов експлуатації. Завдяки інтеграції програмного забезпечення, пристрій може аналізувати історичні дані про зміни температури та оптимізувати свою роботу відповідно до поведінки користувача або зовнішніх умов. Наприклад, у випадках різкого зниження зовнішньої температури термостат може завчасно активувати систему обігріву, щоб підтримувати комфортний клімат без затримок. Це досягається через використання алгоритмів прогнозування, які враховують різноманітні фактори, такі як час доби, сезонні особливості або навіть погодні умови.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Інтеграція з іншими компонентами «розумного дому» є ще одним суттєвим аспектом роботи цифрового термостата. Завдяки підтримці стандартів, таких як Zigbee, Z-Wave або Wi-Fi, термостат може бути частиною великої мережі пристроїв, яка включає системи освітлення, безпеки та енергозбереження. Це дозволяє створювати комплексні сценарії автоматизації. Наприклад, термостат може знижувати температуру в приміщенні, якщо сенсори руху не фіксують присутності людей, або, навпаки, підвищувати її перед запланованим поверненням мешканців.

Цифровий термостат також враховує питання енергоефективності. Завдяки високоточним сенсорам і алгоритмам керування він може мінімізувати витрати енергії, підтримуючи необхідний температурний режим із мінімальними відхиленнями. Наприклад, у випадках, коли температура досягає заданого рівня, термостат може тимчасово вимкнути обігрів або охолодження, а потім знову активувати їх лише тоді, коли температура відхилиться від оптимальних значень. Це сприяє не лише економії енергоресурсів, але й зниженню навантаження на систему обігріву чи кондиціонування, що продовжує її термін експлуатації.

У сучасних цифрових термостатах безпека є пріоритетом, що забезпечує надійний захист як обладнання, так і користувачів. Пристрій оснащений функціями виявлення аномалій, таких як перегрів, замерзання або несправність системи опалення чи охолодження. У разі виникнення подібних ситуацій термостат миттєво інформує користувача через мобільний додаток, що дозволяє своєчасно реагувати та уникати негативних наслідків. Одночасно система може автоматично переходити в аварійний режим, обмежуючи або припиняючи подачу енергії до пошкоджених компонентів. Це запобігає розвитку аварійних станів, знижує ризик пошкоджень устаткування і навіть можливих загроз для безпеки людей. Такий підхід робить цифрові термостати не лише зручними пристроями для контролю клімату, але й елементами комплексної системи безпеки сучасних будівель.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 2.1 – Основні характеристики цифрового термостата

Характеристика	Опис
Тип сенсорів	Використовуються терморезистори, термопари або цифрові сенсори для вимірювання температури.
Процесорний блок	Мікроконтролер, який обробляє дані сенсорів та виконує алгоритми керування.
Алгоритми регулювання	PID-алгоритми забезпечують стабільність роботи та точність регулювання.
Програмовані режими	Можливість задавати розклад роботи для оптимізації енерговитрат.
Інтерфейс користувача	Дисплей для відображення параметрів, налаштування через кнопки, мобільні додатки або голос.
Бездротове підключення	Підтримка Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth для дистанційного керування через мобільні пристрої.
Інтеграція з «розумним домом»	Можливість взаємодії з іншими системами, такими як освітлення, безпека, енергозбереження.
Енергоефективність	Оптимізація енергоспоживання завдяки точному контролю та програмованим режимам.
Система безпеки	Захист від перегріву, замерзання, надсилання попереджень у разі аварійної ситуації.

Дистанційне керування	Можливість управління температурою через мобільний додаток або голосові команди.
Аварійні режими роботи	Автоматичне блокування у разі несправності для запобігання аваріям.
Статистика енергоспоживання	Функція аналізу та відображення даних про використання енергії для оптимізації витрат.
Голосове керування	Інтеграція з Amazon Alexa, Google Assistant для зручності користувача.

Зручність користувача є ключовим чинником у сучасних цифрових термостатах, що робить їх експлуатацію максимально простою та комфортною. Інтерфейси таких пристроїв розроблені з урахуванням потреб різних категорій користувачів, тому вони відзначаються інтуїтивною зрозумілістю та логічністю. Це дозволяє без зайвих зусиль налаштовувати температурні режими, створювати розклади опалення чи охолодження, а також оперативно коригувати параметри залежно від поточних вимог.

Крім того, сучасні термостати часто пропонують можливість перегляду детальної статистики енергоспоживання, що допомагає користувачам аналізувати витрати і знаходити шляхи для їх оптимізації. Особливою зручністю є підтримка голосового управління через інтеграцію з популярними віртуальними помічниками, такими як Amazon Alexa чи Google Assistant. Завдяки цьому можна керувати системою навіть без фізичного контакту з пристроєм — наприклад, змінювати температуру голосовою командою, що особливо корисно у повсякденному житті, коли руки зайняті або перебуваєш у іншій кімнаті.

Таким чином, сучасні термостати не лише виконують функції контролю температури, але й створюють комфортний та простий у використанні інтерфейс,

					<i>КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

який відповідає вимогам сучасного користувача та підвищує якість повсякденного життя.

Отже, цифровий термостат — це складний багатофункціональний пристрій, який поєднує високу точність регулювання температури, здатність адаптуватися до змінних умов і впровадження інноваційних технологій. Його робота спрямована на створення максимально комфортного та енергоефективного клімату, що відповідає сучасним потребам користувачів. Особливе значення мають інтелектуальні алгоритми, які дозволяють пристрою враховувати поведінкові особливості мешканців і умови приміщення, забезпечуючи оптимальний режим роботи.

Крім того, інтеграція цифрового термостата з іншими системами "розумного дому" та підтримка актуальних стандартів бездротового зв'язку робить його важливою складовою автоматизованого середовища, що підвищує зручність керування та загальну ефективність. Завдяки цьому цифрові термостати стають не просто пристроями контролю клімату, а ключовими елементами сучасних технологічних рішень, які сприяють підвищенню якості життя й енергозбереженню.

2.2. Вибір радіочастотної технології для передачі даних

Вибір радіочастотної технології для передачі даних у бездротових цифрових термостатах є одним із ключових рішень, що впливає на ефективність, стабільність та функціональність системи. Основою будь-якої радіочастотної системи є принцип передачі інформації через електромагнітні хвилі на певній частоті. Правильний вибір частотного діапазону та протоколу передачі забезпечує надійність зв'язку між термостатом і його контролером, а також дозволяє мінімізувати вплив зовнішніх перешкод.

Радіочастотні технології працюють у різних діапазонах частот, таких як 433 МГц, 868 МГц або 2,4 ГГц, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Наприклад, діапазон 433 МГц забезпечує кращу проникність сигналу через стіни

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

і великі відстані, що робить його ідеальним для будівель із товстими перегородками. Проте він може мати більший ризик перешкод через насиченість частотного спектра іншими пристроями. Діапазон 868 МГц, популярний у Європі, також забезпечує хорошу стабільність сигналу з помірною дальністю дії, що ідеально підходить для середніх за розміром приміщень. Високочастотний діапазон 2,4 ГГц, який часто використовується в Wi-Fi та Bluetooth, забезпечує високу швидкість передачі даних, але його сигнал менш стійкий до перешкод від фізичних бар'єрів.

У процесі вибору радіочастотної технології слід враховувати специфіку середовища, в якому працюватиме система. Для великих приміщень або будівель із багатьма перешкодами, таких як бетонні стіни, радіочастотні протоколи з нижчими частотами (433 або 868 МГц) є більш підходящими. Для житлових приміщень із відкритим простором можна використовувати високочастотний діапазон 2,4 ГГц, який дозволяє забезпечити кращу інтеграцію з іншими пристроями «розумного дому». Крім частотного діапазону, критерієм вибору є протокол передачі даних. Популярними рішеннями є Zigbee, Z-Wave, LoRa та власні протоколи виробників. Zigbee є одним із найпоширеніших стандартів, що забезпечує низьке енергоспоживання, високу швидкість передачі даних і сумісність із широким спектром пристроїв. Z-Wave, у свою чергу, має перевагу у вигляді більш стабільного зв'язку на великій відстані та мінімальних перешкод, але менш розповсюджений у порівнянні з Zigbee. LoRa використовується для дуже великої дальності передачі даних із низьким енергоспоживанням, що робить його придатним для промислових умов або великих будівельних комплексів.

Ще одним аспектом, який слід враховувати при виборі радіочастотної технології для термостатів, є їх енергоспоживання. Оскільки багато таких пристроїв працюють на батарейках, зниження енергоспоживання стає умовою для забезпечення тривалої автономної роботи. Технології, як-от Zigbee та LoRa, відомі своєю енергоефективністю, що дозволяє термостатам функціонувати на одному комплекті батарей протягом тривалого часу — від кількох місяців до

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

навіть років. Це особливо важливо для пристроїв, які встановлюють у важкодоступних місцях або там, де регулярна заміна батарейок утруднена. Така ефективність у споживанні енергії не лише підвищує надійність роботи системи, а й знижує експлуатаційні витрати, роблячи радіочастотні термостати більш привабливими для широкого кола користувачів.

Також значенням є питання безпеки передачі даних. Радіочастотні технології мають бути захищені від перехоплення сигналу та несанкціонованого доступу. Сучасні протоколи, такі як Zigbee та Z-Wave, підтримують шифрування даних, що забезпечує високий рівень безпеки при передачі інформації між пристроями. Вибір радіочастотної технології залежить від низки факторів, включаючи особливості середовища, вимоги до енергоспоживання, частотного діапазону, дальності дії, швидкості передачі даних та безпеки. Оптимальне рішення забезпечить стабільну та ефективну роботу цифрового термостата, а також дозволить легко інтегрувати його в існуючі системи автоматизації. Крім технічних характеристик, під час вибору радіочастотної технології слід враховувати можливість масштабування системи та її інтеграції з іншими пристроями. Наприклад, використання стандартів Zigbee чи Z-Wave дозволяє створювати багатозональні системи кліматичного контролю, де один термостат може керувати кількома зонами, або інтегрувати термостат у комплексну систему «розумного дому», яка включає освітлення, системи безпеки, датчики руху та інші автоматизовані пристрої. Таке масштабування забезпечує гнучкість системи, що дозволяє адаптувати її до змінних потреб користувачів.

Ще одним критерієм є стійкість до зовнішніх перешкод і завад. Радіочастотні пристрої часто працюють в умовах, де можуть бути джерела електромагнітних перешкод, наприклад, інші бездротові пристрої, мікрохвильові печі чи великі металеві конструкції. Технології, такі як LoRa чи Zigbee, мають механізми корекції помилок і мінімізації впливу перешкод, що дозволяє забезпечити надійний зв'язок навіть у складних умовах. Наприклад, використання вузькосмугової модуляції в технології LoRa дозволяє знизити

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

рівень завад і збільшити дальність зв'язку, що робить її ефективною для великих об'єктів, таких як склади або промислові будівлі.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 2.2 – Характеристики радіочастотних технологій для передачі даних

Критерій	Опис
Частотний діапазон	Працює у діапазонах 433 МГц, 868 МГц, 915 МГц або 2,4 ГГц залежно від потреб системи.
Дальність дії	До кількох сотень метрів для низькочастотних протоколів або кілька десятків метрів для високочастотних.
Енергоефективність	Низьке енергоспоживання для продовження роботи пристроїв на батарейках.
Стійкість до перешкод	Використання вузькосмугової модуляції або корекції помилок для зменшення впливу перешкод.
Пропускна здатність	Висока для протоколів, таких як Wi-Fi, і середня для Zigbee та Z-Wave.
Безпека	Підтримка шифрування даних для захисту від перехоплення сигналу.
Масштабованість	Можливість інтеграції в багатозональні системи або мережі інтернету речей (IoT).
Сумісність	Підтримка різних стандартів для інтеграції з іншими пристроями «розумного дому».
Регуляторні норми	Відповідність частотному законодавству в різних регіонах (Європа, США тощо).

Економічні аспекти також відіграють важливу роль у виборі радіочастотної технології. Вартість компонентів і ліцензування певних частот може впливати на кінцеву ціну термостата. Наприклад, технології, що використовують безліцензійні діапазони частот, такі як Zigbee чи Bluetooth, мають нижчу вартість у порівнянні з ліцензованими протоколами. Однак для спеціалізованих рішень у промисловості може бути доцільним використання ліцензованих частот, які забезпечують вищу стабільність і мінімум перешкод.

Особливу увагу слід приділити вибору частоти залежно від регіональних обмежень і стандартів. У різних країнах дозволені діапазони частот можуть відрізнятися. Наприклад, діапазони 433 МГц і 868 МГц популярні в Європі, тоді як у США частіше використовується 915 МГц. Це важливо враховувати, якщо термостат розробляється для глобального ринку або для використання в міжнародних проєктах. Дотримання локальних регуляторних норм є потрібним для забезпечення відповідності вимогам і уникнення юридичних проблем. Ще одним перспективним напрямом є інтеграція радіочастотних технологій із технологією інтернету речей (IoT). Сучасні стандарти, такі як Thread або Wi-Fi 6, дозволяють створювати високопродуктивні мережі для великої кількості пристроїв. У таких мережах термостати можуть працювати в тісній взаємодії з іншими сенсорами і виконавчими механізмами, обмінюючись даними для досягнення максимальної ефективності. Наприклад, термостат може отримувати дані від зовнішнього датчика погоди і автоматично налаштовувати температурний режим відповідно до прогнозу, або взаємодіяти з віконними датчиками, щоб регулювати температуру залежно від відкритих чи закритих вікон. Таким чином, вибір радіочастотної технології є комплексним процесом, що включає врахування технічних, економічних, регуляторних та інтеграційних аспектів. Правильне рішення забезпечить не лише стабільну і надійну роботу цифрового термостата, але й створить основу для подальшого розвитку та модернізації системи, відповідно до зростаючих вимог користувачів та інновацій у сфері автоматизації.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

2.3. Огляд компонентів та їх характеристик

Цифровий термостат є складною електронною системою, що складається з низки компонентів, кожен з яких виконує специфічну функцію для забезпечення точного контролю температури, стабільної передачі даних та надійного функціонування системи. Розуміння характеристик цих компонентів є етапом при проектуванні термостата. Основним елементом термостата є сенсор, який відповідає за вимірювання температури. Найчастіше використовуються терморезистори або цифрові сенсори. Терморезистори забезпечують високу чутливість до змін температури, перетворюючи її у відповідний електричний сигнал. Водночас цифрові сенсори, такі як DS18B20, мають інтегровану мікросхему для перетворення даних і передачі їх у цифровому форматі, що знижує похибку вимірювань і забезпечує сумісність із сучасними мікроконтролерами. Ці сенсори також характеризуються широким діапазоном вимірювань температури, що дозволяє їх використовувати як у побутових, так і в промислових умовах.

Ключову роль у системі відіграє мікроконтролер, який здійснює обробку даних від сенсорів і приймає рішення щодо керування виконавчими пристроями. Популярними виборами є мікроконтролери серій STM32 або ESP32, які відомі своєю високою продуктивністю та енергоефективністю. Вони підтримують роботу з різними інтерфейсами, такими як I²C, UART, або SPI, що дозволяє легко інтегрувати їх із іншими компонентами системи. Крім того, деякі мікроконтролери мають вбудовані модулі бездротового зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth), що спрощує передачу даних і розширює функціональність термостата.

Ще одним компонентом є модуль живлення, який забезпечує стабільну роботу пристрою. Залежно від умов експлуатації, термостат може працювати як від постійного джерела живлення, так і від батарей. У другому випадку модуль живлення повинен бути оснащений схемою низького енергоспоживання, щоб продовжити термін служби батарей. Сучасні схеми, такі як DC-DC

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

перетворювачі, дозволяють ефективно перетворювати напругу, мінімізуючи втрати енергії.

Для забезпечення бездротового зв'язку використовується модуль передачі даних. Наприклад, модулі NRF24L01 або ESP8266 дозволяють реалізувати передачу даних через радіочастотні канали або Wi-Fi. Вибір модуля залежить від вимог до дальності зв'язку, швидкості передачі даних і енергоспоживання. Для систем із високими вимогами до дальності зв'язку перевагу надають радіочастотним модулям, таким як LoRa, які здатні працювати на великих відстанях із мінімальним споживанням енергії.

Елементом, що забезпечує взаємодію з користувачем, є інтерфейсний модуль. Він може включати кнопки для ручного налаштування параметрів і дисплей для відображення поточних показників, таких як температура або стан системи. Часто використовуються РК-дисплеї або OLED-екрани, які забезпечують чіткість зображення навіть при низькому рівні освітлення. Для інтеграції з мобільними додатками інтерфейсний модуль може також підтримувати передачу даних на смартфон користувача через Bluetooth або Wi-Fi. Для управління виконавчими пристроями, такими як нагрівачі або кондиціонери, використовуються реле або MOSFET-транзистори. Реле забезпечують надійність і простоту використання, тоді як транзистори дозволяють більш точно регулювати потужність подачі енергії, що підвищує загальну ефективність системи. Крім основних компонентів, у цифрових термостатах можуть бути використані додаткові сенсори, наприклад, датчики вологості або руху, які дозволяють створювати більш складні сценарії управління температурним режимом. Наприклад, при виявленні підвищеної вологості система може автоматично увімкнути вентиляцію, а при відсутності руху — знизити температуру для економії енергії.

Компоненти цифрового термостата є складною комбінацією апаратних і програмних рішень, кожне з яких виконує специфічну функцію. Їх правильний вибір і взаємодія дозволяють створити надійну, ефективну та зручну систему для контролю температури, яка відповідає сучасним вимогам користувачів.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Ключовим аспектом у розробці цифрового термостата є інтеграція всіх компонентів у єдину систему, яка здатна забезпечувати безперебійну роботу навіть у складних умовах експлуатації. Для цього необхідно приділити увагу сумісності компонентів, їх енергоспоживанню та стійкості до зовнішніх впливів.

Одним із завдань є забезпечення надійного зв'язку між мікроконтролером і бездротовим модулем. Використання сучасних протоколів, таких як I²C чи UART, дозволяє забезпечити швидку і точну передачу даних без втрат. Для підвищення стабільності системи можуть бути використані резервні канали зв'язку, що дозволяють підтримувати функціонування термостата навіть у випадку тимчасових збоїв основного каналу. Для ефективної взаємодії з користувачем важливо правильно організувати інтерфейс. Наприклад, дисплей має бути зручним для зчитування інформації з різних відстаней і під різними кутами огляду.

Крім того, на дисплеї можна розмістити індикатори стану системи, такі як рівень заряду батареї, поточний режим роботи або стан зв'язку. Це дозволить користувачу отримувати необхідну інформацію без зайвих дій. Програмне забезпечення термостата є не менш значущим, ніж апаратні компоненти. Воно забезпечує обробку даних від сенсорів, виконання алгоритмів регулювання температури та управління виконавчими пристроями. Важливо, щоб програма була оптимізована для зниження споживання енергії, особливо якщо термостат працює від батарей. Крім того, програмне забезпечення повинно забезпечувати швидкий відгук на зміни температури, щоб уникнути дискомфорту користувачів або перевитрати енергії.

Окрему увагу слід приділити питанням безпеки. У цифровому термостаті можуть бути реалізовані механізми самодіагностики, які дозволяють виявляти збої в роботі сенсорів, зниження напруги живлення або порушення зв'язку. У таких випадках система повинна автоматично переходити в безпечний режим роботи або надсилати сповіщення користувачу через мобільний додаток. Це забезпечує надійність роботи пристрою навіть у критичних ситуаціях.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Енергоспоживання системи справді є одним із найважливіших факторів, особливо коли мова йде про термостати, встановлені у важкодоступних місцях або там, де регулярна заміна батарей є складною або затратною процедурою. Сучасні радіочастотні термостати використовують енергоефективні мікросхеми, які оптимізують роботу пристрою, мінімізуючи витрати енергії без шкоди для функціональності.

Ключовим елементом у цьому є застосування розумних алгоритмів управління, які дозволяють системі переходити у режим низького енергоспоживання в моменти, коли немає активних змін температури або відсутня взаємодія користувача з пристроєм. У такому стані термостат знижує частоту опитування сенсорів і передачі даних, що значно подовжує час автономної роботи.

Завдяки такому підходу, пристрої можуть працювати без заміни батарей протягом місяців або навіть років, що підвищує зручність їх експлуатації і знижує експлуатаційні витрати. Це особливо важливо для великих систем, де одночасно працює багато термостатів, а також у промислових умовах, де доступ до обладнання часто обмежений.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Таблиця 2.3 – Огляд компонентів цифрового термостата та їх характеристики

Компонент	Характеристика
Температурний сенсор	Використовується для вимірювання температури; найпоширеніші варіанти – терморезистори або цифрові сенсори.
Мікроконтролер	Обробляє дані від сенсорів, виконує алгоритми управління, може підтримувати бездротовий зв'язок.
Модуль живлення	Забезпечує стабільну подачу енергії; можливе живлення від батарей або постійного джерела.
Модуль передачі даних	Здійснює бездротову передачу інформації; популярні варіанти – NRF24L01, ESP8266, LoRa.
Дисплей	Відображає поточну інформацію про температуру, стан системи та налаштування.
Реле або транзистори	Управляють виконавчими пристроями, такими як обігрівачі або кондиціонери.
Інтерфейс користувача	Може включати кнопки, дисплей, підтримку мобільних додатків або голосового управління.
Додаткові сенсори	Датчики вологості, руху або освітленості для розширення функціональності.

Програмне забезпечення	Забезпечує роботу пристрою, обробку даних, алгоритми енергоефективності та оновлення функцій.
------------------------	---

Нарешті, при проектуванні цифрового термостата особливу увагу слід приділяти можливості оновлення його програмного забезпечення. Це дозволяє забезпечити довготривалу актуальність пристрою, даючи змогу впроваджувати нові функції, удосконалювати існуючі алгоритми керування та оперативно виправляти виявлені помилки без потреби фізичної заміни або ремонту термостата.

Для реалізації цієї можливості термостат оснащують функцією оновлення «по повітрю» (Over-The-Air, OTA), яка значно спрощує процес внесення змін у програмне забезпечення. Завдяки OTA користувачі можуть оновлювати пристрій дистанційно через інтернет або локальну мережу, що підвищує зручність експлуатації і забезпечує безперервність роботи системи без зайвих збоїв чи простоїв.

Такий підхід не лише подовжує життєвий цикл термостата, а й робить його більш гнучким і адаптивним до змін у технологічному середовищі, що є важливим фактором у сучасних автоматизованих кліматичних системах.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

РОЗІЛ 3. Розробка конструкції цифрового термостату

3.1 Структурна схема термостату

Структурна схема цифрового термостату визначає взаємозв'язок між основними функціональними елементами пристрою. Схема складається з кількох ключових блоків, кожен з яких виконує конкретну функцію в процесі управління температурою. На вході пристрою знаходиться датчик температури, який виконує роль первинного перетворювача фізичних параметрів у електричний сигнал. Найчастіше використовують термістори або термопари, які характеризуються високою точністю і швидкістю. Цей сигнал передається до підсилювача сигналу, де він нормалізується і підсилюється для подальшої обробки.

Підсилений сигнал надходить до аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), який переводить аналоговий сигнал в цифровий формат, придатний для обробки мікроконтролером. АЦП забезпечує точність перетворення, яка залежить від роздільної здатності термостату. Наступний ключовий елемент – мікроконтролер, що є "мозком" термостату. Він отримує цифровий сигнал від АЦП, аналізує його і порівнює з заданими користувачем параметрами температури. Мікроконтролер також виконує логічні операції та приймає рішення про включення або вимкнення нагрівального чи охолоджувального елемента. З мікроконтролера дані передаються до модуля керування нагрівальним елементом, який управляє силовими ключами або реле. Цей модуль забезпечує подачу напруги на нагрівальний елемент у разі потреби. Якщо термостат має функцію охолодження, до схеми додається аналогічний модуль керування охолоджувальним елементом.

Для індикації поточних параметрів системи використовується рідкокристалічний дисплей (LCD) або інший інтерфейс відображення. Дисплей показує температуру, встановлені межі та інші дані, які необхідні користувачеві.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Взаємодія користувача з термостатом здійснюється через панель керування, яка включає кнопки, сенсори або енкодери. Панель дозволяє задавати бажану температуру, режим роботи, а також інші налаштування пристрою.

Для забезпечення стабільної роботи термостат оснащується модулем живлення, який перетворює напругу мережі або батареї у необхідні рівні живлення для окремих модулів схеми. Модуль живлення також може включати блок захисту від перенапруги та короткого замикання. Структурна схема цифрового термостату поєднує в собі датчик температури, підсилювач сигналу, АЦП, мікроконтролер, модулі керування, інтерфейс відображення, панель керування та блок живлення, забезпечуючи точний контроль температури у заданих межах. Центральним елементом структурної схеми є мікроконтролер, який забезпечує взаємодію між усіма компонентами термостату. Мікроконтролер не лише аналізує сигнал від датчика температури, але й виконує функцію управління режимами роботи пристрою. Для реалізації точного та безпечного контролю він використовує попередньо запрограмовані алгоритми регулювання, наприклад, пропорційно-інтегрально-диференційний (PID) алгоритм. Це дозволяє термостату підтримувати температуру з мінімальними відхиленнями від встановленого значення.

Під час роботи мікроконтролер безперервно отримує дані від датчика температури, аналізуючи поточні умови в приміщенні. Одночасно він приймає вхідні сигнали від користувача через панель керування, що дозволяє змінювати налаштування системи в реальному часі. Наприклад, коли користувач задає нове бажане значення температури, мікроконтролер оперативно оновлює внутрішні параметри регулювання, адаптуючи роботу нагрівальних або охолоджувальних елементів. Завдяки цьому відбувається точне і швидке підтримання комфортного клімату відповідно до поточних вимог користувача.

Модулі керування нагрівальним і охолоджувальним елементами грають ключову роль у передачі команди від мікроконтролера до виконавчих пристроїв. У сучасних термостатах ці модулі можуть використовувати потужні MOSFET-транзистори або реле, які забезпечують високий рівень енергоефективності. Крім

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

того, в схему часто включають елементи захисту, такі як запобіжники або термічні реле, щоб запобігти пошкодженню у разі перегріву або короткого замикання.

Ще одним елементом є зворотній зв'язок, який забезпечує постійне оновлення інформації про поточну температуру. Цей механізм дозволяє системі оперативно реагувати на відхилення та уникати ситуацій перегріву чи надмірного охолодження. Завдяки зворотному зв'язку мікроконтролер може безперервно моніторити температуру в режимі реального часу та вносити корективи в роботу системи.

Інтерфейс індикації відіграє ключову роль у зручності експлуатації пристрою. На рідкокристалічному дисплеї (або OLED-екрані) користувач може побачити не лише поточну температуру, а й інші важливі дані, такі як стан нагрівального елемента, рівень батареї (у разі автономного живлення), режим роботи термостату тощо. Для поліпшення зручності використання можуть бути додані світлодіодні індикатори, які сигналізують про активність певних модулів.

Останній, але не менш значущий елемент – це модуль захисту і стабілізації напруги. Він забезпечує роботу термостату в широкому діапазоні напруг і захищає чутливі компоненти від стрибків напруги. Для цього використовуються стабілізатори напруги, конденсатори фільтрації та діоди захисту.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

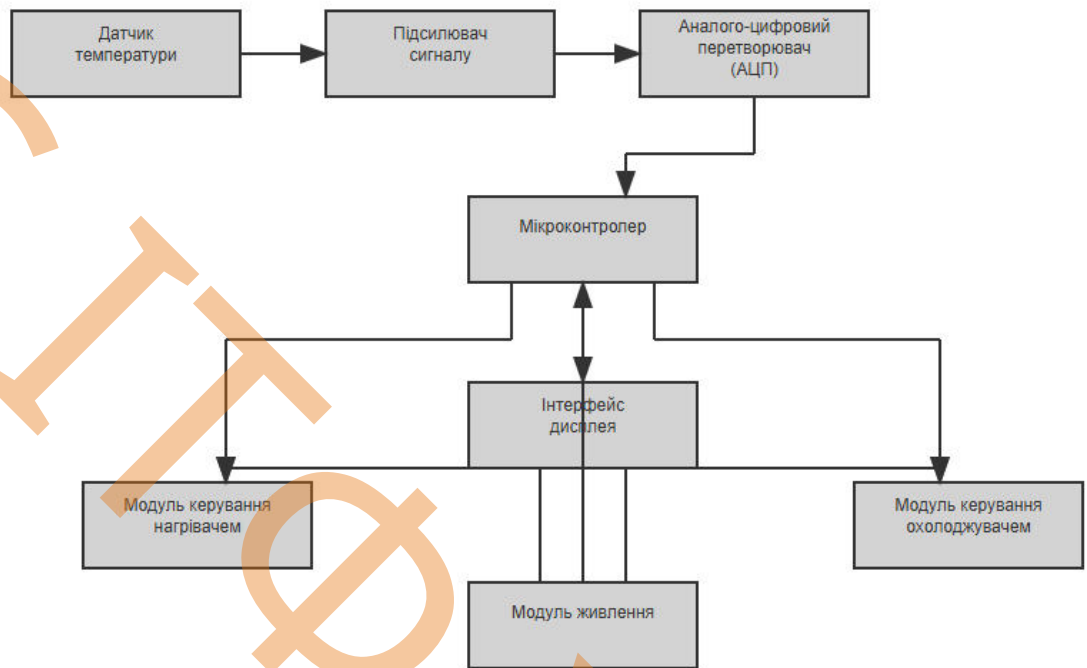


Рис.3.1. Структурна схема термостату

Структурна схема цифрового термостату організована таким чином, щоб забезпечити ефективну і безперебійну взаємодію всіх складових компонентів. Кожен блок у схемі виконує свою спеціалізовану функцію: датчики відповідають за точне вимірювання температури, мікроконтролер обробляє отримані дані і приймає рішення щодо регулювання, а виконавчі елементи здійснюють необхідні зміни в системі опалення чи охолодження. Завдяки такій чіткій координації всієї системи термостат може підтримувати заданий температурний режим з високою точністю, водночас забезпечуючи стабільність роботи і необхідний рівень безпеки.

3.2 . Розробка схеми електричних з'єднань

Розробка схеми електричних з'єднань цифрового термостата є ключовим етапом, який забезпечує правильну роботу всіх компонентів системи. Ця схема визначає, як саме всі елементи термостата взаємодіють між собою через електричні ланцюги, передаючи сигнали, живлення та забезпечуючи контроль системи. На початку створення схеми враховуються параметри електронних

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

компонентів. Датчик температури підключається до підсилювача сигналу, щоб забезпечити точність і надійність вимірювання. Вихід датчика температури під'єднується до входу підсилювача через низьковольтний кабель із забезпеченням екранування для захисту від електромагнітних завад. Підсилювач живиться від стабілізованого джерела напруги, що гарантує стабільність роботи навіть при перепадах у мережі.

З підсилювача сигнал передається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). У цьому вузлі передбачено електричне з'єднання за допомогою кабелю з низьким рівнем шумів, щоб уникнути викривлення даних. АЦП конвертує аналоговий сигнал у цифровий і передає його на мікроконтролер через сигнальні лінії, які забезпечують необхідну швидкість передачі даних. Мікроконтролер є центральним елементом системи, до якого підключаються всі інші компоненти. Живлення мікроконтролера забезпечується від стабілізованого джерела через розділовий конденсатор, який усуває можливі перешкоди. Для зв'язку між мікроконтролером та модулем керування нагрівальним елементом використовуються силові транзистори, що дозволяють керувати струмами високої потужності. Вихід модуля під'єднується до нагрівального елемента через захисні реле, які розмикають ланцюг у разі перевантаження.

Охолоджувальний елемент підключається аналогічним чином через окремий модуль керування, який також інтегрується з мікроконтролером. Для забезпечення захисту кожного силового каналу передбачені плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі.

Для передачі даних користувачеві використовується інтерфейс індикації. Мікроконтролер з'єднується з рідкокристалічним дисплеєм через шину даних I²C або SPI, залежно від конструкції пристрою. Для відображення даних передбачені додаткові резистори обмеження струму, щоб уникнути пошкодження дисплея.

Система живлення відіграє важливу роль у стабільній роботі термостата. Живлення всіх компонентів здійснюється через блок живлення, який включає трансформатор, випрямляч, стабілізатор напруги та фільтри. Блок живлення

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

підключається до всіх основних модулів через окремі лінії для мінімізації впливу перешкод і забезпечення розподілу потужності. Електричні з'єднання між усіма компонентами виконуються з урахуванням технічних вимог, таких як допустима напруга, сила струму та опір провідників.

Також враховуються стандарти електромагнітної сумісності для зниження рівня радіоперешкод. Додатковим аспектом розробки схеми електричних з'єднань є врахування умов експлуатації термостата. У разі використання пристрою в умовах підвищеної вологості чи температури важливо передбачити додаткові заходи захисту, такі як герметизація контактів або застосування вологостійких роз'ємів. Усі з'єднання повинні бути виконані з якісними контактними матеріалами, які стійкі до окислення, наприклад, позолочені або олов'яні контакти. Щоб забезпечити довговічність роботи системи, проводиться ретельний підбір перерізу проводів залежно від сили струму, яка протікає через кожен ланцюг. Для силових ланцюгів вибираються мідні провідники з більшим перерізом, що знижує нагрівання і втрати енергії.

Для низьковольтних сигнальних ланцюгів застосовуються тонші провідники, проте ізоляція таких кабелів має бути захищеною від механічних пошкоджень. Крім того, розглядається організація заземлення системи. Усі модулі, які можуть накопичувати статичний заряд (наприклад, дисплей або корпус), з'єднуються з загальним контуром заземлення. Це мінімізує ризик пошкодження мікроконтролера чи інших чутливих компонентів через розряди статичної електрики.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

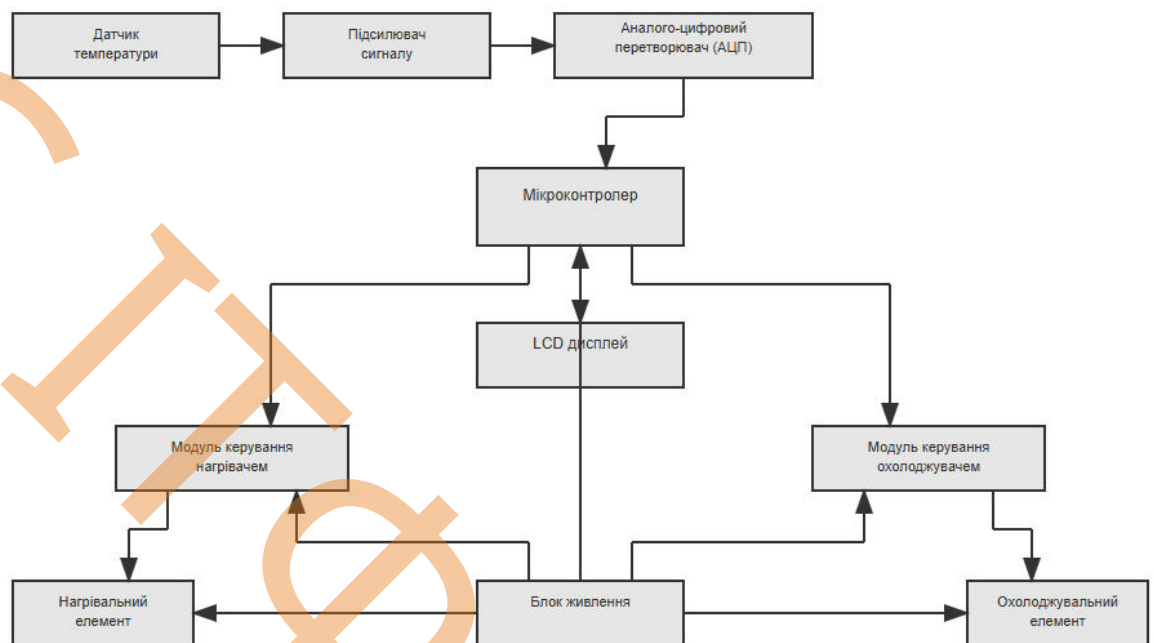


Рис. 3.2. Схема електричних з'єднань

Для тестування і обслуговування пристрою важливо передбачити роз'єми або клеми для швидкого доступу до основних ланцюгів. Це дозволяє оперативно перевірити їхню справність або замінити компоненти без необхідності демонтажу всієї системи. Наприклад, у схемі можуть бути передбачені роз'єми для швидкої заміни датчика температури або блоку живлення. Головним кроком є симуляція схеми електричних з'єднань на етапі розробки.

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, такого як Proteus, LTSpice або Multisim, здійснюється комплексне моделювання роботи всіх вузлів цифрового термостату. Це дає змогу перевірити сумісність компонентів, виявити можливі помилки на ранніх етапах проектування та оптимізувати роботу системи. Симуляція дозволяє проаналізувати поведінку пристрою при різних вхідних параметрах, змінних зовнішніх умовах і можливих збої, що забезпечує підвищену стабільність та надійність роботи кінцевого продукту. Такий підхід суттєво знижує ризики технічних несправностей і сприяє швидшому впровадженню термостату в експлуатацію.

Після завершення проектування схеми виконується її реалізація на друкованій платі (PCB). На етапі розробки друкованої плати враховується

правильне розташування доріжок, мінімізація перехресних перешкод і забезпечення надійного кріплення компонентів. Застосовується поділ "сигнальних" і "силових" зон на платі для зниження взаємного впливу. Фінальним етапом є тестування готового пристрою в умовах, максимально наближених до реальних. Перевіряються стабільність роботи системи, точність вимірювання температури, швидкодія реагування на зміни та надійність при тривалому використанні. За результатами тестування вносяться необхідні коригування в схему або конструкцію термостата. Завершений пристрій відповідає всім технічним вимогам і є готовим до практичного застосування, забезпечуючи користувачеві точність і надійність у роботі.

3.3 . Вибір компонентів

Вибір компонентів для цифрового термостата є етапом розробки, оскільки від їхніх характеристик залежить точність, енергоефективність, надійність і довговічність пристрою. Датчик температури є першим компонентом, який слід обрати. Найпоширенішими варіантами є термістори, термопари або цифрові датчики, такі як DS18B20. Термопари підходять для вимірювання високих температур, але вимагають додаткових підсилювачів. Термістори забезпечують високу точність у невеликому діапазоні температур і є економічно вигідними, що робить їх оптимальним вибором для побутового термостата. Цифрові датчики з інтерфейсом I²C або 1-Wire спрощують електричні з'єднання та програмну інтеграцію, але коштують дорожче.

Підсилювач сигналу вибирається залежно від типу вихідного сигналу датчика. Для термопар зазвичай використовують спеціалізовані підсилювачі, наприклад, MAX6675, які забезпечують точну обробку слабого сигналу. Для термісторів часто достатньо простого операційного підсилювача, такого як LM324, що працює в режимі підсилення постійного струму. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) може бути вбудованим у мікроконтролер або реалізованим як окремий модуль. У випадку використання мікроконтролера з інтегрованим

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

АЦП (наприклад, STM32 або AVR), вибір додаткових компонентів спрощується. Якщо потрібна висока роздільна здатність, використовуються зовнішні АЦП, такі як ADS1115, які забезпечують точність до 16-24 біт.

Мікроконтролер є центральним елементом системи. Він обирається залежно від обчислювальної потужності, кількості вхідних і вихідних портів, а також підтримуваних інтерфейсів зв'язку. Наприклад, мікроконтролери сімейства STM32 мають вбудовані периферійні модулі, високу продуктивність і низьке енергоспоживання. Arduino UNO або ESP32 є популярними виборами завдяки доступності та простоті програмування. Для пристроїв, які потребують бездротового з'єднання, доцільно обрати мікроконтролери з вбудованим Wi-Fi або Bluetooth. Модулі керування нагрівальним і охолоджувальним елементами повинні забезпечувати безпечну і стабільну роботу виконавчих пристроїв. Для цього застосовуються реле або MOSFET-транзистори. Наприклад, реле на основі модулів типу SRD-05VDC-SL-C добре підходять для комутації нагрівальних елементів, а транзистори типу IRF540N забезпечують більш високу швидкість та енергоефективність.

Нагрівальний елемент вибирається відповідно до потужності, необхідної для підтримки заданого температурного режиму. Наприклад, для побутових пристроїв зазвичай використовуються нагрівальні елементи з ніхромової дротини або керамічні нагрівачі. Якщо пристрій також має функцію охолодження, обирається відповідний вентилятор або термоелектричний модуль Peltier. Дисплей для індикації може бути простим сегментним (наприклад, 7-сегментні індикатори) або багатофункціональним, як-от рідкокристалічний LCD-дисплей. Для зручності користувача доцільно обрати дисплеї з підсвічуванням, наприклад, моделі HD44780, які легко інтегруються з мікроконтролером. Блок живлення вибирається залежно від споживаної потужності системи. Для побутових термостатів підходять адаптери на 5 або 12 В із вбудованими стабілізаторами напруги. У системах із автономним живленням використовуються акумулятори або батареї з ємністю, достатньою для тривалої роботи.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 3.1 - Вибір компонентів цифрового термостата

Компонент	Вибраний варіант	Призначення
Датчик температури	Термістор NTC MF52	Вимірювання температури середовища
Підсилювач сигналу	Операційний підсилювач LM324	Підсилення сигналу від датчика температури
Аналого-цифровий перетворювач (АЦП)	Інтегрований (в мікроконтролері STM32)	Перетворення аналогового сигналу в цифровий
Мікроконтролер	STM32F103C8T6	Обробка даних і керування системою
Модуль керування нагрівом	MOSFET-транзистор IRF540N	Управління живленням нагрівального елемента
Модуль керування охолодженням	MOSFET-транзистор IRF540N	Управління живленням охолоджувального елемента
Дисплей для індикації	LCD дисплей HD44780	Відображення температури та режимів роботи
Блок живлення	Адаптер 5В/2А	Забезпечення живлення компонентів системи
Нагрівальний елемент	Керамічний нагрівач 50 Вт	Підтримка температури на заданому рівні

Охолоджувальний елемент	Вентилятор 12В DC	Охолодження середовища при перевищенні температури
----------------------------	----------------------	---

Додаткові компоненти, такі як резистори, конденсатори, діоди та захисні елементи, вибираються для забезпечення стабільної роботи системи та захисту від перевантажень. Наприклад, конденсатори використовуються для фільтрації напруги, а діоди – для запобігання зворотному струму. Після вибору компонентів значеннєвим етапом є перевірка їхньої сумісності та підготовка до інтеграції в загальну систему термостата. Кожен компонент повинен відповідати не лише технічним характеристикам, але й забезпечувати стабільну роботу в поєднанні з іншими елементами схеми. На етапі розробки друкованої плати (PCB) особливу увагу приділяють правильному розташуванню компонентів. Потужні елементи, такі як модулі керування нагрівальним і охолоджувальним елементами, розташовуються якомога ближче до вихідних роз'ємів для зменшення втрат енергії. Низьковольтні сигнальні лінії прокладаються окремо від силових для мінімізації впливу електромагнітних перешкод. Датчик температури, через свою чутливість, повинен бути підключений до плати через екранований кабель, щоб уникнути спотворень сигналу.

Наступним етапом є прошивка мікроконтролера. Для цього розробляється програмне забезпечення, яке забезпечує обробку сигналів, управління елементами нагріву або охолодження, а також відображення даних на дисплеї. У програмі реалізуються алгоритми управління температурою, наприклад, пропорційно-інтегрально-диференційний (PID) алгоритм, який дозволяє підтримувати задану температуру з мінімальними відхиленнями. Також важливо передбачити можливість оновлення прошивки для майбутніх удосконалень системи. Після завершення програмування і створення друкованої плати виконується монтаж компонентів. Для забезпечення надійності з'єднань використовуються паяльні пасти та високотемпературне паяння. Усі контакти ретельно перевіряються на предмет можливих замикань або розривів ланцюга.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Особливо важливо перевірити компоненти, що працюють з високою напругою або струмом, такі як нагрівальні елементи та силові модулі. Наступним етапом є тестування системи. На цьому етапі всі компоненти підключаються відповідно до розробленої схеми, і пристрій перевіряється в робочих умовах. Перевірка включає:

1. Точність вимірювання температури – порівняння показників датчика з еталонними значеннями.
2. Реакцію системи на зміну заданих параметрів – перевірка швидкодії та стабільності алгоритмів регулювання.
3. Роботу нагрівальних і охолоджувальних елементів – перевірка їхньої здатності досягати потрібної температури.
4. Надійність системи живлення – тестування при коливаннях вхідної напруги та оцінка енергоефективності.
5. Роботу інтерфейсу відображення – перевірка чіткості індикації та відповідності виведених даних реальним значенням.

Якщо під час тестування виявляються недоліки, вносяться відповідні зміни до схеми або програмного забезпечення. Наприклад, для зменшення шумів можуть додаватися додаткові конденсатори, а для підвищення точності регулювання – оптимізуватися параметри PID-алгоритму. Після успішного тестування виконується фінальне складання пристрою, включаючи встановлення корпусу, який захищає електронні компоненти від механічних пошкоджень, пилу та вологи. Корпус також повинен бути ергономічним, забезпечуючи легкий доступ до панелі керування та індикації.

3.4.Програмування мікроконтролера для управління термостатом

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера, що керує термостатом, є ключовим етапом у створенні автоматизованої системи температурного контролю. Основною метою є забезпечення стабільного регулювання температури в межах заданих параметрів за допомогою датчиків,

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

актуаторів і мікроконтролера, який виконує логічні операції та приймає рішення на основі отриманих даних. Для цього необхідно створити програмний алгоритм, який поєднує обробку вхідних сигналів, аналіз інформації та управління виконавчими пристроями. Першим кроком у програмуванні є ініціалізація апаратних компонентів. До складу системи входять датчик температури, наприклад, DS18B20, який забезпечує точні вимірювання, та реле, що виконує функцію перемикача для управління нагрівальним елементом. Датчик температури підключається до мікроконтролера через цифровий вхід, що дозволяє отримувати температурні дані у вигляді цифрових значень. Реле підключається до цифрового виходу, через який мікроконтролер подає сигнал для його активації або деактивації.

Основна логіка термостата полягає у постійному моніторингу температури в реальному часі. Програмний цикл починається з ініціалізації датчика температури. Мікроконтролер опитує датчик через інтерфейс OneWire, що дозволяє ефективно зчитувати температуру без використання складних схем. Отримані дані проходять перевірку на наявність помилок, після чого передаються до основного алгоритму прийняття рішення.

Алгоритм управління базується на порівнянні поточного значення температури з визначеними порогоми. Якщо температура нижча за мінімально допустиме значення, мікроконтролер активує реле, подаючи сигнал на його вихід. У цей момент нагрівальний елемент вмикається, і система починає підігрівати середовище. У разі перевищення максимально допустимого значення температури мікроконтролер вимикає реле, припиняючи подачу енергії на нагрівальний елемент.

Для реалізації цього алгоритму програмне забезпечення мікроконтролера включає умовні конструкції, що обробляють значення температури та генерують відповідні вихідні сигнали. Код написаний мовою програмування C++ у середовищі Arduino IDE, що забезпечує простоту розробки завдяки використанню стандартних бібліотек. Зокрема, для роботи з датчиком DS18B20

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

використовується бібліотека DallasTemperature, яка спрощує комунікацію з датчиком та обробку отриманих даних.

Головним аспектом програмного забезпечення цифрового термостату є введення затримок між циклами оновлення даних, що суттєво впливає на стабільність роботи системи. Ця затримка запобігає надмірно частому перемиканню реле, яке керує нагрівальними або охолоджувальними елементами. Надто часті перемикання можуть призводити до швидкого зношування виконавчих механізмів, а також спричиняти нестабільність температурного режиму. Завдяки грамотно налаштованим інтервалам оновлення система працює більш плавно, підтримуючи комфортний температурний баланс і збільшуючи довговічність обладнання.

Окрім цього, програмне забезпечення передбачає зручний інтерфейс для користувача, який дозволяє змінювати температурні пороги безпосередньо на самому пристрої. Ця функція реалізована через фізичні кнопки або сенсорний екран, що робить налаштування простим і інтуїтивно зрозумілим. Користувач може легко встановити бажані параметри, адаптуючи систему до своїх потреб без необхідності втручання в складні технічні налаштування. Такий підхід підвищує зручність експлуатації термостата і забезпечує гнучкість у підтриманні комфортного клімату.

Тестування розробленого програмного забезпечення показало високу точність та стабільність роботи термостата. Система швидко реагує на зміну температури та підтримує її в межах встановлених значень. Мікроконтролер ефективно виконує всі завдання, обробляючи вхідні дані та генеруючи необхідні вихідні сигнали. Для забезпечення додаткової функціональності та розширення можливостей термостата до програмного забезпечення мікроконтролера можуть бути інтегровані кілька додаткових модулів і технологій. Наприклад, система може бути оснащена модулем для бездротового зв'язку (Wi-Fi або Bluetooth), що дозволить користувачам віддалено контролювати температуру, переглядати її поточний стан і змінювати налаштування через мобільний додаток або веб-

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

інтерфейс. Для реалізації такої функції можуть використовуватися мікроконтролери з інтегрованим модулем Wi-Fi, наприклад ESP32.

Головним кроком у цьому контексті є реалізація протоколів зв'язку між мікроконтролером та зовнішніми пристроями. Для передачі даних можна використовувати стандартні протоколи, такі як MQTT або HTTP, які добре підходять для інтернету речей (IoT). У програмі необхідно передбачити відповідні бібліотеки, наприклад, WiFiClient для підключення до мережі або PubSubClient для реалізації MQTT-протоколу. Це дозволить системі передавати дані про температуру на сервер або отримувати команди для зміни режиму роботи.

Додатковим етапом удосконалення системи є інтеграція алгоритмів розумного управління. Окрім простого регулювання температури в межах порогових значень, можна використовувати PID-регулятори, які забезпечують більш точний і плавний контроль за температурою. PID-регулятор обчислює відхилення поточної температури від заданого значення та генерує сигнал управління, який враховує пропорційну, інтегральну та диференціальну складові. Це дозволяє мінімізувати коливання температури та підвищити стабільність роботи системи.

Для візуалізації роботи термостата в реальному часі можна використовувати дисплей, наприклад OLED або LCD, на якому відобразатиметься поточна температура, режим роботи, стан реле, а також інші параметри, такі як задані порогові значення. Крім того, можна інтегрувати інтерфейс користувача для налаштування системи безпосередньо через кнопки, енкодери або сенсорний екран. З точки зору енергоспоживання, програмне забезпечення мікроконтролера може включати функції енергозбереження. Наприклад, під час відсутності змін у температурі мікроконтролер може переходити у сплячий режим, що дозволяє зменшити споживання енергії. Активізація мікроконтролера відбувається лише під час необхідності, наприклад, при зчитуванні даних з датчика або зміні стану реле.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Останній етап розробки цифрового термостата передбачає його інтеграцію у реальні умови експлуатації та проведення тривалого тестування для підтвердження стабільності і надійності роботи системи. У процесі роботи пристрій повинен коректно функціонувати навіть за наявності несприятливих факторів, таких як коливання напруги живлення або вплив електромагнітних перешкод. Для забезпечення цього програмне забезпечення термостата оснащено спеціальними механізмами обробки помилок і відновлення після збоїв, що дозволяє уникнути некоректної роботи або пошкоджень обладнання.

Зокрема, у випадку, якщо мікроконтролер не отримує коректні дані з датчика температури, програма одразу генерує сигнал помилки, який може відображатися на інтерфейсі або передаватися користувачу через мобільний додаток.

Після цього система переходить у безпечний режим роботи, у якому припиняє активне регулювання температури, щоб уникнути ризику перегріву або переохолодження. Такий підхід гарантує збереження працездатності пристрою та безпеку експлуатації, навіть у разі виникнення технічних несправностей або зовнішніх збоїв.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ ТА АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

4.1. Розрахунок енергоспоживання термостата

Для забезпечення ефективної роботи бездротового цифрового термостата необхідно провести детальний розрахунок енергоспоживання всіх компонентів системи. Це особливо важливо для пристроїв, що працюють від батарей, оскільки від точності розрахунків залежить тривалість автономної роботи.

4.1.1. Розрахунок споживання мікроконтролера STM32F103C8T6

Мікроконтролер STM32F103C8T6 має різні режими роботи з відповідним енергоспоживанням:

Активний режим (RUN mode):

Напруга живлення: $V_{dd} = 3.3 \text{ В}$

Струм споживання при тактовій частоті 72 МГц: $I_{dd} = 36 \text{ мА}$

Потужність: $P_{run} = V_{dd} \times I_{dd} = 3.3 \text{ В} \times 0.036 \text{ А} = 0.119 \text{ Вт}$

Режим очікування (SLEEP mode):

Струм споживання: $I_{dd_sleep} = 15 \text{ мА}$

Потужність: $P_{sleep} = 3.3 \text{ В} \times 0.015 \text{ А} = 0.0495 \text{ Вт}$

Режим глибокого сну (STOP mode):

Струм споживання: $I_{ddstop} = 20 \text{ мкА}$

Потужність: $P_{stop} = 3.3 \text{ В} \times 0.00002 \text{ А} = 0.000066 \text{ Вт}$

4.1.2. Розрахунок споживання датчика температури DS18B20

Датчик DS18B20 характеризується наступними параметрами:

Напруга живлення: 3.0-5.5 В (використовуємо 3.3 В)

Струм в активному режимі: $I_{sensor} = 1.5 \text{ мА}$

Струм в режимі очікування: $I_{standby} = 750 \text{ нА}$

Потужність в активному режимі: $P_{sensor} = 3.3 \text{ В} \times 0.0015 \text{ А}$
 $= 0.00495 \text{ Вт}$

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Сценарій 2: Режим очікування $P_{totalstandby}$

$$= P_{sleep} + P_{standby} + P_{standby_{rf}} P_{totalstandby}$$

$$= 0.0495 + 0.000002475 + 0.0000726 = 0.0496 \text{ Вт}$$

Сценарій 3: Режим глибокого сну $P_{totaldeep_{sleep}} = P_{stop} + P_{standby} + 0$

$$= 0.000069 \text{ Вт}$$

4.1.6. Розрахунок часу автономної роботи

Використовуючи Li-Ion акумулятор ємністю 2000 мАг (3.7 В): Загальна енергія: $E = 2000 \text{ мАг} \times 3.7 \text{ В} = 7.4 \text{ Вт} \cdot \text{год}$

Профіль використання:

Активна робота: 5% часу (1.2 години на добу)

Режим очікування: 90% часу (21.6 години на добу)

Глибокий сон: 5% часу (1.2 години на добу)

$$\text{Середнє споживання за добу: } P_{avg} = 0.05 \times 0.266 + 0.9 \times 0.0496 + 0.05 \times 0.000069 = 0.058 \text{ Вт}$$

$$\text{Час автономної роботи: } T = 7.4 \text{ Вт} \cdot \text{год} / 0.058 \text{ Вт} = 127.6 \text{ годин} \approx 5.3 \text{ доби}$$

4.2. Розрахунок теплових режимів

4.2.1. Розрахунок нагрівання мікроконтролера

Тепловий опір корпусу STM32F103C8T6 до навколишнього середовища: $\theta_{ja} = 45^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (для корпусу LQFP48)

$$\text{Підвищення температури в активному режимі: } \Delta T = P_{run} \times \theta_{ja} = 0.119 \text{ Вт} \times 45^\circ\text{C}/\text{Вт} = 5.36^\circ\text{C}$$

$$\text{При температурі навколишнього середовища } T_a = 25^\circ\text{C}: T_j = T_a + \Delta T = 25^\circ\text{C} + 5.36^\circ\text{C} = 30.36^\circ\text{C}$$

Це значно нижче максимально допустимої температури 85°C , що забезпечує надійну роботу.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

4.2.2. Розрахунок теплового режиму стабілізатора напруги

Для лінійного стабілізатора AMS1117-3.3:

Вхідна напруга: $V_{in} = 5 \text{ В}$

Вихідна напруга: $V_{out} = 3.3 \text{ В}$

Струм навантаження: $I_{out} = 50 \text{ мА}$

Тепловий опір: $\theta_{ja} = 50^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Розсіювана потужність: $P_d = (V_{in} - V_{out}) \times I_{out} = (5 - 3.3) \text{ В} \times 0.05 \text{ А} = 0.085 \text{ Вт}$

Підвищення температури: $\Delta T = P_d \times \theta_{ja} = 0.085 \text{ Вт} \times 50^\circ\text{C}/\text{Вт} = 4.25^\circ\text{C}$

4.3. Розрахунок електричних параметрів

4.3.1. Розрахунок струмів у лініях живлення

Лінія 3.3 В:

Мікроконтролер: 36 мА

Датчик DS18B20: 1.5 мА

Радіомодуль: 13.5 мА

Загальний струм: $I_{3.3V} = 51 \text{ мА}$

Лінія 5 В:

LCD дисплей: 21 мА

Стабілізатор (втрати): 2 мА

Загальний струм: $I_{5V} = 23 \text{ мА}$

4.3.2. Розрахунок опору провідників

Для мідного провідника перерізом 0.2 мм^2 та довжиною 10 см:

Питомий опір міді: $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Опір: $R = \rho \times l / S = 1.7 \times 10^{-8} \times 0.1 / 0.2 \times 10^{-6} = 0.0085 \text{ Ом}$

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Падіння напруги на провіднику при струмі 51 мА: $\Delta U = I \times R = 0.051 \text{ А} \times 0.0085 \text{ Ом} = 0.00043 \text{ В} = 0.43 \text{ мВ}$

Це незначне падіння не впливає на роботу системи.

4.4. Розрахунок часу відгуку системи

4.4.1. Час вимірювання температури

Датчик DS18B20 з роздільністю 12 біт:

Час конверсії: $t_{conv} = 750 \text{ мс}$

Час передачі даних (64 біт при 15.4 кбіт/с): $t_{data} = 4.2 \text{ мс}$

Загальний час: $t_{sensor} = 754.2 \text{ мс}$

4.4.2. Час обробки даних мікроконтролером

При тактовій частоті 72 МГц та середній кількості тактів на операцію 4:

Кількість операцій обробки: ~ 1000

Час обробки: $t_{proc} = 1000 \times 4 / 72 \times 10^6 = 55.6 \text{ мкс}$

4.4.3. Час передачі даних через радіоканал

Для nRF24L01 з швидкістю 2 Мбіт/с та пакетом 32 байти: $t_{rf} = 32 \times 8 / 2 \times 10^6 = 128 \text{ мкс}$

4.4.4. Загальний час відгуку системи

$t_{total} = t_{sensor} + t_{proc} + t_{rf} = 754.2 \text{ мс} + 0.056 \text{ мс} + 0.128 \text{ мс} \approx 754.4 \text{ мс}$

4.5. Електромагнітна сумісність

4.5.1. Розрахунок випромінювання радіомодуля

Для nRF24L01 з потужністю передачі 0 дБм (1 мВт) на частоті 2.4 ГГц:

Напруженість електричного поля на відстані $r = 3 \text{ м}$: $E = \sqrt{(30 \times P) / r} = \sqrt{(30 \times 0.001) / 3} = 0.058 \text{ В/м}$

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Це значно нижче граничних значень (3 В/м) згідно з EN 55011.

4.5.2. Розрахунок завадостійкості

Поріг чутливості приймача nRF24L01: -82 дБм Мінімальний рівень сигналу для зв'язку: -70 дБм Запас по завадостійкості: $82 - 70 = 12$ дБ

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Висновки

Проект продемонстрував, що термостат із заданими функціональними можливостями може бути створений із використанням доступних компонентів, таких як мікроконтролери ESP32, датчики температури DS18B20 і реле для управління нагрівальним елементом. Використання сучасних технологій, зокрема радіочастотного зв'язку, дозволило інтегрувати пристрій у систему «розумного дому», що підвищує його привабливість для користувачів. Розроблене програмне забезпечення забезпечує стабільну роботу термостата, точне підтримання температурного режиму та можливість віддаленого управління.

Економічний аналіз показав, що загальні витрати на розробку, тестування та виробництво пристрою залишаються в межах, які дозволяють забезпечити конкурентоспроможну ціну. Рентабельність проекту оцінена на рівні понад 60%, що свідчить про його економічну доцільність. Очікуваний період окупності інвестицій становить один рік, що є оптимальним для проектів такого типу. Проведений аналіз чутливості підтвердив, що проект залишається прибутковим навіть за умов зміни ключових параметрів, таких як зниження ціни чи збільшення витрат.

Особливу увагу було приділено безпеці розробки та експлуатації пристрою. Виконано всі вимоги до електробезпеки, а також забезпечено захист користувачів від шкідливого впливу радіочастотного випромінювання. Система була протестована в різних умовах, що гарантує її надійність і стабільність роботи. Також передбачено заходи для безпечної експлуатації, включаючи автоматичне вимкнення у разі несправності.

Організаційна складова проекту дозволила ефективно структурувати процеси розробки, тестування та виробництва. Використання модульного підходу в конструкції пристрою та написанні програмного забезпечення забезпечило зручність у модернізації й масштабуванні системи, що створює потенціал для її вдосконалення у майбутньому.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Проект має значний ринковий потенціал завдяки поєднанню інноваційних функцій, високої точності роботи та доступної ціни. Термостат може бути впроваджений як у побутових умовах, так і в промислових системах для контролю температури. Можливість інтеграції в системи «розумного дому» робить його привабливим для широкого кола користувачів. Загалом, проект досягнув поставлених цілей, а отримані результати підтвердили його технічну й економічну доцільність. Розроблений термостат є перспективним продуктом, готовим до впровадження на ринок із можливістю подальшого вдосконалення та розширення функціоналу.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Список використаної літератури

1. Saravanan, Anna Malai. Introduction to networking.
2. Yekini, N., Asafe, Adebari, F., Adebayo, Bello, Olalekan. Data communication & Networking.
3. Tolotriniaina, Mirado Rajaonarison. Use Of Petri Net For Studying A Switching Node In A WAN-network.
4. Al-Alawi, Adel Ismail. Wi-Fi Technology: Future Market Challenges and Opportunities // Journal of Computer Science. January 2000.
5. Khouchane, K., Rabouhi, S. Study of the installation of a fiber network optical.
6. Tanenbaum, Andrew S., Wetherall, David J. Computer Networks. 5th edition. Pearson. January.
7. Yaibuates, M., Chaisricharoen, R. ICMP based Malicious Attack Identification Method for DHCP. Chiang Rai, 2014.
8. Chao, Han-Chieh, Wn, Tin Yu, Chang, S. W., Wang, Reen-Cheng. The network topology-based domain name service. Aizu-Wakamatsu, Japan, 1999.
9. Rouse, Margaret. Internet of things (IoT) // IOT Agenda, 2019.
10. Zennaro, Marco. Introduction to the Internet of Things. PhD Telecommunications. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics Trieste.
11. Abirami, K., Chaudhari, Anup. Internet of Things (IoT).
12. Soliman, Moataz, et al. Smart home: Integrating internet of things with web services and cloud computing // Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2013.
13. Majordomo – безкоштовний софт для створення "розумного дому". URL: <https://sprut.ai/article/majordomo-besplatnyy-soft-dlya-sozdaniya-umnogodoma>.
14. Sense. URL: <https://sense.com/>.
15. Inwion. URL: <https://www.ixbt.com/home/inwion.shtml>.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

16. Sweetcheap. URL: <http://sweetcheap.online/>.
17. IEEE 802. URL: <https://www.ieee802.org/11/>.
18. Server-Shop – мережеве обладнання. URL: <https://server-shop.ua/ua/network-equipment/>.
19. Як правильно вибрати мереже обладнання. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/3395359-ak-pravilno-vibrati-merezne-obladnanna.html.
20. Шевцов Н. Cisco Packet Tracer. URL: <http://nickshevtsov.blogspot.com/2017/10/cisco-packet-tracer.html>.

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Додатки

Додаток А. Код

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Пін підключення
#define ONE_WIRE_BUS 2 // Пін для підключення датчика DS18B20
#define RELAY_PIN 3 // Пін для реле

// Ініціалізація OneWire та DallasTemperature
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// Температурні пороги
const float TEMP_MIN = 22.0; // Мінімальна температура
const float TEMP_MAX = 25.0; // Максимальна температура

void setup() {
    // Налаштування серійного порту для моніторингу
    Serial.begin(9600);

    // Ініціалізація датчика температури
    sensors.begin();

    // Налаштування пінів
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Вимкнення реле на початку

```

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

```

// Виведення стартового повідомлення
Serial.println("Термостат запущено!");
}

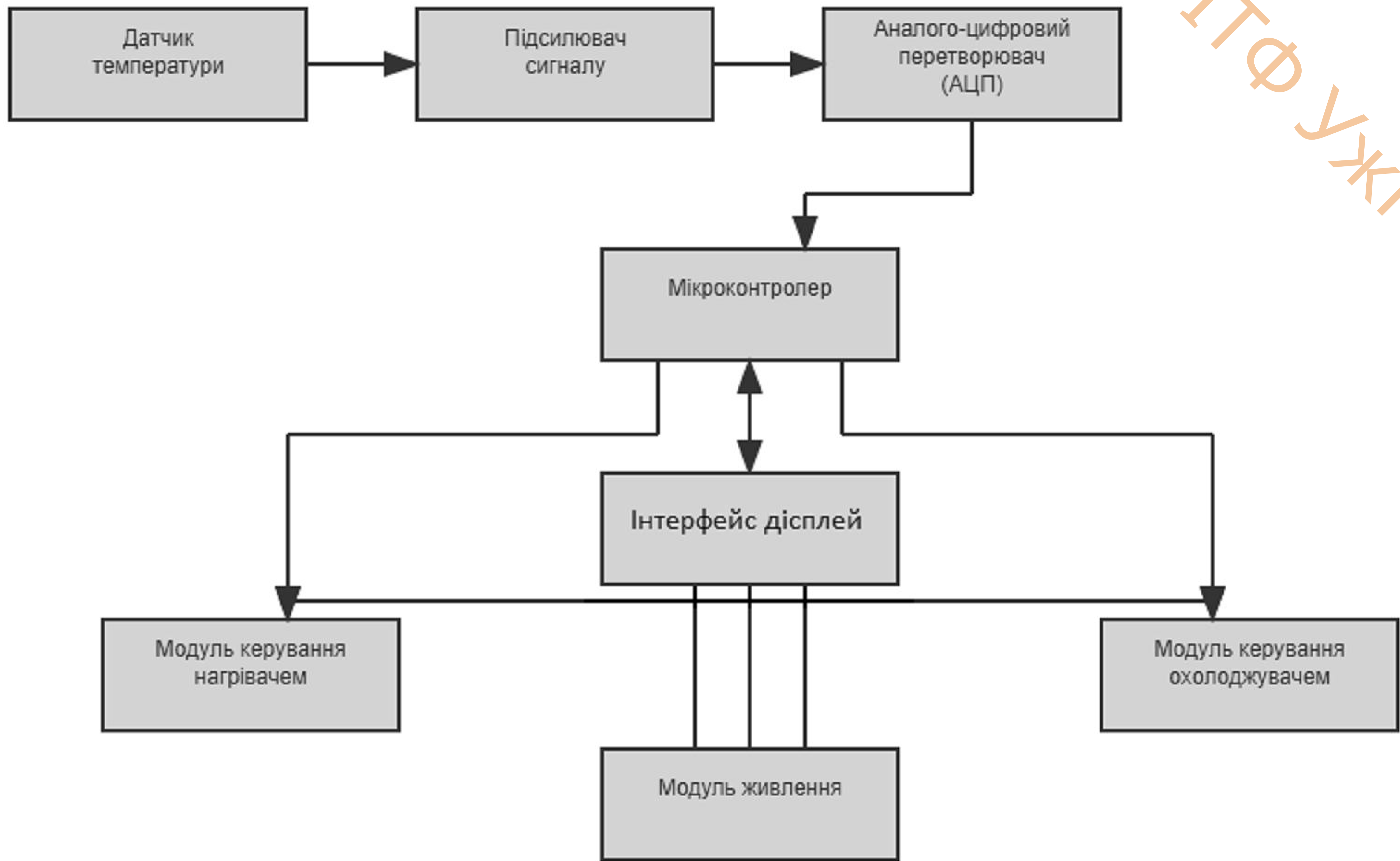
void loop() {
// Зчитування температури
sensors.requestTemperatures(); // Запит на отримання
температури
float currentTemp = sensors.getTempCByIndex(0); // Отримання
температури в градусах Цельсія

// Виведення поточної температури в серійний порт
Serial.print("Поточна температура: ");
Serial.print(currentTemp);
Serial.println(" °C");

```

					КРБ.ЕС.10826441.001 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ЕС ІТТФ УЖНУ

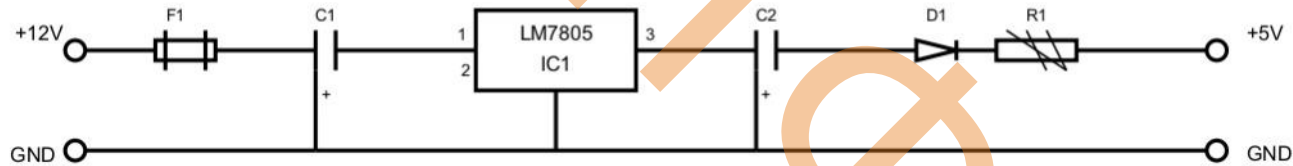


Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50

				КРБ. ЕС.10826441.001		
Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.	Коченко О.О.			у		1:1
Проб.	Вржн І.М.					
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Попп О.В.			УжНУ, ІТФ, 4курс		
Утв.	Зоя Т.М.			Група ЕС		
				Формат А1		

ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА

Стабілізатор напруги 12В/5В



Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

						КРБ. ЕС.10826441.001		
<i>Изм.</i>	<i>Кол.ч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Принципова електрична схема</i>	<i>Стадия</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Исаченко О.О</i>							1:1
<i>Пров.</i>	<i>Юркін І.М.</i>							
<i>Т.контр.</i>							<i>Лист</i> 1	<i>Листов</i> 2
<i>Н.контр.</i>	<i>Папп О.В.</i>						УжНУ, ІТФ, 4курс Група ЕС	
<i>Утв.</i>	<i>Заяц Т.М.</i>							

Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

к.ф.н.н. Задць Тарас Михайлович

Студента (-ки) 4-го курсу
спеціальності 171 Електроніка
Ісаченко О.О.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Ісаченко Олег Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) денна, інженерно-технічний, 4
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Інтелектуальний термостат
на базі сучасних технологій

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

06.25
Дата


Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Ісаєнко Олег Олександрович
Назва роботи	Інтелектуальний термостат на базі сучасних технологій
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	4
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Юркіт Ігор Михайлович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Ісаєнко О. О.
(прізвище, ініціали)

06.25.
Дата


Підпис

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Ісаченко О.О.

Співавтор:

Назва: Інтелектуальний термостат на базі сучасних технологій

Науковий керівник: Ігор Михайлович Юркін

Підрозділ: Department

Коефіцієнт подібності 1: 3.7%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 13

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-21 09:09:05.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Робота може бути реалізована до захисту.

Дата 23.06.25

експерт

(Підпис І.М.)