

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра автоматизованих систем
моніторингу навколишнього середовища

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Розробка метеорологічної станції з моделюванням
датчика температури

Виконав студент 2 курсу групи МК-62
спеціальності 8.05010105 Комп'ютерний
еколого-економічний моніторинг,
Шевельов Роман Миколайович

Керівник к.т.н., доц.
Лімонов Олександр Сергійович

Консультант _____

Рецензент к. геогр. н., доц.
Лужбін Анатолій Михайлович

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет _____
Кафедра _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____
Напрямок підготовки _____
Спеціальність _____

магістерської та аспірантської підготовки _____
автоматизованих систем моніторингу _____
навколишнього середовища _____
магістр _____
(шифр і назва)
8.05010105 Комп'ютерний еколого-економічний
моніторинг _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматизованих систем
моніторингу навколишнього середовища

Перелигін Б.В.
" " 2016 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ШЕВЕЛЬОВУ РОМАНУ МИКОЛАЙОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка метеорологічної станції з моделюванням
датчика температури

керівник роботи Лімонов Олександр Сергійович, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від „ ” року №

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
--------	-------------------------------------------	--------------

		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Одержання завдання на виконання магістерської роботи			
2	Пошук та підбір літератури та інших джерел інформації			
3	Проведення аналізу предметної області і написання першого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи			
4	Розробка моделі в заданій предметній області і написання другого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи			
5	Розробка програмного коду моделі і написання третього розділу пояснювальної записки до магістерської роботи			
6	Рубіжна атестація			
7	Проведення дослідження розробленої моделі і написання четвертого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи			
8	Виготовлення презентації			
9	Друкування пояснювальної записки			
10	Одержання висновку керівника магістерської роботи			
11	Проходження нормативного контролю			
12	Переплетіння пояснювальної записки			
13	Одержання висновку кафедри про допуск роботи до захисту			
14	Одержання рецензії			
15	Здача готової магістерської роботи і документів секретарю АК			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня за етапами)			

Студент _____
(підпис)

Шевельов Р. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Лімонов О. С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Представлена робота Шевельова Романа Миколайовича, на тему «Розробка метеорологічної станції з моделюванням датчика температури».

Дана магістерська робота присвячений питанню використання комплексу завдань, спрямованих на створення метеорологічної станції з моделюванням розробки датчика температур. Вона складається з двох частин: теоретичної та практичної.

Мета магістерської роботи - це розробка сучасної метеорологічної станції, і в наслідку чого, застосувати розробку для великих метеорологічних станцій.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішення наступних завдань:

- виявити унікальність розробки проекту;
- підібрати необхідні матеріали для реалізації завдання;
- з'єднати схеми з пристроєм введення / виводу інформації.

У своїй магістерській роботі я розглядав метеорологічні станції, як вони працюю, які сенсори краще застосувати, і що можна поліпшити в сучасних метеорологічних станціях.

У своїй роботі я застосував мікросхеми, які можна постійно перепрограмувати і допрацьовувати. Також можна використовувати передачу даних через Wi-Fi або Bluetooth, і використовувати необмежену кількість сенсорів.

Магістерська робота містить: 84 с., рис. 20, табл. 0, додатки 2, використаних літературних джерел 34.

Ключові слова: метеорологічна станція, моделювання, датчик, температура, клімат, сенсор.

SUMMARY

This work Sheveleva Roman Nikolaevich, entitled "Development of modeling weather station temperature sensor."

Use of this master's work is devoted to the use of complex tasks aimed at creating a weather station with simulation design temperature sensors. It consists of two parts: theoretical and practical.

The purpose of the master's work - is the development of modern meteorological station, in consequence, to apply for the development of major meteorological stations.

To achieve this objective requires the following tasks:

- identify the unique design of the project;
- pick up the necessary materials for the realization of the task;
- connect the circuit with the device input / output information.

In his master's thesis I considered meteorological stations, how they work, what better use sensors, and what can be improved in the modern meteorological stations.

In my work I used a chip that can be reprogrammed and constantly refine. You can also use the data transfer via Wi-Fi or Bluetooth. And use any number of sensors.

Master's work contains 90 p., figures 20, table 0, applications 2, used literature 34.

Keywords: meteorological station, simulation, sensor, temperature, climate sensor.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	
ВСТУП.....	8
1 МЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ.....	10
1.1 Основні положення метеорологічної станції.....	10
1.2 Роль метеорологічних станцій в кліматології.....	11
1.2.1 Статистичний і фізико-математичний аналіз.....	12
1.2.2 Застосування карт.....	14
1.2.3 Метеорологічні спостереження.....	15
1.2.4 Метеорологічна мережа.....	15
1.2.5 Тривалість і безперервність спостережень.....	16
1.2.6 Розвиток метеорологічної мережі.....	17
1.2.7 Програма спостережень на метеорологічних станціях.....	18
1.2.8 Метеорологічні прилади.....	19
1.2.9 Методи аерологічних спостережень.....	20
2 МОДЕЛЮВАННЯ.....	23
2.1 Процес моделювання.....	23
2.2 Класифікація моделей.....	24
2.3 Класифікація моделей за фактором часу.....	25
2.4 Класифікація моделей за формою подання.....	26
2.5 Типи інформаційних моделей.....	27
2.6 Методи і технології моделювання.....	28
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ..	30
3.1 Класифікація за середовищем передачі сигналів.....	30
3.2 Класифікація за типом дії.....	44
3.2.1 Терморезистивного термодатчики.....	48
3.2.2 Напівпровідникові.....	49
3.2.3 Термоелектричні (термопари).....	50

3.2.4 Пірометри.....	55
3.2.5 Акустичні.....	57
3.2.6 П'єзоелектричні.....	58
4 РОЗРОБКА МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ СТАНЦІЇ З МОДЕЛЮВАННЯМ	
ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ.....	60
4.1 Датчик температури LM35.....	64
4.2 Платформа Arduino Uno.....	65
4.3 Налаштування та програмування метеорологічної станції з датчиком температури.....	68
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДОДАТКИ.....	77
Додаток А Графічна частина магістерської роботи.....	78
Додаток Б Кодова частина магістерської роботи.....	83

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Інтернет – глобальна телекомунікаційна мережа інформаційних і обчислювальних ресурсів

WWW – (World Wide Web) розподілена система, що надає доступ до пов'язаних між собою документів, розташованих на різних комп'ютерах, підключених до Інтернету

ВЗ - високе забруднення

ГО - міський округ

ЗСО - зона санітарної охорони

НЯ - небезпечні метеорологічні явища

ГДВ - гранично допустимі викиди

СЗЗ - санітарно-захисна зона

ТКВ - тверді комунальні відходи

РВ - рівень втручання

ХСК - хімічне споживання кисню

ЕВЗ - екстремальне високе забруднення

ІЗА - індекс забруднення атмосфери

КН - клас небезпеки

МС - метеостанції

МР - муніципальний район

ПЕД - потужність експозиційної дози

ВСТУП

Часом буває незручним і неможливим розгляд реального об'єкта, процесу або явища, адже вони бувають іноді багатогранні і складні. Тоді найкращим способом їх вивчення і стає побудова моделі, що відображає лише якусь грань реальності. І багатовіковий досвід розвитку науки довів на практиці плідність такого підходу.

Моделі відіграють надзвичайно важливу роль в проектуванні і створенні різних технічних пристроїв, машин і механізмів, будівель, електричних ланцюгів і т.д. Без попереднього створення креслень неможливо виготовити навіть просту деталь, не кажучи вже про складному механізмі.

Стрімкий розвиток електроніки та обчислювальної техніки виявилось передумовою широкій автоматизації найрізноманітніших процесів в промисловості, в наукових дослідженнях, в побуті. Реалізація цієї перед посилення значною мірою визначалася можливостями пристроїв для отримання інформації про регульований параметр або процес, тобто можливостями датчиків. Датчики, перетворюючи вимірювальний параметр в вихідний сигнал, який можна виміряти і оцінити кількісно, є ніби органами почуттів сучасної техніки.

Більшість технологічних процесів йде зараз по шляху автоматизації. Крім того, управління численними механізмами і агрегатами, а часто і машинами просто немислимо без точних вимірювань всіляких фізичних величин. Не маловажно є вимірювання тиску, вимірювання кутової швидкості, а також лінійної і багато-багато інших. Але найпоширенішими (близько 50%) є температурні вимірювання. Наприклад, середня за величиною атомна станція розташовує приблизно 1500-ми контрольних (вимірювальних) точок, а крупне хімічне виробництво, налічує таких вже близько 20 тис.

Так як діапазон вимірювань та їх умови можуть сильно відрізнятись один від одного, розроблені різні по точності, завадостійкості та швидкодії типи датчиків (і первинних перетворювачів). Якого б типу не був температурний датчик, загальним для всіх є принцип перетворення. А саме: вимірювана температура перетворюється в електричну величину (якраз за це і відповідає первинний перетворювач). Це обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані (висока швидкість прийому-передачі), легко обробляти (висока точність вимірів) і, нарешті, швидкодія.

Датчик - це пристрій, що сприймає сигнали і зовнішні впливи і реагує на них.

Датчик температури (перетворювач температури) – це контрольно-вимірювальний прилад, який повідомляє про те, яка температура в системі, яку він контролює. При цьому, значення температури визначається за допомогою електричного сигналу на виході або при використанні термосопротивлення, приладу зі змінним опором, яке може змінюється пропорційно зміні температури.

Метеостанція - сукупність різних приладів для метеорологічних вимірів (спостереження за погодою). Розрізняють аналогові і цифрові метеорологічні станції.

1 МЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ

1.1 Основні положення метеорологічної станції

Метеостанція - сукупність різних приладів для метеорологічних вимірів (спостереження за погодою). Розрізняють аналогові і цифрові метеорологічні станції.

Метеорологічна станція, установа, яка проводить регулярні спостереження за станом атмосфери. Спостереження включають виміри значень метеорологічних елементів у встановлені терміни і визначення основних характеристик (почало, закінчення і інтенсивність) атмосферних явищ. Перші МС стали створюватися ще в 18 ст, коли окремі учені або наукові суспільства почали проводити систематичні спостереження за погодою. У 19 ст після установи центральних метеорологічних інститутів, зокрема Головної фізичній обсерваторії в Петербурзі (1849), МС отримали єдине керівництво, а також загальну програму спостережень. До складу МС входить метеорологічний майданчик, де встановлюються більшість приладів (психрометрична будка з термометрами і гігрометрами, прилади для виміру швидкості і напрямки вітру, осадкомер, ґрунтові термометри і ін.), службова будівля, в якій знаходяться барометри, реєструючі частини дистанційних приладів, переносні прилади і де ведеться обробка спостережень.

Спостереження проводяться за стандартною програмою протягом 10-хвилинного інтервалу часу через кожних 3 або 6 годин, а в деяких випадках щогодини. Отримані дані кодують (див. Метеорологічний код) і передають у вигляді цифрового зведення у встановлені адреси (бюро погоди, авіаційні метеостанції і т. п.). Багато МС поряд із стандартними ведуть агрометеорологічні спостереження, визначають інтенсивність сонячної радіації (прямою, розсіяною і сумарною), радіаційний баланс, величину

випару ґрунтової вологи і ін. МС встановлюють також на судах; автоматичних МС — на буях у відкритому морі і в незаселених районах суші.

На класичної (аналогової) метеостанції є:

- термометр для вимірювання температури повітря і ґрунту;
- барометр для вимірювання тиску;
- гігрометр для вимірювання вологості повітря;
- анеморумбометр для вимірювання швидкості і напрямку вітру;
- опадомір для вимірювання опадів;
- плевіограф для безперервної реєстрації опадів на період рідких опадів;
- термограф для безперервної реєстрації температури повітря;
- гігрограф для безперервної реєстрації вологості повітря;
- психрометр для вимірювання температури і вологості повітря;
- ожеледних верстат для вимірювання ожеледно-ізморосевих відкладень
- льодоскоп для визначення мряці і інею;
- барограф для визначення барометричної тенденції тиску.

1.2 Роль метеорологічних станцій в кліматології

Фактичні відомості про атмосферу, погоду і клімат отримують із спостережень. Аналіз результатів спостережень служить в метеорології і кліматології для з'ясування причинних зв'язків в досліджуваних явищах.

У загальній фізиці основним методом дослідження є експеримент. Експериментуючи, дослідник втручається в хід фізичних процесів, змінює умови, в яких вони протікають, вводить одні фактори і виключає інші з метою з'ясування причинних зв'язків у явищах. Але атмосферні явища великого масштабу, такі, як загальна циркуляція атмосфери або тепло оборот на великих просторах, ще не можуть бути істотно змінені втручанням людини. Навіть енергія термоядерних вибухів невелика в порівнянні з енергією процесів циркуляції атмосфери, оскільки вибухи при великій їх потужності вельми короткочасні. Зміни у фізичному стані атмосфери, які

створюються термоядерними вибухами, виявляються обмеженими по поширенню їх впливу і недовготривалим (мова йде про фізичні процеси, а не про зараження атмосфери радіоактивними продуктами розпаду). Тому метеорологія, як і інші геофізичні науки, повинна вдаватися до спостережень, тобто. До вимірювань і якісним оцінками процесів, що протікають в природній обстановці. Безперервно спостерігаючи за атмосферними процесами, людина є глядачем і реєстратором тих грандіозних дослідів, які ставить сама природа, без його участі [1].

В обмежених межах в метеорології застосовується і експеримент. До числа метеорологічних експериментів відносяться, наприклад, дослідження осадження хмар і розсіювання туманів шляхом різних фізико-хімічних впливів на них. Такі дослідження переслідують практичні цілі, але вони дозволяють також глибше розібратися в природі явища. Насадження лісових смуг, створення водосховищ, зрошення місцевості. Вносять деякі зміни в стан приземного шару повітря. Тим самим і вони в деякій мірі є засобами метеорологічного (точніше, кліматологічного) експерименту.

Застосовується і моделювання деяких атмосферних процесів в лабораторії, тобто. Відтворення їх в малому масштабі і при спрощених умовах. Так, наприклад, моделюється навіть загальна циркуляція атмосфери. Можливості такого методу дослідження також обмежені.

1.2.1 Статистичний і фізико-математичний аналіз

Результати спостережень піддаються аналізу з метою з'ясування закономірностей, що існують в атмосферних процесах. Першорядне значення має в метеорології статистичний аналіз великого матеріалу спостережень, особливо застосування усереднення, яке відсіває випадкові деталі явищ і ясніше показує їх істотні особливості.

Особливо велика роль цього методу для кліматології. Кліматологія бере в якості вихідного матеріалу результати метеорологічних спостережень;

ці результати зіставляються, порівнюються в часі і просторі. Для повного уявлення про клімат недостатньо спостережень одноразових або протягом коротких проміжків часу. Атмосферні процеси настільки мінливі і різноманітні, що для вивчення сучасного клімату в усіх його особливості необхідно спостерігати їх протягом тривалого, багаторічного періоду.

Для отримання висновків з дуже великої кількості спостережень необхідно піддавати результати спостережень статистичному аналізу; тому кліматичні характеристики є статистичними висновками з багаторічних рядів спостережень. Такі характеристики можуть являти собою багаторічні середні значення різних метеорологічних величин, середні з щорічних відхилень від цих багаторічних середніх значень, крайні межі окремих значень за багаторічний період, повторюваності тих чи інших величин явищ, середні і крайні терміни настання певних явищ і т. д [2].

За допомогою статистичного методу кореляції можна також встановити наявність більшого або меншого паралелізму або протилежності (або відсутність їх) у змінах різних метеорологічних величин в часі. Тим самим можна з'ясувати, чи є зв'язок між цими величинами, і кількісно виразити ступінь зв'язку з цим.

Для вираження кількісних зв'язків між явищами в метеорології споживані також емпіричні формули, коефіцієнти яких підбираються з досвіду, тобто. Знов-таки з великої кількості порівняльних спостережень.

Статистика, таким чином, допомагає краще уявити факти і краще виявити зв'язку між ними. Але статистика не пояснює фактів і зв'язків. А саме їх пояснення відкриває найбільш надійний шлях до передбачення (прогнозу) подальшого розвитку процесів і до свідомого впливу на них.

Оскільки в метеорології розглядаються фізичні явища, їх пояснення може бути дано тільки на підставі законів фізики. Найбільш досконалий шлях для цього - фізико-математичний аналіз. У ХХ столітті досягнуті великі успіхи в його застосуванні до задач метеорології. На основі загальних законів фізики складаються диференціальні рівняння, що описують атмосферні

процеси. Підставляючи в ці рівняння вихідні дані, отримані зі спостережень, і вирішуючи рівняння, можна знаходити кількісні закономірності атмосферних процесів і навіть прогнозувати їх подальший перебіг. В одних розділах метеорології цей метод застосовується широко, в інших - ще недостатньо.

1.2.2 Застосування карт

Основні атмосферні процеси розгортаються на великих просторах, а їх наслідки, у вигляді певних умов погоди і клімату, виявляються в такому ж великому масштабі. Тому істотне значення в метеорології і кліматології має зіставлення спостережень на географічних картах. Подальший аналіз спостережень відноситься вже не до спостережень в окремих пунктах, а до просторових розподілів спостережених величин.

На карту можна нанести фактичні результати спостережень, зроблені в різних місцях в один і той же момент. Така карта називається синоптичною; вона дозволяє бачити, як розподілялися умови погоди і, отже, які були властивості атмосфери і характер атмосферних процесів в цей момент над великою територією. Складаючи синоптичні карти для послідовних моментів часу, можна простежувати розвиток атмосферних процесів і робити висновки про майбутню погоду.

На карти можна наносити і результати статистичної обробки багаторічних спостережень; тоді ми отримаємо кліматологічні карти. Можна скласти, наприклад, карти багаторічного середнього розподілу величин температури або опадів на певній території за той чи інший місяць, карти середніх дат встановлення снігового покриву, карти повторюваності гроз, карти найбільших або найменших температур, що спостерігалися в даній місцевості, тощо. Кліматологічні карти полегшують подальший аналіз фактів, що відносяться до клімату, дозволяють робити висновки про просторовий розподіл особливостей або типів клімату і т. д.

1.2.3 Метеорологічні спостереження

Метеорологічні спостереження - це вимірювання і якісні оцінки метеорологічних елементів. До метеорологічним елементам ставляться в першу чергу температура і вологість повітря, атмосферний тиск, вітер, хмарність, опади, тумани, хуртовини, грози, видимість. Сюди ж приєднуються і деякі величини, які безпосередньо не відображають властивостей атмосфери або атмосферних процесів, але тісно пов'язані з ними. Такі температура ґрунту або поверхневого шару води, випаровування, висота і стан снігового покриву, тривалість сонячного сяйва. В меншій кількості місць виробляються ще спостереження над сонячним і земним випромінюванням і над атмосферним електрикою [3].

Метеорологічні спостереження над станом атмосфери поза приземного шару, до висот близько 40 км, зводяться до аерологічних спостережень. Від них відрізняються за методикою спостереження над станом вищих шарів атмосфери, яким можна дати назву аерономічних спостережень.

Найбільш повні і точні спостереження виробляються в метеорологічних і аерологічних обсерваторіях, наявних у всіх країнах світу. Число таких обсерваторій, однак, невелика. Крім того, навіть самі точні спостереження в нечисленних пунктах не можуть дати вичерпного уявлення про всю життя атмосфери, оскільки атмосферні процеси протікають в різній географічній обстановці по-різному.

1.2.4 Метеорологічна мережа

Для вивчення географічного розподілу метеорологічних елементів і порівняння стану атмосфери (погоди і клімату) в різних місцях Землі необхідно, щоб метеорологічні станції в кожній країні і у всіх країнах світу

вели спостереження за можливістю однотипними приладами, за єдиною методикою, в певні години доби.

Іншими словами, станції в кожній країні і в світовому масштабі повинні складати єдине ціле - мережа метеорологічних станцій, метеорологічну мережу. У кожній країні, в тому числі і в Росії, існує основна державна мережа метеорологічних станцій, що відповідає зазначеному вище вимогу - однакової і узгодженої роботи. Крім неї, існують і метеорологічні станції спеціального призначення, пов'язані з різними потребами науки і народного господарства (наприклад, станції на курортах, у колгоспах, на транспорті і т. п.).

Метеорологічні станції загальнодержавної мережі встановлюються по можливості рівномірно в місцях, характерних для даного району. Потрібно прагнути до того, щоб свідчення станції були репрезентативними, тобто. Характерними не тільки для її найближчих околиць, а й для усіх можливих навколишнього району. Метеорологічні станції спеціального призначення розміщують виходячи з виробничих завдань.

1.2.5 Тривалість і безперервність спостережень

Найважливіші умови мережевих метеорологічних спостережень, крім синхронності, - їх тривалість і безперервність. Окремі роки сильно відрізняються один від одного по режиму атмосферних процесів. Цим визначається необхідність при вивченні клімату мати багаторічні ряди систематичних спостережень. Для вивчення змін клімату метеорологічні спостереження повинні проводитися взагалі необмежено довго. Важливо також, щоб станції якомога довше не змінювали свого місця розташування: перенесення станції в інше місце обриває багаторічний ряд спостережень або, принаймні, порушує його однорідність. Шкідливо позначається на однорідності рядів спостережень забудова місцевості [4].

Для цілей передбачення погоди також необхідно вести метеорологічні спостереження постійно і безперервно: кожен день в атмосфері спостерігаються все нові нескінченно різноманітні умови, а при прогнозі (прогнозі) погоди на майбутнє доводиться виходити з фактичних умов в сьогоденні і минулому.

1.2.6 Розвиток метеорологічної мережі

Державні мережі метеорологічних станцій виникли в ХІХ столітті; до цього спостереження проводилися в окремих нечисленних пунктах. У ХХ столітті густота метеорологічних мереж сильно зросла, причому спостереженнями були охоплені і великі області в тропіках, в глибині Азії і Африки, в Арктиці й Антарктиці, раніше зовсім недоступні. Зараз на Земній кулі є багато тисяч метеорологічних станцій. Тільки в Радянському Союзі близько 4000 станцій основного типу, з повною програмою спостережень, і ще кілька тисяч метеорологічних постів для спостережень над опадами і сніжним покривом. Спостереження проводяться і на тисячах торгових суден. Для регулярних спостережень в океанах застосовуються спеціальні кораблі погоди (метеорологічні суду), які тривалий час перебувають в певних районах океану [5].

Але все ж густота метеорологічної мережі ще недостатня в Арктиці, Антарктиці, на океанах і в ряді областей всіх материків, крім Європи.

Оскільки метеорологічні спостереження потрібні для щоденного прогнозу погоди, велике значення для розвитку метеорологічної мережі в наш час має радіозв'язок, що дозволяє терміново передавати результати спостережень з віддалених районів.

В даний час існують і автоматичні станції, які тривалий час працюють без втручання людини. Їх встановлюють у важкодоступних або незручних для життя районах, наприклад на льодах Арктики; спостереження їх автоматично передаються по радіо. У близькому майбутньому автоматичні і

напівавтоматичні метеорологічні станції повинні отримати широке застосування.

Мережа аерологічних станцій виникла пізніше, лише в ХХ столітті, і густота її ще невелика в порівнянні з мережею звичайних метеорологічних станцій. Загальна кількість станцій з спостереженнями над тиском, температурою і вологістю в високих шарах за допомогою радіозондов становить на Земній кулі близько 1000, з них в СРСР понад 200. Значно більше станцій для спостережень над вітром на висотах. Виробляються також численні спостереження з літаків.

1.2.7 Програма спостережень на метеорологічних станціях

На наземних метеорологічних станціях в усьому світі проводяться одночасні (синхронні) спостереження через кожні три години по єдиному - грінвіцьким - часу (часу нульового поясу). Результати спостережень за ці терміни негайно передаються по телефону, телеграфу або по радіо в органи служби погоди. Там по ним складаються синоптичні карти та інші матеріали, які служать для передбачення погоди [6].

На метеорологічних станціях основного типу реєструються такі метеорологічні елементи:

На берегових метеорологічних станціях проводяться також спостереження над температурою води і хвилюванням водної поверхні. Програма спостережень на судах відрізняється в деталях від спостережень на сухопутних станціях. На великій кількості додаткових станцій (постів) виробляються спостереження тільки над опадами і сніжним покривом, так як для кращого з'ясування розподілу цих елементів потрібна більш густа мережа спостережень. У програму роботи станцій, що мають певний виробничий профіль, наприклад сільськогосподарських, транспортних, авіаційних, включаються особливі додаткові спостереження.

Не всі метеорологічні елементи спостерігаються в кожен термін спостережень. Наприклад, кількість опадів вимірюється чотири рази на добу, висота снігового покриву - один раз на добу, щільність снігу - один раз в п'ять днів і т. д.

В програми спостережень обсерваторій і окремих станцій входять ще актинометричні спостереження над сонячною радіацією, земним випромінюванням, відбивними властивостями (альbedo) поверхні землі і води; уточнені спостереження над температурою і вологістю повітря на різних висотах в приземному шарі повітря (градієнтні спостереження); вимірювання вмісту в повітрі пилу, хімічних домішок, радіоактивних продуктів; атмосферно-електричні спостереження над іонізацією повітря, над вмістом у ньому електрично заряджених частинок, і над змінами електричного поля атмосфери.

1.2.8 Метеорологічні прилади

Спостереження на метеорологічних станціях в основному мають характер вимірювань і ведуться за допомогою спеціальних вимірювальних приладів; лише деякі метеорологічні елементи кількісно оцінюються без приладів (ступінь хмарності, дальність видимості і деякі інші). Якісні оцінки, наприклад визначення характеру хмар і опадів, виробляються без приладів.

Для мережевих приладів необхідна однотипність, що полегшує роботу мережі і забезпечує порівнянність спостережень.

Метеорологічні прилади встановлюються на майданчику станції під відкритим небом. Тільки прилади для вимірювання атмосферного тиску (барометри) встановлюються в закритому приміщенні станції, так як різниця між тиском повітря під відкритим небом і всередині приміщення мізерно мала (практично відсутній)[7].

Прилади для визначення температури і вологості повітря захищають від дії сонячної радіації, від опадів і поривів вітру, і для цього їх поміщають в

будках особливої конструкції. Відліки за приладами робляться спостерігачем у встановлені терміни спостережень. На станціях встановлюються також самописні прилади, що дають безперервну автоматичну реєстрацію найважливіших метеорологічних елементів (особливо температури і вологості повітря, атмосферного тиску і вітру). Самописні прилади нерідко конструюють так, що їх прийомні частини, поміщені на майданчику або на даху будівлі, мають електричну передачу до пишучим частинам, встановленим всередині будівлі.

Принципи ряду метеорологічних приладів були запропоновані ще в XVII-XIX століттях. В даний час в метеорологічному приладобудуванні спостерігається швидкий прогрес. Створюються нові конструкції приладів з використанням можливостей сучасної техніки: термо- і фотоелементів, напівпровідників, радіозв'язку та радіолокації, різних хімічних реакцій і тобто. Особливо потрібно відзначити застосування в останні роки в метеорологічних цілях радіолокації. На екрані радіолокатора (радару) можна виявити скупчення хмар, області опадів, грози і навіть великі атмосферні вихори (тропічні циклони) в значній віддалі від спостерігача і простежувати їх еволюцію і переміщення.

Як згадувалося вище, досягнуті великі успіхи в конструюванні автоматичних станцій, які передають свої спостереження протягом більш-менш тривалого часу без втручання людини.

1.2.9 Методи аерологічних спостережень

Найбільш простим видом аерологічних спостережень є вітрове зондування. Спостереження над вітром у вільній атмосфері за допомогою куль-пілотів. Так називаються невеликі гумові кулі, які наповнюються воднем і випускаються у вільний політ. Спостерігаючи в теодоліти за польотом кулі-пілота, можна встановити швидкість і напрям вітру на тих висотах, на яких летить куля. В даний час при аерологічних спостереженнях

над вітром все ширше застосовуються методи радіовиявлення, тобто. Радіопеленгація радіозондів і радіолокація (радіоветровое зондування), щоб забезпечити отримання відомостей про вітер при наявності хмарного покриву. Спостереження над вітром, крім їх наукової ролі, мають безпосереднє значення для обслуговування дій авіації. Таке, ж значення має і описується нижче температурне зондування.

Температурним зондуванням називаються регулярні (зазвичай два рази на добу) випуски у високі шари атмосфери куль-зондів з гумовими оболонками досить великого розміру, до яких прикріплені автоматичні прилади для реєстрації температури, тиску і вологості повітря. До тридцятих років ці прилади - метеорограф - давали тільки запис спостережуваних величин на стрічці самописця. На тій чи іншій висоті кулю, роздуваючи, лопався, а прилад спускався на землю на другому, додатковому кулі або на парашуті. Однак повернення приладу в місце випуску залежало при цьому від випадку, і не могло бути мови про термінове використанні спостережень.

З 1930 р поширився метод радіо зондування (вперше застосований в СРСР). Приєднаний до кулі прилад - радіозонд, перебуваючи ще в польоті, посилає радіосигнали, за якими можна визначити значення метеорологічних елементів у високих шарах [8].

Метод радіозондування створив переворот в методах аерологічних спостережень і в усій сучасній метеорології. Радіозондування спостереження можна без всякого зволікання використовувати для служби погоди, що особливо підвищує їх цінність. Завдяки радіозондування незрівнянно зросли наші знання про шарах атмосфери до висоти 30-40 км. Однак точність показань сучасних радіо зондування ще недостатньо велика.

Радіо зондування витіснило інші методи температурного зондування - підйом метеорограф на змії, прив'язних аеростатах, літаках і ін. Літак залишається, однак, важливим засобом для спеціальних складних спостережень, що вимагають участі спостерігача, наприклад для вивчення фізичної будови хмар, для актинометричних і атмосферно-електричних

спостережень. Для тих же цілей застосовуються аеростати, а зрідка стратостата з герметично закритими гондолами. Останній рекорд висоти підйому на стратостаті в США близький до 35 км.

В останні роки почали практикувати випуски куль без людей не тільки з радіозонда, але і з більш складними автоматичними приладами для різного роду спостережень. Такі кулі великого діаметру з оболонкою з поліетилену (трансокеанські зонди) досягають зі значним вантажем приладів висот близько 30-40 км. Вони можуть летіти на певній заданій висоті (точніше, на заданій ізобаричній поверхні, тобто. В шарі з одним і тим же атмосферним тиском), перебуваючи при цьому в повітрі багато днів поспіль і передаючи радіосигнали. Визначення траєкторій польоту таких куль має значення для вивчення перенесення повітря у високих шарах атмосфери, особливо над океанами і в низьких широтах, де мережа аерологічних станцій недостатня.

Для дослідження ще більш високих шарів атмосфери виробляють випуски метеорологічних і геофізичних ракет з приладами, показання яких передаються по радіо. Стеля підйому ракет в даний час став вже необмеженим.

2 МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Процес моделювання

Моделювання – дослідження об'єктів пізнання на їх моделях; побудова і вивчення моделей реально існуючих об'єктів, процесів або явищ з метою отримання пояснень цих явищ, а також для передбачення явищ, що цікавлять дослідника:

- суб'єкт (дослідник);
- об'єкт дослідження;
- модель, що визначає (відображає) відносини пізнає суб'єкта і пізнаваного об'єкта.

Перший етап побудови моделі припускає наявність деяких знань про об'єкт-оригінал. Пізнавальні можливості моделі обумовлюються тим, що модель відображає (відтворює, імітує) які-небудь істотні риси об'єкта-оригіналу. Питання про необхідну і достатню міру подібності оригіналу і моделі вимагає конкретного аналізу. Очевидно, модель втрачає свій сенс як у випадку тотожності з оригіналом (тоді вона перестає бути моделлю), так і у випадку надмірного у всіх істотних відносинах відмінності від оригіналу. Таким чином, вивчення одних сторін модельованого об'єкта здійснюється ціною відмови від дослідження інших сторін. Тому будь-яка модель заміщає оригінал лише в строго обмеженому сенсі. З цього випливає, що для одного об'єкта може бути побудовано декілька "спеціалізованих" моделей, які концентрують увагу на певних сторонах досліджуваного об'єкта або ж характеризують об'єкт з різним ступенем деталізації.

На другому етапі модель виступає як самостійний об'єкт дослідження. Однією з форм такого дослідження є проведення "модельних" експериментів, при яких свідомо змінюються умови функціонування моделі і

систематизуються дані про її "поведінці". Кінцевим результатом цього етапу є безліч (сукупність) знань про моделі.

На третьому етапі здійснюється перенесення знань з моделі на оригінал - формування безлічі знань. Одночасно відбувається перехід з «мови» моделі на «мову» оригіналу. Процес перенесення знань проводиться за певними правилами. Знання про моделі повинні бути скоректовані з урахуванням тих властивостей об'єкта-оригіналу, які не знайшли відображення або були змінені при побудові моделі.

Четвертий етап – практична перевірка отриманих за допомогою моделей знань та їх використання для побудови узагальнюючої теорії об'єкта, його перетворення або управління ім.

Моделювання – циклічний процес. Це означає, що за перші чотирьохетапним циклом може відбутися другий, третій і т. д. При цьому знання про досліджуваному об'єкті розширюються і уточнюються, а вихідна модель поступово вдосконалюється. Недоліки, виявлені після першого циклу моделювання, зумовлені малим знанням об'єкта або помилками в побудові моделі, можна виправити в наступних циклах.

Зараз важко вказати область людської діяльності, де не застосовувалося б моделювання. Розроблені, наприклад, моделі виробництва автомобілів, вирощування пшениці, функціонування окремих органів людини, життєдіяльності Азовського моря, наслідків атомної війни. У перспективі для кожної системи можуть бути створені свої моделі, перед реалізацією кожного технічного або організаційного проекту має проводитися моделювання.

2.2 Класифікація моделей

Навчальні моделі – використовуються при навчанні. Це можуть бути наочні посібники, різні тренажери, навчальні програми.

Досвідчені моделі – це зменшені або збільшені копії проєктованого об'єкта. Використовують для дослідження та прогнозування його майбутніх характеристик.

Наприклад, модель корабля досліджується в басейні для вивчення стійкості судна при хитавиці, модель автомобіля «продувається» в аеродинамічній трубі з метою дослідження обтічності кузова, модель споруди використовується для прив'язки будівлі до конкретної місцевості і т.д.

Науково - технічні моделі – створюються для дослідження процесів і явищ. До таких моделей можна віднести, наприклад, прилад для отримання грозового електричного розряду або стенд для перевірки телевізорів.

Ігрові моделі – це військові, економічні, спортивні, ділові ігри. Ці моделі як би репетирують поведінку об'єкта в різних ситуаціях, програючи їх з урахуванням можливої реакції з боку конкурента, союзника або супротивника. За допомогою ігрових моделей можна надавати психологічну допомогу хворим, вирішувати конфліктні ситуації.

Імітаційні моделі непросто відображають реальність з тією чи іншою мірою точності, а імітують її. Експерименти з моделей проводять при різних вихідних даних. За результатами дослідження робляться висновки. Такий метод підбору правильного рішення отримав назву (метод проб і помилок). Наприклад, для виявлення побічних дій лікарських препаратів їх випробовують в серії дослідів над тваринами.

2.3 Класифікація моделей за фактором часу

Статичні – моделі, що описують стан системи в певний момент часу (одноразовий зріз інформації по даному об'єкту). Наприклад, обстеження учнів у стоматологічній поліклініці дає стан їх зубів в даний момент часу: співвідношення молочних і постійних, наявність пломб, дефектів і т.п.

Динамічні – моделі, що описують процеси зміни і розвитку системи (зміни об'єкта в часі). Приклади: опис руху тіл, розвитку організмів, процес хімічних реакцій.

При будівництві будинку розраховують міцність його фундаменту, стін, балок і стійкість їх до постійного навантаження. Це статична модель будівлі. Але треба так само забезпечити протидію вітрам, руху ґрунтових вод, сейсмічних коливань та іншим змінюється в часі факторам. Ці питання можна вирішити за допомогою динамічних моделей. Таким чином, один і той самий об'єкт можна охарактеризувати і статичної та динамічної моделлю.

2.4 Класифікація моделей за формою подання

Матеріальні – це предметні (фізичні) моделі. Вони завжди мають реальне втілення. Відображають зовнішню властивість і внутрішній устрій вихідних об'єктів, суть процесів і явищ об'єкта-оригіналу [9].

Абстрактні (нематеріальні) – не мають реального втілення. Їх основу складає інформація. це теоретичний метод пізнання навколишнього середовища. За ознакою реалізації вони бувають: уявні та вербальні; інформаційні

Уявні моделі формуються в уяві людини в результаті роздумів, умовиводів, іноді у вигляді деякого образу. Це модель сприяє свідомої діяльності людини. Прикладом уявної моделі є модель поведінки при переході через дорогу. Людина аналізує ситуацію на дорозі (який сигнал подає світлофор, як далеко знаходяться машини, з якою швидкістю вони рухаються і т.п.) і виробляється модель поведінки. Якщо ситуація змодельована правильно, то перехід буде безпечним, якщо ні, то може статися дорожньо-транспортна пригода.

Вербальні – уявні моделі, виражені в розмовній формі. Використовується для передачі думок.

Щоб інформацію можна було використовувати для обробки на комп'ютері, необхідно виразити її за допомогою системи знаків, тобто формалізувати. Правила формалізації повинні бути відомі і зрозумілі тому, хто буде створювати і використовувати модель. Тому поряд з уявними і вербальними моделями використовують більш суворі - інформаційні моделі.

Інформаційні моделі – цілеспрямовано відібрана інформація про об'єкт, яка відображає найбільш істотні для дослідника властивості цього об'єкта.

2.5 Типи інформаційних моделей

Табличні – об'єкти та їх властивості представлені у вигляді списку, а їхні значення розміщуються в клітинках прямокутної форми. Перелік однотипних об'єктів розміщений в першому стовпці (або рядку), а значення їх властивостей розміщуються в наступних стовпцях (або рядках)

Ієрархічні – об'єкти розподілені за рівнями. Кожен елемент високого рівня складається з елементів нижнього рівня, а елемент нижнього рівня може входити до складу лише одного елемента більш високого рівня

Мережеві – застосовують для відображення систем, в яких зв'язки між елементами мають складну структуру

За ступенем формалізації інформаційні моделі бувають образно-знакові і знакові.

За формою подання образно-знакових моделей серед них можна виділити наступні групи:

- геометричні моделі, які відображатимуть зовнішній вигляд оригіналу (малюнок, піктограма, креслення, план, карта, об'ємне зображення);
- структурні моделі, що відображають будову об'єктів і зв'язку їх параметрів (таблиця, граф, схема, діаграма);
- словесні моделі, зафіксовані (описані) засобами природної мови;
- алгоритмічні моделі, що описують послідовність дій.

Знакові моделі можна розділити на наступні групи:

- математичні моделі, представлені математичними формулами, що відображають зв'язок різних параметрів об'єкта, системи або процесу;
- спеціальні моделі, представлені на спеціальних мовах (ноти, хімічні формули і т. п.);
- алгоритмічні моделі, що представляють процес у вигляді програми, записаної на спеціальній мові.

2.6 Методи і технології моделювання

«Чорний ящик» – термін, використовуваний в точних науках (зокрема, системотехніці, кібернетиці та фізики) для позначення системи, механізм роботи якої дуже складний, невідомий або неважливий в рамках даної задачі. Такі системи зазвичай мають якийсь «вхід» для введення інформації і «вихід» для відображення результатів роботи. Стан виходів зазвичай функціонально залежить від стану входів і т.д. Поняття «чорний ящик» запропоновано У.Р. Ешбі. Використання моделі «чорний ящик» дозволяє вивчати поведінку систем, тобто їх реакцій на різноманітні зовнішні впливи, і в той же час абстрагуватися від їх внутрішнього устрою [10].

Основний принцип, який лежить в основі моделей типу «чорний ящик», - це реакція на задані входні дані

Стратегія дій на основі заздалегідь заданих відомих параметрів, званих евристичними, використовується в евристичному програмуванні. Евристика - теоретично не обґрунтоване правило, що дозволяє зменшити кількість переборів в пошуку оптимального шляху.

Нейрокібернетика займається створенням елементів, аналогічних нейронам, і їх об'єднанням в функціонуючі системи відомої структури. Ця галузь моделювання штучного інтелекту не використовує принцип «чорного ящика», тому внутрішня структура моделі є відомою. Основна область застосування перших нейрокомп'ютера, моделює структуру людського мозку, - це розпізнавання образів.

Моделювання глибоко проникає в теоретичне мислення. Більш того, розвиток будь-якої науки в цілому можна трактувати - у вельми загальному, але цілком розумному сенсі, – як «теоретичне моделювання». Важлива пізнавальна функція моделювання полягає в тому, щоб служити імпульсом, джерелом нових теорій. Нерідко буває так, що теорія спочатку виникає у вигляді моделі, що дає наближене, спрощене пояснення явища, і виступає як первинна робоча гіпотеза, яка може перерости в «предтеорію» – попередницю розвиненої теорії. При цьому в процесі моделювання виникають нові ідеї і форми експерименту, відбувається відкриття раніше невідомих фактів. Таке «переплетення» теоретичного і експериментального моделювання особливо характерно для розвитку фізичних теорій.

Моделювання - не тільки один із засобів відображення явищ і процесів реального світу, а й - незважаючи на описану вище його відносність – об'єктивний практичний критерій перевірки істинності наших знань, здійснюваної безпосередньо або за допомогою встановлення їх стосунки з іншою теорією, яка виступає в якості моделі, адекватність якої вважається практично обгрунтованою. Застосовуючись в органічній єдності з іншими методами пізнання, моделювання виступає як процес поглиблення пізнання, його рухи від відносно бідних інформацією моделей до моделей змістовнішим, повніше розкриває суть досліджуваних явищ дійсності.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ

3.1 Класифікація за середовищем передачі сигналів

Температурні датчики можна розділити на безконтактні датчики температури і контактні датчики температури.

Перші застосовують принцип вимірювання потужності інфрачервоного випромінювання, яке йде від будь-якого об'єкта (будь він холодний або гарячий). Безконтактні датчики температури використовуються в тих галузях, де утруднений доступ до вимірюваних деталям або при необхідності вимірювання високих температур – від 1500 до 3000°C [11].

Деякі моделі таких безконтактних датчиків спеціально розроблені для вимірювання температури прозорих об'єктів - плівки і скла, існують датчики для роботи в курній або задимлених середовищі.

Контактні датчики температури представлені, в основному, термопарами і термоопором. Даний спосіб вимірювання температури заснований на тому, що різні метали і напівпровідники змінюють свій електричний опір зі зміною температури, внаслідок чого, передається електричний сигнал.

Як окремий випадок, слід зазначити кремнієві датчики температури. Принцип їх роботи заснований на здатності кремнію, як напівпровідника, змінювати власне електричне опір внаслідок зміни температури. Такі датчики температури, як правило, забезпечуються додатковими схемами підсилення і обробки сигналу, що дозволяє підключити такий датчик температури безпосередньо до комп'ютера

Датчик - це елемент вимірювального, сигнального, регулюючого або керуючого пристрою, що перетворює контрольовану величину (температуру, тиск, частоту, силу світла, електрична напруга, струм і т.д.) в сигнал, зручний

для вимірювання, передачі, зберігання, обробки, реєстрації, а іноді і для впливу їм на керовані процеси. Або простіше, датчик - це пристрій, що перетворює вхідний вплив будь-якої фізичної величини в сигнал, зручний для подальшого використання [12].

Використовувані датчики досить різноманітні і можуть бути класифіковані за різними ознаками.

Залежно від виду вхідної (вимірюваної) величини розрізняють: датчики механічних переміщень (лінійних і кутових), пневматичні, електричні, витратоміри, датчики швидкості, прискорення, зусилля, температури, тиску та ін.

В даний час існує приблизно такий розподіл частки вимірювань різних фізичних величин в промисловості: температура - 50%, витрата (масовий і об'ємний) - 15%, тиск - 10%, рівень - 5%, кількість (маса, об'єм) - 5%, час - 4%, електричні та магнітні величини - менш 4%.

По виду вихідної величини, в яку перетворюється вхідна величина, розрізняють неелектричні та електричні: датчики постійного струму (ЕРС або напруги), датчики амплітуди змінного струму (ЕРС або напруги), датчики частоти змінного струму (ЕРС або напруги), датчики опору (активного, індуктивного або ємнісного) і ін.

Більшість датчиків є електричними. Це обумовлено наступними перевагами електричних вимірювань:

- електричні величини зручно передавати на відстань, причому передача здійснюється з високою швидкістю;
- електричні величини універсальні в тому сенсі, що будь-які інші величини можуть бути перетворені в електричні і навпаки;
- вони точно перетворюються в цифровий код і дозволяють досягти високої точності, чутливості і швидкодії засобів вимірювань [13].

За принципом дії датчики можна розділити на два класи: генераторні і параметричні (датчики-модулятори). Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини в електричний сигнал.

Параметричні датчики вхідну величину перетворюють в зміна будь-якого електричного параметра (R, L або C) датчика.

За принципом дії датчики також можна розділити на омічні, реостатні, фотоелектричні (оптико-електронні), індуктивні, ємнісні і інші.

Розрізняють три класи датчиків:

- аналогові датчики, тобто. Датчики, що виробляють аналоговий сигнал, пропорційно зміні вхідної величини;
- цифрові датчики, які генерують послідовність імпульсів або двійкове слово;
- бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів: "включено - вимкнено" (інакше кажучи, 0 або 1); набули широкого поширення завдяки своїй простоті.

Вимоги, що пред'являються до датчиків:

- однозначна залежність вихідної величини від вхідних;
- стабільність характеристик в часі;
- висока чутливість;
- малі розміри і маса;
- відсутність зворотного впливу на контрольований процес і на контрольований параметр;
- робота при різних умовах експлуатації;
- різні варіанти монтажу.

Параметричні датчики (датчики-модулятори) вхідну величину X перетворюють в зміна будь-якого електричного параметра (R, L або C) датчика. Передати на відстань зміна перерахованих параметрів датчика без енерго несучих сигналу (напруги або струму) неможливо. Виявити зміна відповідного параметра датчика тільки і можна по реакції датчика на струм або напруга, оскільки перераховані параметри і характеризують цю реакцію. Тому параметричні датчики вимагають застосування спеціальних вимірювальних ланцюгів з харчуванням постійним або змінним струмом.

Омічні (резистивні) датчики - принцип дії заснований на зміні їх активного опору при зміні довжини l , площі перетину S або питомого опору:

$$R = \rho l / S. \quad (3.1)$$

Крім того, використовується залежність величини активного опору від контактного тиску і освітленості фотоелементів. Відповідно до цього омічні датчики ділять на: контактні, потенціометричні (реостатні), тензорезисторні, терморезисторні, фоторезисторні [14].

Контактні датчики - це найпростіший вид резисторних датчиків, які перетворюють переміщення первинного елемента в стрибкоподібне зміна опору електричного кола. За допомогою контактних датчиків вимірюють і контролюють зусилля, переміщення, температуру, розміри об'єктів, контролюють їх форму і т. д. До контактних датчиків належать шляхові й кінцеві вимикачі, контактні термометри і так звані електродні датчики, які використовуються в основному для вимірювання граничних рівнів електропровідних рідин.

Контактні датчики можуть працювати як на постійному, так і на змінному струмі. Залежно від меж вимірювання контактні датчики можуть бути одне граничними і багато граничними. Останні використовують для вимірювання величин, що змінюються в значних межах, при цьому частини резистора R , включеного в електричний ланцюг, послідовно закорочуються.

Недолік контактних датчиків - складність здійснення безперервного контролю і обмежений термін служби контактної системи. Але завдяки граничній простоті цих датчиків їх широко застосовують в системах автоматики [15].

Реостатні датчики являють собою резистор із змінним активним опором. Вхідний величиною датчика є переміщення контакту, а вихідний - зміна його опору. Рухомий контакт механічно пов'язаний з об'єктом, переміщення (кутовий або лінійне) якого необхідно перетворити.

Найбільшого поширення набула потенціометрична схема включення реостатного датчика, в якій реостат включають за схемою подільника напруги. Нагадаємо, що дільником напруги називають електротехнічний пристрій для ділення постійної або змінної напруги на частини; дільник напруги дозволяє знімати (використовувати) тільки частину наявного напруги за допомогою елементів електричного кола, що складається з резисторів, конденсаторів або котушок індуктивності. Змінний резистор, що включається за схемою подільника напруги, називають потенціометром.

Зазвичай реостатні датчики застосовують в механічних вимірювальних приладах для перетворення їх показань в електричні величини (струм або напруга), наприклад, в поплавцевих вимірі рівня рідин, різних манометрах та інше [16].

Датчик у вигляді простого реостата майже не використовується внаслідок значної не лінійності його статичної характеристики $I_n = f(x)$, де I_n - струм в навантаженні.

Вихідний величиною такого датчика є падіння напруги $U_{\text{вих}}$ між рухомим і одним з нерухомих контактів. Залежність вихідної напруги від переміщення x контакту $U_{\text{вих}} = f(x)$ відповідає закону зміни опору вздовж потенціометра. Закон розподілу опору по довжині потенціометра, який визначається його конструкцією, може бути лінійним або нелінійним.

Потенціометричні датчики, конструктивно представляють собою змінні резистори, виконують з різних матеріалів - обмотувального проводу, металевих плівок, напівпровідників і т. д.

Тензорезисторні (тензометричні датчики) служать для вимірювання механічної напруги, невеликих деформацій, вібрації. Дія тензорезисторів заснована на тензо ефекті, що полягає в зміні активного опору провідникових і напівпровідникових матеріалів під впливом прикладених до них зусиль.

Термометричні датчики (терморезистори) - опір залежить від температури. Терморезистор як датчики використовують двома способами:

1) Температура терморезистора визначається навколишнім середовищем; струм, що проходить через терморезистор, настільки малий, що не викликає нагрівання терморезистора. При цьому умови терморезистор використовується як датчик температури і часто називається «термометром опору».

2) Температура терморезистора визначається ступенем нагрівання постійним за величиною струмом та умовами охолодження. В цьому випадку встановилася температура визначається умовами тепловіддачі поверхні терморезистора (швидкістю руху навколишнього середовища - газу або рідини - щодо терморезистора, її щільністю, в'язкістю і температурою), тому терморезистор може бути використаний як датчик швидкості потоку, теплопровідності навколишнього середовища, щільності газів і т. п. у датчиках такого роду відбувається як би двоступенева перетворення: вимірювана величина спочатку перетвориться в зміну температури терморезистора, яке потім перетворюється на зміну опору.

Терморезистор виготовляють як з чистих металів, так і з напівпровідників. Матеріал, з якого виготовляється такі датчики, повинен володіти високим температурним коефіцієнтом опору, по можливості лінійною залежністю опору від температури, гарною відтворюваністю властивостей і інертністю до впливів навколишнього середовища. Найбільшою мірою всіма зазначеними властивостями задовольняє платина; в трохи меншій - мідь і нікель.

У порівнянні з металевими терморезисторами більш високою чутливістю мають напівпровідникові терморезистори (термістори).

Індуктивні датчики служать для безконтактного отримання інформації про переміщення робочих органів машин, механізмів, роботів і т.п. і перетворення цієї інформації в електричний сигнал.

Принцип дії індуктивного датчика заснований на зміні індуктивності обмотки на муздратраї в залежності від положення окремих елементів магнітопроводу (якоря, сердечника і ін.). У таких датчиках лінійне або кутове

переміщення X (вхідна величина) перетвориться в зміну індуктивності (L) датчика. Застосовуються для вимірювання кутових і лінійних переміщень, деформацій, контролю розмірів і т.д.

У найпростішому випадку індуктивний датчик являє собою котушку індуктивності з магнітопроводом, рухливий елемент якого (якір) переміщається під дією вимірюваної величини [17].

Індуктивний датчик розпізнає і відповідно реагує на всі струмопровідні предмети. Індуктивний датчик є безконтактним, не вимагає механічного впливу, працює безконтактно за рахунок зміни електромагнітного поля.

Недоліки - порівняно мала чутливість, залежність індуктивного опору від частоти напруги живлення, значне зворотний вплив датчика на вимірювану величину (за рахунок тяжіння якоря до сердечника).

Ємнісні датчики - принцип дії заснований на залежності електричної ємності конденсатора від розмірів, взаємного розташування його обкладок і від діелектричної проникності середовища між ними.

Для плоского конденсатора електрична ємність визначається виразом:

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / h, \quad (3.2)$$

де ϵ_0 - діелектрична постійна;

ϵ - відносна діелектрична проникність середовища між обкладинками;

S - активна площа обкладок;

h - відстань між обкладками конденсатора.

Залежно $C(S)$ і $C(h)$ використовують для перетворення механічних переміщень в зміну ємності.

Ємнісні датчики, також як і індуктивні, харчуються змінною напругою (зазвичай підвищеної частоти - до десятків мегагерц). В якості вимірювальних схем зазвичай застосовують мостові схеми і схеми з використанням резонансних контурів. В останньому випадку, як правило,

використовують залежність частоти коливань генератора від ємності резонансного контуру, тобто датчик має частотний вихід.

Переваги ємнісних датчиків - простота, висока чутливість і мала інерційність. Недоліки - вплив зовнішніх електричних полів, відносна складність вимірювальних пристроїв [18].

Ємнісні датчики застосовують для вимірювання кутових переміщень, дуже малих лінійних переміщень, вібрацій, швидкості руху і т. д., а також для відтворення заданих функцій (гармонійних, прямокутних і т. п.).

Ємнісні перетворювачі, діелектрична проникність яких змінюється за рахунок переміщення, деформації або зміни складу діелектрика, застосовують в якості датчиків рівня що не проводять рідину, сипучих і порошкоподібних матеріалів, товщини шару що не проводять матеріал, а також контролю вологості і складу речовини.

Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини X в електричний сигнал. Такі датчики перетворюють енергію джерела вхідної (вимірюваної) величини відразу в електричний сигнал, тобто вони є як би генераторами електроенергії (звідки і назва таких датчиків - вони генерують електричний сигнал).

Додаткові джерела електроенергії для роботи таких датчиків принципово не потрібні (проте додаткова електроенергія може знадобитися для посилення вихідного сигналу датчика, його перетворення в інші види сигналів і інших цілей). Генераторними є термоелектричні, п'єзоелектричні, індукційні, фотоелектричні і багато інших типів датчиків.

Індукційні датчики перетворюють вимірювану неелектричну величину в ЕРС індукції. Принцип дії датчика заснований на законі електромагнітної індукції. До цих датчиків належать тахогенератори постійного і змінного тока, що представляють собою невеликі електромашинні генератори, у яких вихідна напруга пропорційно кутовий швидкості обертання валу генератора. Тахогенератори використовуються як датчики кутової швидкості.

Тахогенератор є електричну машину, що працює в генераторному режимі. При цьому виробляється ЕРС пропорційна швидкості обертання і величиною магнітного потоку. Крім того, зі зміною швидкості обертання змінюється частота ЕРС. Застосовуються як датчики швидкості (частоти обертання).

Температурні датчики. У сучасному промисловому виробництві найбільш поширеними є вимірювання температури (так, на атомній електростанції середнього розміру є близько 1500 точок, в яких проводиться таке вимірювання, а на великому підприємстві хімічної промисловості подібних точок присутній понад 20 тис.). Широкий діапазон вимірюваних температур, різноманітність умов використання засобів вимірювальної техніки та вимог до них визначають різноманіття застосовуваних засобів вимірювання температури.

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

Кремнієві датчики температури використовують залежність опору напівпровідникового кремнію від температури. Діапазон вимірюваних температур $-50 \dots + 150^{\circ}\text{C}$. Застосовуються в основному для вимірювання температури всередині електронних приладів [19].

Біметалічний датчик зроблений з двох різнорідних металевих пластин, скріплених між собою. Різні метали мають різний температурний коефіцієнт розширення. Якщо з'єднані в пластину метали нагріти або охолодити, то вона зігнеться, при цьому замкне (розімкне) електричні контакти або переведе стрілку індикатора.

Діапазон роботи біметалевих датчиків $-40 \dots +550^{\circ}\text{C}$. Використовуються для вимірювання поверхні твердих тіл і температури рідин. Основні області застосування - автомобільна промисловість, системи опалення та нагріву води.

Термоіндикатори - це особливі речовини, що змінюють свій колір під впливом температури. Зміна кольору може бути оборотним і необоротним. Виробляються у вигляді плівок [20].

Принцип дії термоперетворювачів опору (терморезисторів) заснований на зміні електричного опору провідників і напівпровідників в залежності від температури (розглянутий раніше).

Платинові терморезистори призначені для вимірювання температур в межах від -260 до 1100 °С. Широке поширення на практиці отримали більш дешеві мідні терморезистори, що мають лінійну залежність опору від температури.

Недоліком міді є невелике її питомий опір і легка окислюваність при високих температурах, внаслідок чого кінцевий межа застосування мідних термометрів опору обмежується температурою 180°С. За стабільністю і відтворюваності характеристик мідні терморезистори поступаються платиновим. Нікель використовується в недорогих датчиках для вимірювання в діапазоні кімнатних температур [21].

Напівпровідникові терморезистори (термістори) мають негативний або позитивний температурний коефіцієнт опору, значення якого при 20°С складає $(2 \dots 8) \cdot 10^{-2} (\text{°C})^{-1}$, тобто на порядок більше, ніж у міді і платини.

Напівпровідникові терморезистори при досить малих розмірах мають високі значення опору (до 1МОм). Як полуприем. матеріалу використовуються оксиди металів: напівпровідникові терморезистори типів КМТ - суміш оксидів кобальту і марганцю і ММТ - міді і марганцю.

Напівпровідникові датчики температури мають високу стабільність характеристик в часі і застосовуються для зміни температур в діапазоні від -100 до 200°С [22].

Термоелектричні перетворювачі (термопари) - принцип дії термопар заснований на термоелектричному ефекті, який полягає в тому, що при наявності різниці температур місць (спаїв) двох різнорідних металів або напівпровідників в контурі виникає електрорушійна сила, яка називається



термо (скорочено термо- ЕРС). У певному інтервалі температур можна вважати, що термо-ЕРС прямо пропорційна різниці температур $\Delta T = T_1 - T_0$ між спаєм і кінцями термопари.

Сполучені між собою кінці термопари, що занурюються в середу, температура якої вимірюється, називають робочим кінцем термопари. Кінці, які знаходяться в навколишньому середовищі, і які зазвичай приєднують проводами до вимірювальної схемою, називають вільними кінцями. Температуру цих кінців необхідно підтримувати постійною. При цьому умови термо-ЕРС ЕТ буде залежати тільки від температури T_1 робочого кінця.

$$U_{\text{вих}} = ET = C (T_1 - T_0), \quad (3.3)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідників термопари.

Створювана термопарами ЕРС порівняно невелика: вона не перевищує 8 мВ на кожні 100 °С і зазвичай не перевищує за абсолютною величиною 70 мВ. Термопари дозволяють вимірювати в діапазоні від -200 до 200 °С.

Найбільшого поширення для виготовлення термоелектричних перетворювачів отримали платина,  лінійність,  ліній, алюмель.

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

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

Інфрачервоних датчики (пірометри) – використовують енергію випромінювання нагрітих тіл, що дозволяє вимірювати температуру поверхні на відстані. Пірометри діляться на радіаційні, яскравості і колірні.

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

Яскравості (оптичні) пірометри використовуються для вимірювання температур від 500 до 4000 °С. Вони засновані на порівнянні в вузькій ділянці спектру яскравості досліджуваного об'єкта з яскравістю зразкового випромінювача (фотометричної лампи) [23].

Кольорові пірометри засновані на вимірі відносини випромінювання на двох довжинах хвиль, які обирають зазвичай в червоній або синій частині спектра; вони використовуються для вимірювання температури в діапазоні від 800 0С.

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

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

Дія п'єзоелектричних датчиків засноване на використанні п'єзоелектричного ефекту (п'єзоефекту), що при стисненні або розтягуванні деяких кристалів на їх гранях з'являється електричний заряд, величина якого пропорційна діючій силі.

П'єзоефект звернемо, прикладена електричне напруги викликає деформацію п'єзоелектричного зразка – стиснення або розтягнення його відповідно знаку прикладеної напруги. Це явище, зване зворотним п'єзоефектом, використовується для збудження і прийому акустичних хвиль звуковий і ультразвукової частоти.

Розрізняють аналогові і дискретні оптичні датчики. У аналогових датчиків вихідний сигнал змінюється пропорційно зовнішньої освітленості. Основна область застосування – автоматизовані системи управління освітленням.

Датчики дискретного типу змінюють вихідну стан на протилежне при досягненні заданого значення освітленості.

Фотоелектричні датчики можуть бути застосовані практично у всіх галузях промисловості. Датчики дискретного дії використовуються як своєрідні безконтактні вимикачі для підрахунку, виявлення, позиціонування та інших завдань на будь-якої технологічної лінії.

Оптичний безконтактний датчик, реєструє зміна світлового потоку в контрольованій області, пов'язане зі зміною положення в просторі будь-яких рухомих частин механізмів і машин, відсутність або присутності об'єктів. Завдяки великим відстаням спрацьовування оптичні безконтактні датчики знайшли широке застосування в промисловості і не тільки.

Оптичний безконтактний датчик складається з двох функціональних вузлів, приймача і випромінювача. Дані вузли можуть бути виконані як в одному корпусі, так і в різних корпусах.

На зміну кнопок – релейним пультів приходять мікропроцесорні автоматичні системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) високої продуктивності і надійності, датчики оснащуються цифровими інтерфейсами зв'язку, проте це не завжди призводить до підвищення загальної надійності системи і достовірності її роботи. Причина полягає в тому, що самі принципи дії більшості відомих типів датчиків накладають жорсткі обмеження на умови, в яких вони можуть використовуватися.

Наприклад, для стеження за швидкістю руху промислових механізмів широко застосовуються безконтактні (ємнісні та індуктивні), а також тахогенераторні пристрої контролю швидкості (УКБ). Тахогенераторні УКБ мають механічну зв'язок з об'єктом, що рухається, а зона чутливості безконтактних приладів не перевищує декількох сантиметрів [24].

Все це не тільки створює незручності при монтажі датчиків, а й істотно ускладнює використання цих приладів в умовах пилу, яка налипає на робочі поверхні, викликаючи помилкові спрацьовування. Перераховані типи датчиків не здатні безпосередньо контролювати об'єкт (наприклад, стрічку конвеєра) – вони налаштовуються на рух роликів, крильчаток, натяжних барабанів і т. д. Вихідні сигнали деяких приладів настільки слабкі, що лежать нижче рівня промислових перешкод від роботи потужних електричних машин.

Аналогічні труднощі виникають при використанні традиційних сигналізаторів рівня – датчиків наявності сипучого продукту. Такі пристрої необхідні для своєчасного відключення подачі сировини в виробничі ємності. До помилкових спрацьовувань призводить не тільки налипання і пил, але і дотик потоку продукту при його надходженні в бункер. У неопалюваних приміщеннях на роботу датчиків впливає навколишня температура. Помилкові спрацьовування сигналізаторів викликають часті зупинки і запуски навантаженого технологічного обладнання – основну причину його аварій, призводять до завалів, обриву конвеєрів, виникнення вибухонебезпечних ситуацій [25].

Зазначені проблеми кілька років тому привели до розробки принципово нових типів приладів – радіолокаційних датчиків контролю швидкості, датчиків руху і підпору, робота яких заснована на взаємодії контрольованого об'єкта з радіосигналом частотою 1010 Гц.

Використання мікрохвильових методів контролю за станом технологічного обладнання дозволяє повністю позбутися від недоліків датчиків традиційних типів.

При необхідності заповнити будь-яку ємність (від бункера до шахти) можна точно визначити момент закінчення засипки – опущений на певну глибину датчик буде показувати рух наповнювача до тих пір, поки не буде засипаний.


Конкретні приклади використання мікрохвильових датчиків руху в різних галузях промисловості визначаються її специфікою, але в цілому вони здатні вирішувати найрізноманітніші завдання безаварійної експлуатації обладнання та підвищити інформативність автоматизованих систем управління.

3.2 Класифікація за типом дії

Датчики температури також розрізняють за типом дії:


- терморезистивні термодатчики;
- напівпровідникові;
- термоелектричні (термопари);
- пірометри;
- акустичні;
- п'єзоелектричні.

Терморезистивні термодатчики засновані на принципі зміни електричного опору (напівпровідника або провідника) при зміні температури. Розроблено вони були вперше для океанографічних досліджень. Основним елементом є терморезистор – елемент, що змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.


Безперечні переваги термодатчиків цього типу: довготривала стабільність, висока чутливість, а також простота створення  і лінійність схем.

У залежності від матеріалів, використовуваних для виробництва терморезистивних датчиків, розрізняють:

Резистивні детектори температури (РДТ). Ці датчики складаються з металу, найчастіше платини. В принципі, будь-який метал змінює свій опір при впливі температури, але використовують платину, так як вона має довготривалої стабільністю, міцністю і відтворюваністю характеристик. Для вимірювань температур більше 600°C може використовуватися також

вольфрам. Мінусом цих датчиків є висока вартість і  лінійність характеристик [26].

Кремнієві резистивні датчики. Переваги цих датчиків – хороша лінійність і висока довготривала стабільність. Також ці датчики можуть вбудовуватися прямо в мікроструктуру.

Термістори – ці датчики виготовляються з метал-оксидних сполук. Датчики вимірюють тільки абсолютну температуру. Істотними недоліками термісторів є необхідність їх калібрування і велика  лінійність, а також старіння, однак, при проведенні всіх необхідних налаштувань можуть використовуватися для прецизійних вимірювань.


Напівпровідникові датчики реєструють зміна характеристик p_n переходу під впливом температури. В якості термодатчиків можуть бути використані будь діоди або біполярні транзистори. Пропорційна залежність напруги на транзисторах від абсолютної температури (в кельвінах) дає можливість реалізувати досить точний датчик.

Переваги таких датчиків – простота і низька вартість, лінійність характеристик, маленька похибка. Крім того, ці датчики можна формувати прямо на кременевій підкладці. Все це робить напівпровідникові датчики дуже затребуваними.

Термоелектричні перетворювачі – інакше, термопари. Вони діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або провідників) виникне електричний струм, у разі якщо місця спаїв відрізняються по температурі. Так, один кінець термопари (робочий) занурений в середу, а інший (вільний) – ні. Таким чином, виходить, що термопари це відносні датчики і вихідна напруга буде залежати від різниці температур двох частин. І майже не буде залежати від абсолютних їх значень [27].

Діапазон вимірюваних з їх допомогою температур, від -200 до 2200 градусів, і безпосередньо залежить від використовуваних в них матеріалів. Наприклад, термопари з неблагородних металів – до 1100°C. Термопари з

благородних металів (платинова група) – від 1100 до 1600 градусів. Якщо необхідно зробити виміри температур понад цього, використовуються жаростійкі сплави (основою служить вольфрам). Як правило, використовується в комплекті з милливольтметром, а вільний кінець (конструктивно виведений на головку) віддалений від вимірюваного середовища за допомогою удлиняючого дроти. Одним з недоліків термопар є досить велика похибка. Найбільш поширеним способом застосування термопар є електронні термометри.

Пірометри – безконтактні датчики, які реєструють випромінювання, що виходить від нагрітих  л. Основною перевагою пірометрів (на відміну від попередніх температурних датчиків) є відсутність необхідності поміщати датчик безпосередньо в контрольоване середовище. У результаті такого занурення часто відбувається спотворення досліджуваного температурного поля, не кажучи вже про зниження стабільності характеристик самого датчика.

Розрізняють три види пірометрів:

- Флуоресцентні. При вимірюванні температури за допомогою флуоресцентних датчиків на поверхню об'єкта, температуру якого необхідно виміряти, наносять фосфорні компоненти. Потім об'єкт піддають впливу ультрафіолетового імпульсного випромінювання, в результаті якого виникає післязлученіє флуоресцентного шару, властивості якого залежать від температури. Це випромінювання детектується і аналізується.

- Інтерферометричні. Інтерферометричні датчики температури засновані на порівнянні властивостей двох променів – контрольного і пропущеного через середу, параметри якої змінюються в залежності від температури. Чутливим елементом цього типу датчиків найчастіше виступає тонкий кремнієвий шар, на коефіцієнт заломлення якого, а, відповідно, і на довжину шляху променя, впливає температура.

- Датчики на основі розчинів, що міняють колір при температурному впливі. У цьому типі датчиків-пірометрів застосовується

хлорид кобальту, розчин якого має теплову зв'язок з об'єктом, температуру якого необхідно виміряти. Коефіцієнт поглинання видимого спектра в розчині хлориду кобальту залежить від температури. При зміні температури змінюється величина проїшов через розчин світла [28].


Акустичні термодатчики використовуються переважно для вимірювання середніх і високих температур. Акустичний датчик побудований на принципі того, що в залежності від зміни температури, змінюється швидкість поширення звуку в газах. Складається з випромінювача і приймача акустичних хвиль (просторово рознесених). Випромінювач випускає сигнал, який проходить через досліджувану середу, в залежності від температури швидкість сигналу змінюється, і приймач після отримання сигналу вважає цю швидкість.

Використовуються для визначення температур, які не можна виміряти контактними методами. Також застосовуються в медицині для неінвазивного (без операційного проникнення всередину тіла хворого) вимірювання глибинної температури, наприклад, в онкології. Недоліками таких вимірювань є те, що при дотику вони можуть викликати відповідні фізіологічні реакції, що в свою чергу тягне спотворення вимірювання глибинної температури. Крім того, можуть виникати відбиття на границі «датчик-тіло», що також здатне викликати похибки.

У п'єзоелектричних датчиках головним елементом є кварцовий пьезорезонатор. Як відомо пьезоматеріал змінює свої розміри при дії струму (прямий п'єзоэффект). На цей пьезоматеріал поперемінно передається напруга різного знака, від чого він починає коливатися. Це і є пьезорезонатор. З'ясовано, що частота коливань цього резонатора залежить від температури, це явище і покладено в основу п'єзоелектричного датчика температури.


3.2.1 Терморезистивного термодатчики

Терморезистивного термодатчики – засновані на принципі виміру електричного опору (напівпровідника або провідника) при зміні температури. Розроблено вони були вперше для океанографічних досліджень. Основним елементом є терморезистор – елемент змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.


Безперечні переваги термодатчиків цього типу це довготривала стабільність, висока чутливість, а також простота створення  лінійність схем.

На рис. 3.1 наведено датчик 702-101BVB-A00, діапазон виміру якого від -50 до $+130^{\circ}\text{C}$. Цей датчик ставитися до групи крем'яних резистивних датчиків (що це таке читайте двома абзацами нижче). Зверніть увагу, на його розміри. Виробляє цей датчик фірма Honeywell International

У залежності від матеріалів використовуваних для виробництва терморезистивних датчиків розрізняють:

- Резистивні детектори температури (РДТ). Ці датчики складаються з металу, найчастіше платини. В принципі, будь-яка мета змінює свій опір при впливі температури, але використовують платину так як вона має довготривалої стабільністю, міцністю і відтворюваністю характеристик. Для вимірювань температур більше 600°C може використовуватися також вольфрам. Мінусом цих датчиків є висока вартість і  лінійність характеристик.

- Крем'яні резистивні датчики. Переваги цих датчиків – хороша лінійність і висока довгострокова стабільністю. Також ці датчики можуть вбудовуватися прямо в мікроструктури.

- Термістори. Ці датчики виготовляються з метал-оксидних сполук. Датчики вимірює тільки абсолютну температуру. Істотним недоліком термісторів є необхідність їх калібрування і великий  лінійність, а також

старіння, однак при проведенні всіх необхідних налаштувань можуть використовуватися для прецизійних вимірювань.

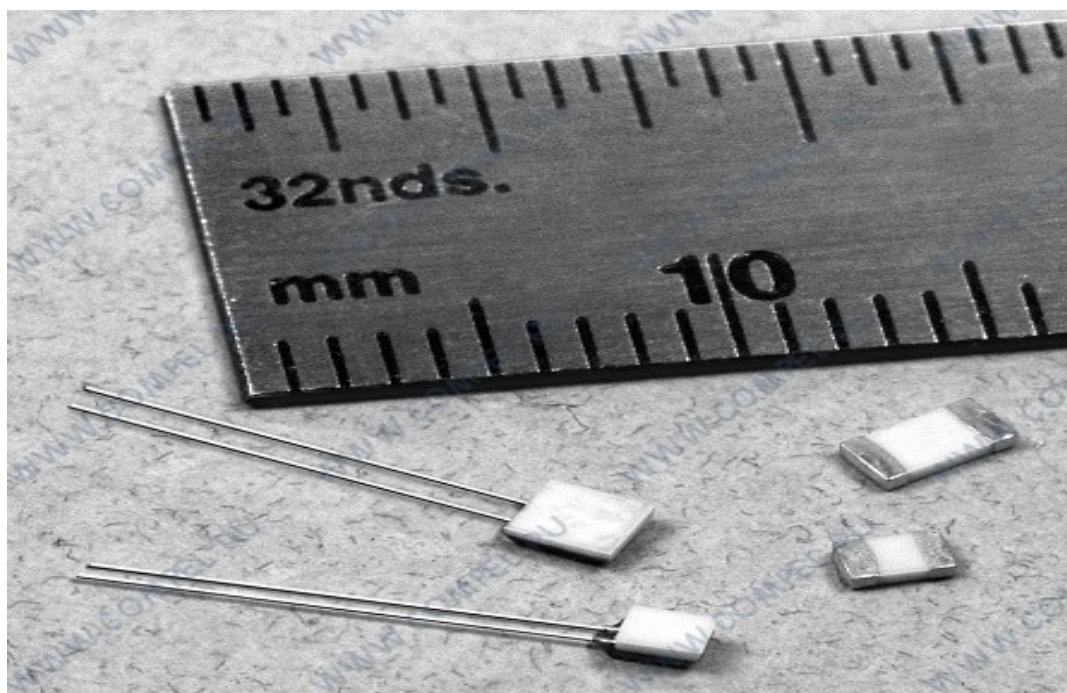


Рисунок 3.1 – Датчик 702-101BVB-A00

3.2.2 Напівпровідникові

Як приклад на рис. 3.2 зображено напівпровідниковий датчик температури LM75A, що випускається фірмою NXP Semiconductors. Діапазон вимірювань цього датчика від -55 до +150.

Напівпровідникові датчики реєструють зміна характеристик p_n переходу під впливом температури. В якості термодатчиків можуть бути використані будь діоди або біполярні транзистори. Пропорційна залежність напруги на транзисторах від абсолютної температури (в Кельвіна) дає можливість реалізувати досить точний датчик [29].

Переваги таких датчиків – простота і низька вартість, лінійність характеристик, маленька похибка. Крім того, ці датчики можна формувати

прямо на кременевій підкладці. Все це робить напівпровідникові датчики дуже затребуваними.

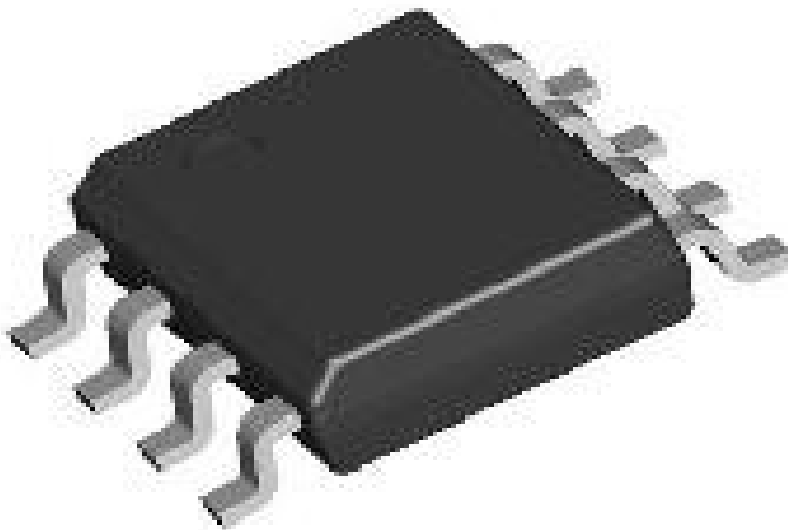





Рисунок 3.2 – Датчик температури LM75A

3.2.3 Термоелектричні (термопари)

Принцип дії термопари заснований на термоелектричному ефекті, що полягає в тому, що в замкнутому контурі, що складається з двох різнорідних провідників (або напівпровідників), тече струм, якщо місця спаїв провідників мають різні температури. Якщо взяти замкнутий контур, що складається з різнорідних провідників (які не лінійні), то на їх спаях виникнуть термоЕРС $E(t)$ і $E(t_0)$, що залежать від температур цих спаїв t і t_0 . Так як ці термоЕРС виявляються включеними зустрічно, то результуюча термоЕРС, діюча в контурі, дорівнює $E(t) - E(t_0)$. При рівності температур обох спаїв результуюча термоЕРС дорівнює нулю. Спай, занурюється в контрольоване середовище, називається робочим кінцем термопари, а другий спай –

вільним. У будь-якої пари однорідних провідників значення результуючої термоЕДС залежить тільки від природи провідників і від температури спаїв і не залежить від розподілу температури уздовж провідників. Термоелектричний контур можна розімкнути в будь-якому місці і включити в нього один або кілька різнорідних провідників. Якщо всі з'явилися при цьому місця сполук перебувають при однаковій температурі, то результуюча термоЕРС, діюча в контурі, не змінюється. Це використовується для вимірювання термоЕРС термопари. Створювана термопарами ЕРС порівняно невелика: вона не перевищує 8 мВ на кожні 100°С і зазвичай не перевищує за абсолютною величиною 70 мВ. Термопари дозволяють вимірювати температуру в діапазоні від -200 до 2200°С. Для вимірювання температур до 1100 0С використовують в основному термопари з неблагородних металлов, для вимірювання температур від 1100 до 1600°С – тер-тер з благородних металлов і сплавів платинової групи, а для вимірювання більш високих температур – термопари з жаростійких сплавів (на основі вольфраму). Найбільшого поширення для виготовлення термоелектричних перетворювачів отримали платина,  лінійність,  ліній, алюмель. При вимірюваннях температури в широкому діапазоні враховується  лінійність функції перетворення термоелектрического перетворювача. Так, наприклад, функція перетворення мідь-константанових термопар в діапазоні температур від -200 до +300°С з похибкою ± 2 мкВ описується емпіричною формулою

$$E = At^2 + Bt + C, \quad (3.4)$$

де А, В і С - постійні, що визначаються шляхом вимірювання термоЕРС при трьох відомих температурах, t - температура робочого спаяний при °С.

Постійна часу термоелектричних перетворювачів залежить від їх конструкції і якості теплового контакту робочого спаяний термопари з середовищем і для промислових термопар обчислюється у хвиликах. Однак

відомі конструкції малоінерційних термопар, у яких постійна часу лежить в межах 5 - 20 секунд і нижче.

Електровимірювальний прилад (мілівольтметр) чи вимірювальний підсилювач термоЕРС можуть підключатися до контуру термопари двома способами: у вільний кінець термопари або в один з термоелектродів; вихідна термоЕРС від способу підключення вимірювальних пристроїв не залежить [30].

Як зазначено вище, при вимірюванні температури вільні кінці термопари повинні знаходитися при постійній температурі, але як правило, вільні кінці термопари конструктивно виведені на затискачі на її голівці, а отже, розташовані в безпосередній близькості від об'єктів, температура яких вимірюється. Щоб віднести ці кінці в зону з постійною температурою, застосовуються удлинняющие дроти, що складаються з двох жив, виготовлених з металів або сплавів, що мають однакові термоелектричні властивості з термоелектрода термометра.

Для термопар з неблагородних металів удлинняющие дроти виготовляються найчастіше з тих же матеріалів, що й основні термоелектроди, тоді як для датчиків з благородних металів з метою економії удлинняющие дроти виконуються з матеріалів, розвиваючих в парі між собою в діапазоні температур 0 - 150°C ту ж термоЕРС, що і електроди термопари. Так, для термопари платина - платинородій застосовуються подовжувальні термоелектроди з міді та спеціального сплаву, що утворюють термопару, ідентичну по термопарі платина-платинородій в діапазоні 0 - 150°C. Для термопари хромель – алюмель подовжувальні термоелектроди виготовляються з міді та константана, а для термопари хромель - копель подовжувальними є основні термоелектроди, але виконані у вигляді гнучких проводів. При неправильному підключенні подовжувальних термоелектродів виникає істотна погрішність.

У лабораторних умовах температура вільних кінців термопари підтримується рівної 0 шляхом поміщення їх у посудину Дьюара,

наповнений стовченим льодом з водою. У виробничих умовах температура вільних кінців термопар зазвичай відрізняється від 0. Так як градування термопар здійснюється при температурі вільних кінців 0, то ця відмінність може з'явитися джерелом суттєвої похибки; для зменшення зазначеної похибки, як правило, вводять поправку в показання термометра. При виборі поправки враховуються як температура вільних кінців термопар, так і значення вимірюваної температури (це пов'язано з тим, що функція перетворення термопар нелінійна); це ускладнює точну корекцію похибки.

На практиці для усунення погрішності широке застосування знаходить автоматичне введення поправки на температуру вільних кінців термопар. Для цього в ланцюг термопар і мілівольметра включається міст, одним з плечей якого є мідний терморезистор, а решта бразовани манганіновим терморезисторами. При температурі вільних кінців термопар, рівної 0, міст знаходиться в рівновазі; при відхиленні температури вільних кінців термопар від напруга на виході моста не дорівнює нулю і підсумовується з термоЕРС термопар, вносячи поправку в показання приладу (значення поправки регулюється спеціальним резистором). Внаслідок нелінійності функції перетворення термопар повної компенсації похибки не відбувається, але зазначена похибка істотно зменшується.

У лабораторних умовах для точного вимірювання термоЕРС застосовуються лабораторні та зразкові компенсатори постійного струму з ручною рівновагою [31].

Термоелектричні перетворювачі - інакше, термопар. Вони діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або провідників) виникне електричний струм, у разі якщо місця спаїв відрізняються по температурі. Так, один кінець термопар (робочий) занурений в середу, а інший (вільний) – ні. Таким чином, виходить, що термопар це відносні датчики і вихідна напруга буде залежати від різниці температур двох частин. І майже не буде залежати від абсолютних їх значень.

Виглядати термопара може так, як показано на рис. 3.3. Це термопара ДТПКХХ4, вона вимірює температури в межах від -40 до +400.



Рисунок 3.3 – Термопара ДТПКХХ4

Діапазон вимірюваних з їх допомогою температур, від -200 до 2200 градусів, і безпосередньо залежить від використовуваних в них матеріалів. Наприклад, термопари з неблагородних металів - до 1100°C. Термопари з благородних металів (платинова група) - від 1100 до 1600 градусів. Якщо необхідно зробити виміри температур понад цього, використовуються жаростійкі сплави (основою служить вольфрам). Як правило використовується в комплекті з милливольтметром, а вільний кінець (конструктивно виведений на головку) віддалений від вимірюваного середовища за допомогою удлиняючого дроти. Одним з недоліків термопари є досить велика похибка. Найбільш поширеним способом застосування термопар є електронні термометри.

3.2.4 Пірометри

Серйозним недоліком розглянутих вище термоперетворювачів опору і термоелектричних перетворювачів є необхідність введення датчика в контрольоване середовище, в результаті чого відбувається спотворення досліджуваного температурного поля. Крім того, безпосередній вплив середовища на датчик погіршує стабільність його характеристик, особливо при високих і надвисоких температурах і в агресивних середовищах. Від цих недоліків свободніпірометри – безконтактні датчики, засновані на використанні випромінювання нагрітих тіл [32].

Теплове випромінювання будь-якого тіла можна характеризувати кількістю енергії, випромінюваної тілом з одиниці поверхні в одиницю часу і припадає на одиницю діапазону довжин хвиль. Така характеристика являє собою спектральну щільність і називається спектральної світністю (інтенсивністю монохроматичного випромінювання).

Закони температурного випромінювання визначені абсолютно точно лише для абсолютно чорного тіла. Залежність спектральної світності абсолютно чорного тіла від температури і довжини хвилі виражається формулою:

$$R_{\alpha} = A_{\alpha} \cdot 5 \left(\frac{eV}{\alpha T} - 1 \right)^{-1}, \quad (3.5)$$

де α – довжина хвилі;

T – абсолютна температура;

A і B – постійні.

Інтенсивність випромінювання будь реального тіла завжди менше інтенсивності абсолютно чорного тіла при тій же температурі. Зменшення спектральної світності реального тіла в порівнянні з абсолютно чорним

враховують введенням коефіцієнта неповноти випромінювання; його значення різному для різних фізичних тіл і залежить від складу речовини, стану поверхні тіла та інших факторів.

Використовують енергію випромінювання нагрітих тіл пірометри діляться на радіаційні, яскравісні і колірні.

Радіаційні пірометри використовуються для вимірювання температури від 20 до 2500°C, причому прилад вимірює інтегральну інтенсивність випромінювання реального об'єкта; у зв'язку з цим при визначенні температури необхідно враховувати реальне значення коефіцієнта неповноти випромінювання.

У типовий радіаційний пірометр входить телескоп, що складається з об'єктива й окуляра, всередині якого розташована батарея з послідовно з'єднаних термопар. Робочі кінці термопар знаходяться на платиновому пелюстці, покритому платиновою чорною. Телескоп наводиться на об'єкт вимірювання так, щоб пелюсток повністю перекривався зображенням об'єкта і вся енергія випромінювання сприймалася термобатареєю. Термо ЕРС термобатареї є функцією потужності випромінювання, а отже, і температури тіла.

Радіаційні пірометри градууються по випромінюванню абсолютно чорного тіла, тому неточність оцінки коефіцієнта неповноти випромінювання викликає похибка вимірювання температури [33].

Яскравісні (оптичні) пірометри використовуються для вимірювання температур від 500 до 4000°C. Вони засновані на порівнянні в вузькій ділянці спектру яскравості досліджуваного об'єкта з яскравістю зразкового випромінювача (фотометричної лампи). Фотометрична лампа вбудована в телескоп, який має об'єктив і окуляр. При вимірюванні температури телескоп направляють на досліджуване тіло і домагаються чіткого зображення тіла і нитки фотометричної лампи в одній площині. Потім, змінюючи яскравість нитки шляхом зміни струму через неї (або змінюючи яскравість зображення тіла за допомогою переміщеного оптичного клина), домагаються однакової

яскравості зображення нитки і досліджуваного об'єкта. Якщо яскравість тіла більше яскравості нитки, то нитка видна у вигляді чорної лінії на яскравому фоні. В іншому випадку помітно світіння нитки на більш блідому тлі. При рівності яркостей нитка не видна, тому такі пірометри називають також пірометрами зі зникаючою ниткою.

Напруга напруження лампи (або положення оптичного клина) характеризує температуру нагрітого тіла; для порівняння інтенсивностей випромінювання лише у вузькому діапазоні спектра використовується спеціальний світлофільтр.

Яскравісні пірометри забезпечують більш високу точність вимірювань температури, ніж радіаційні. Їх основна похибка обумовлена неповнотою випромінювання реальних фізичних тіл і поглинанням випромінювання проміжним середовищем, через яку здійснюється спостереження.

Колірні пірометри засновані на вимірі відносини інтенсивностей випромінювання на двох довжинах хвиль, обраних зазвичай в червоній або синьій частині спектра; вони використовуються для вимірювання температури в діапазоні від 800 до 0°C. Зазвичай колірний пірометр містить один канал вимірювання інтенсивності монохроматичного випромінювання зі змінними світлофільтрами.

Головною перевагою колірних пірометрів є те, що неповнота випромінювання досліджуваного об'єкта не викликає похибки зміни температури.

3.2.5 Акустичні

Акустичні термодатчики – використовуються переважно для вимірювання середніх і високих температур. Акустичний датчик побудований на принципі того, що в залежності від зміни температури, змінюється швидкість поширення звуку в газах. Складається з

випромінювача і приймача акустичних хвиль (просторово рознесених). Випромінювач випускає сигнал, який проходить через досліджувану середу, в залежності від температури швидкість сигналу змінюється і приймач після отримання сигналу вважає цю швидкість [34].

Використовуються для визначення температур, які не можна виміряти контактними методами. Також застосовуються в медицині для неінвазивних (без операційного проникнення всередину тіла хворого) вимірювання глибинної температури, наприклад, в онкології. Недоліками таких вимірювань є те, що при дотику вони можуть викликати відповідні фізіологічні реакції, що в свою чергу тягне спотворення вимірювання глибинної температури. Крім того, можуть виникати відбиття на границі «датчик-тіло», що також здатне викликати похибки.

3.2.6 П'єзоелектричні

У датчиках цього типу головним елементом є кварцовий пьезорезонатор як зображено на рис. 3.4.

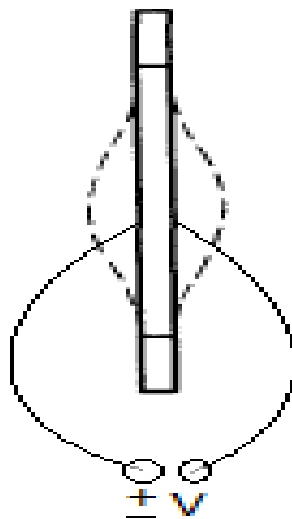


Рисунок 3.4 – Кварцовий п'єзорезонатор

Як відомо пьезоматеріал змінює свої розміри при дії струму (прямий п'єзоефект). На цей пьезоматеріал поперемінно передається напруга різного знака, від чого він починає коливатися. Це і є пьезорезонатор. З'ясовано, що частота коливань цього резонатора залежить від температури, це явище і покладено в основу п'єзоелектричного датчика температури.

4 РОЗРОБКА МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ СТАНЦІЇ З МОДЕЛЮВАННЯМ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ

Вплив температури на електрофізичні параметри напівпровідників в основному проявляються в зміні концентрації носіїв заряду, що приводить до відповідної зміни електричної провідності. На цьому принципі працюють напівпровідникові терморезистори. Як датчиків температури також використовуються діоди і транзистори, де зміна концентрації носіїв заряду призводить до зміни струму, протікає через напівпровідниковий прилад.

У датчиках температури на основі діодів і транзисторів використовують залежність параметрів р-n переходу в напівпровіднику від температури. Історично першим температуро залежним параметром був зворотний струм діодів і транзисторів. Значення струму зростає з температурою по експоненціальному закону зі швидкістю близько 10%.

Однак, діапазон температур, в межах яких можливе використання зворотних струмів, вельми обмежений. Верхній температурний межа застосування визначається температурою їх теплового пробоя. Найбільшого поширення набуло використання прямих параметрів діодів і транзисторів. Їх істотні переваги перед зворотними є лінійність температурної залежності, широкий діапазон робочих температур, висока стабільність. Найчастіше для вимірювання температури використовується пряме напруга на р-n переході при майже постійному струмі емітера. Зміна прямого напруги становить близько 2,5 мВ.К⁻¹. При підвищенні температури транзисторів р-n-p типу напруга емітер-база з області позитивних значень переходить в область негативних [35].

Так наприклад, датчик TS-560, розроблений ФТІ ім. А.Ф.Іоффе РАН (м.Санкт-Петербург) являє собою напівпровідниковий діод на основі арсеніду галію. Діапазон вимірювання такого датчика (4,2.500), основна похибка $\pm 0,1\%$, чутливість (2,3) мВ / К, габаритні розміри 3'3 мм.

Відомі випадки використання в якості температуро залежного параметра коефіцієнта посилення по току на низьких і високих частотах. Однак невисока чутливість коефіцієнта посилення до температури і його залежність від передісторії, а також необхідність індивідуального градуювання всьому діапазоні робочих температур обмежують застосування цього параметра при створенні термо датчиків [36].

На основі транзисторів, емітерний перехід яких включений в одне з плечей моста, створені термодатчики типу ТЕТ-1, ТЕТ-2. Перший тип використовується для вимірювання температури в польових умовах в діапазоні $(-10. + 40)^{\circ}\text{C}$ з основною похибкою не більше ± 1 К, другий – в діапазоні $(-40. + 80)^{\circ}\text{C}$ з похибкою не більше (3.2) К. Температурні межі застосовності транзисторів в термодатчиком значно ширше, ніж при використанні транзисторів за прямим призначенням. Обмеження застосовності з боку високих температур настає внаслідок переходу напівпровідника у власний, зменшення напруги і підвищення генерації носіїв у базовій області при негативних напружених. Застосування при низьких температурах визначається зменшенням концентрації основних носіїв через дезактивацію легуючих домішок і зменшення коефіцієнта посилення по струму.

Основним недоліком розглянутих термодатчиків є складність отримання їх номінальної статистичної характеристики через розкиду основних параметрів транзисторів: коефіцієнта посилення по току, опору базової області, струму витоку і ін. аналіз і оцінка впливу розкиду вказаних параметрів на точність вимірювання температури при використанні номінальної статистичної характеристики, виконані в, показали, що для прямих параметрів транзисторів з градуювання при одній температурі похибка вимірювання в схему з загальним емітером – не більше 2 і 50% при коефіцієнті посилення по току $b \leq 30$ і $b^3 200$ відповідно [37].

Важливою характеристикою для широкого впровадження термодатчиків на основне транзисторів і діодів є стабільність їх параметрів.

Результати дослідження довготривалої стабільності термодатчиків з урахуванням транзисторів з температуро залежного параметром – прямим напругою на р-п переході в залежності від температури і тривалості експлуатації, наведені в показують, що похибка вимірювання ними може становити (0,01 - 0,15) До в перший рік експлуатації і (0,002 - 0,04) К – в другий рік.

Основними причинами нестабільності слід вважати зворотній процес гідратації-дегідратації оксидного шару на поверхні напівпровідникового кристала і виникнення залишкових деформацій в ньому внаслідок неоднаковості температурних коефіцієнт лінійного розширення матеріалів деталей транзисторів [38].

Найбільш широкого поширення набули датчики на основі терморезисторів. Принцип терморезистивного перетворення заснований на температурної Залежно активного опору металів, сплавів і напівпровідників, що володіють високою відтворюваністю і достатньою стабільністю по відношенню до дестабілізуючих чинників. Температурну чутливість термометричного матеріалу прийнято характеризувати температурним коефіцієнт опору (ТКС).

Досить давно розроблені і випускаються вітчизняної примушує-лінощів напівпровідникові датчики температури з чутливими елементами, створеними на основі оксидів перехідних металів з неповністю заповненої 3d електронною оболонкою. Перевагою таких датчиків (зазвичай званих терморезисторами) є велике значення температурного коефіцієнта опору і порівняно малі розміри. У залежності від застосовуваного напівпровідникового матеріалу терморезистори поділяють на кобальто-марганцеві (КМТ і СТ1), мідно-марганцеві (ММТ і СТ2), мідно кобальтові (СТ3 і СТ4) і титано-барієві, що мають малий допуск по опору і ТКС (СТ5 і СТ6) [39].

Змінюючи склад матеріалу чутливого елемента, можна отримати терморезистори як з позитивним, так і з негативним значенням ТКС в межах від -6,5 до +20% / К. Номінальні опору чутливих елементів залежать від їх

складу і розмірів і можуть перебувати в межах від 1 до 106 Ом. Висока номінальний опір терморезисторів спрощує вимоги до системі терморегулювання, що дозволяє обмежитися двухпровідну лінією зв'язку датчика з системою регулювання і зменшує похибка, обумовлену довжиною лінією зв'язку.

Залежність опору від температури описується виразом:

- 1 – металеві терморезистори;
- 3 – напівпровідникові терморезистори (термістори);
- 4 – сегнето електрична кераміка (позистора).

$$RT = A \exp (B / T), \quad (4.1)$$

де RT - опір терморезистори при температурі T ;

A, B - постійні коефіцієнти, що залежать від матеріалу терморезистори і номінального значення його опору.

Це співвідношення забезпечує високу точність апроксимації тільки у вузькому діапазоні температур. Так наприклад, для терморезисторов типу СТ4-16 похибка апроксимації не більше $\pm 0,05$ До забезпечується тільки в діапазоні $15,55^{\circ}\text{C}$. Кращі результати дають рівняння типу:

$$RT = A_1 \exp (B_1 / T + C_1 / T_2). \quad (4.2)$$

Чутливі елементи виготовляють найрізноманітніших конфігурацій - від намистин діаметром 0,2 мм, дисків і шайб діаметром (3,25) мм до діаметром 12 і довжиною до 40 мм. Чутливі елементи зазвичай заливають склом або поміщають в скляні і пластмасові корпусу. Дисккові чутливі елементи часто захищають ізоляційними плівками з лаку або епоксидних смол, монтують на металевих пластинах в металеві або пластмасові корпусу. Однак, термодатчики такого типу мають ряд недоліків.

Для розробки метеорологічної станції з вимірюванням температури, нам буде необхідно використати середу LabVIEW, драйвер NI-VISA, Arduino UNO та сенсор LM35. Давайте розглянемо сенсор LM35, та чому я вибрав саме його.

4.1 Датчик температури LM35

Серія LM35 це прецизійні інтегральні датчики температури, у яких вихідна напруга пропорційно температурі за шкалою Цельсія. Це одна з переваг над датчиками з вихідною напругою за шкалою Кельвіна. Не потрібно вичитати високо стабільної напруга з вихідної напруги для перекладу в шкалу за Цельсієм.

LM35 забезпечує вимір температури з точністю $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ в кімнатних умовах і з точністю $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ в повному діапазоні робочих температур $-55 \dots +150^{\circ}\text{C}$, без зовнішньої калібрування або підгонки вихідної напруги.

Низька ціна датчика пояснюється підгонкою і калібруванням датчиків на етапі виготовлення.

Низький вихідний опір, лінійне значення вихідної напруги і прецизійна калібрування роблять датчик LM35 вкрай зручним для підключення до вимірювальних ланцюгах.

Датчик може використовуватися як з одно полярним напругою живлення, так і з двох полярним.

У зв'язку з тим, що датчик споживає струм лише 60 мкА, у нього дуже низький рівень власного розігріву, менше ніж $0,1^{\circ}\text{C}$ при нерухомому повітрі.

Датчик LM35 допускає роботу в діапазоні температур $-55 \dots +150^{\circ}\text{C}$, LM35C працює в діапазоні $-40 \dots +110^{\circ}\text{C}$ (від -10°C з поліпшеною точністю).

Як показано на рис. 4.1 температурний датчик LM35 випускається в корпусі TO-46, датчики LM35C, LM35CA і LM35D - в корпусі TO-92. Для LM35D можливі також виконання в корпусах SO-8 і TO-220.

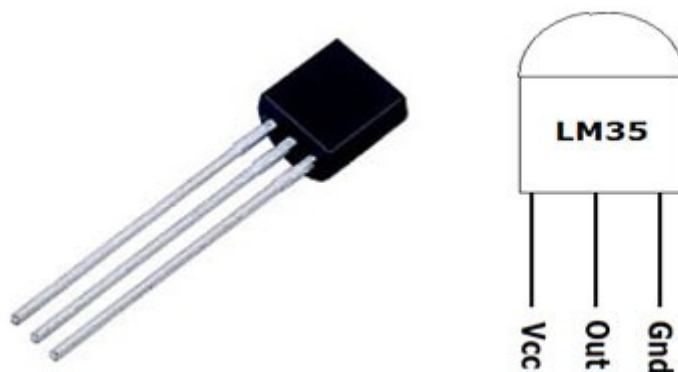


Рисунок 4.1 - Датчик температури LM35

Особливості датчиків LM35:

- значення температури відкаліброване в шкалою Цельсія;
- лінійне значення напруги на виході з коефіцієнтом 10 мВ /°С;
- гарантована точність 0.5°С (при 25°С);
- параметри нормовані для повного діапазону температур -55 +150°С;
- зручні для використання в пристроях з віддаленим підключенням датчиків;
- низька ціна;
- працює в широкому діапазоні напруги живлення 4 - 30 В;
- струм менше 60 мкА;
- низький рівень власного розігріву - 0.08 ° С при нерухомому повітрі;
- нелінійність тільки $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$;
- низький вихідний опір - 0.1 Ом, при струмі навантаження 1 мА.

4.2 Платформа Arduino Uno

Arduino - це відкрита платформа, яка дозволяє збирати всілякі електронні пристрої. Arduino буде цікавий креативщикам, дизайнерам, програмістам і всім допитливим умам, бажаючим зібрати власний геджет.

Пристрої можуть працювати як автономно, так і в зв'язці з комп'ютером. Все залежить від ідеї. Arduino має вигляд як показано на рис. 4.2.

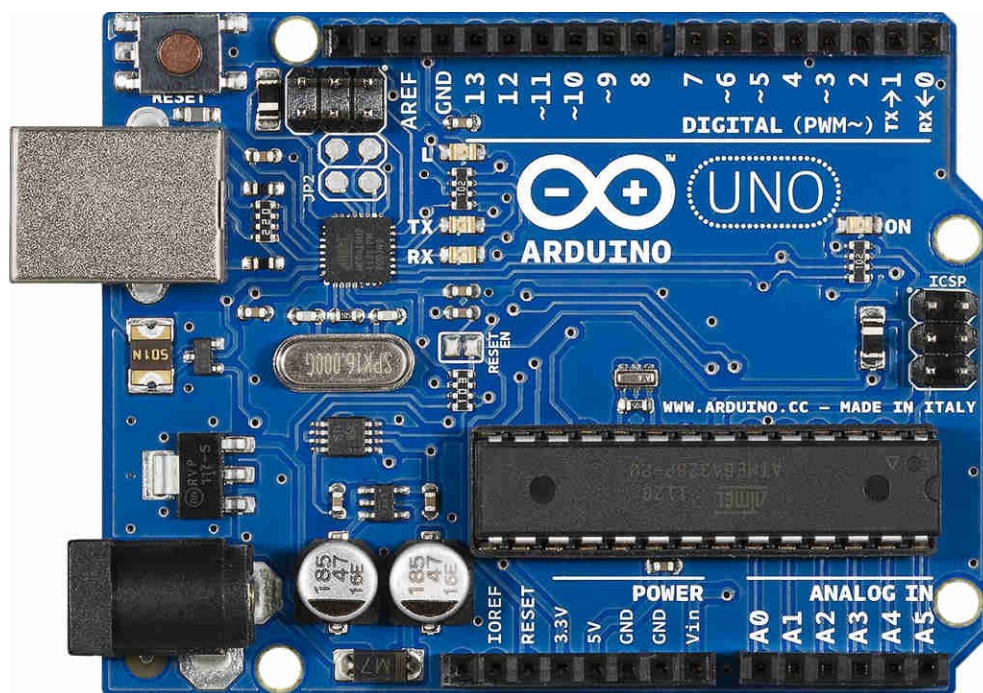


Рисунок 4.2 - Платформа Arduino Uno

Платформа складається з апаратної і програмної частин; обидві надзвичайно гнучкі і прості у використанні. Для програмування використовується спрощена версія C++, відома так само як Wiring. Розробку можна вести як з використанням безкоштовної середовища Arduino IDE, так і за допомогою довільного C / C++ інструментарію. Підтримуються операційні системи Windows, MacOS X і Linux.

На платформі розташовані 14 контактів (pins), які можуть бути використані для цифрового введення і виведення. Яку роль виконує кожен контакт, залежить від вашої програми. Всі вони працюють з напругою 5 В, і розраховані на струм до 40 мА. Також кожен контакт має вбудований, але відключений за замовчуванням резистор на 20 - 50 кОм. Деякі контакти мають додаткові ролями:

- Serial: 0-й і 1-й. Використовуються для прийому і передачі даних по USB.

- Зовнішнє переривання: 2-й і 3-й. Ці контакти можуть бути налаштовані так, що вони будуть провокувати виклик заданої функції при зміні вхідного сигналу.

- PWM: 3-й, 5-й, 6-й, 9-й, 10-й і 11-й. Можуть бути виходами з широтно-імпульсною модуляцією (pulse-width modulation) з 256 градаціями.

- LED: 13-й. До цього контакту підключений вбудований в плату світлодіод. Якщо на контакт виводиться 5 В, світлодіод запалюється; при нулі - світлодіод гасне.

Крім контактів цифрового введення / виводу на Arduino є 6 контактів аналогового введення, кожен з яких надає дозвіл в 1024 градації. За замовчуванням значення міряється між землею і 5 В, проте можливо змінити верхню межу, подавши напругу необхідної величини на спеціальний контакт AREF.

Крім цього на платі є вхідний контакт Reset. Його установка в логічний нуль призводить до скидання процесора. Це аналог кнопки Reset звичайного комп'ютера.

Arduino Uno володіє декількома способами спілкування з іншими Arduino, мікроконтроллерами і звичайними комп'ютерами. Платформа дозволяє встановити послідовне (Serial UART TTL) з'єднання через контакти 0 (RX) і 1 (TX). Встановлений на платформі чіп ATmega16U2 транслює це з'єднання через USB: на комп'ютері стає доступний віртуальний COM-порт. Програмна частина Arduino включає утиліту, яка дозволяє обмінюватися текстовими повідомленнями з цього каналу.

Вбудовані в плату світлодіоди RX і TX світяться, коли йде передача даних між чіпом ATmega162U і USB комп'ютера.

Окрема бібліотека дозволяє організувати послідовне з'єднання з використанням будь-яких інших контактів, не обмежуючись штатними 0-м і 1-м.

4.3 Налаштування та програмування мете реологічної станції з датчиком температури

Для налаштування нашої програми ми будемо використовувати LabVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - це візуальна мова програмування, розроблений компанією National Instruments. Найбільше застосування LabView знайшов в сферах отримання даних з вимірювальних приладів (основна ідея прикладу в цій статті), управління, промислової автоматизації.

В LabVIEW створюємо програму (віртуальний інструмент) и добавляймо елементи, як зображено на рис. 4.3:

- VISA Configure Serial Port: встановить серійний порт;
- VISA Write;
- VISA Write (2x): запис даних на підключений пристрій;
- VISA Read: зчитування даних з серійного порту підключеного пристрою;
- VISA Close: закриття підключення;
- Bytes;
- Serial Port: перевірка того, чи доступні якісь дані.



Рисунок 4.3 – Вибір потрібних елементів

Далі потрібно створити цикл умови while loop Programming> Structures> While Loop як показано на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 – Створення цикла

Потім створюємо три структури Case structure всередині циклу while loop. Цикл Case знаходиться в Programming> Structures> Case Structure, як зображено на рис. 4.5.

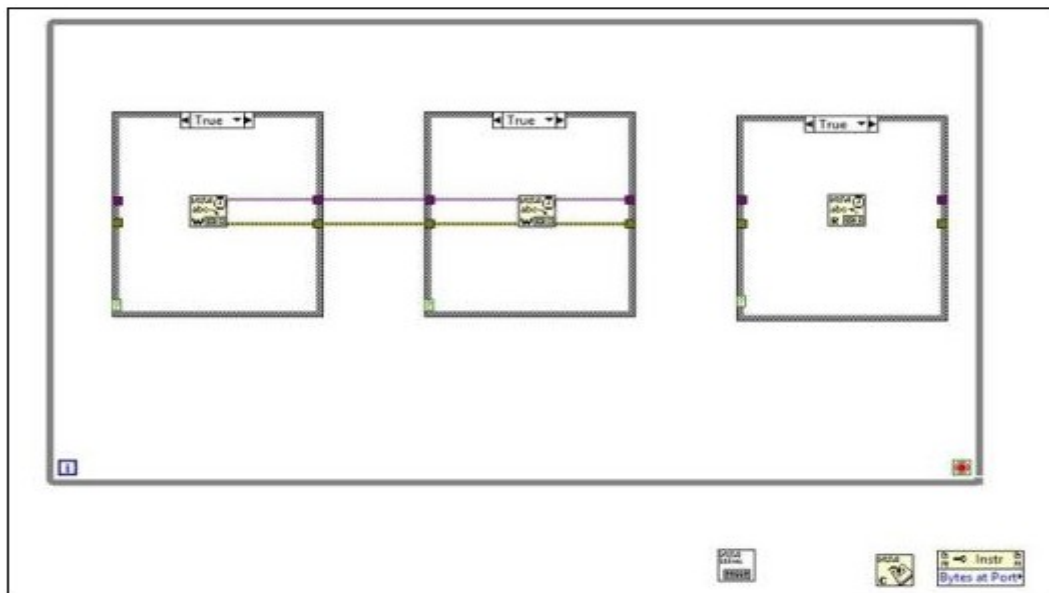


Рисунок 4.5 – Створення структури в циклі

Тепер нам потрібно додати іконки з операторами VISA Configure Serial Port і VISA Close виносяться за межі структури while loop, як зображено на рис. 4.6.

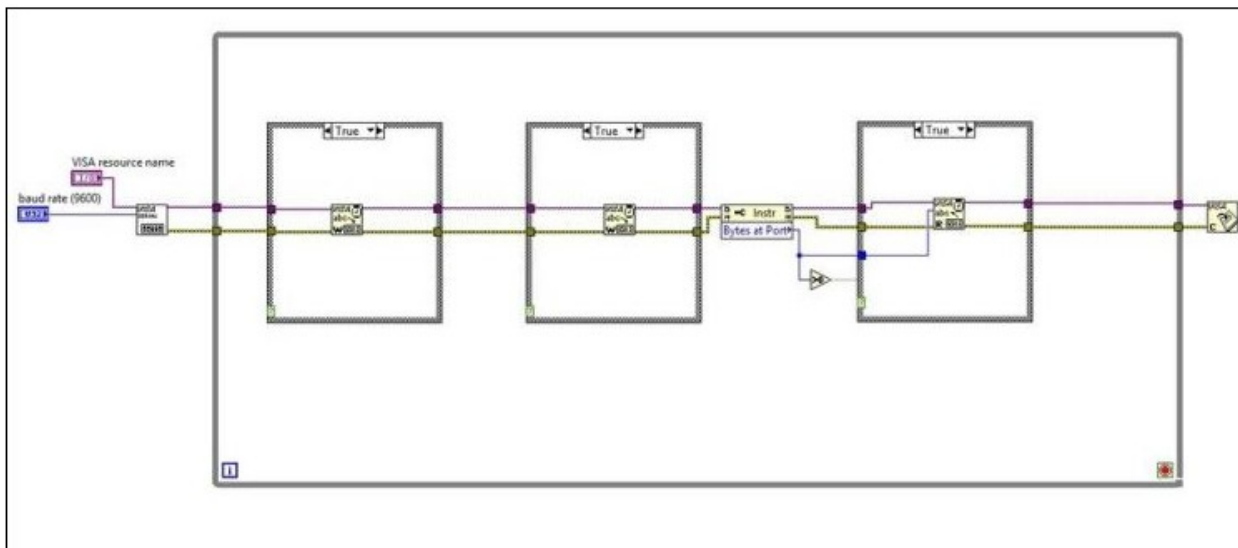


Рисунок 4.6 – Додавання операторів с схему

Якщо кількість байт на порту більше 0, активується структура "True Case Structure" і VISA Read поверне лічені байти.

VISA Configure Serial Port дає користувачеві можливість вибрати який саме серійний порт буде використовуватися і встановлює швидкість обміну даними. Тобто "Visa resource name" і "Baud Rate" повинні бути елементами управління. За замовчуванням швидкість обміну даними дорівнює 9600.

Використовуйте блок VISA Write > Write Buffer. Цей рядок буде передана на USB порт. У цій статті надалі будуть використовуватися умовні позначення ВКЛ для Включити і ВИКЛ для Вимкнути.

Якщо ви хочете передавати команди з клавіатури, ви можете використовувати VISA Write для створення елемента управління рядками. У цьому прикладі використовувалися кнопки.

Перейдіть у вікно Front Panel (панель керування) і створіть необхідні елементи інтерфейсу.

Для того, щоб відобразити отримані дані (температура), можна використовувати Numerics > Thermometer і паралельно Graph Indicators> Chart, як зображено на рис. 4.7.

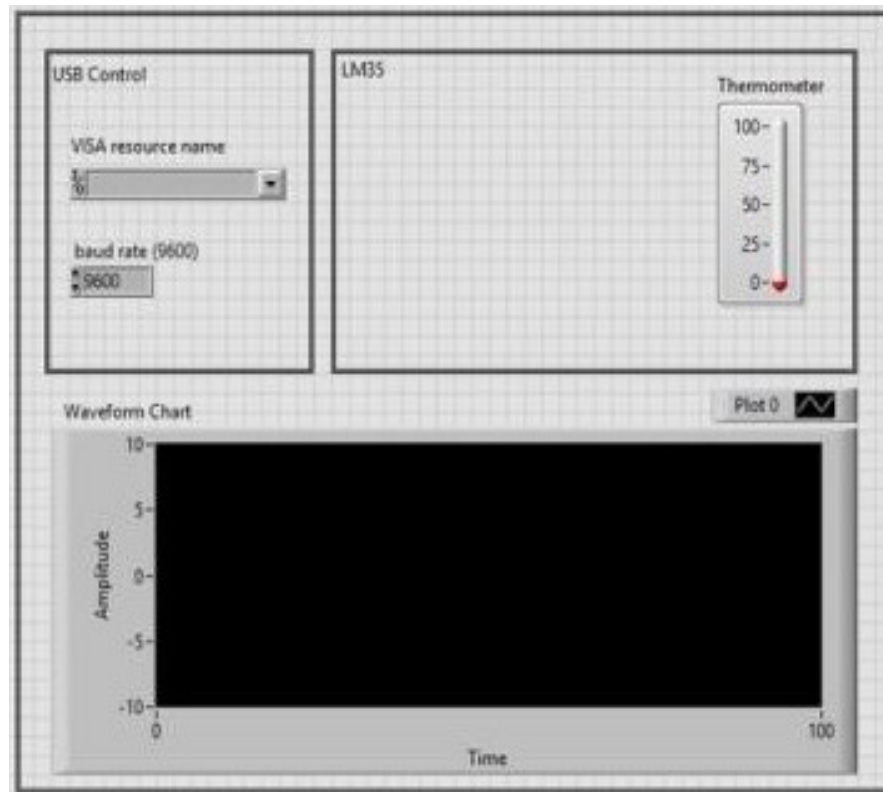


Рисунок 4.7 – Відображення отриманих даних

Додайте кнопки (Buttons> OK Button), для того, щоб вкл / викл датчик. Змініть Mechanical Action на Switch Until Released і додайте числові індикатори (Num Inds> Num Indicator), щоб відстежувати температуру, також можете додати елементи управління на кшталт "USB Control" і "LM35", як видно на рис. 4.8.

Після чого потрібно зробити останні пункт нашої роботи, це додати кнопки до нашої програми. І наша програма почне працювати, так як ми хотіли з самого початку.

У самому кінці потрібно додати кнопки, щоб наша програма мала функціонал, який нам потрібно.

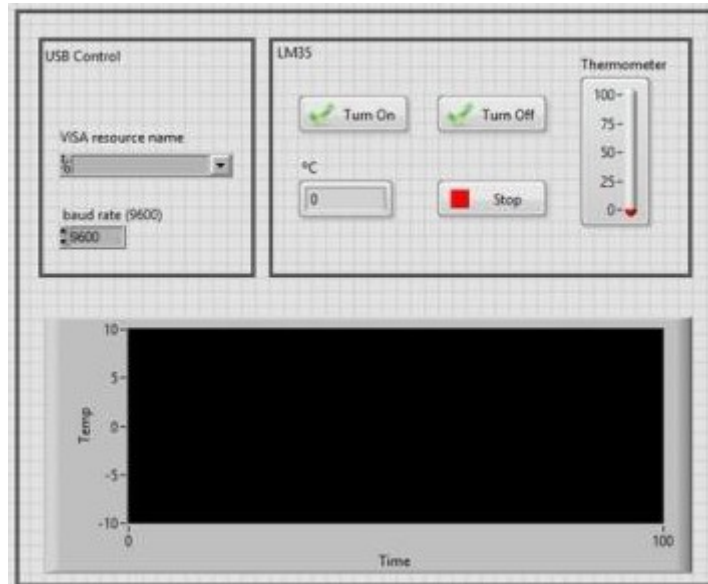


Рисунок 4.8 – Вид програми

Коли ми закінчили з програмою LabVIEW, ініціалізуємо всі змінні і піни, які ви будете використовувати. В даному випадку, що зможемо побачити в додатку Б:

- 1 світлодіод (Світлодіод на Arduino);
- 1 сенсор LM35.

Після прогумування нашої мікросхеми, ми зможемо все об'єднати, і наша невелика радіостанція буде працювати і вимарювати температуру.

ВИСНОВКИ

Датчики температури розрізняють за типом дії на такі пункти:

- терморезистивного термодатчики;
- напівпровідникові;
- термоелектричні (термопари);
- пірометри;
- акустичні;
- п'єзоелектричні.

Щоб вибрати датчик потрібно звернути увагу на такі характеристики:

- температурний діапазон;
- чи можна занурювати датчик у вимірюване середовище або об'єкт?

Якщо розташування всередині середовища неприпустимо, то варто вибрати акустичні термометри і пірометри;

- які умови вимірювань. Якщо використовується агресивна середу, то необхідно використовувати або датчики в корозійнозахисних корпусах, або використовувати безконтактні датчики. Крім того, необхідно передбачити інші умови: вологість, тиск і т.д.;

- як довго датчик повинен буде працювати без заміни і калібрування. Деякі типи датчиків володіють відносно низькою довготривалої стабільністю, наприклад термістори;

- який вихідний сигнал необхідний. Деякі датчики видають вихідний сигнал у величині струму, а деякі автоматично перераховують його в градуси;

- інші технічні параметри, такі як: час спрацьовування, напруга живлення, дозвіл датчиків і похибка. Для напівпровідникових датчиків, важливим також являють тип корпусу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Глинский Б. А. Моделирование как метод научного исследования. М., 1965. 430 с.
2. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука, 1997. 320 с.
3. К.Л. Куликовський, В.Ф. Купер. Методи і засоби вимірювань: Учеб. посібник для вузів. М. : Вища школа, 1986. 448 с.
4. М.А. Бабіков, А.В. Косинський. Елементи та пристрої автоматики: Учеб. посібник для вузів. М. : Вища школа, 1975. 464 с.
5. Папков В.С., Цибульник М.Б. Епітаксіальні кремнієві шари на діелектричних підкладках і прилади на їх основі. М. : Енергія, 1979. 520 с.
6. Суханова Н.Н., Суханов В.І., Юровський А.Я. Напівпровідникові термоперетворювачі з розширеним діапазоном робочих температур. Датчики і системи, №7, 8, 1999. 240 с.
7. Худобина Л.В. Розробка технологічних процесів виготовлення деталей, 1996. 680 с.
8. К.Л. Куликовський, В.Я. Купер. Методи і засоби вимірювань: Учеб. посібник для вузів М.: Энергоатомиздат, 1986. 448 с.
9. М.А. Бабикиов, А.В. Косинский. Елементи і пристрої автоматики: Учеб. посібник для вузів. М. : Вища школа, 1975. 464 с.
10. Уваров А. P-CAD, ACCEL EDA. Конструювання друкованих плат. Навчальний курс. - СПб.: Питер, 2001. 560 с.
11. Олександров К.К., Кузьміна О.Г., Електротехнічні креслення і схеми - М. : Вища школа, 1990. 288 с.
12. С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова – Цифрові і аналогові інтегральні мікросхеми: довідник, 1990. 496 с.
13. Трофимов Н.А., Лаппо В.В. Вимірювання параметрів теплофізичних процесів в ядерній енергетиці. - М. : Атомиздат, 1979. 590 с.

14. Коптєва Ю.М., під ред. Багдатьяєва Е.Е. Датчики теплофізичних і механічних параметрів. 1998. 320 с.
15. Віглеб Г. Датчики. М.: Світ, 1989. 4. Федотов Я.А. Основи фізики напівпровідникових приладів. М.: Сов.радіо, 1969. 860 с.
16. Фогельсон І.Б. Транзисторні термодатчики. М.: Сов.радіо, 1972. 400 с.
17. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Іванова А.Г. Основи температурних вимірювань. М.: Вища школа, 1992. 690 с.
18. Шефтель І.Т. Терморезистор. М.: Наука, 1973. 300 с.
19. Орлова М.П. Низькотемпературна термометрія. М.: Ізд.стандартов, 1975. 1200 с.
20. Зарубін Л.І., Неміш Ю.І. Напівпровідникова. 1980. 560 с.
21. Парфьонов Є.М. і ін. Проектування конструкцій РЕА. - М.: Радио и связь, 1991. 930 с.
22. Ненашев А.П., Конструювання радіоелектронних засобів: навч. для радіотехнічних спец. вузів. - М.: Вища школа, 1990. 432 с.
23. Методичні вказівки по конструюванню радіоелектронного модуля другого рівня: Схема-деталь-модуль, Бородин С.М., Ульяновськ, 2004. 530 с.
24. Методичні вказівки: Забезпечення теплових режимів в конструкціях радіоелектронних засобів, Бородин С.М., Ульяновськ, 2008 р. 820 с.
25. Єфімова В.І. - Теоретичні основи складання, 1990. 650 с.
26. Достанко А.П. - М.: Технологія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури, 1989. 400 с.
27. Кейлер В.А., Економіка підприємства. - М.: Новосибірск: НГАЕіУ, 1999. 131 с.
28. Кондратьєва М.Н. Економіка підприємства: навч. посібник / М.М. Кондратьєва, Е.В. Тен. - 2-е вид. Під. - Ульяновськ: УЛГТУ, 2006. 171 с.
29. Савицька Г. В. Аналіз господарської діяльності підприємства: ИНФРА-М, 2007 р. 450 с.

30. Шаститко А.Е., Навчальний посібник: Економічна теорія організацій 2007 р. 870 с
31. Васильєв А.С., Методичні вказівки по виконанню організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів РФ і ЕФ, 2006. 430 с.
32. Чебурашкина І.С., Економіка підприємства організація підприємницької діяльності, 2004. 560 с.
33. Трудовий кодекс Російської Федерації від 30 грудня 2001 р N197-ФЗ. 300 с.
34. О.Г. Туровець, В.Д. Білінкіс. Питання економіки і організації виробництва в дипломних проектах. - М.: Вища школа, 1988. 430 с.
35. Khromov S.P. Meteorology and climatology for the geographical departments. - L.: Hydrometeorological Publishing House, 1964. 500 p.
36. Gorodetsky O. A., Gural'nik I. I., Larin V. V. Meteorology, methods and technical means of observation. - 2nd ed. - L.: Gidrometeoizdat, 1991. 336 p.
37. S. P. Khromov, Petrosyants M. A. Meteorology and Climatology. Textbook. - M.: Publishing. Moscow State University, 2001. 527 p.
38. Pasetsky V. M. Russian Meteorological Center. L.: Gidrometeoizdat 1978. 430 p.
39. Selezneva E. S. The first woman geophysics and meteorology. Gidrometeoizdat, 1989. 430p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Графічна частина магістерської роботи



Рисунок А.1 – Головна сторінка презентації

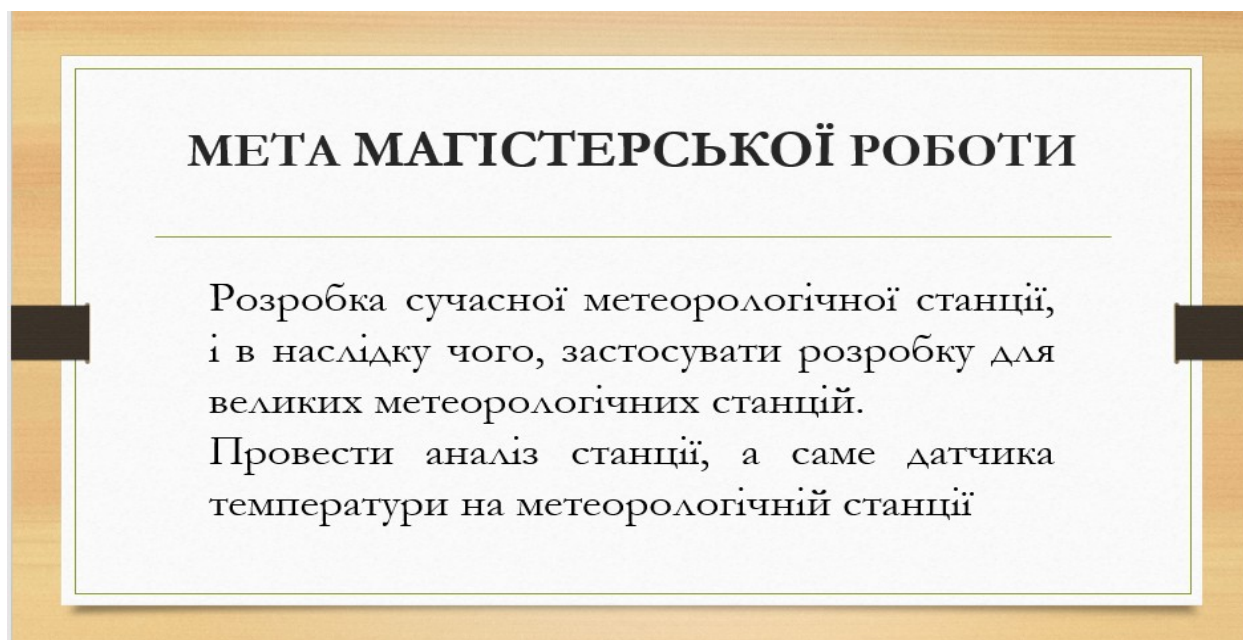


Рисунок А.2 – Мета магістерської роботи

ЗАДАЧІ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

- - розглянути існуючі метеорологічні станції;
- - підібрати необхідні матеріали для реалізації завдання;
- - зробити прототип метеорологічної станції, з моделюванням датчика температури.
- - проаналізувати прототип метеорологічної станції, та датчика температури.

Рисунок А.3 – Задачі магістерської роботи

АКТУАЛЬНІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Актуальність магістерської роботи в тому, що за допомогою даної технології, можна зробити наступне:

- - використовувати велику кількість датчиків;
- - схема може працювати через wi-fi або bluetooth;
- - дешева в розробці;
- - можна використати велику кількість датчиків.
- - можливість програмувати мікросхему під поставленні задачі.

Рисунок А.4 – Актуальність магістерської роботи

Платформа Arduino Uno

Arduino - це відкрита платформа, яка дозволяє збирати всілякі електронні пристрої. Arduino буде цікавий креативникам, дизайнерам, програмістам і всім допитливим умам, бажаючим зібрати власний гаджет. Пристрої можуть працювати як автономно, так і в зв'язці з комп'ютером. Все залежить від ідеї.



Рисунок А.7 – Опис платформи Arduino Uno

Чому LabVIEW

Для налаштування нашої програми ми будемо використовувати LabVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - це візуальна мова програмування, розроблений компанією National Instruments. Найбільше застосування LabView знайшов в сферах отримання даних з вимірювальних приладів (основна ідея прикладу в цій статті), управління, промислової автоматизації.

Рисунок А.8 – Опис програми LabVIEW

ВИД ПРОГРАМИ

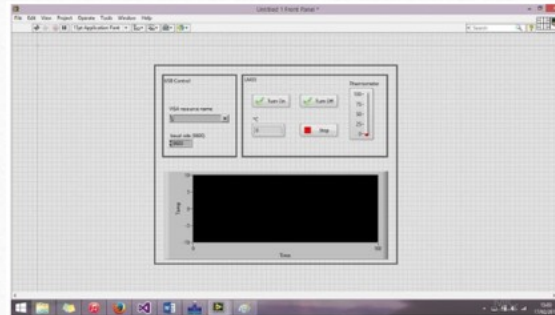


Рисунок А.9 – Вид програми

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі я зробив прототип метеорологічної станції з моделювання датчика температури. Використав для реалізації цього проекту платформу Arduino, температурний датчик LM35, та програмне забезпечення LabVIEW з NiVISA драйвером. За допомогою, чого отримав данні температури навколишнього середовища на комп'ютер.

Рисунок А.10 – Висновки виконання магістерської роботи

Додаток Б

Кодова частина магістерської роботи

```
char command;
String string;
#define led 13
#define lm A1

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0)
  {string = "";}
  while(Serial.available() > 0)
  {
    command = ((byte)Serial.read());
    if(command == ':')
    {
      break;
    }
    else
    {
      string += command;
    }
  }
}
```

```
delay(1);
}
if(string == "TO")
{
TempOn();
}
if(string == "TF")
{
TempOff();
}
}
void TempOn()
{
int x = analogRead(lm);
float temp = (5.0*x*100.0)/1024.0;
Serial.println(temp);
digitalWrite(led, HIGH);
delay(500);
}
void TempOff()
{
digitalWrite(led, LOW);
delay(500);
}
```