Міністерство освіти і науки України

Вінницький державний технічний університет

Факультет АКСУ

Кафедра МПА

**Курсова робота**

**Тема: ЦИФРОВИЙ ТЕРМОМЕТР**

**ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ**

Вихідні дані

фізична величина – температура;

діапазон вимірювання – 600 ÷1000 оС ;

похибка – 5%;

тип засобу вимірювання – цифровий термометр;

тип вимірювального перетворювача – термопара;

тип АЦП – вольтметр час-імпульсного перетворення.

Зміст графічної частини

функціональна схема цифрового термометра

Зміст пояснювальної записки

вступ, аналітичний огляд первинних перетворювачів температури, розробка структурної схеми, розробка функціональної схеми цифрового термометра, висновки, література, додаток.

**ЗМІСТ**

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ

1.1 Еталони температур

1.2 Термометри опору

1.3 Кварцеві і термотранзисторні термометри

1.4 Пірометри випромінювання

1.5 Термопари

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОГО ТЕРМОМЕТРА

ВИСНОВКИ

ЛІТЕРАТУРА

**ВСТУП**

Температура – це величина, яка характеризує теплову рівновагу системи. В усіх частинах системи, яка знаходиться в тепловій рівновазі, температура однакова і відраховується від стану, прийнятого за нульовий.

У молекулярно-кінетичній теорії температура – це величина, що визначається середньою кінетичною енергією частинок, з яких складається система (Е = kT).

Температура вимірюється рідинними або газовими термометрами, відповідно градуйованими. Висока температура вимірюється оптичними термометрами (за спектром випромінювання) або електричними термометрами (напівпровідникові термістори, термопари).

У міжнародній шкалі температур за нуль прийнята температура танення льоду при нормальному атмосферному тиску, за 100о – температура парів киплячої води при нормальному атмосферному тиску. 1/100 цього інтервалу – це 1 оС (Цельсія). Позначається t oC.

Для реалізації такої температурної шкали використовують термометри, принцип дії яких оснований на властивостях розширення різних речовин під дією температури. Внаслідок того, що коефіцієнти розширення термометричних речовин дещо змінюються в залежності від температури, то показання таких термометрів співпадають лише в реперних точках.

Єдина температурна шкала, яка не залежить від виду і властивості термометричної речовини, була розроблена Кельвіним і основана на законах термодинаміки, в часності на властивостях ідеальної теплової машини, що працює по циклу Карно. Така шкала називається термодинамічною.

У термодинамічній шкалі температур за нуль прийнята температура, при якій би припинився тепловий рух частинок, з яких складається тіло.

Ця температура називається абсолютним нулем температур. Вимірюється в кельвінах (К), 1К = 1 оС. Позначається Т.

Т = (273,15 + t)К, оскільки абсолютний нуль за міжнародною шкалою дорівнює –273,15 оС.

Наряду з вказаними температурними шкалами ще знаходять своє використання такі шкали, як шкала Реомюра (1 oR = 1,25 oC) та шкала Фаренгейта (1F = 5/9 oC).

В рішенні Міжнародного комітету мір і ваги термодинамічна температурна шкала признана основною.

**1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ**

* 1. **Еталони температур**

В діапазоні між 13,81 К і 630,74 оС в якості еталонного приладу використовують платиновий термометр опору. Елемент опору термометра повинен бути виготовлений із чистої платини, відпалювальною і вільною від натягу. Відносний опір W(T68), визначається виразом

W(T68) = R(T68)R(273,15K),

де R – опір термометра, не повинен бути менше 1,39250 при T68 =373,15К.

Нижче 0 оС залежність опір – температура термометра визначають за допомогою основної функції і спеціалізованих функцій відхилення. В інтервалі між 0 оС і 630,74 оС залежність опір – температура визначають два полінома.

В діапазоні між 630,74 оС і 1064,43 оС еталонним приладом служить термопара з електродами із платинородій (10% родія) – платини, для якої залежність електрорушійна сила – температура представлена рівнянням другої степені.

Вище 1337,58 К (1064,43 оС) Міжнародну практичну температурну шкалу визначають за допомогою закону випромінювання Планка при 1337,58 К в якості вихідної температури і значення с2 = 0,014388 м·К.

**1.2 Термометри опору**

Термометри опору призначені для вимірювання температури, робота яких основана на зміні опору чутливого елемента від температури.

Термометри опору складаються із термоперетворювача (терморезистора), защитного чохла і з’єднувальної головки. Чутливий елемент металевого термометра опору являє собою обмотку на теплостійкому ізольованому каркасі із тонкої мідної, платинової, вольфрамової або молібденової проволки.

Діапазон вимірювання температур металевих термометрів опору типу ТСП від мінус 200 до плюс 650 оС, а типу ТСМ від мінус 50 до плюс 180 оС.

Чутливий елемент напівпровідникового термометра опору виконаний у вигляді шайби або бусинки із напівпровідникового металу (мідно-маргенцеві, кобальто-маргенцеві порошки з добавками).

Опір термометрів в промислових умовах вимірюється мостами або логометрами. Незрівноважені мости використовують рідко із-за таких недоліків, як нелінійної градуювальної характеристики, залежності їх показань від значення напруги живлення. Найбільше поширення одержали зрівноважені мости, в плечі яких вмикають термометри опору (рисунок 1.1).

R2

R3

Rt

R1

to

**Рисунок 1.1 – Мостова схема включення термометра опору**

Умовою рівноваги мостової схеми є рівність добутків опорів протилежних плеч

R1 · R3 = R2 · Rt . (1.1)

Величина порушення цієї умови рівноваги фіксується вимірювальним приладом ВП.

**1.3 Кварцові і термотранзисторні термометри**

Кварцеві термометри складаються із кварцевого термочутливого перетворювача, включеного в коливальний контур генератора і частотоміра.

Характеристика перетворення кварцевого термоперетворювача має вигляд

ft = fp + S tx, (1.2)

де ft – частота генерованих коливань при вимірювальній температурі;

fp – частота генерованих коливань при температурі t = 0 oC ;

S – чутливість термоперетворювача, яка може бути від 200 до1000 Гц/К;

tx – вимірювана температура.

Кварцеві термометри можуть працювати в діапазоні температур від мінус 260 до плюс 500 oC , але найменшу похибку (0,05 – 0,005 oC ) вони мають в діапазоні 0 - 100 oC .

Кварцеві термоперетворювачі мають порівняно високу точність, що пояснюється високою стабільністю параметрів перетворювача і високими метрологічними характеристиками вимірювачів частоти.

До того ж кварцеві термоперетворювачі в порівнянні з термометрами опору мають високу швидкодію (до кількох вимірів за секунду). Тоді як інерційність термометрів опору складає десятки секунд.

Недоліком кварцевих перетворювачів є обмежена взаємозамінюваність, що пояснюється розкидом параметрів fр i S.

Термотранзисторні термометри складаються із термотранзистора, включеного в незрівноважений міст, і мілівольтметра (аналогового або цифрового) на виході моста.

Серійно випускаються декілька модифікацій термотранзисторних термо-метрів, наприклад, цифровий термометр ТЕТ-Ц11 для температур від мінус 60 до плюс 100 oC з приведеною похибкою ÷0,2%.

**1.4 Пірометри випромінювання**

Пірометри випромінювання призначені для безконтактного вимірювання температури, принцип дії яких оснований на використанні енергії випромінювання нагрітих тіл. В первинних перетворювачах пірометрів здійснюється перетворення енергії випромінювання в електричний сигнал. В якості приймачів випромінювання використовують термобатареї з хромелькопелевої фольги, германієві і кремнієві фотодіоди, фоторезистори, вакуумні фотоелементи та ін.

Пірометри діляться на енергетичного і спектрального відношення. В перших використовується залежність енергетичної яркості об’єкта від температури, а в других – залежність розподілу спектральної густини енергетичної яркості від температури.

Діапазон вимірювання таких приладів від 30 до 5000 оС.

**1.5 Термопари**

Ці перетворювачі основані на термоелектричному ефекті, який виникає в колі термопари.

Термопара – термочутливий елемент в пристроях для вимірювання температури, системах управління і контролю. Складається з двох послідовно з’єднаних (спаяних) між собою різнорідних провідників або напівпровідників.

Для вимірювання термо-е.р.с., яку розвиває термопара, в її коло вмикають вимірювальний прилад (мілівольтметр, компенсатор)(рисунок 1.2).

mV

 2 2’

 А В

 1

**Рисунок 1.2 – Включення приладу в коло термопари**

Точку з’єднання провідників (електродів) 1 називають робочим кінцем термопари, а точки 2 і 2’ – вільними кінцями.

При незмінній температурі вільних кінців 2 і 2’

ЕАВ = f(t1) – f(t2), (1.3)

де t1 – температура точки з’єднання 1.

Для виготовлення термопар, які використовуються в теперішній час для вимірювання температури, використовують в основному спеціальні сплави.

В таблиці 1.1 наведені характеристики термопар

**Таблиця 1.1 – Характеристики термопар**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  Типтермопари | Матеріали електродів термопар | Термо-е.р.с.,мВ | Верхня межавимірювання,оС |
|  ТПП | Платинородій (10 % родія) - платина |  0,64 | 1300 |
|  ТПР | Платинородій (30 % родія) –платинородій (6 % родія) | 13,81 | 1600 |
|  ТХА | Хромель (90 % Ni + 10 % Cr) –алюмель (94,83 % Ni + 2 % Al + 2% Mn +1% Si + 0,17 Fe) |  4,10 | 1000 |
|  ТХК | Хромель – копель(56 % Cu +44 % Ni) |  6,90 |  600 |
|  ТВР | Вольфрамреній (5% ренія)-вольфрамреній (20%ренія) |  1,33 | 2200 |

Градуювання термоелектричних термометрів виконується при температурі вільних кінців 0 оС.

Для вимірювання високих температур використовують термопари типів ТПП, ТПР і ТВР. Термопари із благородних металів (ТПП і ТПР) використовують при вимірюваннях з підвищеною точністю. В інших випадках використовують термопари із неблагородних металів (ТХА, ТХК).

**2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ**

Цифровий вимірювальний прилад (ЦВП) автоматично виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації, показання якого представлені в цифровій формі, тобто перетворює безперервну в часі і по розміру вимірювану величину в цифровий код. Цей процес, який включає в себе дискретизацію, квантування і кодування безперервної вхідної величини, називають аналого-цифровим перетворенням, а вимірювальний перетворювач, який автоматично здійснює цей процес і виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації про числове значення вхідної величини, - аналого-цифровим перетворювачем (АЦП). Цей перетворювач покладений в основу класифікації цифрових вольтметрів. Серед яких: АЦП з час-імпульсним перетворенням; АЦП з частотно-імпульсним перетворенням та ін.

Виходячи із поставленої умови задачі (не обумовлені завадостійкість, швидкодія; велика похибка) вибираємо відносно простий АЦП - з час-імпульсним перетворенням.

В цих АЦП вхідна напруга Ux послідовно перетворюється в пропорційний їй часовий інтервал, а потім часовий інтервал tx - в цифровий код. Перетворення напруги в пропорційний часовий інтервал здійснюється або за допомогою допоміжного генератора лінійно змінюваної напруги, або за допомогою інтегрування вимірюваної напруги. Вибираємо АЦП з генератором лінійно змінюваної напруги, структурна схема і часові діаграми роботи якого наведені на рисунку 2.1.

У момент часу t0 запускається генератор лінійно змінюваної напруги G1, що виробляє пилоподібний сигнал UГ , який подається на входи компараторів А1 і А2, які почергово спрацьовують у моменти часу t1 і t2 .

При переході напруги UГ через рівень нуля (момент часу t1 ) спрацьовує компаратор А2 і на його виході формується імпульс “Старт”, який по S-входу встановлює в одиничний стан тригер Т.

*Ux*

 5

 3

 4

 *N*

 A2

 A1

 000

 DC

 CT

 G2

 SW

R T

S

 = =

 = =

*UГ*

 G1

 2

 1

**a)**

*UГ*

*Uх*

*t0*

 *t*

*t2*

*t1*

1

“Старт”

 *t*

 2

“Стоп”

 *t*

*Tx*

3 *t*

 *Т0 = 1/f0*

4  *t*

 5 *t*

**б)**

**Рисунок 2.1 – Структурна схема (а) і часові діаграми роботи (б) вольтметра час-імпульсного перетворення**

Рівнем логічної одиниці відкривається схема співпадання SW й імпульси опорної частоти fo з виходу генератора G2 надходять на вхід лічильника СТ. Напруга UГ на виході генератора G1 зростатиме доти, доки не дорівнюватиме Ux. Момент рівності UГ = Uх(t2) фіксує компаратор А1 шляхом формування на своєму виході сигналу “Стоп”. Сигналом “Стоп” по R-входу тригер обнуляється і тим самим закривається схема співпадання. Процес вимірювання напруги Uх закінчується.

Таким чином, на виході тригера формується імпульс довжиною

Тх = Ux / v , (2.1)

де v - швидкість зміни напруги UГ .

Цей імпульс з виходу тригера відкриває схему співпадання на час Тх ,

й імпульси опорної частоти поступають на лічильник.

Число підрахованих імпульсів

N = f0⋅Tx = . (2.2)

Таким чином, число імпульсів, що пройшли на лічильник, пропорційне Uх і статична характеристика цього АЦП є лінійною (рисунок 2.2).

 *Nx*

 *N =*  .

 *Ux*

**Рисунок 2.2 – Статична характеристика АЦП**

При f0/v = 10n, де n – ціле число, множник f0/v можна врахувати відповідним положенням коми на цифровому відліковому пристрої або вказівкою одиниці вимірювання (В, мВ, мкВ).

Похибка квантування

, (2.3)

а залежність похибки квантування від вимірюваної величини є нелінійною (рисунок 2.3).

 *δ*

 *δ =F(Ux).*

 *Ux*

**Рисунок 2.3 – Залежність похибки квантування від вхідної величини**

**3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОГО ТЕРМОМЕТРА**

Виходячи з аналітичного огляду вимірювальних перетворювачів температури (див.розділ 1) та умови завдання на розробку (точність вимірювання невисока 5%, діапазон вимірювання від 600 до 1000 оС) вибираємо для реалізації цифрового термометра термопару типу ТХА і включаємо після підсилення в коло цифрового вольтметра час-імпульсного перетворення.

Розрахунок параметрів схеми.

Термо-е.р.с. термопари типу ТХА при 100 оС робочих кінців має

Uр.к = 4,1 мВ (при tр.к = 100 оС).

Тоді, виходячи з умови (600 ÷ 1000 оС) матимемо напругу від 24,6 мВ до 41 мВ.

Для роботи цифрових мікросхем необхідна напруга до 5 В. Тому термо-пару включаємо в коло підсилювача з коефіцієнтом підсилення k = 1000.

Виходячи з (2.2) можна записати рівняння перетворення

N = (3.1)

Визначимо час вимірювання Твим і частоту f0 виходячи із умови

Твим = Тх.

Задамося швидкістю зміни напруги UГ

v = 10 В/c.

Тоді за формулою (2.1)

Тх = Ux / v = 4,1/ 10 = 0,41 c.

Знаходимо частоту генератора G2 із (2.3)

f0

Частіше вибирають генератор з частотою f0 = 100 Гц.

Визначимо максимальне значення коду Nx з рівняння перетворення (2.2)

Nx = =

Знайдемо розрядність n необхідну для реалізації двійкового лічильника.

D = lоg2 Nx ≈ 6.

**ВИСНОВКИ**

В курсовій роботі розроблено цифровий термометр, який дозволяє вимірювати температуру в діапазоні від 600 до 1000 оС.

В якості вимірювального перетворювача вибрано термопару типу ТХА.

Для аналого-цифрового перетворення (АЦП) використано цифровий вольтметр час-імпульсного перетворення. Описано його роботу і проведено розрахунок основних параметрів.

Наведено рівняння перетворення.

Розраховано частоту генератора зразкової частоти, розрядність двійкового лічильника.

Розроблено функціональну схему цифрового термометра.

**ЛІТЕРАТУРА**

1 Поджаренко В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка. Для самостійної роботи студентів та виконання курсових робіт. Вінниця: ВДТУ, 2000 – 65с.

2. Поджаренко В.О., Кухарчук В.В. Вимірювання і комп’ютерно- вимірювальна техніка. –Київ : НМК ВО, 1991.

3. Основы метрологии и электричесике измерения: Учебник для вузов / Б.Я.Авдеев, Е.М.Антонюк, Е.М.Душин и др.; Под ред. Е.М.Душина.-Л.: Энерго-атомиздат, 1987. - 480 с.

4. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин. Под ред. Е.С.Полищука.-К.:Вища шк. Головное изд-во, 1984.-359 с.