

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



Методичні вказівки для виконання
лабораторної роботи №1

**«Давачі сигналів для АСУ,
перетворення та підсилення рівня
сигналу, гальванічні розв'язки»**

З КУРСУ

**"Автоматизовані системи управління й
оптимізація режимів енергосистем"**

для здобувачів вищої освіти
за ОПІ Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
другого рівня вищої освіти

ID 4800

Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи №1 «Давачі сигналів для АСУ, перетворення та підсилення рівня сигналу, гальванічні розв'язки» з курсу «Автоматизовані системи управління й оптимізація режимів енергосистем» для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: М.М. Зінь. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. – 24 с.

Укладач: Зінь М.М.

Рецензент: Коваль В.П.

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії.

Протокол № 1 від 25.08.2023 р.

Схвалено методичною радою ФПТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 1 від 30.08.2023 р.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ТЕМА: Давачі сигналів для АСУ, перетворення та підсилення рівня сигналу, гальванічні розв'язки.

МЕТА РОБОТИ: Вивчити будову та дослідити характеристики давачів сигналів. Вивчити методи перетворення і підсилення сигналів та гальванічні розв'язки.

ВСТУП

Розвиток електроніки і обчислювальної техніки швидкими темпами дає можливість автоматизувати енерговиробництво, енерготранспортування і енергоспоживання. Але реалізація цих можливостей залежить від можливостей ЕОМ отримувати інформацію про стан об'єктів і процесів енергетики. Саме цю функцію виконують давачі сигналів.

За останні роки в техніці вимірювань і регулювання параметрів різних процесів енерговикористання у самостійну галузь виділилося виготовлення і застосування давачів інформації. Ця галузь, постійно розвиваючись, служить основою створення різноманітних варіантів систем автоматичного регулювання об'єктів енергетики й енерговикористання.

Такий розвиток обумовлений, насамперед, гігантським прогресом мікроелектроніки. Широкий спектр застосування в техніці, автомобілебудуванні й інших галузях промисловості мікропроцесорів та контролерів у більшій мірі вимагає недорогих давачів, що випускаються великими серіями. Як наслідок цього, з'явилися цікаві і у той же час недорогі пристрої на давачах для використання в енергетиці і у промисловій автоматичності.

Під час використання різних давачів на передній план висувуються деякі специфічні завдання: мініатюризація, нові технології, інтеграція у комплекси.

1. СТИСЛІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

З ростом автоматизації до давачів фізичних параметрів стали пред'являтися особливо високі вимоги. При цьому особливе значення надається наступним показникам: мініатюрність (можливість монтування на друковану плату), механічна міцність, надійність, довговічність, стабільність. Сполучення давач - ЕОМ являє собою інформаційну систему. Для спрощення сполучення давача з мікро-ЕОМ необхідно щоб давач видавав цифрову інформацію. Але, на жаль, у природі і техніці інформація існує в основному у виді аналогових величин, що для обробки сигналу в ЕОМ повинні бути трансформовані в цифрові за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

КЛАСИФІКАЦІЯ ДАВАЧІВ

Всі давачі можна розділити на дві категорії: пасивні і активні. Пасивному давачу не потрібне джерело енергії, тому що в відповідь на зміну зовнішньої дії на його виході появляється електричний сигнал або зміна фізичного параметру. На відміну від пасивного активний давач для своєї роботи потребує зовнішнього джерела енергії, яке створює сигнал збудження.

В залежності від точки відліку давачі бувають: абсолютні і відносні. Абсолютний давач визначає зовнішній сигнал в абсолютних фізичних одиницях, які не залежать від умов вимірювання, а сигнал відносного давача у кожному конкретному випадку можна трактувати по різному.

Усі давачі сигналів залежно від виду зовнішньої дії поділяються на:

- **Акустичні.** Амплітуда хвилі, фаза, поляризація, спектр, швидкість хвилі та інше.
- **Біологічні.** Біомаса (вид, концентрація, стан), інше.
- **Електричні.** Заряд, струм, потенціал, напруга, електричне поле (амплітуда, фаза, поляризація, спектр), провідність, діелектрична проникність та інше.
- **Магнітні.** Магнітне поле (амплітуда, фаза, поляризація, спектр), магнітний потік, проникність, інше.
- **Хімічні.** Елементи (ідентичність, концентрація, стан), інше.
- **Оптичні.** Амплітуда хвилі, фаза, поляризація, спектр, швидкість хвилі, коефіцієнт відбиття, випромінювана здатність, відбиваюча здатність, поглинання та інше.
- **Густина.** Впорядкованість структури, інтеграція, інше.
- **Механічні.** Положення (координати лінійні і полярні), прискорення, сила, напруження, тиск, деформація, маса, рух, момент, швидкість, потоку, розхід маси, форма, шорсткість, орієнтація, жорсткість.
- **Випромінювання.** Тип, енергія, інтенсивність, інше.
- **Теплові.** Температура, потік, тепло, теплопровідність та інше.

Матеріали давачів: органічні (провідники, напівпровідники, органічні тканини) і неорганічні (діелектрики, рідини, гази, плазма, інше).

Характеристики давачів:

- Чутливість;
- Стабільність (короткотермінова та довготермінова);
- Точність;
- Швидкодія;
- Характеристики при перевантаженні;
- Гістерезис;
- Експлуатаційний режим;
- Ціна, розмір, вага;
- Діапазон вхідних значень;
- Роздільна здатність;

- Зовнішні умови;
- Вибірковість;
- Лінійність;
- Мертва зона;
- Формат вихідного сигналу.

ДАВАЧІ ТЕМПЕРАТУРИ

Найпоширенішим різновидом є давачі температури, позаяк багато процесів, у тому числі й у повсякденному житті, регулюються температурою, наприклад:

- регулювання опалення на підставі виміру температури теплоносія на вході і виході, а також температури в приміщенні і зовнішній температурі;
- регулювання температури води у пральній машині;
- регулювання температури електропраски, електроплитки, духовки і т.п.

Крім того, шляхом вимірювання температури можна визначати й інші параметри, наприклад потік, рівень і т.п.

Під час використання такого роду давачів температура вимірюється, як правило, на підставі залежності електричного опору від температури. У залежності від того, зростає або знижується електричний опір давача при підвищенні температури, розрізняють напівпровідникові давачі відповідно з позитивним або негативним температурним коефіцієнтом опору (ТКО). Металеві давачі температури з нікелю або платини завжди мають позитивний ТКО. У випадку давачів на основі термопар виникає ЕРС, пропорційна температурі.

Для точного виміру температури в діапазоні від -200 до +850 °С найчастіше застосовуються давачі температури з нікелю або платини. Електричний опір металевих провідників змінюється відповідно до рівняння

$$R_1 = R_0 [1 + a(T_1 - T_0)]$$

де R_0 – опір при 0°С, R_1 – опір при температурі T_1 , a – температурний коефіцієнт опору.

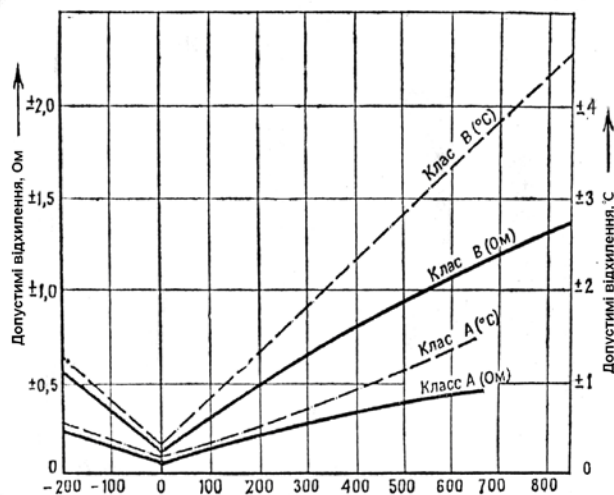


Рис. 1.1. Припустимі відхилення значень опору і температури для вимірювальних резисторів відповідно до вимог стандарту ФРН DIN 43760

Температурний коефіцієнт, рівний для платини $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ і для нікелю $5,39 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$. Опір при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ в більшості випадків вибирається рівним 100 Ом . Такі вимірювальні резистори позначають Pt-100 або Ni-100. Використовуються також стандартно виготовлені опори у 500 Ом і 1 кОм . Припустимі відхилення від цих значень у перерахуванні на градуси по шкалі складаються з тонкої ($0,6 \text{ мм}$) керамічної підкладки, на яку методом катодного ВЧ-напилення напилюється шар платини товщиною близько 2 мкм . У напиленому шарі лазером випалюють орнамент у формі меандру і проводять тонке доведення. Потім методом термокомпресорного зварювання виготовляють контактні площадки. Після цього для захисту активного платинового шару від ушкоджень його ще раз покривають керамічним ізолюючим шаром товщиною 10 мкм .

Термопари

Термопари являють собою чуттєві елементи давачів, придатні для виміру в діапазоні температур від 0 до $2300 \text{ }^\circ\text{C}$, причому, незважаючи на високу роздільну здатність, і точність, Ціна в них невисока. Термопари виготовляють шляхом з'єднання двох різнорідних металевих проводів, наприклад, міді і мідяно-нікелевого сплаву, заліза і мідяно-нікелевого сплаву або платини і платино-родієвого сплаву. Дві такі термопари утворюють давач. Якщо один спай занурити, наприклад, у лід, що тане, (0°C), а другий – ввести у контакт з об'єктом виміру, то між спаями виникає можливість виміру термо-ЕРС, яка складає у залежності від виду термопари $7...75 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$.

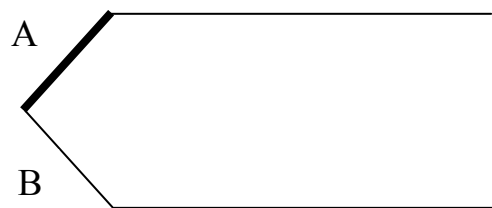


Рис. 1.2. Схема термопари

У випадку термопари з міді і мідяно-нікелевого сплаву термо-ЕРС у діапазоні температур $0...100 \text{ }^\circ\text{C}$ складає приблизно $40 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$. За різниці температур спайів у $100 \text{ }^\circ\text{C}$ виходить приблизно $4,3 \text{ мВ}$.

Компенсатор точки танення льоду для термопар

Останнім часом одержали поширення також інтегральні схеми для виміру за допомогою термопар без опорної крапки при $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Вони містять внутрішній компенсатор точки танення льоду, тому досить однієї термопари. На рис. 1.3 показаний такий типовий блок (AD594, фірма Analog Devices) для термопари константан — залізо. Перетворювач сигналу термопари AD594 лінеаризує термо-ЕРС давача з коефіцієнтом $10 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ - в інтервалі вимірів $0...300 \text{ }^\circ\text{C}$.

Якщо власна температура блоку AD594 зміниться, то вплив цієї зміни можна компенсувати тільки за допомогою відповідного поправочного коефіцієнта. Всі можливі помилки, обумовлені зміною власної температури блоку AD594 (дрейфовою погрішністю), Вони можуть досягати $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однак сумарна погрішність схеми може викликати відхилення обмірюваної величини від номінального значення в кілька відсотків. Таким чином, цей спосіб виміру температури застосуємо лише для простих схем регулювання. У випадку високоточних вимірювань, потрібні більш високі затрати.

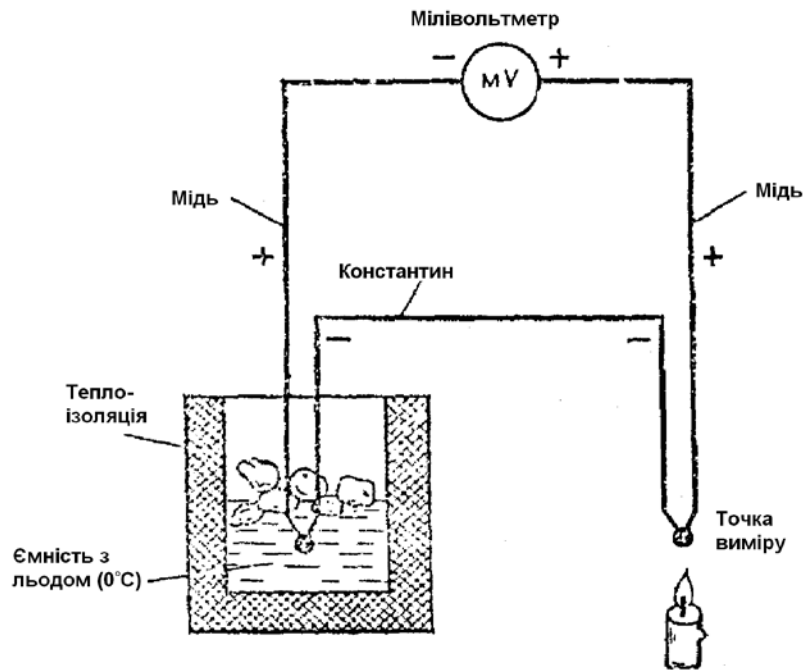


Рис. 1.3. Вимірювання температури термопарою з використанням схеми з внутрішнім компенсатором крапки танення льоду

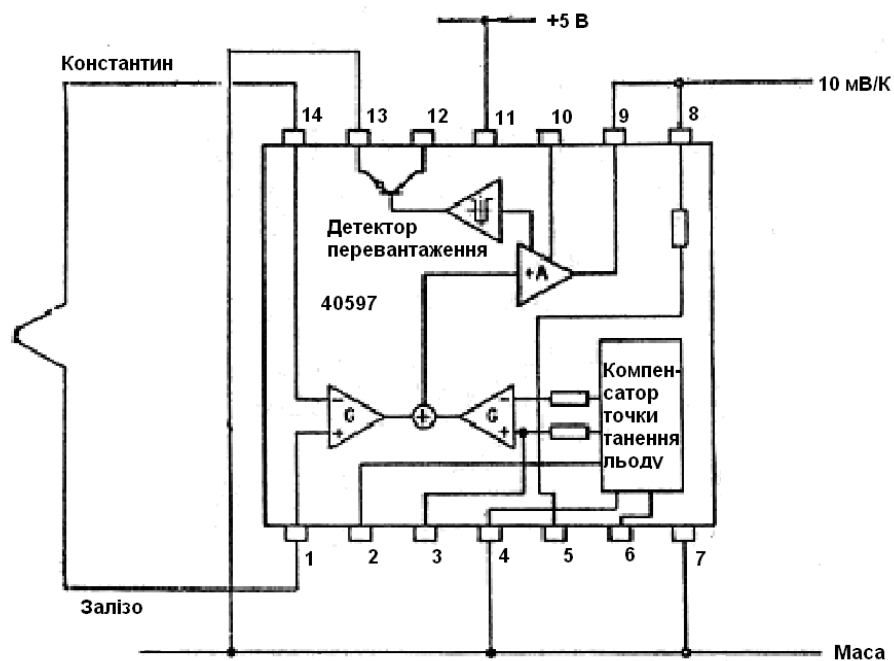


Рис. 1.4. Вимірювання температури термопарою з використанням схеми з внутрішнім компенсатором точки танення льоду

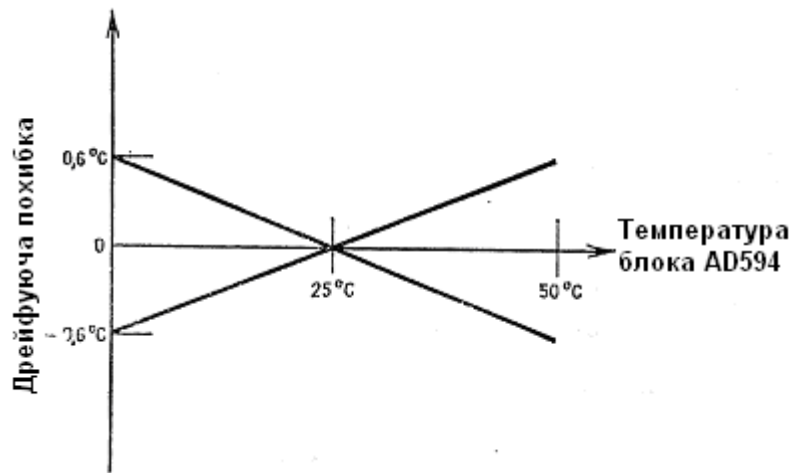


Рис. 1.5. Дрейфова похибка блоку AD 594 у діапазоні температур від 0 до 50 °C

Кремнієві давачі температури

Вимірювання температури за допомогою кремнієвих давачів становить особливий інтерес у випадку масового застосування, тому що вони значно дешевші від інших давачів і мають великий температурний коефіцієнт.

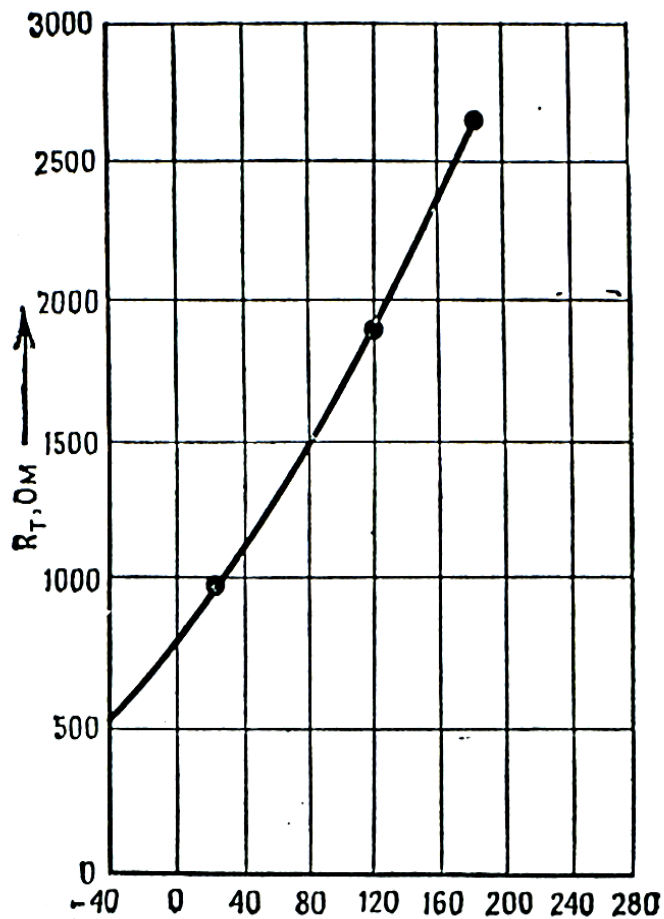


Рис. 1.6. Характеристика кремнієвого давача температури

Недоліками кремнієвих датчиків є менший діапазон вимірюваних температур і велика нелінійність. Однак для певних застосувань ці недоліки мають другорядне значення. На рис. 1.6 приведена характеристика кремнієвого датчика температури. Вона досить точно відповідає наступному квадратичному рівнянню:

$$R_t = R_{25} [1 + \alpha \Delta T + \beta \Delta T^2]$$

де R_t — опір за температури T (°C);

R_{25} - опір за еталонної температури 25°C.

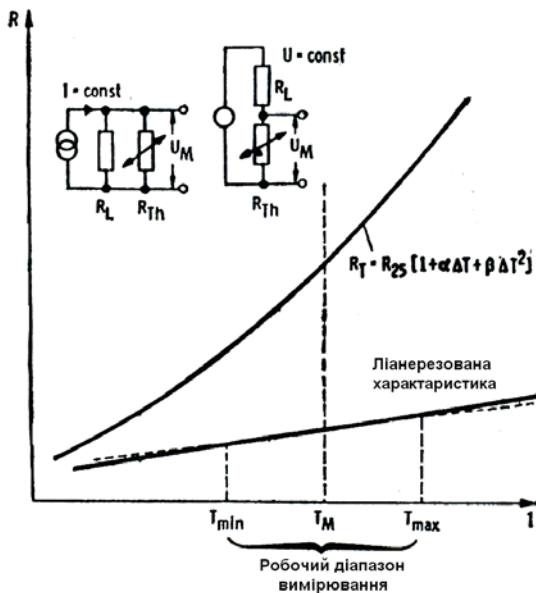


Рис. 1.7. Лінеаризована характеристика кремнієвого датчика температури

Для більш точних вимірів за допомогою кремнієвого датчика температури його квадратична характеристика повинна бути лінеаризована. Це досягається включенням незалежного від температури опорного резистора R_L паралельно до кремнієвого датчика, якщо схема живиться постійним струмом. Під час живлення постійною напругою R_L включається послідовно до датчика R_{Th} (рис.1.7).

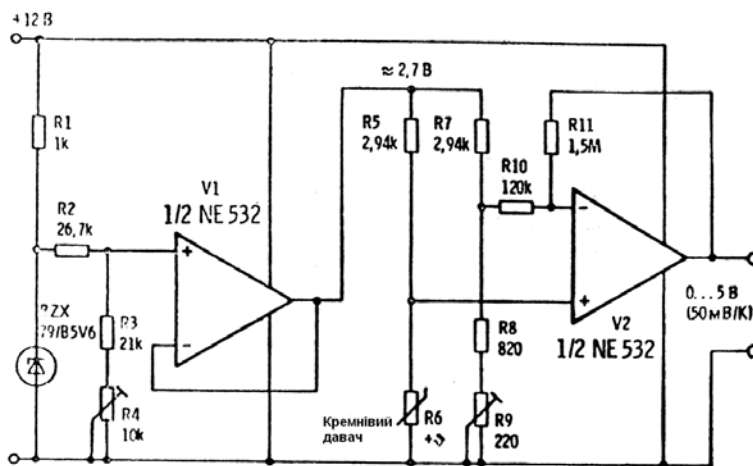


Рис. 1.8. Вимірювальна схема для кремнієвого датчика температури КТУ 81

На рис. 1.8 зображена повна схема формування вимірювального сигналу для кремнієвого давача КТУ 81. Давач розміщений у плечі вимірювального моста, що складає з резисторів R5...R9 служить для лінеаризації давача R6. Вимірювальний міст живиться напругою 2,7 В, стабілізованою за допомогою діоду Зенера. Ця напруга обрана такою малою, що вимірювальний струм не перевищує 1 мА, щоб уникнути виникнення помітних похибок унаслідок самонагрівання. Чутливість вимірювального моста складає 4 мВ/°С і підвищується за допомогою підсилювача до 50 мВ/°С на виході. В діапазоні вимірів 0...100°С у цьому випадку виходить аналоговий сигнал від 0 до 5 В.

Інтегровані давачі температури

Представником попередньо каліброваних інтегрованих давачів температури є кремнієвий давач типу STP 35 фірми Texas instruments. На рис. 1.9 показана схема внутрішніх з'єднань давача, виготовленого на основі біполярної техніки. Уся схема цього монолітного інтегрального давача поміщена в корпус ТО-92.

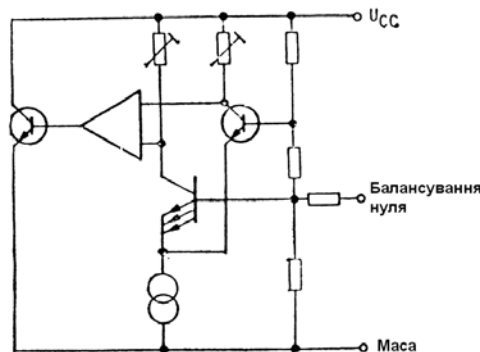


Рис. 1.9. Схема з'єднань давача STP

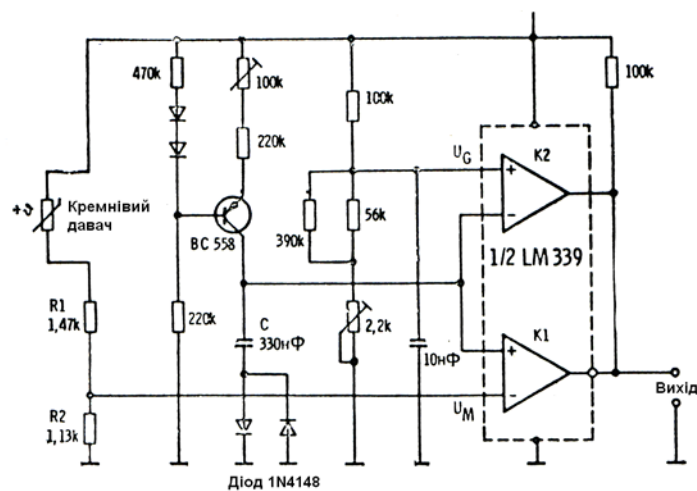


Рис. 1.10. Вимірювальна схема з імпульсним виходом сигналу

Вимірювальні схеми з датчиками цього типу виконуються надзвичайно просто. За допомогою додаткового опору встановлюється максимальний струм, менший 5 мА, щоб обмежити самонагрівання датчика. Робоча напруга не має потреби в стабілізації і може знаходитися в діапазоні від 6 до 24 В. У цьому випадку чутливість вимірюваної на виході напруги складає 10 мВ/°С. Збільшена в 100 разів вихідна напруга показує абсолютну температуру по шкалі Кельвіна ($6\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ }^{\circ}\text{K}$ и $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 293\text{ }^{\circ}\text{K}$). Датчики можуть бути виготовлені різних класів точності в залежності від некомпенсованої похибки у вимірюванні температури.

Температурний контролер

Іншим цікавим прикладом є датчик температури LM3911 (температурний контролер), що випускається фірмою NATIONAL SEMICONDUKTOR . Його спосіб дії аналогічний дії датчика STP 35 з напругою на виході, що безпосередньо вказує абсолютну температуру по шкалі Кельвіна, поділену на 100 (тобто на шкалі приладу 3,93 В відповідають 393 К). Датчик має чутливість 10 мВ/К.

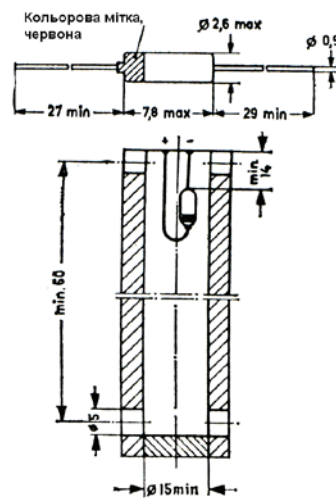


Рис. 1.11. Конструкція і розміри датчика LM3911

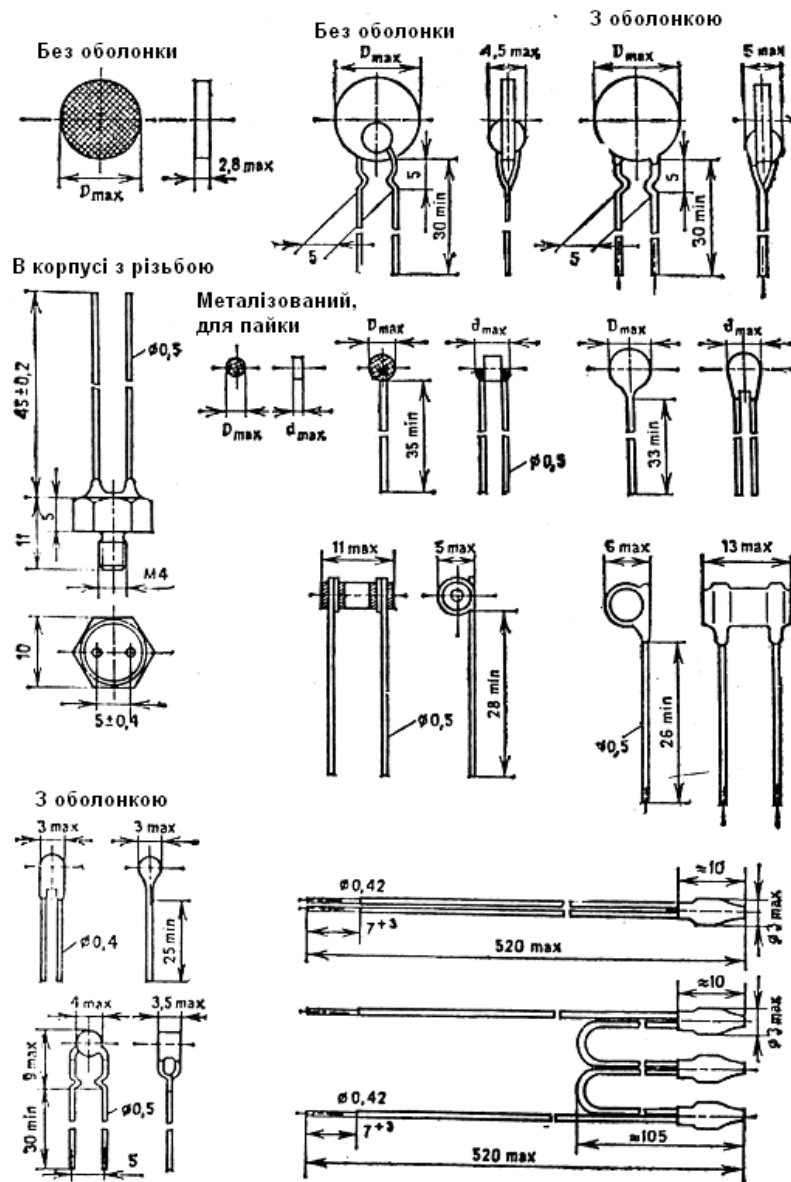


Рис. 1.12. Різноманітні конструктивні форми давачів температури на основі термоопорів

ДАВАЧІ ТИСКУ

Як і давачі температури, давачі тиску відносяться до найбільше широко вживаного в техніку. Однак для непрофесійних вимір тиску становить менший інтерес, тому що існуючі давачі тиску відносно дорогі і мають лише обмежене застосування.

Кремнієві давачі

Для практики представляють інтерес лише відносно недорогі кремнієві давачі тиску, що мають вихідний сигнал найчастіше порядку декількох вольтів. Звичайно такий давач виготовляють із кремнієвої пластини, частина якої витравлюють до утворення тонкої мембрани. Методом іонної імплантації на мембрані виконують резистивні елементи. При зміні тиску мембрана

прогинається, і під дією п'єзоелектричного ефекту відбувається зміна опору резистивних елементів. Товщина мембрани, як і геометрична форма резисторів, визначається областю припустимих тисків. Перевагами широко розповсюджених давачів цього типу є:

- висока чутливість,
- хороша лінійність,
- незначні гістерезисні явища,
- малий час спрацьовування,
- компактна конструкція,
- економічна пленарна технологія виготовлення.

Недолік полягає в підвищеній температурній чутливості, можна в більшості випадків компенсувати.

Таблиця 1.1

Область застосування давачів тиску (визначається можливим діапазоном вимірюваних тисків)

Рівень тиску	Застосування
40 мбар	Вимірювання рівня рідини в пральних і посудомийних машинах
100 мбар	Пиловсмоктувачі, контроль фільтрів, вимірювання витрати
200 мбар	Вимірювання кров'яного тиску
1 бар	Барометр, регулювання запалення і вприскування в автомобільних двигунах
2 бар	Вимірювання розрідження на тракті всмоктування в автомобільних двигунах
10 бар	Вимірювання тиску масла і стиснутого повітря в тормозній системі автомобіля; холодильники
50 бар	Пневматичні системи, промислові роботи
500 бар	Гідравлічні системи, будівельні машини

Чотири однотипних п'єзрезистори утворюють міст, як показано на рис. 1.13. При цьому окремі резистори ($R_1 \dots R_4$) з'єднані так, що під час прогину мембрани опір резисторів R_1 і R_3 зростає, а в R_2 і R_4 – зменшується. У результаті досягається висока чутливість вимірювального моста.

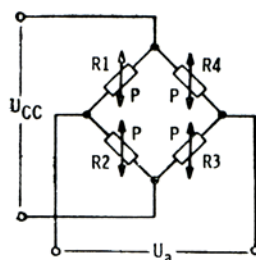


Рис. 1.13. Вимірювальний міст з чотирьох ідентичних п'єзрезисторів, що складають у сукупності давач тиску

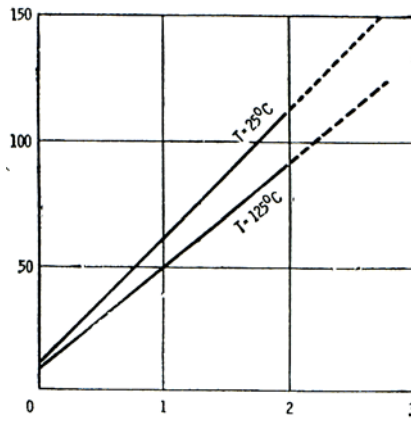


Рис. 1.14. Характеристика кремнієвого датчика тиску за різних температур (25 і 125°C).

На рис. 1.14 графічно представлена залежність $U_a(p)$ для типового кремнієвого датчика тиску. Тут же продемонстроване і вплив температури на чутливість. Оскільки в цьому випадку максимальна вихідна напруга складає лише 0,1 В, для подальшої обробки сигналу його потрібно підсилити ще приблизно до 1 В. Таке 10-кратне підсилення за напругою за допомогою стандартних операційних підсилювачів не складає проблеми, а тому узгодження сигналу з вимірювальним приладом здійснюється легко. Для вимірювань з підвищеною точністю варто додатково компенсувати температурну похибку датчиків.

Компенсація температурної похибки

У принципі варто розрізняти температурний коефіцієнт зсуву нуля з температурним коефіцієнтом чутливості і кожну окрему похибку компенсувати індивідуально. Температурний коефіцієнт зсуву нуля (приблизно — $2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) являє собою температурну похибку сигналу в нульовій точці шкали. Він приблизно у 10 разів менше температурного коефіцієнта чутливості (біля $T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$). Простий спосіб температурної компенсації складається у так званій пасивній компенсації за допомогою резисторів і датчиків температури, як показано на рис. 1.15, а і б. Правильним підбором шунтуючих резисторів (R/R_0), а також датчика температури (наприклад, типу КТУ 10) можна впливати на зсув нуля.

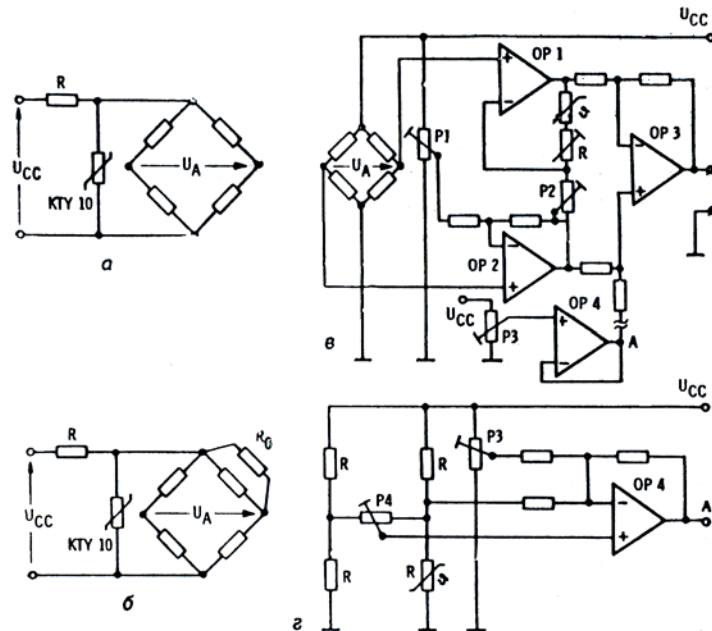


Рис. 1.15. Схеми компенсації для кремнієвого давача тиску: *а* — пасивна компенсація чутливості моста; *б* - установка нуля шкали і пасивна компенсація температурного зсуву нуля за допомогою додаткового резистора R_0 ; *в* — активна компенсація чутливості моста і зсуву нуля шкали; *г* — додаткова можливість активної компенсації температурного зсуву нуля шкали (до схеми *а*) (OP — операційний підсилювач)

ГАЗОВІ ДАВАЧІ

Напівпровідникові давачі

У найпростішому і дешевому газовому давачі використовується зміна електричного опору деяких напівпровідникових матеріалів, що виникає внаслідок адсорбції газу. На рис. 1.16 показано принциповий будову такого напівпровідникового давача. Він складається з керамічної основи, здатної витримувати нагрівання до $100...500\text{ }^\circ\text{C}$. На цій керамічній основі знаходяться два електроди, між якими наноситься напівпровідний окис металу. Якщо газ проходить, над цим активованим шаром окису металу, то провідність останнього змінюється. За допомогою мостової схеми ця зміна провідності перетвориться в зміну напруги. Найважливішим серед них є двоокис олова SnO_2 , з різними легуючими добавками. Підбором легованої добавки і робочої температури можна досягти визначеного підвищення вибірковості.

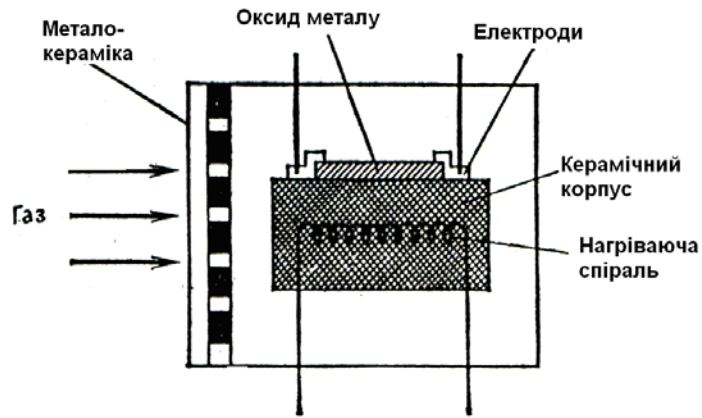


Рис. 1.16. Вимірвальна комірка давача для виявлення шкідливих (токсичних) газів

На рис. 1.17 показана залежність чутливості для концентрацій 10-2 % CO і 1 % CH₄ від типу легуючої добавки і робочої температури.

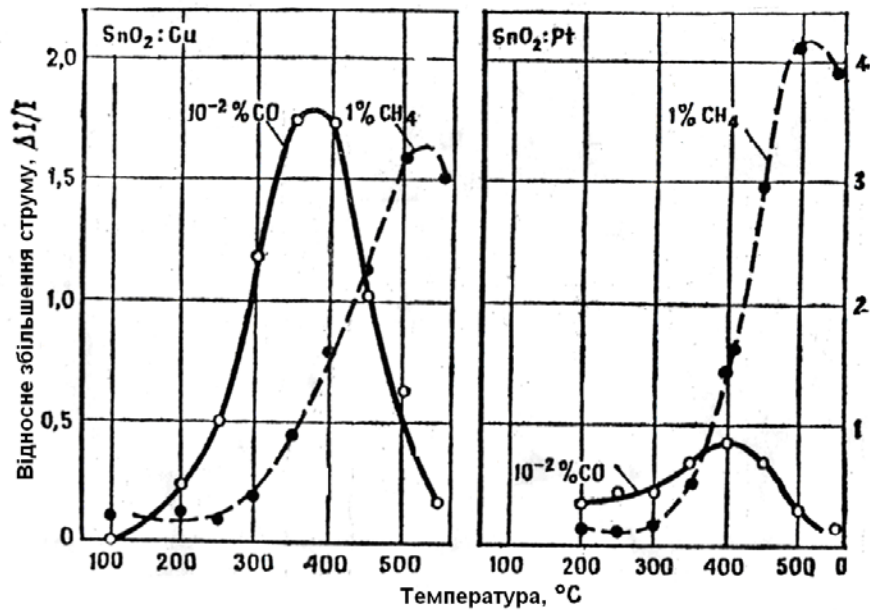


Рис. 1.17. Оптимізація характеристик газового давача на основі двоокису олова за допомогою різних легуючих домішок (мідь і платина)

При концентрації (0...20)·10⁻⁴ % H₂S у повітрі вона має круто наростаючий хід, що потім сповільнюється. Робоча температура давача цього типу дорівнює 200 °C, оскільки H₂S легко розігрівається на поверхні діоксиду олова. Використовуючи дуже тонкі активні шари SnO₂ товщиною близько 150 нм, одержують малі тривалості спрацьовування, що знаходяться у секундному діапазоні.

Давачі типу TGS

Найбільш великим виробником напівпровідникових газових давачів є японська фірма FIGARO INC. Вона має великий асортимент газових здавачів для різного застосування в тому числі й доволі недорогих які представляють інтерес для радіолюбителів. На рис. 1.18 показаний такий давачі типа TGS фірми FIGARO. Він складається з керамічної трубочки, що нагрівають з середини тонкою проволокою. Зовні на трубочку нанесений активний шар з електродами. Весь давач захищений від механічних пошкоджень сіткою з провідників які виготовляють з нержавіючої сталі.

Позначення і схему під'єднання такого давача показано на рис.18.

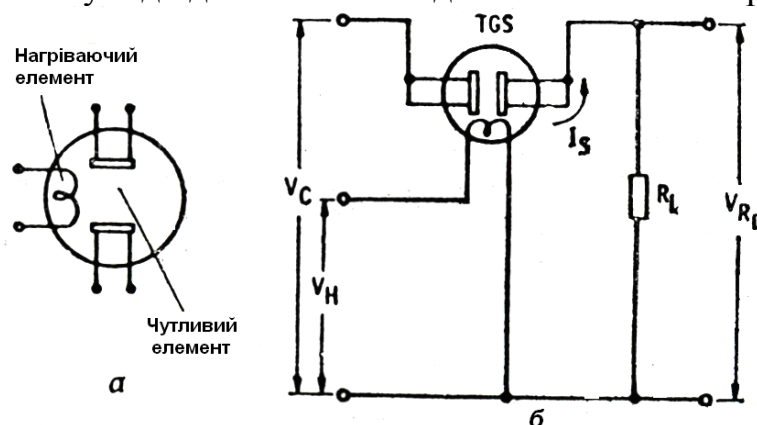


Рис. 1.18. Розміщення контактів і схема включення газового давача типу TGS.

ДАВАЧІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Серед давачів магнітного поля розрізняють давачі трьох типів які використовують різні а саме:

- магніторезистивні давачі;
- давачі Хола;
- давачі Віганда.

У загальному давачі магнітного поля простотою конструкції та пов'язаною з цим надійністю. Завдяки таким властивостям вони дуже широко використовуються як в автомобілях так і в побутовій техніці. Важливими і цікавими є застосування їх, наприклад, для визначення положення, швидкості обертання, і лінійної швидкості.

Магніторезистивні давачі

Деякі феромагнітні матеріали, наприклад пермалой, змінюють свій опір при дії магнітного поля. Ступінь цієї зміни залежить від величини напруженості магнітного поля і кута між вектором напруженості і напрямком струму. За допомогою сучасної тонко плівкової технології можна виготовити невеликі і

дуже дешеві магніторезистивні давачі. Вони складаються з резистивного елемента у формі меандри з опором від 30 Ом до 1 кОм.

Давачі Хола

Давачі магнітного поля, що використовують ефект Хола, відносяться до активних давачів, тому що вони самі виробляють вимірювальну напругу, пов'язану з магнітним полем. На рис. 1.19 схематично показаний пристрій і принцип дії давача Хола.

Під дією струму I та магнітної індукції B , вектори яких взаємно перпендикулярні, на обкладка давача виникає вимірювальна напруга U_H . Величина цієї напруги залежить геометрії (довжини L і товщини d) давача, струму I , коефіцієнта Хола R_n і магнітної індукції B .

$$U_H = R_n I B / d$$

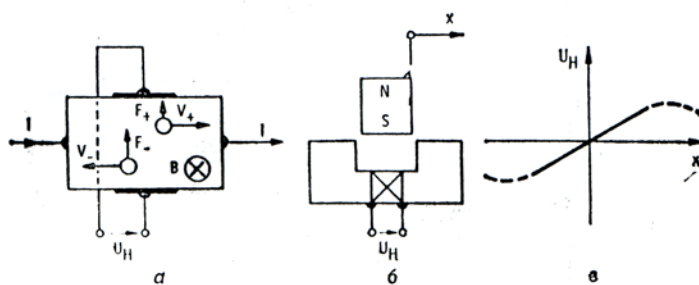


Рис. 1.19. Принцип дії чутливого елемента на ефекті Хола (а), пристрій давача переміщення з елемента на ефекті Хола (б) і зміна сигналу в залежності від переміщення (в)

При зсуві постійного магніту по відношенню до давача Хола напруга давача зміниться пропорційно переміщенню X . Отже, давачі Хола можна також використовувати як давачі переміщення або положення. Такий давач переміщення у відповідному пристрої можна використовувати також для виміру тиску. У цьому пристрої постійний магніт розташований на мембрані, поглиблюється під дією тиску, що змінюється. У результаті магніт зміщується щодо давача, що веде до зміни напруги.

Давач Віганда

Новітньою розробкою в області давачів магнітного поля є давач Віганда. Він складається з попередньо механічно обробленого дроту зі сплаву «Вікалой» діаметром 0,3 мм, намотаної у виді котушки довжиною 15 мм, що має близько 1300 витків. Якщо котушку помістити в магнітне поле, то при перевищенні визначеної величини напруженості поля напрямком намагнічування спонтанно

зміниться. У результаті цієї зміни виникає імпульс напруги тривалістю 20 мкс і амплітудою 2,5 В.

Переваги давача Віганда є: відсутність необхідності в джерелі живлення, велика величина сигналу, широкий температурний діапазон застосування (-196 ... +175 °С), конструктивна захищеність від короткого замикання та іскріння.

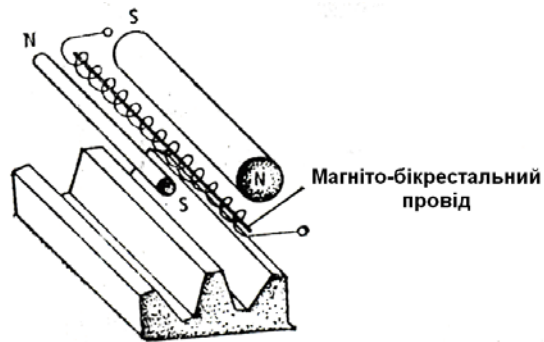


Рис. 1.20. Давач Віганда

На рис. 1.20 проілюстроване застосування такого давача для вимірювання швидкості обертання.

2. ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД І СХЕМА ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ

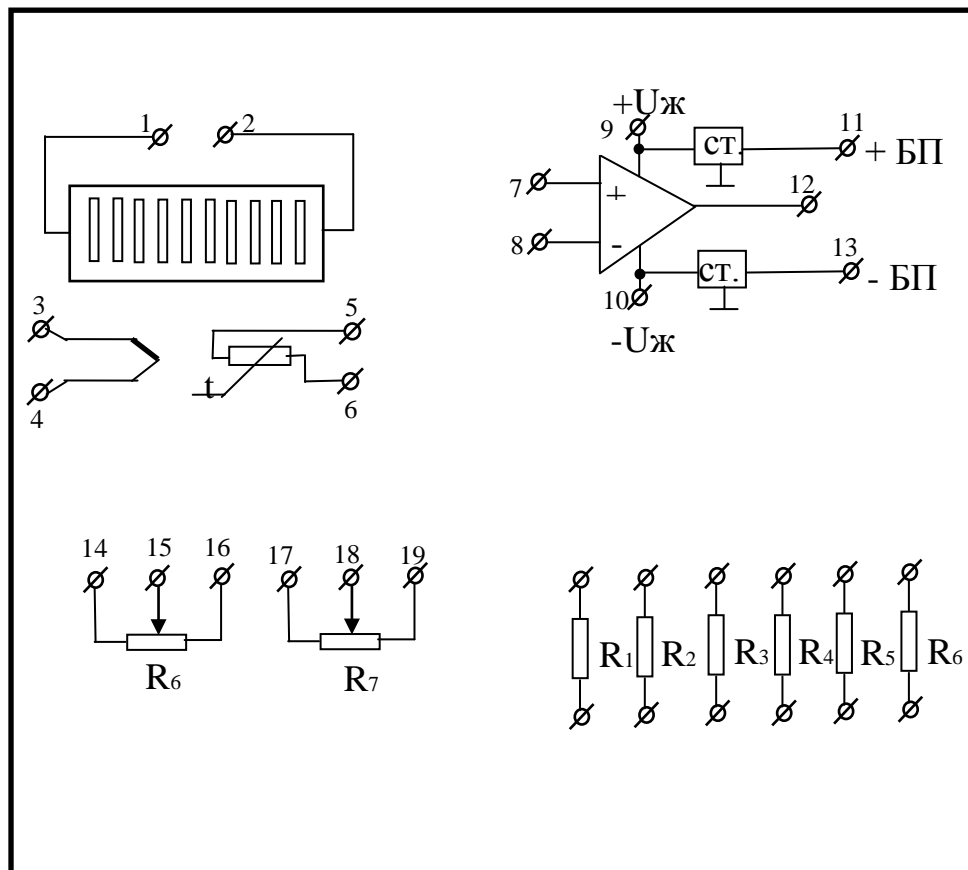
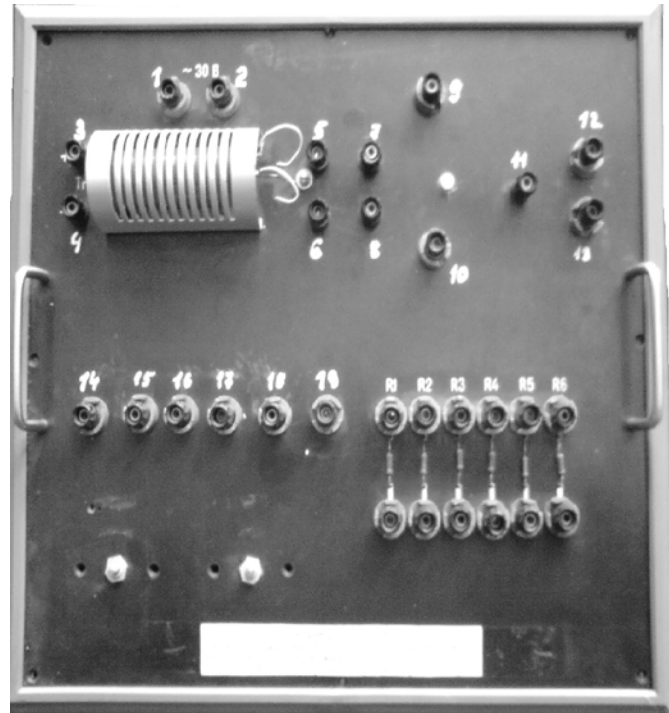


Рис. 2.1. Стенд для дослідження датчиків сигналів для АСУ (загальний вигляд, схема)

3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

Накреслити давач, описати характеристики, принцип дії, зобразити схему включення і вказати область застосування згідно з варіантом:

1. Термопари.
2. Терморезистори.
3. Кремнієві давачі температури.
4. Тензорезистори.
5. Витратоміри.
6. Кремнієві давачі тиску.
7. Газові напівпровідникові давачі.
8. Давачі газу.
9. Магніторезистивні давачі.
10. Давачі Хола.
11. Давачі Віганда.
12. Давачі магнітного поля на герконах.
13. Вакуумний фотоелемент.
14. Індуктивні давачі.
15. Ємнісні давачі.
16. Давачі напрямку.
17. Давачі переміщення.
18. Давачі освітленості.
19. Фотопомножувачі.
20. Акустичні давачі.
21. Давачі швидкості.
22. Селенові фотоелементи.
23. Ртутний контактний термометр.
24. Давачі вологості.

4. ВИКОНУЄТЬСЯ У ЛАБОРАТОРІЇ

Градування терморезистора

4.1. Зібрати електричну установку згідно схеми рис. 4.1.

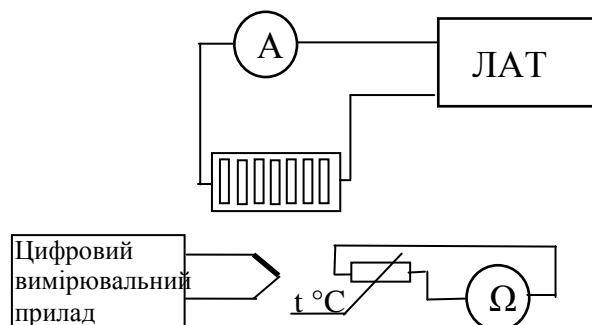


Рис. 4.1. Градування терморезистора

4.2. Після перевірки викладачем схеми увімкнути живлення. Встановити струм нагрівання 0,2 А.

4.3. Виміряти опір терморезистора через кожні 1 °С, дані занести у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Результати дослідів

Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Опір терморезистора, $R, \text{Ом}$	Напруга на вході підсилювача $U_{\text{вх}}, \text{В}$	Напруга на виході підсилювача $U_{\text{вих}}, \text{В}$

4.4. Зібрати схему підсилення для терморезистора зображену на рис. 4.2. За допомогою змінного опору R_6 виставляємо верхню границю, R_7 – нижню границю.

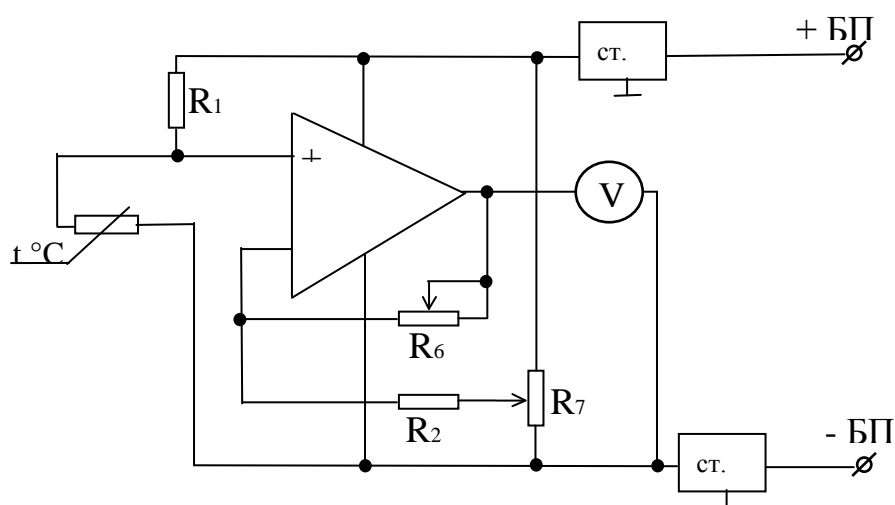


Рис. 4.2. Підсилення сигналу

4.5. Зняти залежність напруги від температури терморезистора і дані внести у табл. 4.1.

5. ОПРАЦЮВАННЯ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ

5.1. У програмі «Advance Grafer» побудувати графіки $R_1(t)$, $U_{вх}(t)$, $U_{вих}(t)$ за даними таблиці 4.1.

5.2. Зробити регресивний аналіз для отримання математичних залежностей і побудувати за отриманими формулами графіки $R(t)$, $U_{вх}(t)$, $U_{вих}(t)$.

5.3. Обрахувати температурний коефіцієнт опору (ТКО).

5.3. Написати програму на мові програмування «Pascal» для перерахунку опору в температуру.

5.4. Вирахувати похибку для дослідів 4.3 та 4.4 і побудувати графік нелінійності у зазначених межах вимірювання.

5.4. Зробити висновок по роботі.

6. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Визначення давачів, застосування.
2. Класифікація давачів.
3. Статичні характеристики давачів.
4. Динамічні характеристики давачів.
5. Дискретні давачі та давачі плавної дії.
6. Похибки, які спричиненні давачами.
7. Складені давачі (з подвійним перетворенням).
8. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення термопар.
9. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення термоопору.
10. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення давачів тиску.
11. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення давача магнітного поля на ефекті Хола.
12. Давач Віганда.
13. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення фотодіоду.
14. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення фоторезистора.
15. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення давача тиску.
16. Будова, принцип дії, характеристики і схема включення тензорезистора.
17. Диференціальні давачі.
18. Мостові і напівмостові схеми вимірювання, переваги та недоліки.
19. Перетворення сигналу.
20. Підсилення і послаблення рівня сигналу.
21. Гальванічні розв'язки сигналу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Говоров П. П. Автоматизація керування режимами міських електричних мереж: монографія / П. П. Говоров, В. Ф. Харченко, В. П. Говоров; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 229 с.
2. Охріменко В. М. Автоматизовані системи диспетчерського управління: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. М. Охріменко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 140 с.
3. Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / уклад.: О.В. Остапчук, Р.В. Вожаков, М.П. Болотний / КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 0.98 Мбайт). – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 32 с.
4. Автоматизовані системи керування та оптимізація режимів енергосистем [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів усіх форм навчання та студентів-іноземців спеціальності «Електричні системи і мережі» / НТУУ «КПІ»; уклад. В. А. Баженов, В. О. Гижа, О. М. Янковська. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,1 Мбайт). – К.: НТУУ «КПІ», 2009.
5. Коцар О.В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] / О.В. Коцар // Навч. посібн. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Дніпро: Середняк Т.К., 2017. – 44 с.
6. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації: монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 132 с.
7. Автоматизовані системи контролю та керування енергоспоживанням: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизовані системи контролю та керування енергоспоживанням» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т (ДБТУ); авт.-уклад.: О. А. Савченко, В.Г. Пазій. – Харків: [б. в.], 2023. – 96 с.