

Практичне заняття на тему:
**«ПОБУДОВА ГРАДУЮВАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА. ОЦІНКА ПОХИБКИ
 АПРОКСИМАЦІЇ».**

Зміст

[Теоретичні відомості](#)

[Приклад](#)

[Варіанти](#)

Теоретичні відомості.

Найважливішою метрологічною характеристикою засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) є градуювальна характеристика, або функція перетворення, яку знаходять в результаті градуювання ЗВТ за зразковими засобами.

Градуювання ЗВТ – присвоєння поділка шкали вимірювального приладу значення фізичної величини.

Градуювальна характеристика засобу вимірювання - залежність виду $y=f(x)$ між значеннями величин Y_i на виході і X_i на вході засобу вимірювання, складена у вигляді таблиці, графіка або формули.

Наприклад терморезистор – (термістор, термоопір) - напівпровідниковий прилад, електричний опір якого змінюється в залежності від його температури. Його основне призначення полягає в тому, щоб сприймати температуру і перетворювати її в електричний сигнал. Існує багато різних типів датчиків (дивися рис.1)



Рисунок 1 – Загальний вигляд терморезисторів

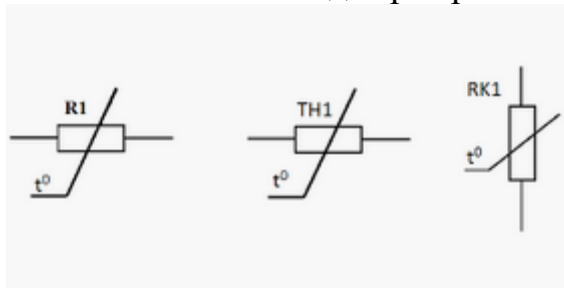
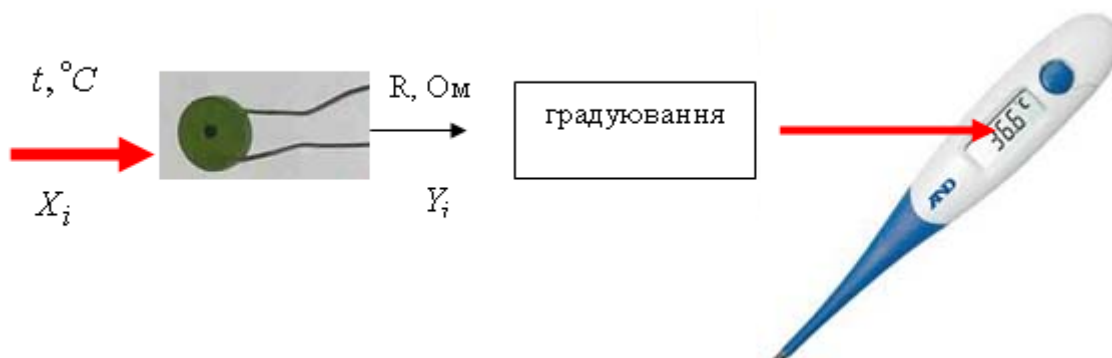


Рисунок 2 – Умовне графічне позначення терморезисторів

Тобто вхідною величиною X_i на вході засобу вимірювання є температура $t, ^\circ C$, а вихідною Y_i є змінена величини опору $R_i, Ом$:

$$R_i, Ом = f(t_i, ^\circ C).$$

Але користувача (дослідника) цікавить в кінцевому етапі не значення опору, а значення температури в градусах. Тому необхідно провести градуювання – присвоїти шкалі приладу значення в градуса $t, ^\circ C$ (дивися рис.3).



$t, ^\circ C$	x	1	2	3	4	5
$R, Ом$	y	1.8	4.1	6.3	8.1	9.8

Рисунок 3 – Процедура градуювання

Градувальна характеристика засобу вимірювання може бути складена у вигляді таблиці (дивися табл. 1), графіка або формули.

ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАВДАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

Задача 1

Побудуйте градувальну характеристику вимірювального перетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

Таблиця 1

$t, ^\circ C$	x	1	2	3	4	5
$R, Ом$	y	1.8	4.1	6.3	8.1	9.8

Розв'язання

У випадку лінійної апроксимації емпіричної залежності необхідно визначити невідомі коефіцієнти b_0 і b_1 лінійної функції

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x.$$

Для цього потрібно розв'язати систему рівнянь

$$\begin{cases} n \cdot b_0 + \sum_{i=1}^n x_i \cdot b_1 = \sum_{i=1}^n y_i, \\ \sum_{i=1}^n x_i \cdot b_0 + \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot b_1 = \sum_{i=1}^n x_i y_i. \end{cases}$$

Розрахуємо коефіцієнти системи рівнянь:

$$n = 5,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 = 55,$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1.8 + 4.1 + 6.3 + 8.1 + 9.8 = 30.1,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 1 \cdot 1.8 + 2 \cdot 4.1 + 3 \cdot 6.3 + 4 \cdot 8.1 + 5 \cdot 9.8 = 110.3.$$

Складаємо систему рівнянь

$$\begin{cases} 5b_0 + 15b_1 = 30.1, \\ 15b_0 + 55b_1 = 110.3, \end{cases}$$

в результаті розв'язання якої отримуємо $b_0 = 0.02; b_1 = 2$. Таким чином, функція перетворення буде мати вигляд

$$\hat{y} = 0,02 + 2x.$$

Зображуємо на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані (рис. 1.1).

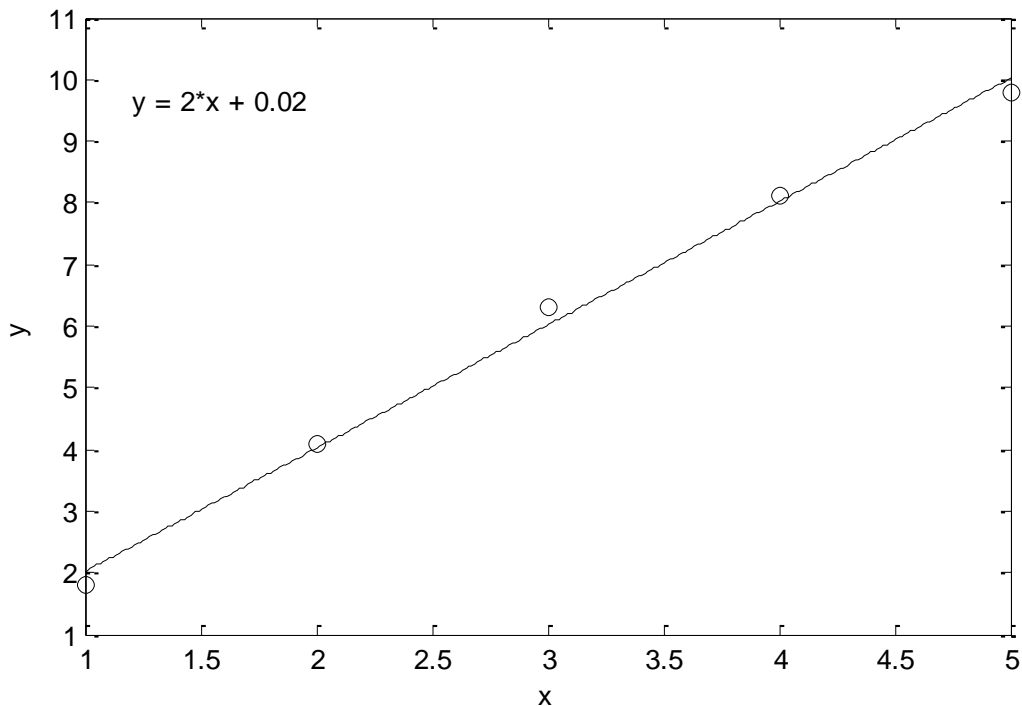


Рисунок 1.1 – Графік функції перетворення і експериментальні дані

Розрахуємо похибки теоретичної функції перетворення з експериментальними даними

$$\hat{y}_1 = 0,02 + 2x_1 = 0,02 + 2 \cdot 1 = 2,02;$$

$$\hat{y}_2 = 0,02 + 2x_2 = 0,02 + 2 \cdot 2 = 4,02;$$

$$\hat{y}_3 = 0,02 + 2x_3 = 0,02 + 2 \cdot 3 = 6,02;$$

$$\hat{y}_4 = 0,02 + 2x_4 = 0,02 + 2 \cdot 4 = 8,02;$$

$$\hat{y}_5 = 0,02 + 2x_5 = 0,02 + 2 \cdot 5 = 10,02.$$

Визначаємо середньоквадратичну похибку апроксимації

$$\begin{aligned} \sigma_{\hat{y}} &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{5-1} \left((1.8 - 2.02)^2 + (4.1 - 4.02)^2 + (6.3 - 6.02)^2 + (8.1 - 8.02)^2 + (9.8 - 10.02)^2 \right)} = \\ &= 0,217. \end{aligned}$$

Варіант 1

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	14.8	22.1	27.9	34.5	41.3	47.5

Варіант 2

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	22.8	22.2	21.2	20.2	19.4	18.2

Варіант 3

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	25.3	35.6	49.0	59.1	72.5	84.4

Варіант 4

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	67.9	54.3	46.2	36.6	26.9	13.0

Варіант 5

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	17.4	14.6	13.0	10.9	8.5	7.1

Варіант 6

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	21.0	28.8	37.5	44.1	53.2	61.4

Варіант 7

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	28.4	40.1	50.1	61.2	75.3	84.6

Варіант 8

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	24.4	40.1	52.0	64.2	78.9	91.3

Варіант 9

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	83.9	72.8	57.3	43.4	32.6	17.9

Варіант 10

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	35.2	49.4	61.2	70.6	84.9	96.7

Варіант 11

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	91.6	74.4	57.9	45.5	32.3	16.1

Варіант 12

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	10.0	12.3	16.7	19.6	23.7	26.4

Варіант 13

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	16.3	22.0	29.0	37.4	44.1	50.4

Варіант 14

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	30.3	41.8	51.5	61.2	74.1	82.8

Варіант 15

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	21.5	19.5	16.1	12.8	9.5	6.8

Варіант 16

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	16.9	22.7	26.8	29.5	34.2	39.2

Варіант 17

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	30.5	37.6	45.0	53.5	64.6	73.2

Варіант 18

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	8.0	12.8	17.1	23.1	27.2	32.5

Варіант 19

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
R, Ом	35.4	32.3	29.6	27.6	24.8	22.2

Варіант 20

1. Побудуйте градувальну характеристику термоперетворювача методом найменших квадратів. Зобразіть на графіку теоретичну залежність і емпіричні дані. Оцініть похибку апроксимації.

t, °C	20	30	40	50	60	70
E, мВ	11.6	17.6	24.6	32.8	41.3	49.1