

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра радіотехніки

магістерська кваліфікаційна робота  
**на тему: «Радіовимірювальні перетворювачі температури  
на основі транзисторів з від'ємним опором»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-15м  
спеціальності 8.05090101 – Радіотехніка

Джевага В.В.

Керівник: д.т.н., професор каф. РТ

Осадчук В.С.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

Васильківський М.В. \_

Вінниця ВНТУ - 2017 рік

# Інтегральні сенсори температури

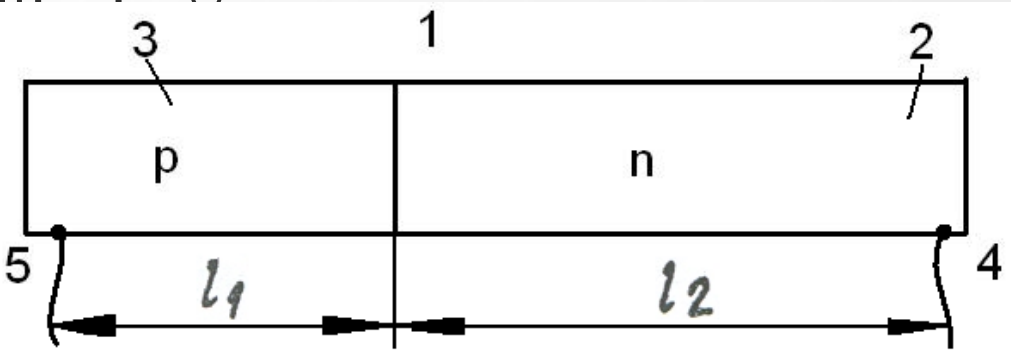


Рисунок 1.1 – Сенсор температури на ниткоподібному монокристалі напівпровідника

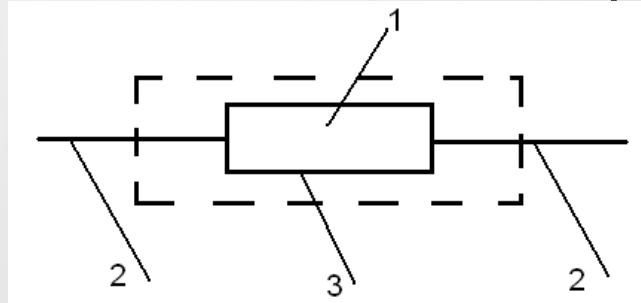
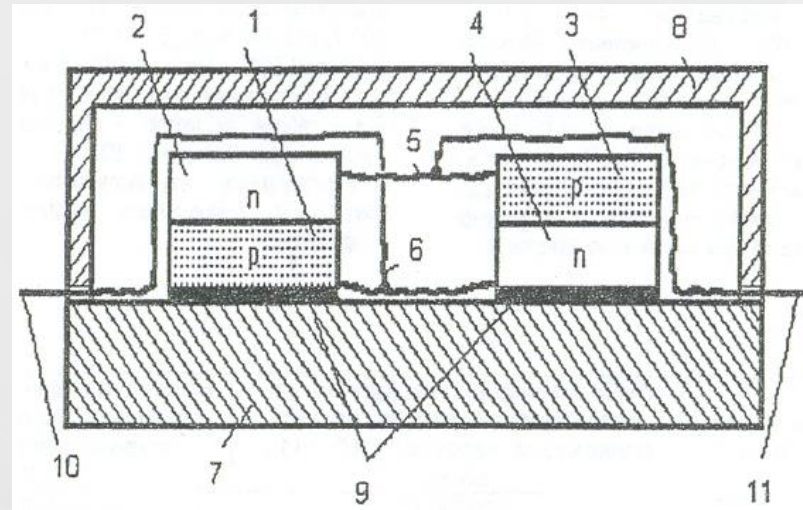


Рисунок 1.10  
Низькотемпературний сенсор:

- 1) ЧЕ;
- 2) золоті струмовиводи;
- 3) діелектрична підкладка

Рисунок 1.2 – Конструкція пристрою для вимірювання температури, який містить в собі чутливий р-п перехід, корпус і виводи: 1,3 – р-області; 2,4 – n-області; 5,6 – електричні перемички; 7 – основа; 8 – корпус; 9 – з'єднання р-п-переходів з корпусом за допомогою клею; 10,11 – алюмінієві виводи

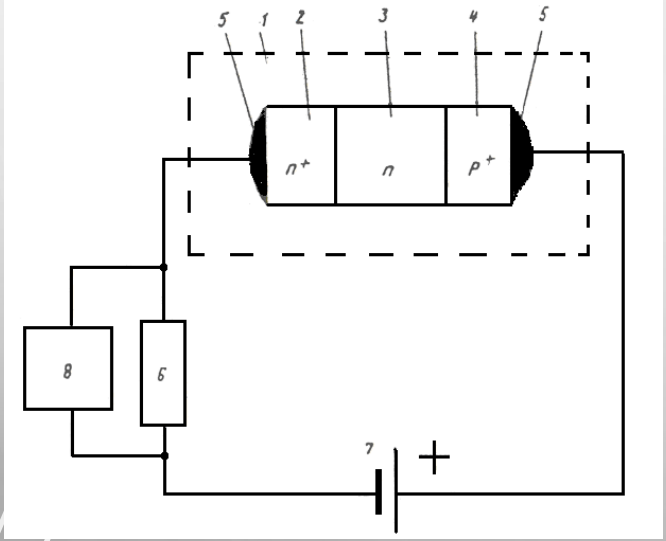


Рисунок 1.3 – Конструкція пристрою для вимірювання температури, який містить в собі чутливий n<sup>+</sup>-n-p<sup>+</sup>-перехід, підключений через навантажувальний резистор до джерела струму: 1 – ЧЕ; 2 – низькоомний шар n<sup>+</sup>-типу провідності; 3 – високоомний шар n-типу провідності; 4 – низькоомний шар p<sup>+</sup>-типу провідності; 5 – контакти; 6 – навантажувальний опір; 7 – джерело постійного струму; 8 – частотомір

# Електронні сенсори температури

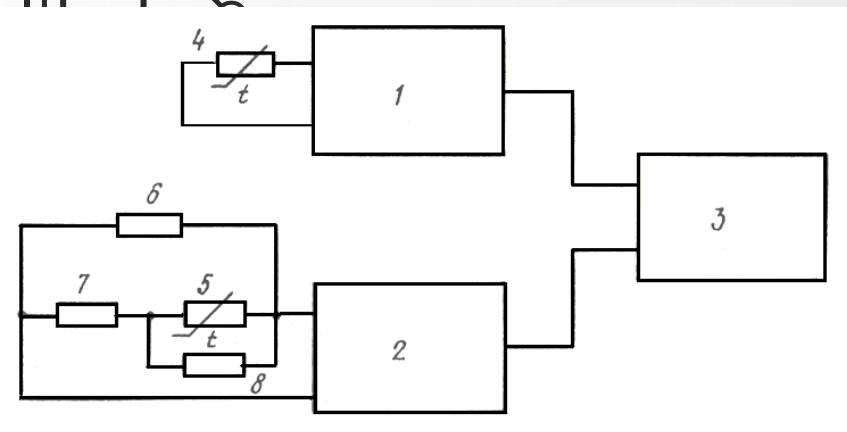


Рисунок 1.14 – Блок-схема сенсора температури:

- 1 – основний генератор;
- 2 – додатковий генератор;
- 3 – блок вимірювання відношення частот;
- 4 – терморезистор;

- 5 – додатковий терморезистор;
- 6,7,8 – резистори

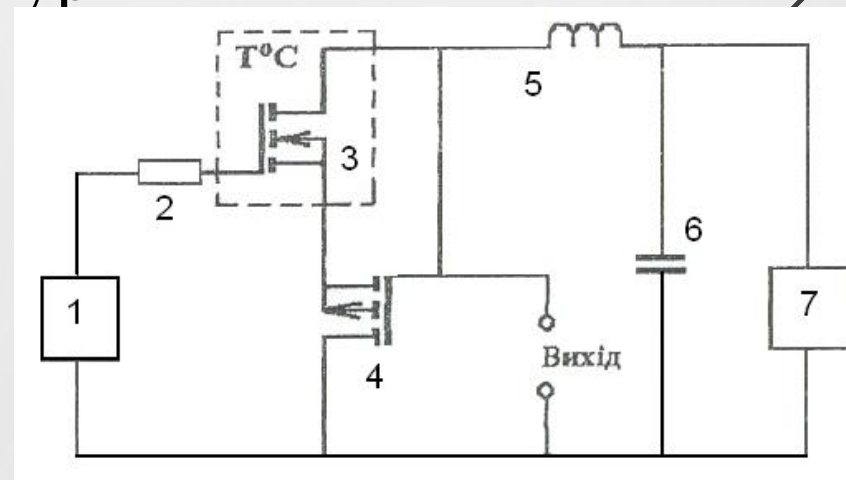


Рисунок 1.18 – Схема сенсора температури: 1,7 – керуючі джерела напруги; 2 – обмежувальний резистор; 3,4 – польові транзистори; 5 – індуктивність; 6 – конденсатор

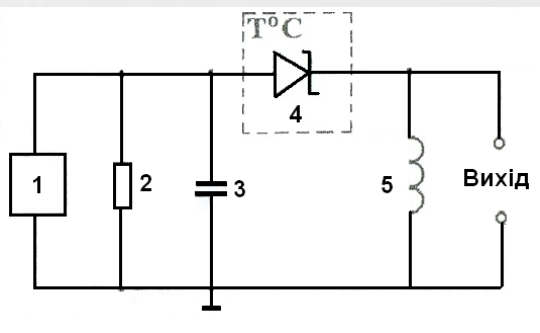


Рисунок 1.22 – Схема сенсора температури: 1 – керуюче джерело напруги; 2 – резистор; 3 – конденсатор; 4 – тунельно-резонансний діод; 5 – індуктивність

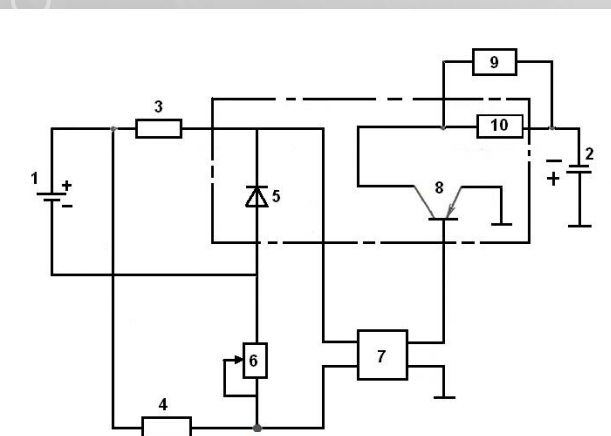


Рисунок 1.20 – Електрична принципова схема сенсора температури: 1,2 – джерело живлення; 3,4 – постійні резистори; 5 – термочутливий елемент; 6 – змінний резистор; 7 – диференціальний підсилювач; 8 – транзистор-підігрівач; 9 – вторинний прилад; 10 – вимірювальний резистор

# Оптичні сенсори температури

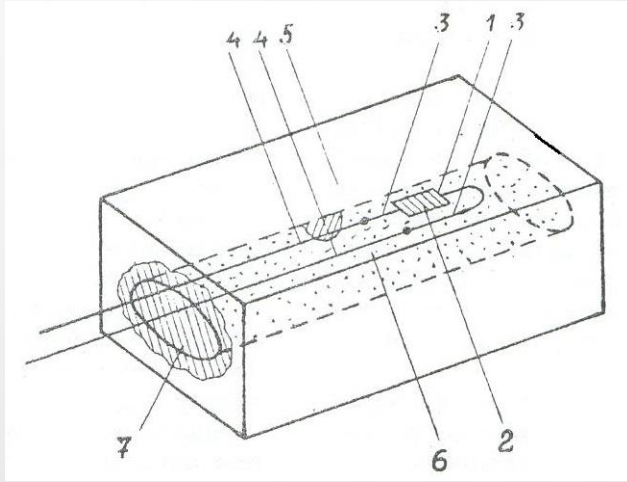


Рисунок 1.30 – Сенсор температури на основі арсеніду галію:  
1 – ЧЕ; 2 – графітове покриття; 3 – золоті електричні виводи;  
4 – мідні електричні виводи; 5 – корпус з монокристалічного корунду;  
6 – отвір з наповнювачем; 7 – епоксидний компаунд

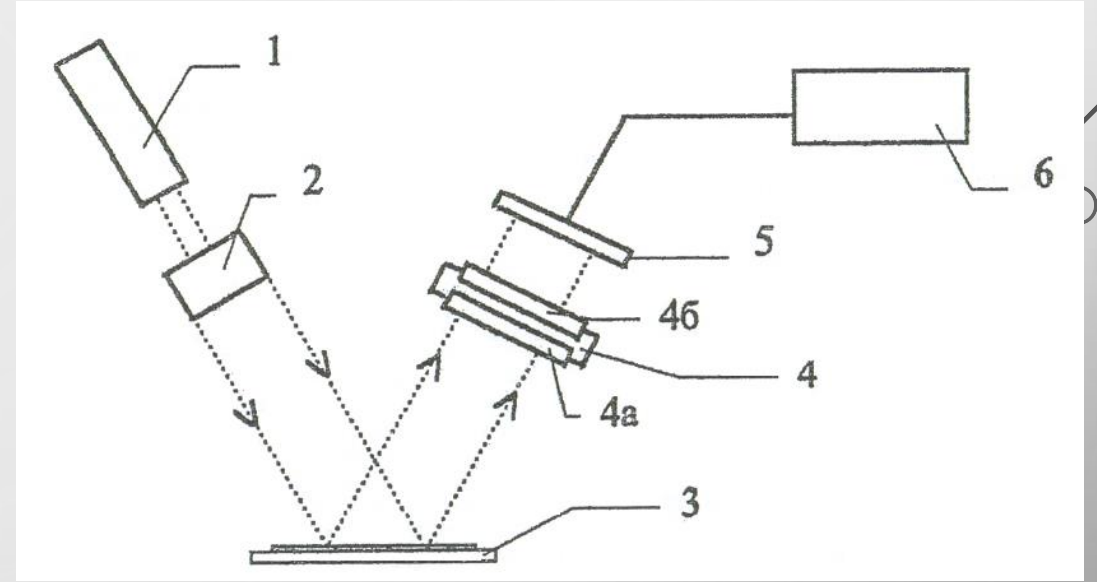


Рисунок 1.31 – Оптичний сенсор температури: 1 – монохроматичне джерело світла; 2 – освітлювач; 3 – біметалічне дзеркало; 4 – інтерферометр; 5 – фотоприймач; 6 – лічильник

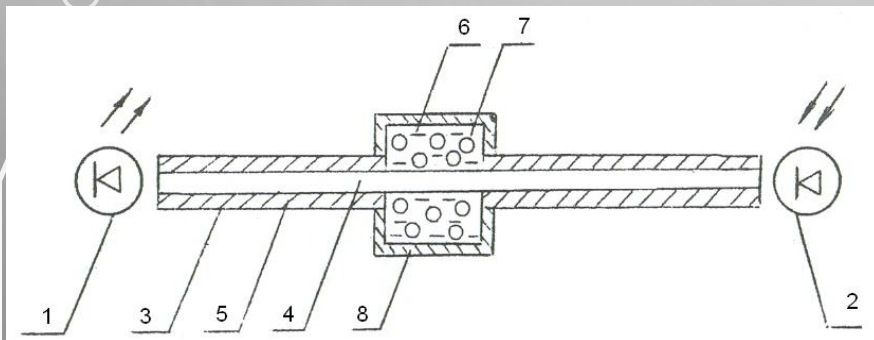
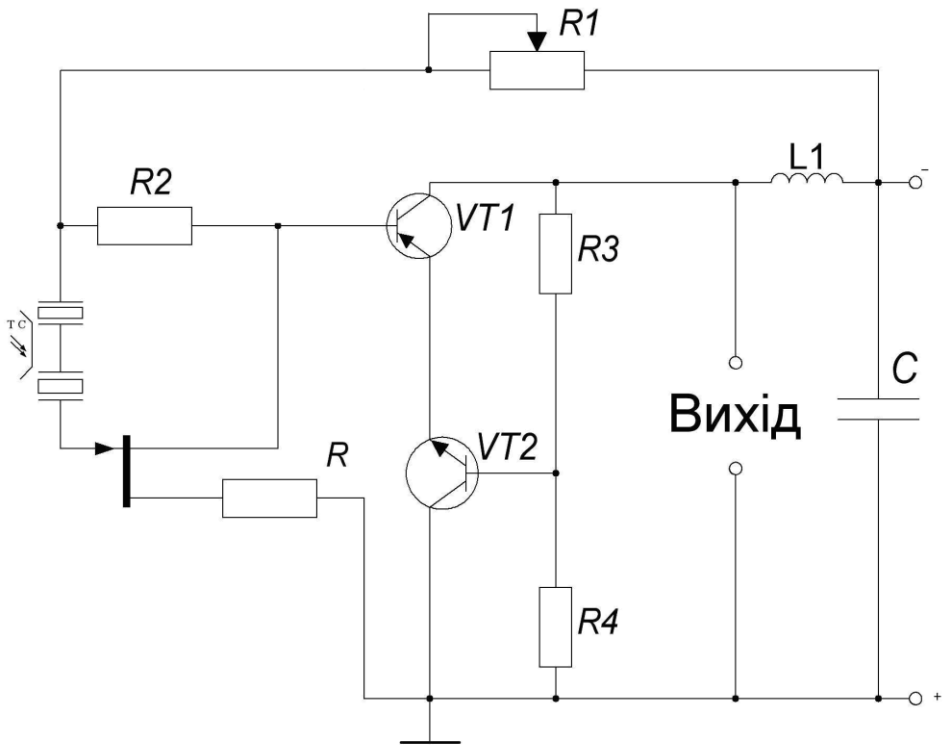


Рисунок 1.32 – Оптичний сенсор температури: 1 – світлодіод; 2 – фотодіод; 3 – світловод; 4 – серцевина світловода; 5 – оболонка серцевини світловода; 6 – матеріал; 7 – наповнювач; 8 – світлозахисна оболонка



Уж

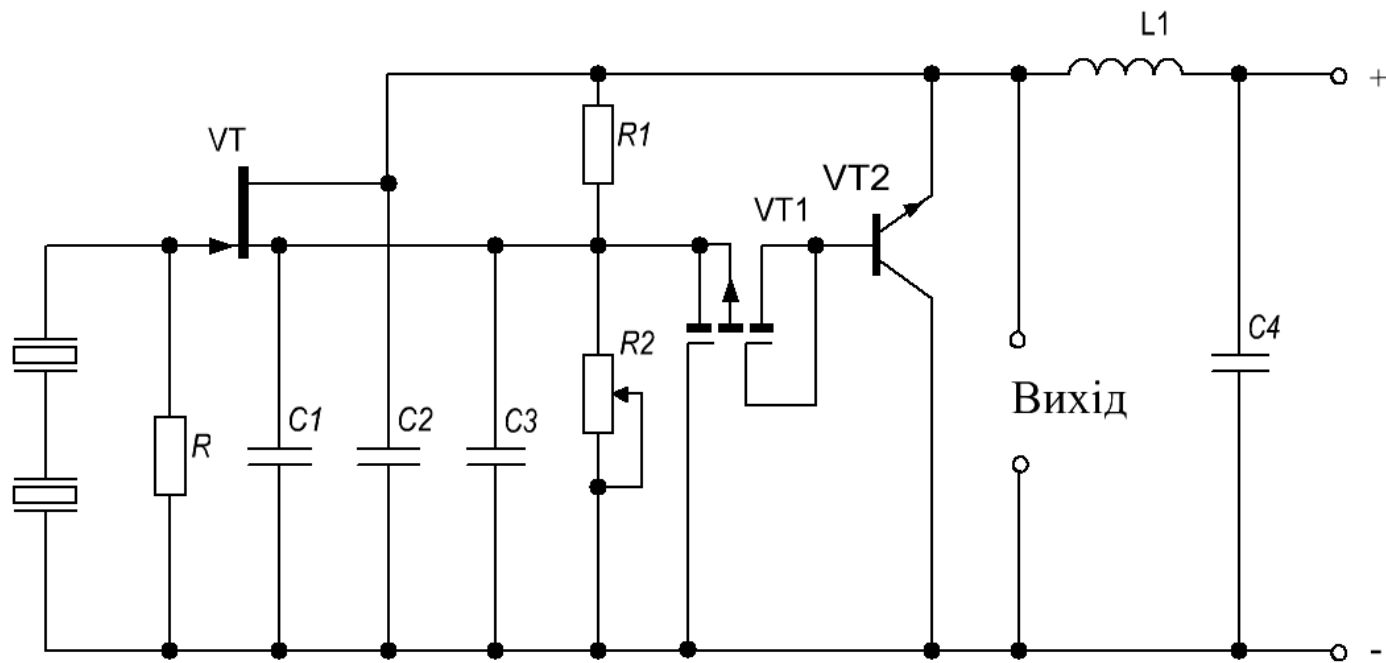


Рисунок 2.1– Електрична схема оптико-частотного температурного сенсора на основі структури з пари біполярних транзисторів

Рисунок 2.6 – Електрична схема оптико-частотного температурного сенсора на основі структури біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів



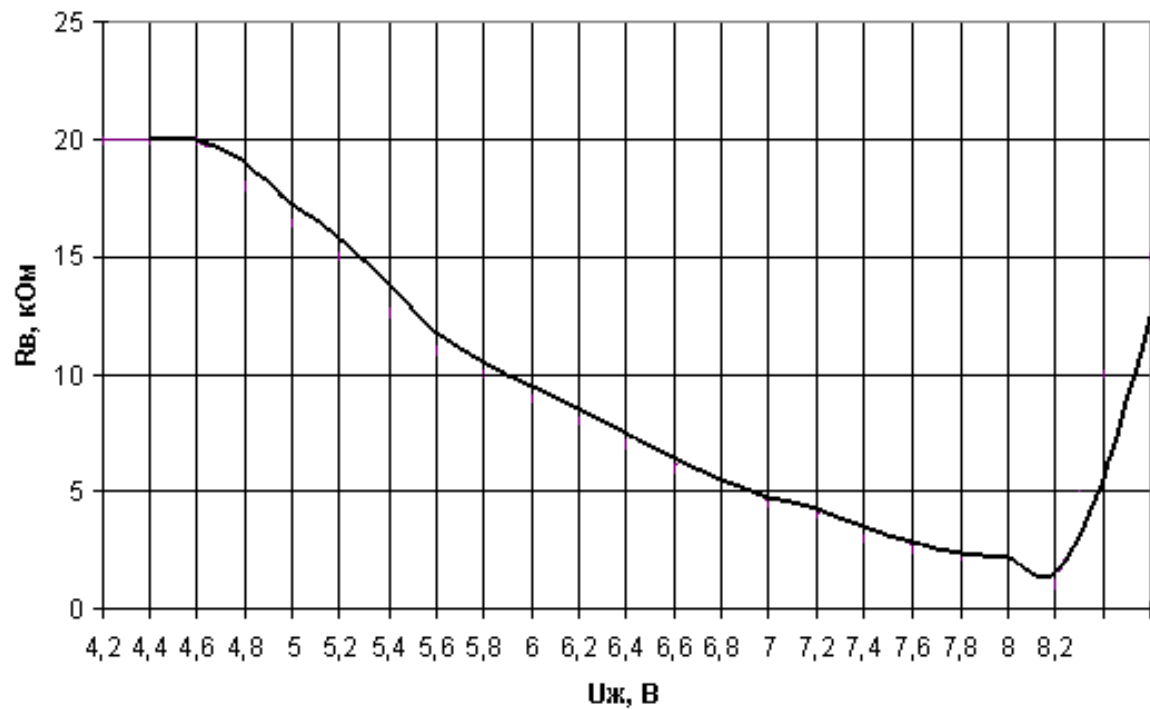


Рисунок 2.4 – Теоретична залежність активної складової повного комплексного опору від напруги живлення для оптико-частотного температурного сенсора на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

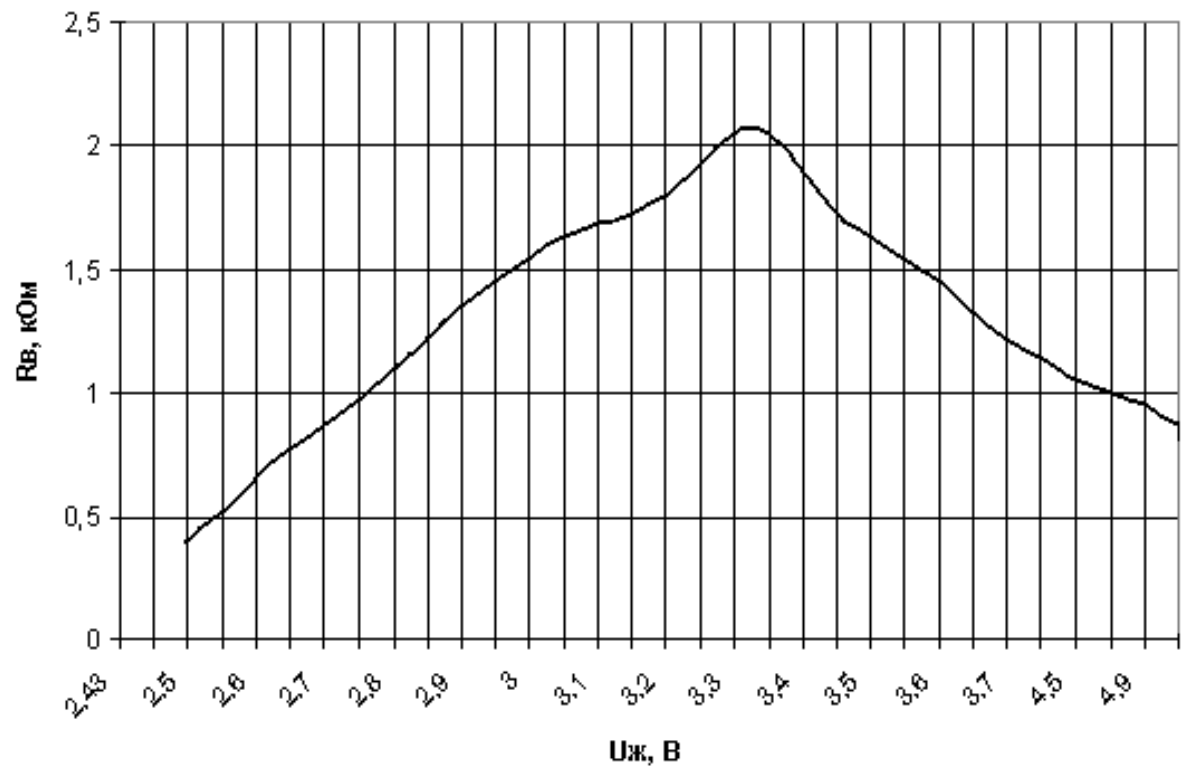


Рисунок 2.9 – Теоретична залежність реактивної складової повного комплексного опору від напруги живлення для оптико-частотного температурного сенсора на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

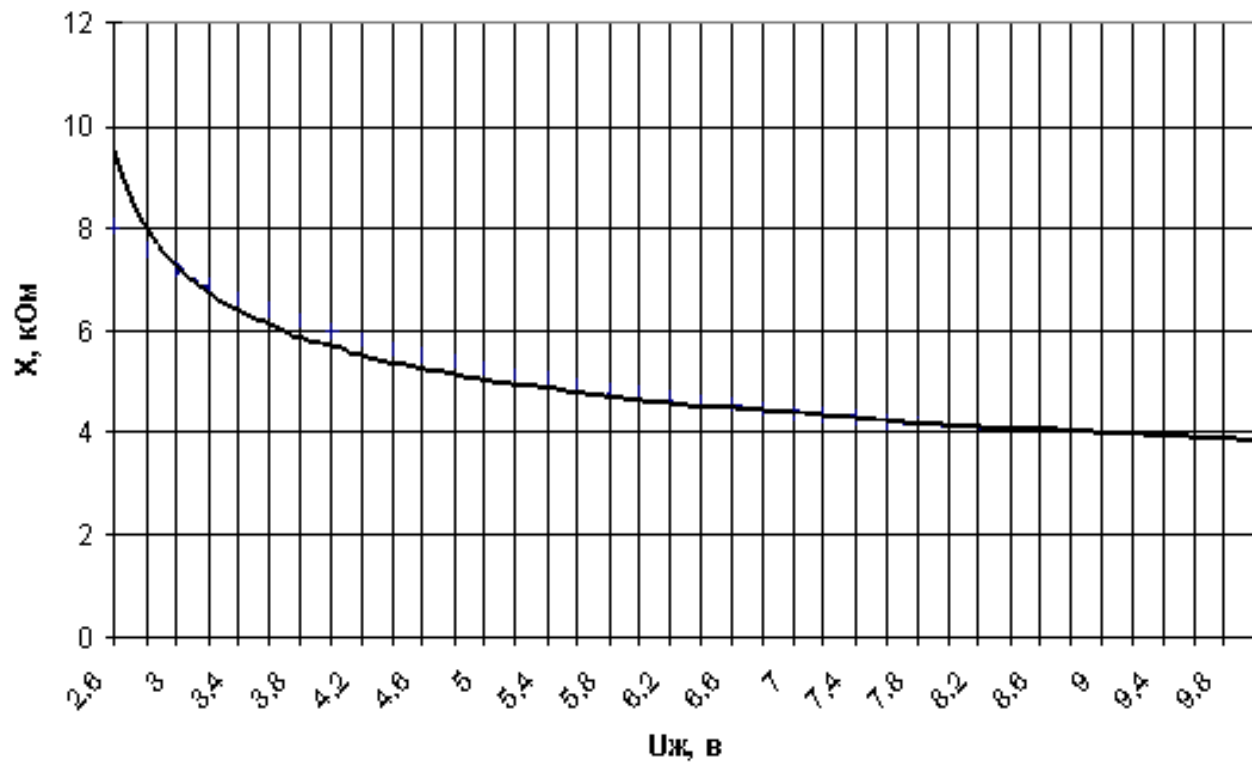


Рисунок 2.5 – Теоретична залежність реактивної складової повного комплексного опору від напруги живлення для оптико-частотного температурного сенсора на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

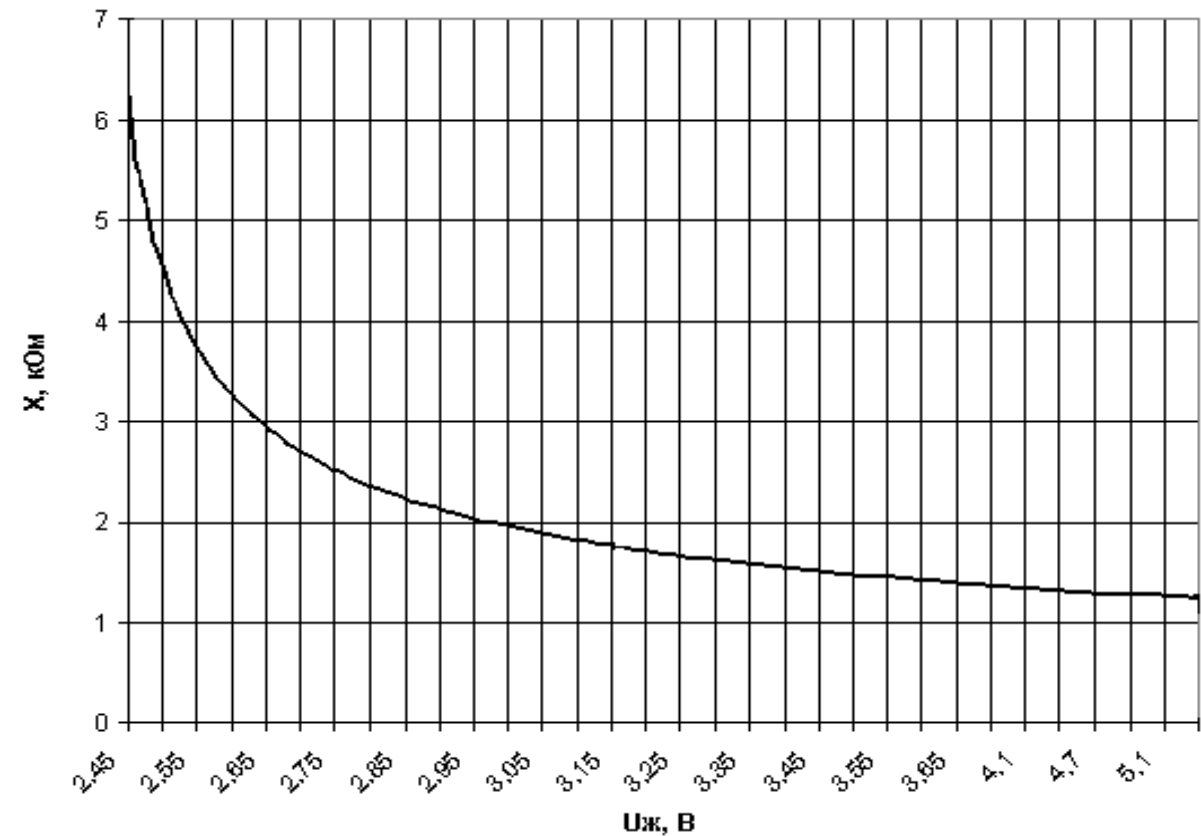


Рисунок 2.10 – Теоретична залежність реактивної складової повного комплексного опору від напруги живлення для оптико-частотного температурного сенсора на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

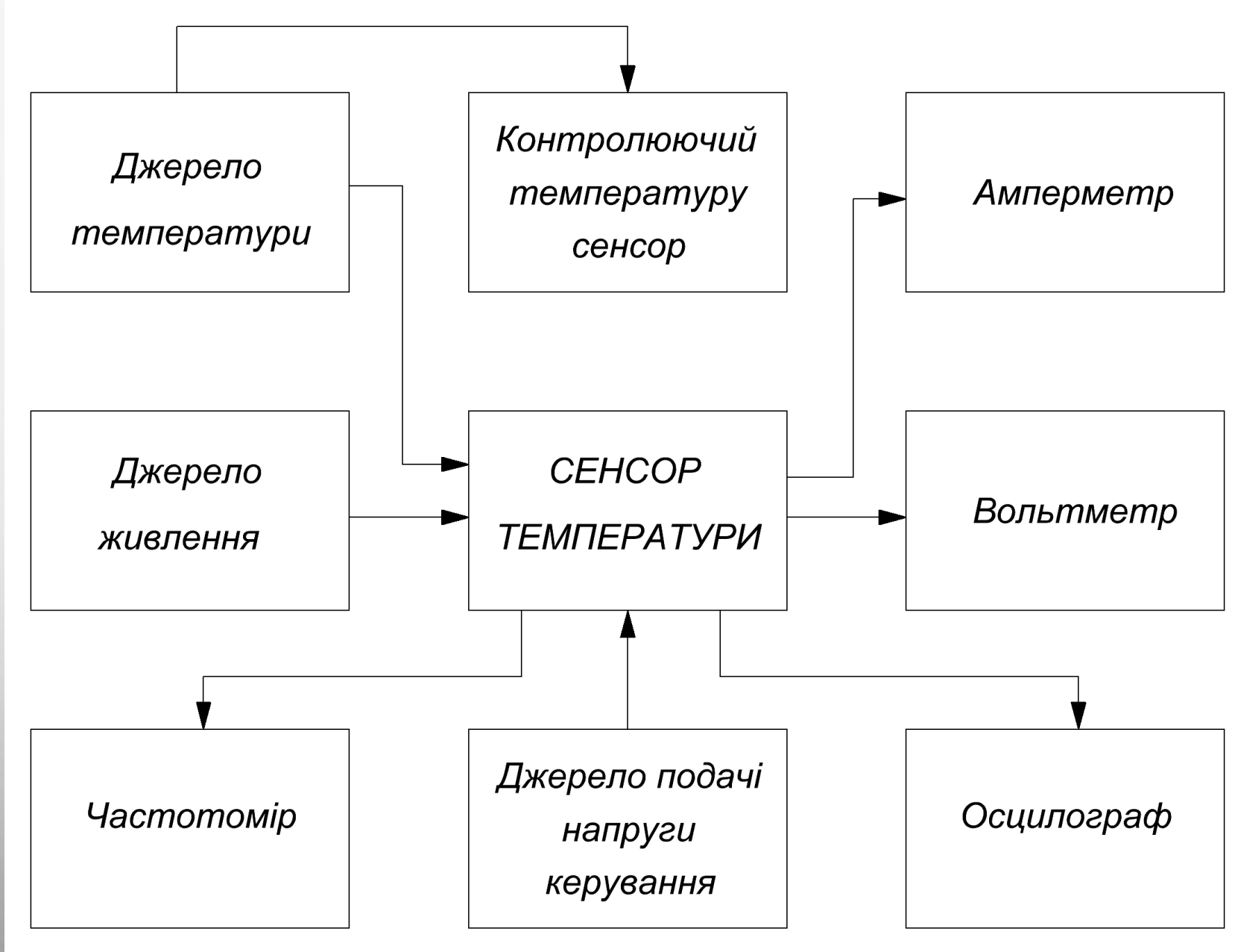


Рисунок 3.1 – Блок-схема вимірювальної установки



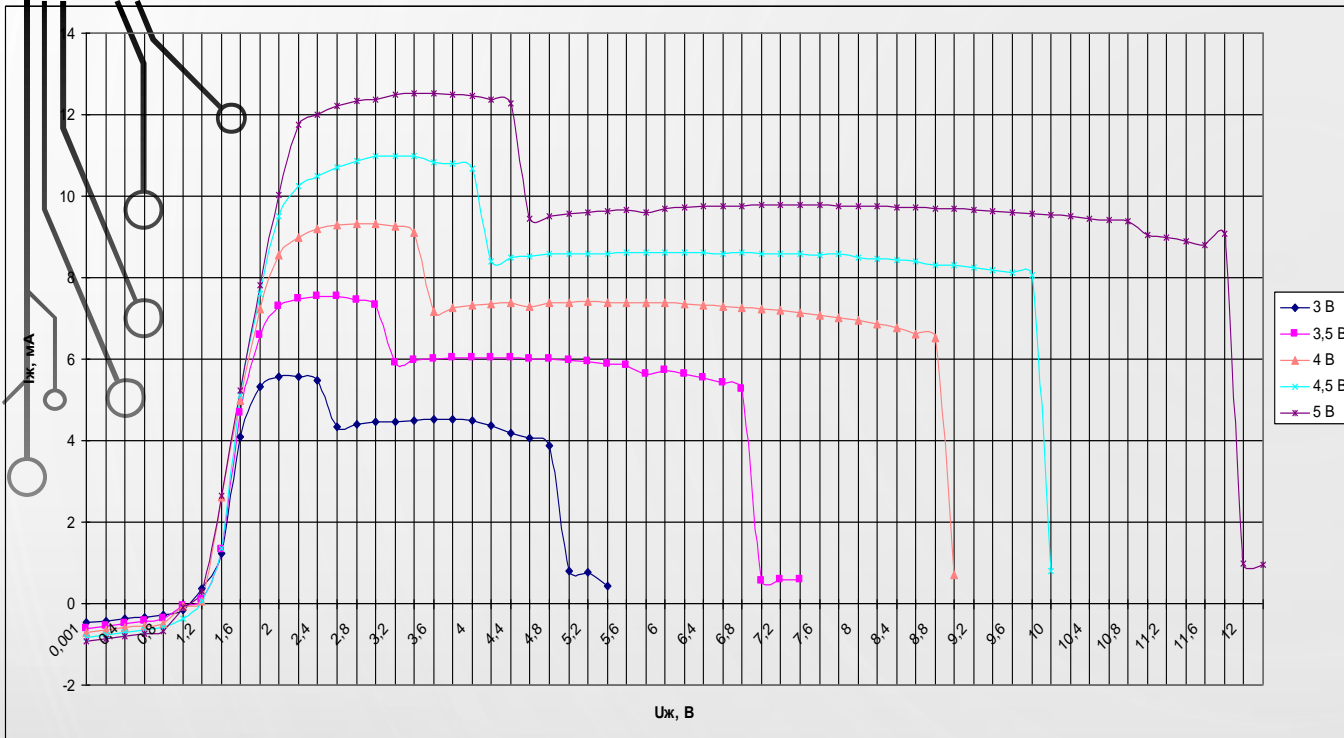


Рисунок 3.2 – ВАХ радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

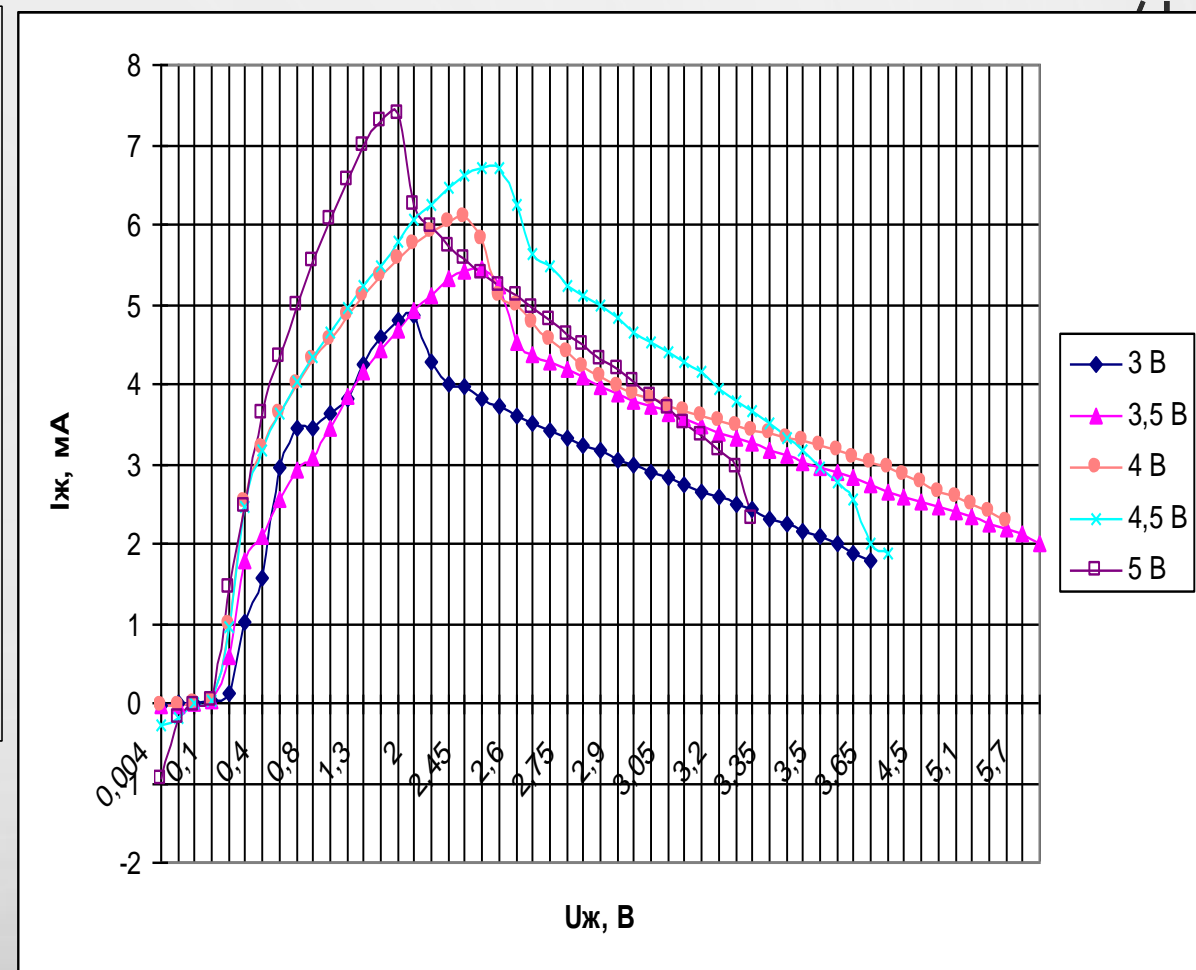


Рисунок 3.3 – ВАХ радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

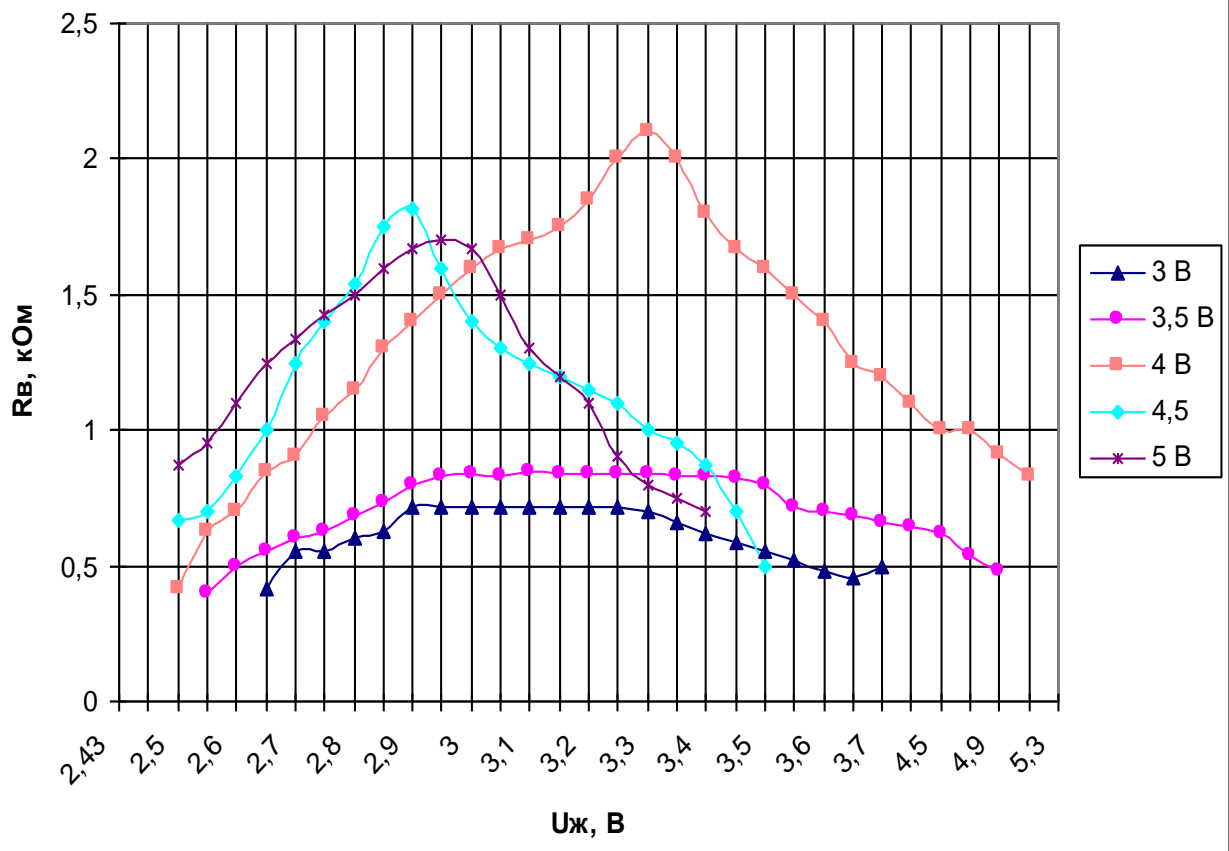
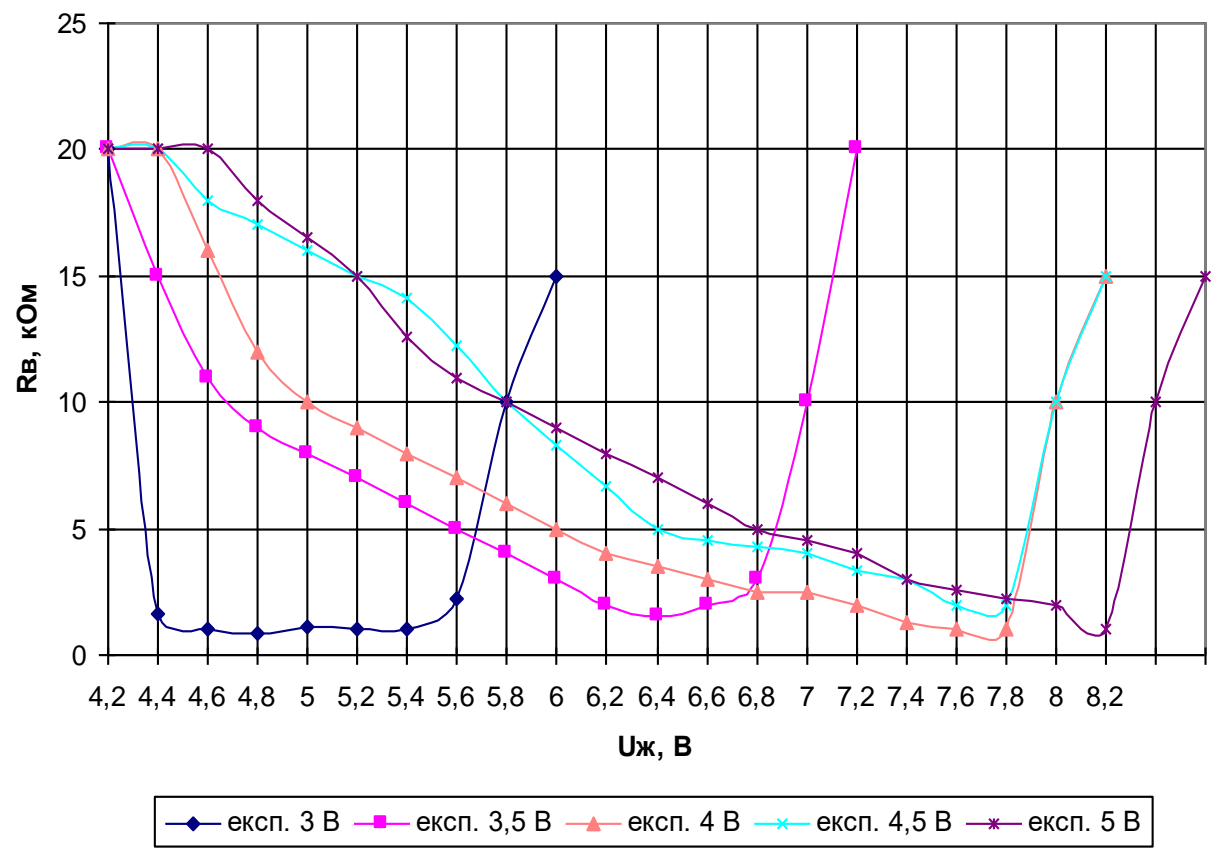


Рисунок 3.4 – Експериментальні (при різних напругах керування 3 В; 3,5 В; 4 В; 4,5 В; 5 В) залежності активної складової повного комплексного опору від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

Рисунок 3.6 – Експериментальні (при різних напругах керування 3 В; 3,5 В; 4 В; 4,5 В; 5 В) залежності активної складової повного комплексного опору від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

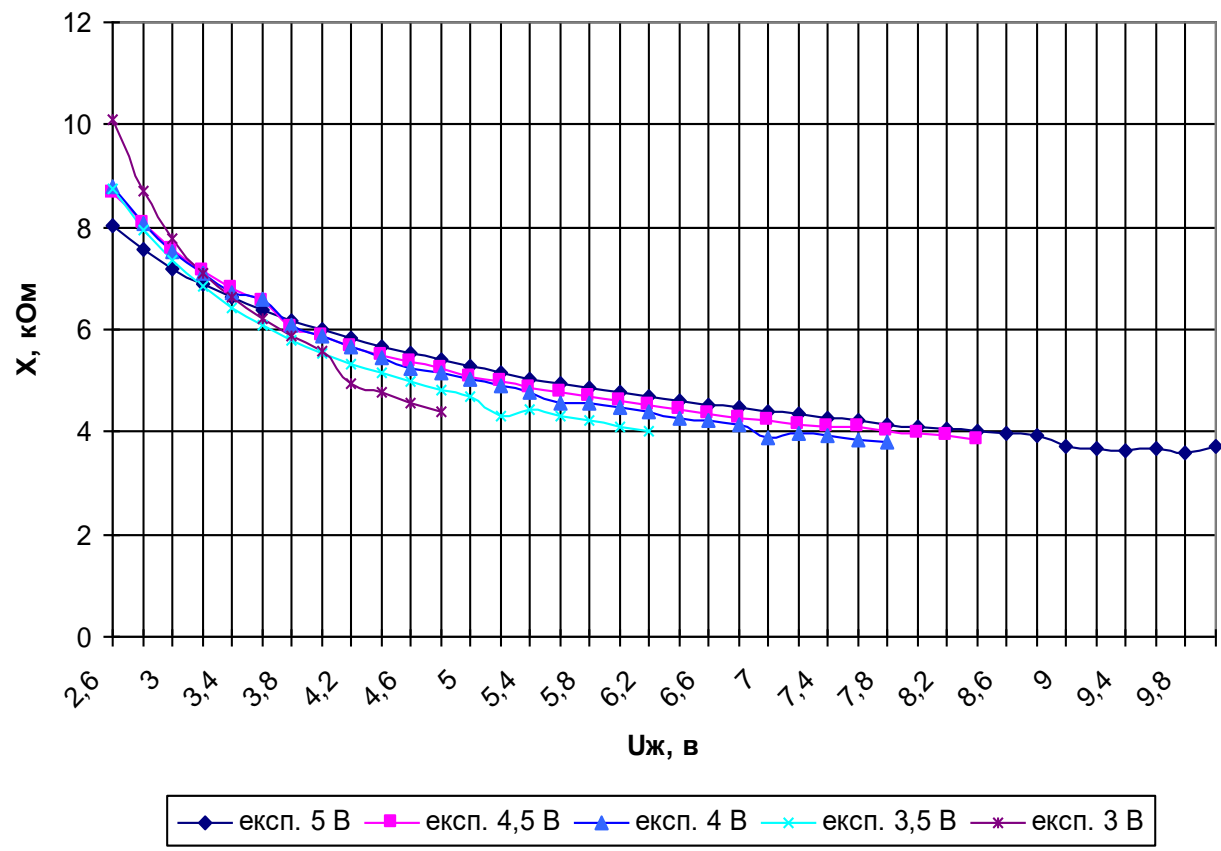


Рисунок 3.5 – Експериментальні (при різних напругах керування 3 В; 3,5 В; 4 В; 4,5 В; 5 В) залежності реактивної складової повного комплексного опору від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

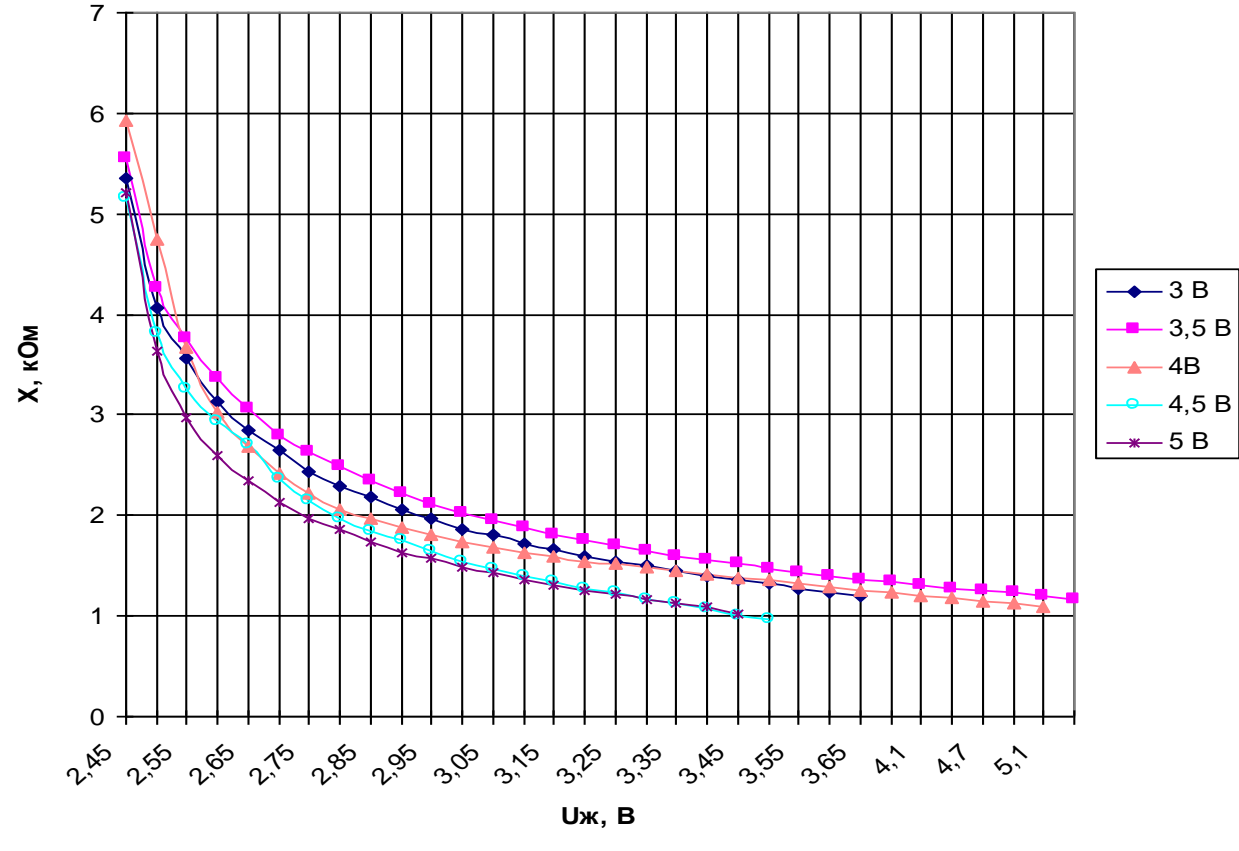


Рисунок 3.7 – Експериментальні (при різних напругах керування 3 В; 3,5 В; 4 В; 4,5 В; 5 В) залежності реактивної складової повного комплексного опору від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

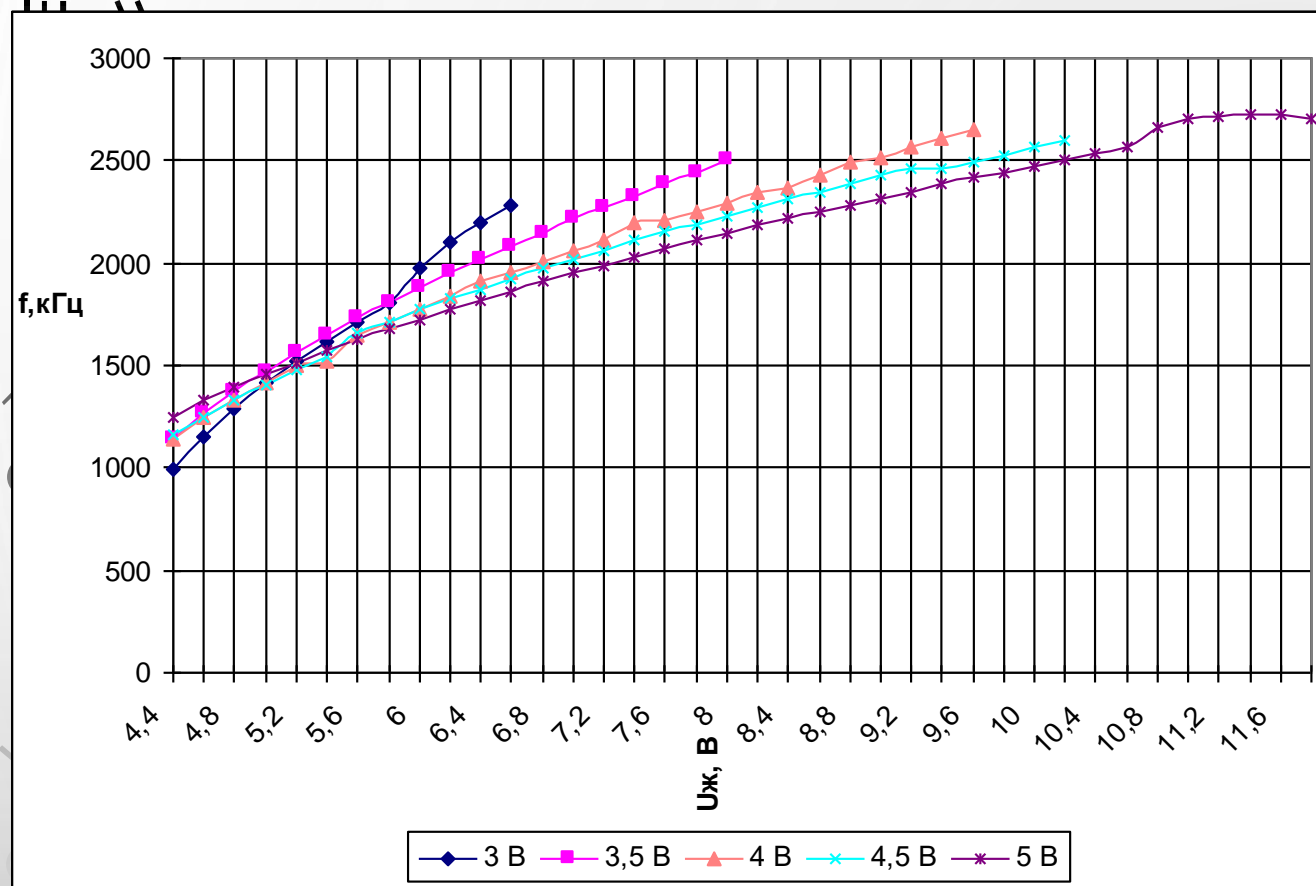


Рисунок 3.8 – Експериментальна залежність частоти генерації від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

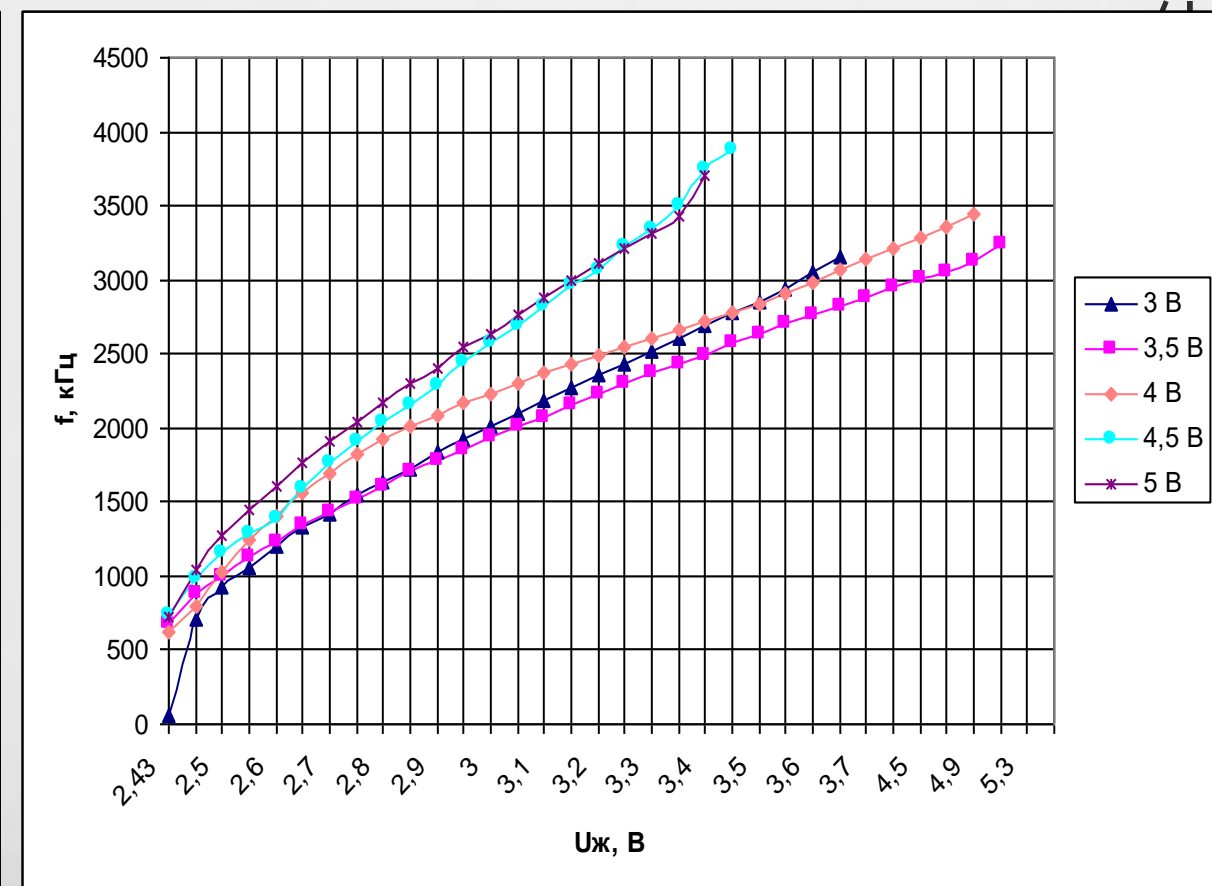


Рисунок 3.9 – Експериментальна залежність частоти генерації від напруги живлення для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

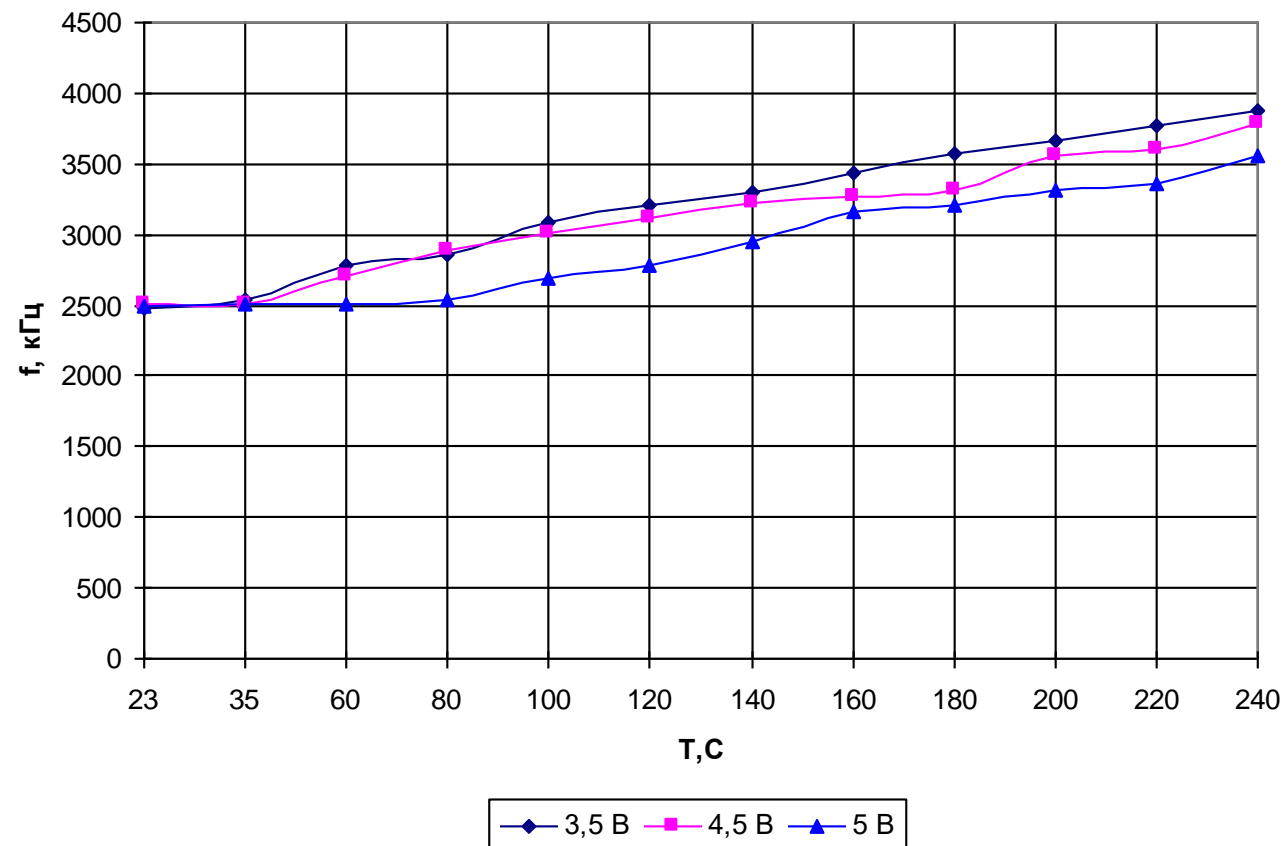


Рисунок 3.10 – Експериментальна залежність частоти генерації від температури для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярних транзисторів

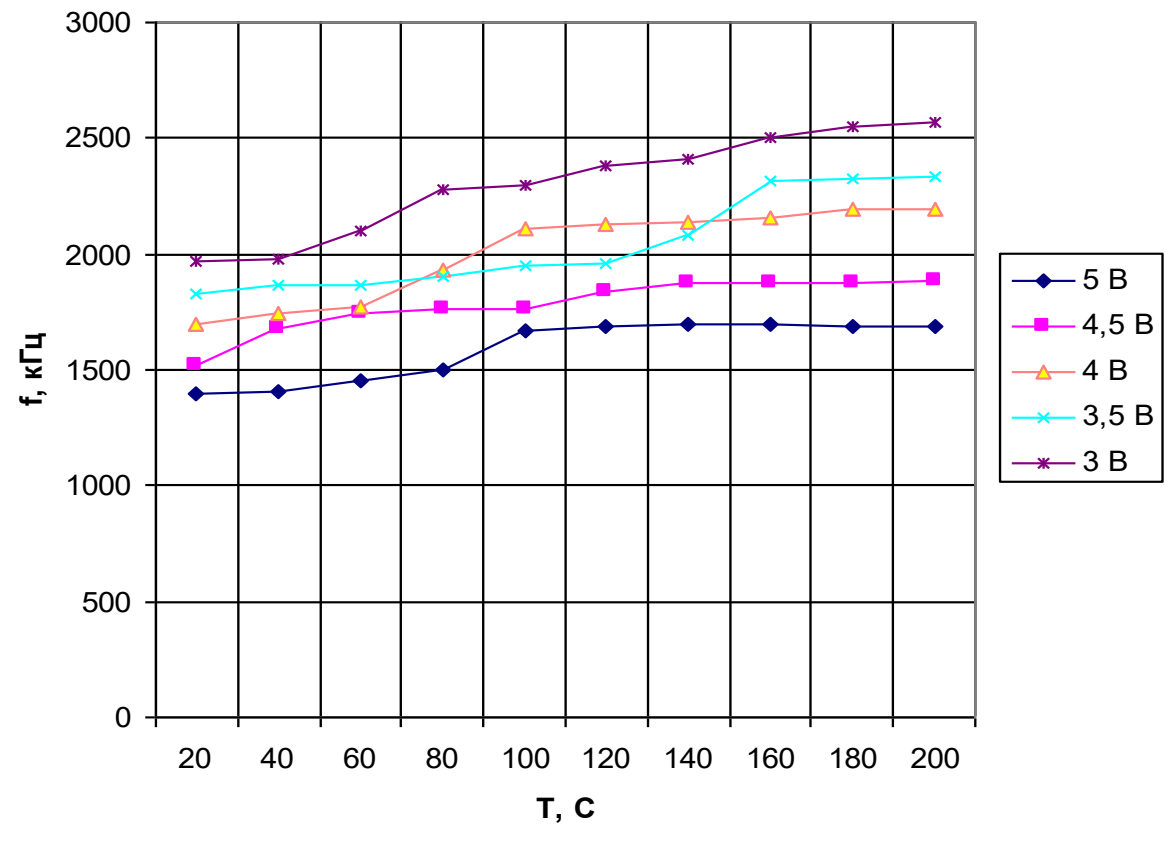


Рисунок 3.11 – Експериментальна залежність частоти генерації від температури для радіовимірювального перетворювача температури на основі структури, що складається з пари біполярного та двозатворного польового МДН транзисторів

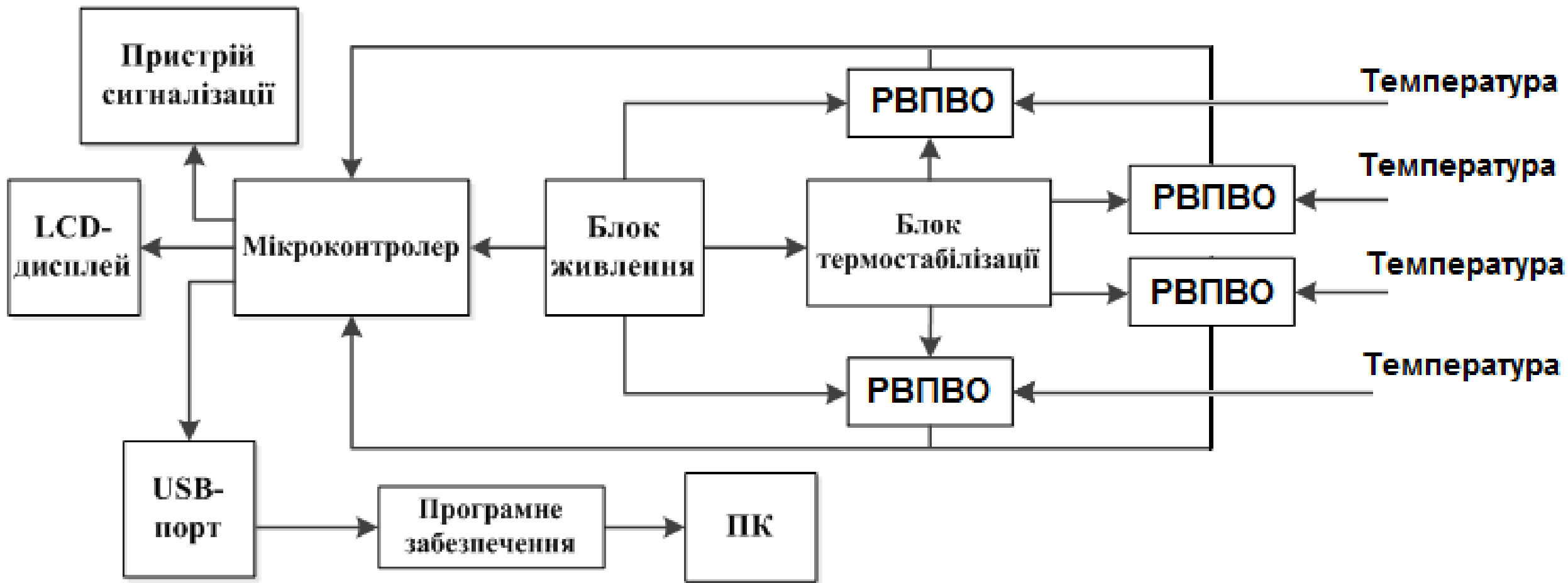


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи для вимірювання та контролю температури



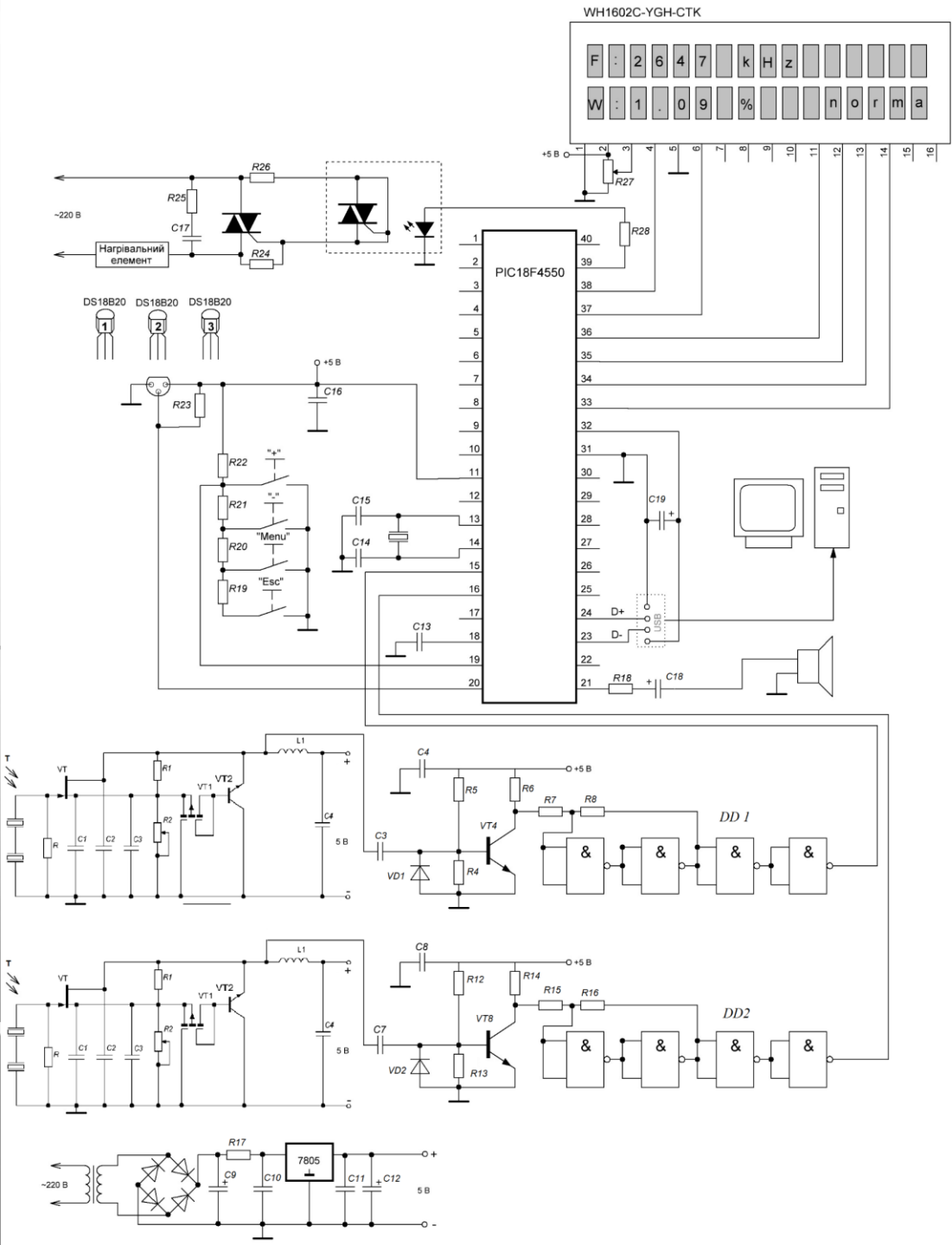


Рисунок 4.2 – Електрична принципова схема системи вимірювання та контролю температури

Rank 91 Eqn 7915  $y=(a+c\ln x+e(\ln x)^2+g(\ln x)^3)/(1+b\ln x+d(\ln x)^2+f(\ln x)^3)$  [NL]

$r^2=0.99979312$  DF Adj  $r^2=0.99967244$  FitStdErr=1.0287283 Fstat=10470.783

$a=-73.365828$   $b=-0.20621895$   $c=15.55086$   $d=0.014172637$

$e=-1.0986074$   $f=-0.00032461045$   $g=0.025867839$

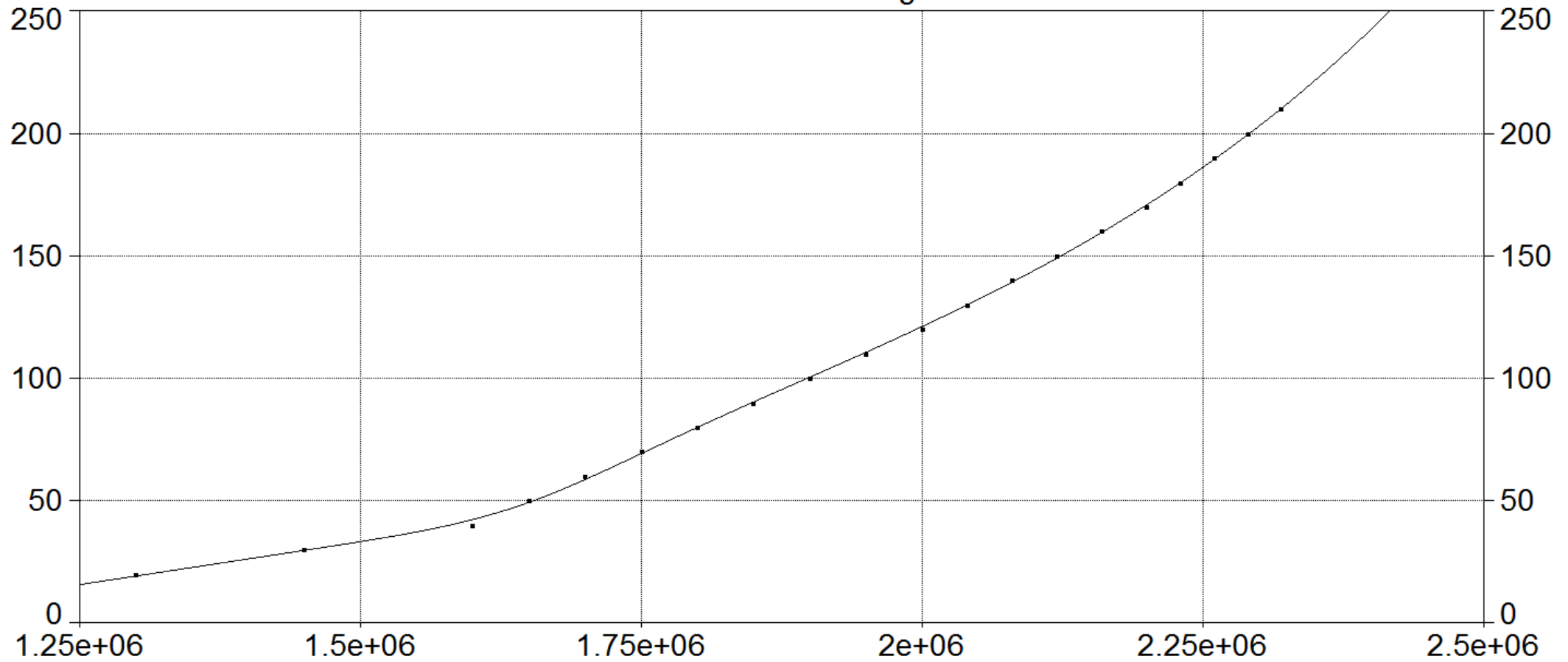
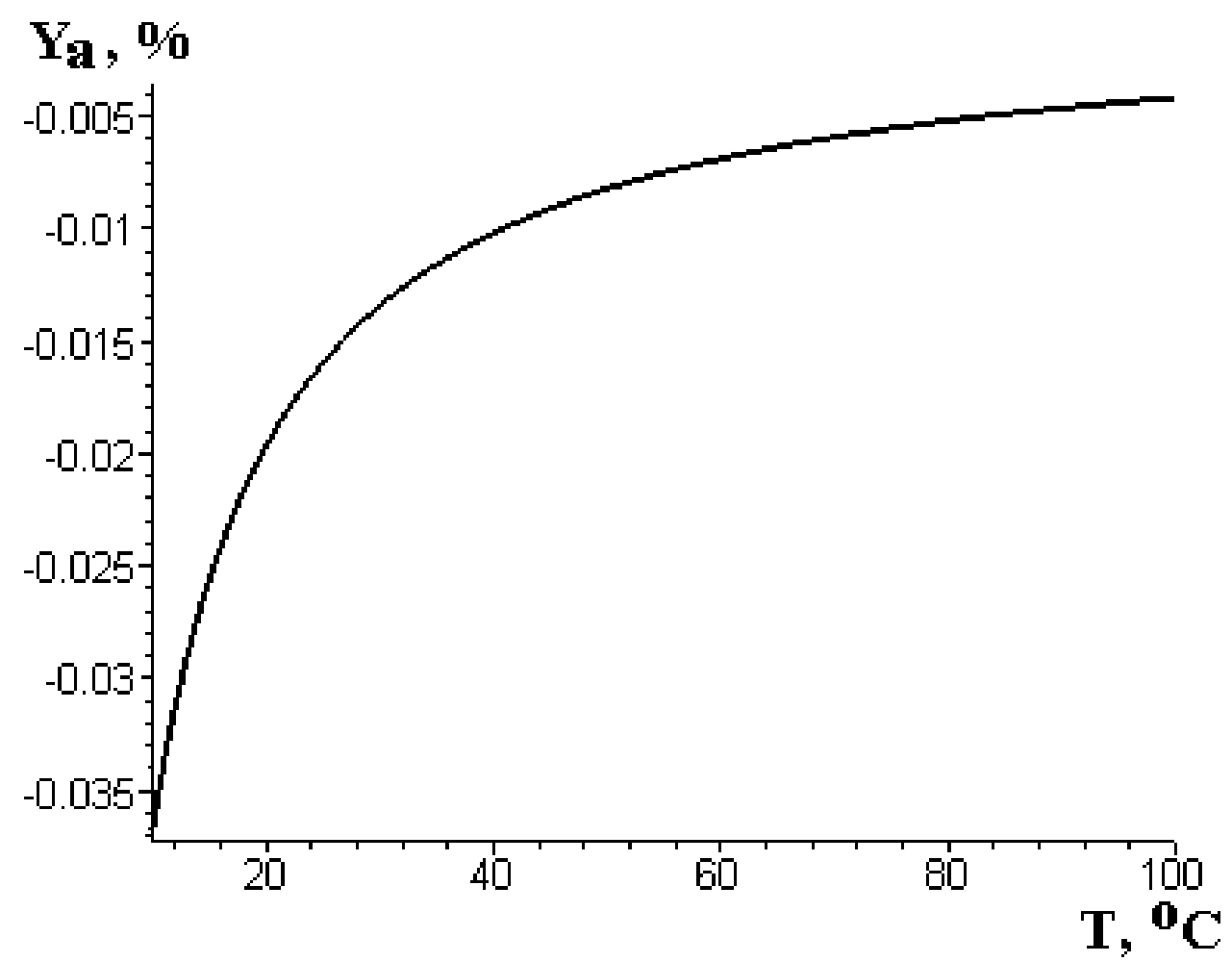
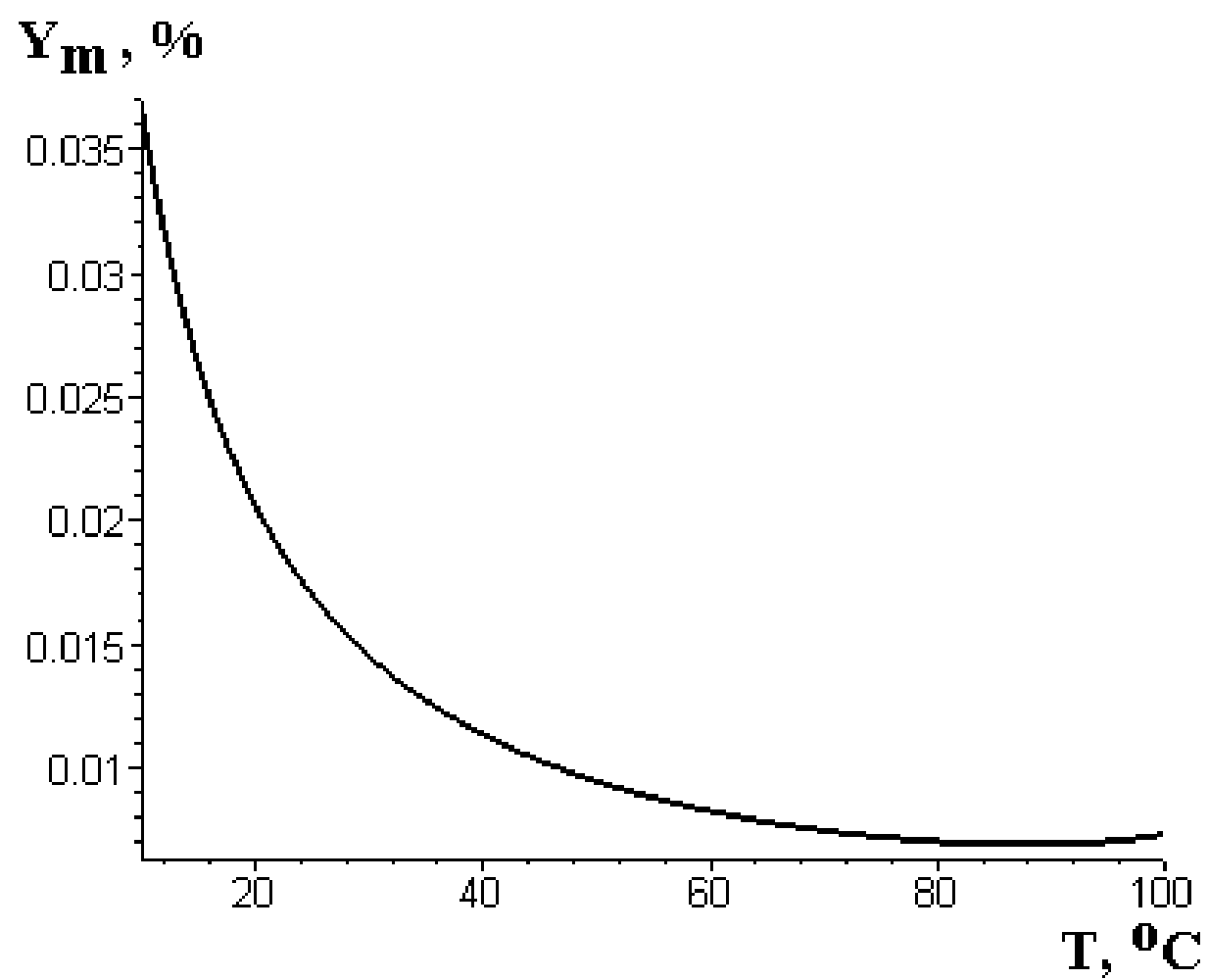


Рисунок 4.3 – Апроксимована залежність функції  
перетворення РВПТ



a)

б)

Рисунок 4.4 – Залежність мультиплікативної (а) та адитивної (б) похибок від температури

The image features a light gray background with a subtle, large-scale circular pattern. In the four corners, there are decorative elements consisting of thin black lines that branch out like a circuit board, ending in small circles. These elements are positioned in the top-left, top-right, bottom-left, and bottom-right corners.

**ДОПОВІДЬ ЗАВЕРШЕНО, ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**