

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут радіотехніки, зв'язку та приладобудування

**РОЗРОБКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З  
ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ**

Керівник д.т.н., проф. Кафедри РТ  
Осадчук О.В.

Розробив студент гр. РТр-14спб  
Іванов Е.А.

Вінниця ВНТУ 2015

# СУЧАСНИЙ СТАН МІКРОЕЛЕКТРОННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ

Використання досягнень сучасної мікроелектронної технології привело до значних успіхів у створенні різноманітних пристроїв контролю і керування. Проте часто отримання високих метрологічних характеристик апаратури досягається за рахунок підвищення її складності, габаритів, маси і вартості. Для подальшого суттєвого підвищення якості первинних перетворювачів необхідно використовувати нові фізичні явища і пошук нових принципів реалізації пристроїв, які відзначаються багатофункціональністю, малою споживаною потужністю, стабільністю характеристик, високою чутливістю, підвищеною швидкодією і надійністю.

На сучасному рівні розвитку функціональної мікроелектроніки її досягнення можна використати для створення принципово нового класу частотних перетворювачів температури, які відповідають цим вимогам.

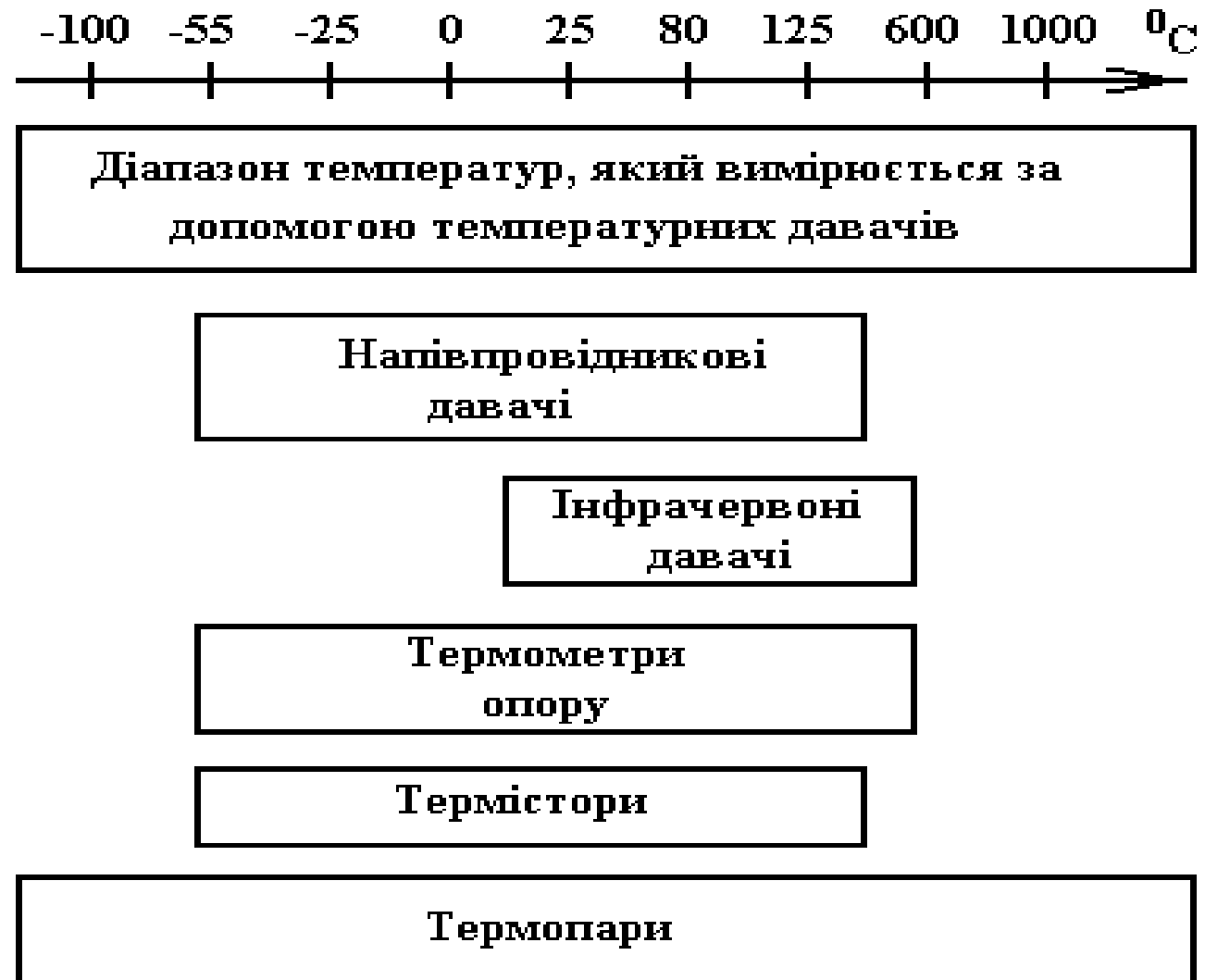


Рисунок 1 - Залежність діапазону вимірюваної температури від типу сенсора

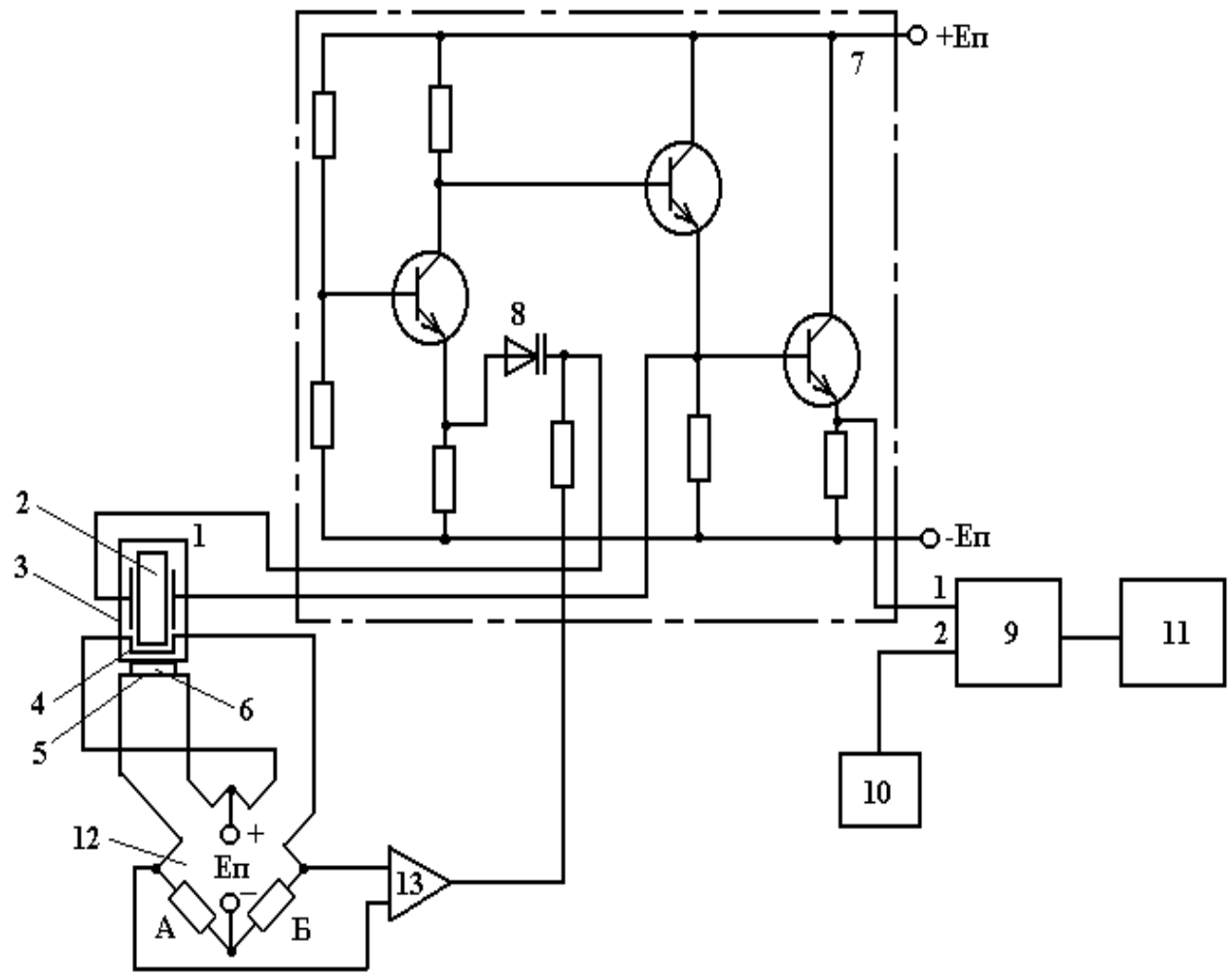


Рисунок 2 - Схема пристрою для вимірювання температури: 1 – чутливий елемент; 2 – термочутливий п'єзорезонатор; 3 – капсула; 4, 5 – терморезистор; 6 – термоізоляційна прокладка; 7 – вимірювальний автогенератор; 8 – варикап; 9 – блок формування різницевої частоти; 10 – опорний автогенератор; 11 – реєстратор; 12 – електричний міст; 13 – диференціальний підсилювач

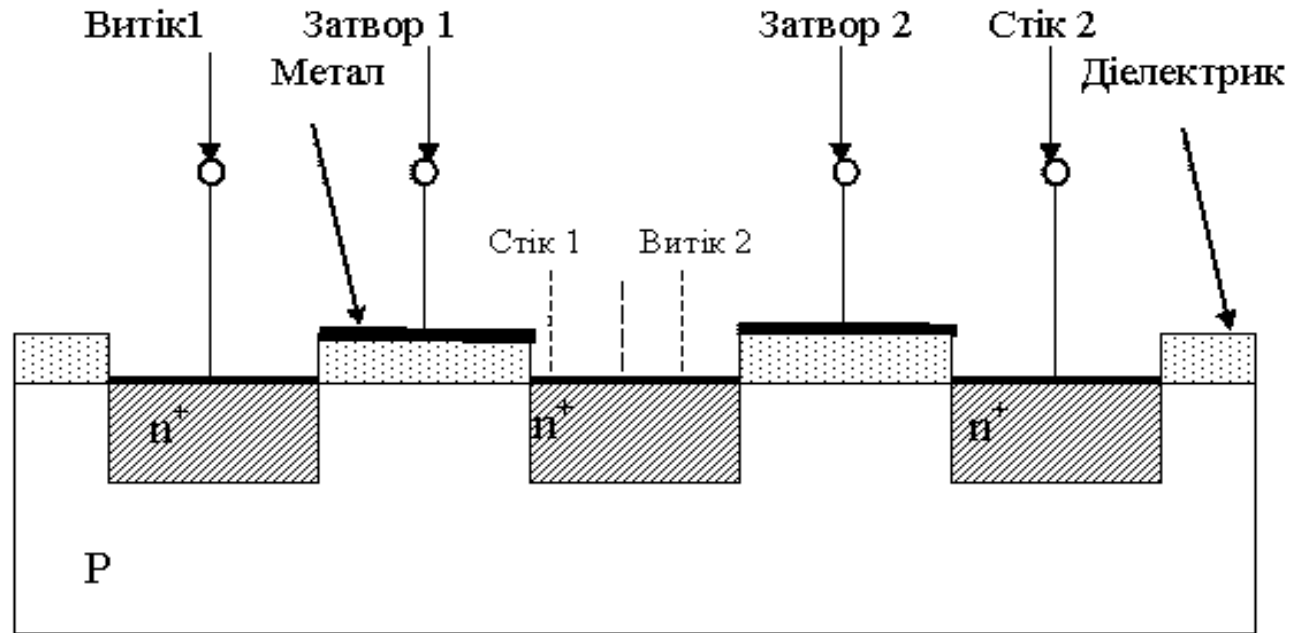


Рисунок 3 - Схематичне зображення двозатворного МДН – транзистора

Рухливі носії в таких транзисторах знаходяться в приповерхневій області напівпровідника, а їх концентрація залежить від електричного поля, створюваного затвором (напругою на затворі), що істотно відрізняє МДН-прилади від транзисторів з керованим р-n- переходом.

В загальному випадку функціональна схема вимірювального автогенератора містить: вимірювальний перетворювач I, що входить або до коливної системи, або до кола зворотного зв'язку; коливну систему II; нелінійні кола III, IV; коло додатного зворотного зв'язку V (рис4).

Передатну функцію коливного контуру можна записати в загальному вигляді таким чином:

$$W_k(p) = \frac{k_k T p}{T_o T p^2 + T p + 1}$$

де для послідовного контуру:  $k_k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$      $T_o = \frac{L_k}{R_1 + R_2}$      $T = (R_1 + R_2) C_k$

для паралельного контуру:  $k_k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$      $T_o = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_k$      $T = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1 R_2} L_k$

де  $p$  – оператор Лапласа;  $R_1$  – сумарний опір втрат;  $R_2$  – опір навантаження;  $C_k$  і  $L_k$  – еквівалентні ємність та індуктивність.

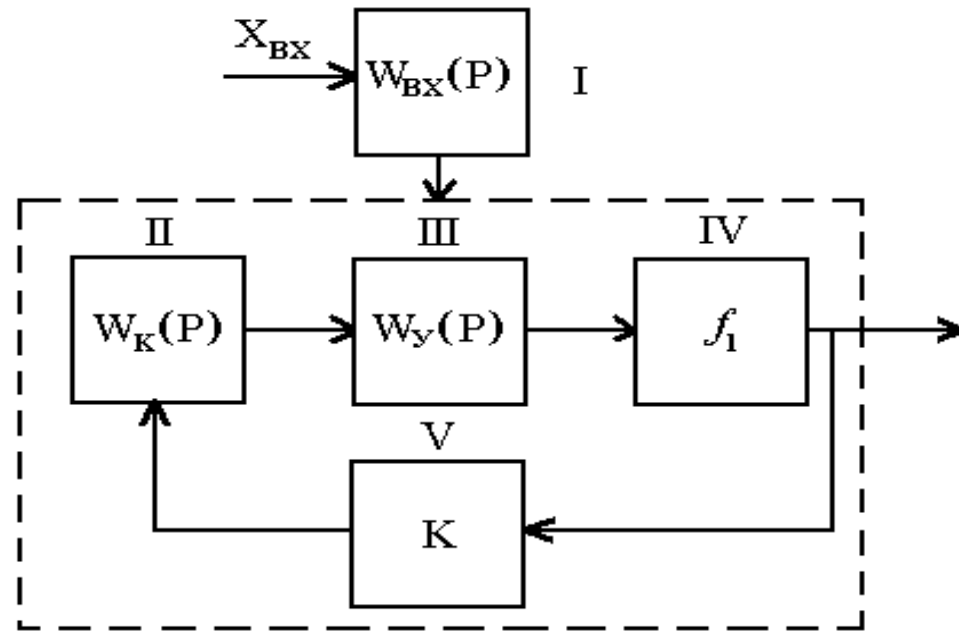


Рисунок 4 - Функціональна схема вимірювального автогенератора

У спрощеному вигляді функція перетворення резонансного ПВП описується рівнянням для власної частоти коливного контуру:

$$y_{вих} \cong f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{T_o T}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}$$

Добротність коливного контуру можна оцінити виразом:

$$Q = \sqrt{T_o / T} = f_k T_o$$

Принцип дії автогенераторного перетворювача температури на основі відомої схеми високостабільного двоточкового генератора гармонійних коливань з паралельним LC-контуром (рис.5,а), який може бути використаний як чутливий елемент вимірювального приладу, ґрунтується на індуктивному ефекті. У схемі такого генератора реактивні компоненти коливного контуру реалізовані з використанням двозатворного МДН-транзистора (рис. 5, б).

Отже, математична модель такого перетворювача може бути представлена:  $T \rightarrow L_{екв} \rightarrow f$ .

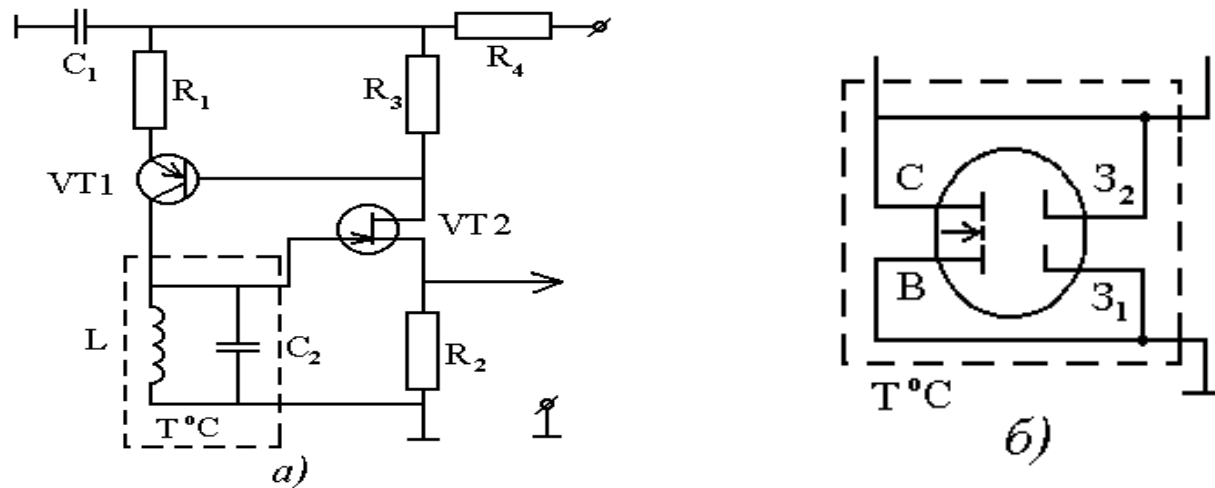


Рисунок 5 - Перетворювач температури з паралельним LC-контуром:  
 а) – електрична принципова схема; б) – еквівалентний коливний контур



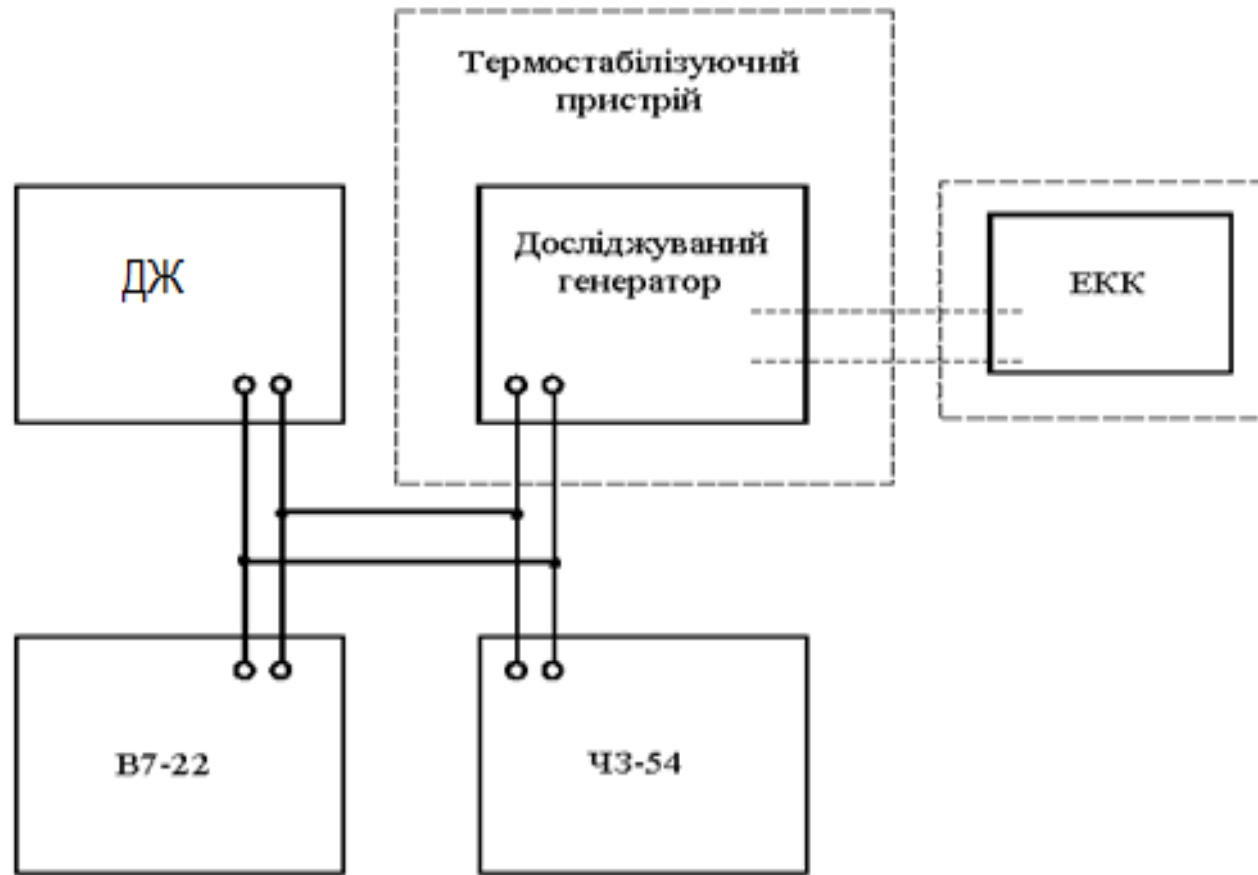


Рисунок 6 - Блок-схема досліджуваної установки:  
ДЖ – джерело живлення;  
В7-22 – вольтметр;  
ЧЗ-54 – частотомір;  
ЕКК – еквівалент коливального контуру

Порівняння результатів розрахунку з експериментом виявило збіг у межах 5%

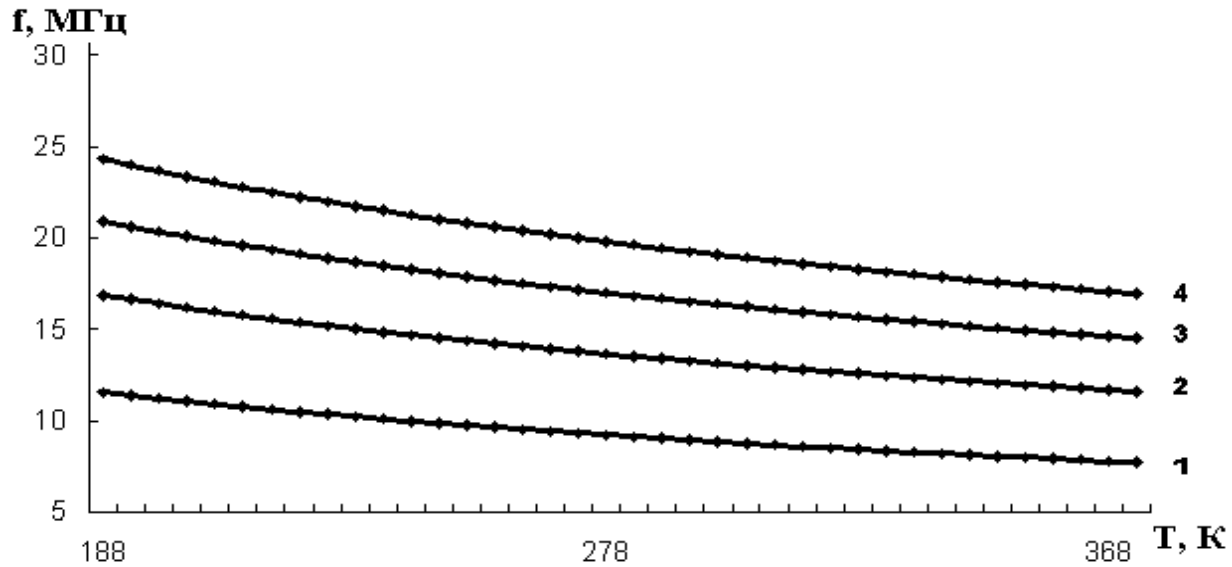


Рисунок 7 - Залежності вихідної частоти автогенераторного вимірювального перетворювача для різних значень напруг зміщення на затворі:  
1-  $U_3 = 1\text{В}$ ; 2-  $U_3 = 2\text{В}$ ; 3-  $U_3 = 3\text{В}$ ; 4-  $U_3 = 4\text{В}$

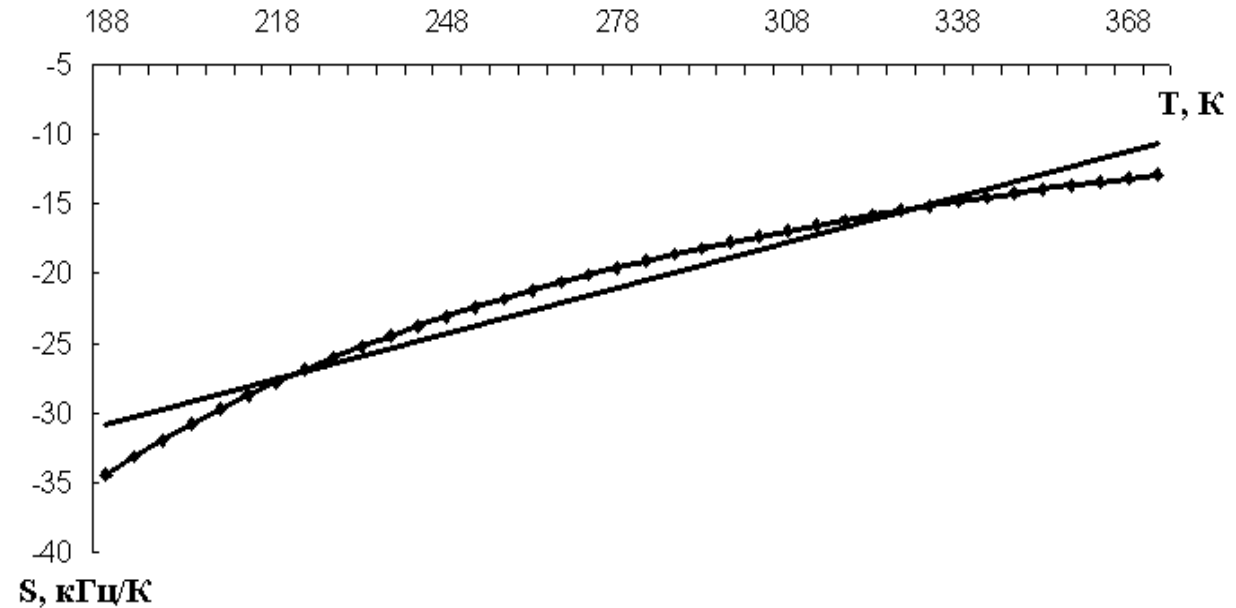


Рисунок 8 Теоретична (----) та експериментальна (-.-.-.-) Температурна залежності чутливості автогенераторного вимірювального перетворювача

## ВИСНОВКИ

Проаналізувавши публікації, присвячені теоретичним і експериментальним дослідженням ефектів у кремнії та конструкціям перетворювачів механічних величин на їх основі показує, що розробка мікроелектронних частотних перетворювачів температури є перспективним напрямком у розвитку апаратурних засобів вимірювання температури для сучасних мікропроцесорних систем контролю і керування. Подібні перетворювачі температури представляють високі метрологічні показники поряд з тенденцією до мініюаризації, поліпшенням вартісних характеристик, можливістю їх інтелектуалізації на основі конструктивної та технологічної сумісності з цифровими пристроями обробки вимірюваної інформації.

Експериментальні дослідження показали, що чутливість частотного перетворювача температури на основі біполярної транзисторної структури з від'ємним опором складає від 10 до 35 кГц на 1 градус в діапазоні температури  $-55\dots+150^{\circ}\text{C}$ , та діапазоні частот від 5 МГц до 25 МГц. За узагальненими показниками технічної досконалості, розроблені мікроелектронні частотні перетворювачі температури кращі в 2,5 рази в порівнянні з існуючими. Аналіз проведених теоретичних і експериментальних досліджень показав, що математична модель перетворювача температури на основі термочутливих біполярних та МДН транзисторних структур описує поведінку перетворювачів з похибкою  $\pm 5\%$ .

Дякую за увагу