

Прилад для вимірювання мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях

ст. гр. КІВТ – 18м Каращенко М.І.

керівник – к.т.н. доц.

Возняк О.М.

Актуальність

- Врахування теплового розширення, має бути практично у всіх сучасних галузях техніки і технологій, які використовують точне сполучення деталей, що функціонують при змінних температурах.
- Дослідження теплового розширення дозволяють отримувати відомості про сили, що діють між атомами. Точні виміри температурного коефіцієнта лінійного розширення (ТКЛР) необхідні також при фундаментальних дослідженнях, наприклад утворення точкових дефектів або фазових перетворень у фізиці твердого тіла.
- Необхідність при вирішенні питань прикладного характеру, зокрема вивченні можливостей застосування нових конструкційних матеріалів із заданими властивостями (прецизійних сплавів, оптичних матеріалів, композитів і т.д.)
- З'єднань матеріалів з різними ТКЛР, а також матеріалів, що працюють в складних температурних умовах.

Мета та задачі дослідження

Метою та задачею дослідження є створення приладу для вимірювання мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях.

Для досягнення мети сформовані наступні задачі:

1. Провести огляд методів та засобів вимірювань мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях;
2. Запропонувати структуру засобу з використанням ємнісного первинного вимірювального перетворювача;
3. Розробити функціональну та принципову схеми приладу для вимірювання мікропереміщення в дилатометричних дослідженнях;
4. Отримати аналітичний вираз для функції перетворення вимірювального каналу та оцінити основні метрологічні характеристики;
5. Підтвердити економічну доцільність розробки.

**Об'єктом роботи є процес вимірювання
мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях.**

**Предметом роботи є прилад для вимірювання
мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях.**

Методи вимірювання ТКЛР :

➤ *Непрямі методи:*

- Рентгенівський метод
- Метод подвійної нитки
- Поляризаційно-оптичний метод

➤ *Прямі методи*

Прямі методи(абсолютні) – це такі методи, в яких зміна довжини зразка в заданому інтервалі температур фіксується безпосередньо в досліді.

Основні характеристики методів вимірювання мікропереміщень для визначення ТКЛР

Метод	Характеристика	Чутливість, см/°С	Відносна похибка вимірювання
Абсолютний (прямий)	нелінійна	$\sim 10^{-8} - 10^{-12}$	10%
Рентгенівський	нелінійна	$\sim 10^{-5} - 10^{-6}$	не більше 10%
Подвійної нитки	нелінійна	$\sim 10^{-4} - 10^{-5}$	20%
Поляризаційно-оптичний	нелінійна	$\sim 10^{-6} - 10^{-7}$	15%

Перетворення ємності

Вимірювання ємності безпосередньо є досить складним процесом, тому її вимірюють, використовуючи одне з додаткових перетворень:

- *ємність-частота;*
- *ємність-напруга;*
- *ємність-ширина імпульсу;*
- *ємність-код тощо.*

Значення отриманої величини пропорційне абсолютному значенню ємності перетворюють в числове значення.

Структурна схема приладу для вимірювання мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях (№1)

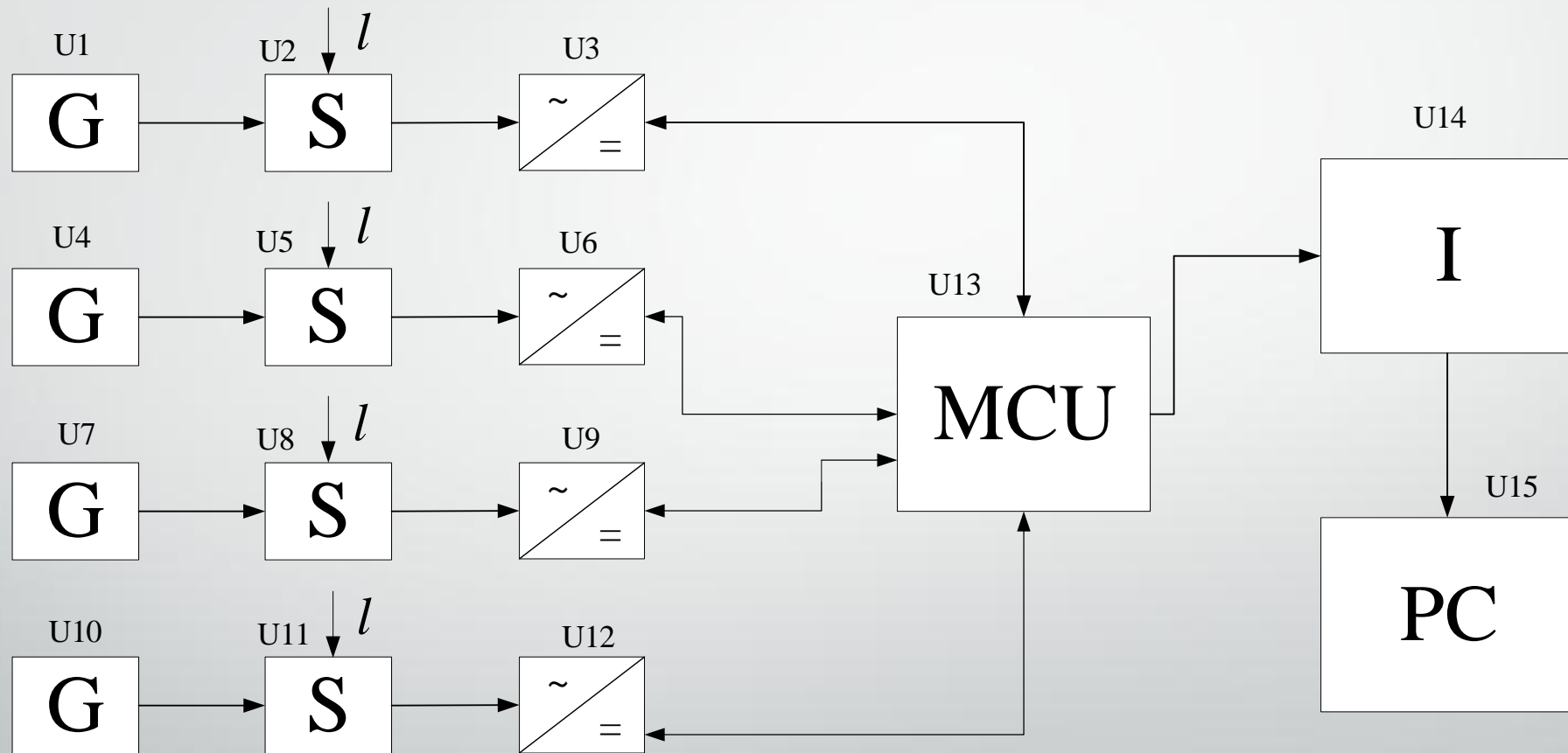


Схема електрична принципова

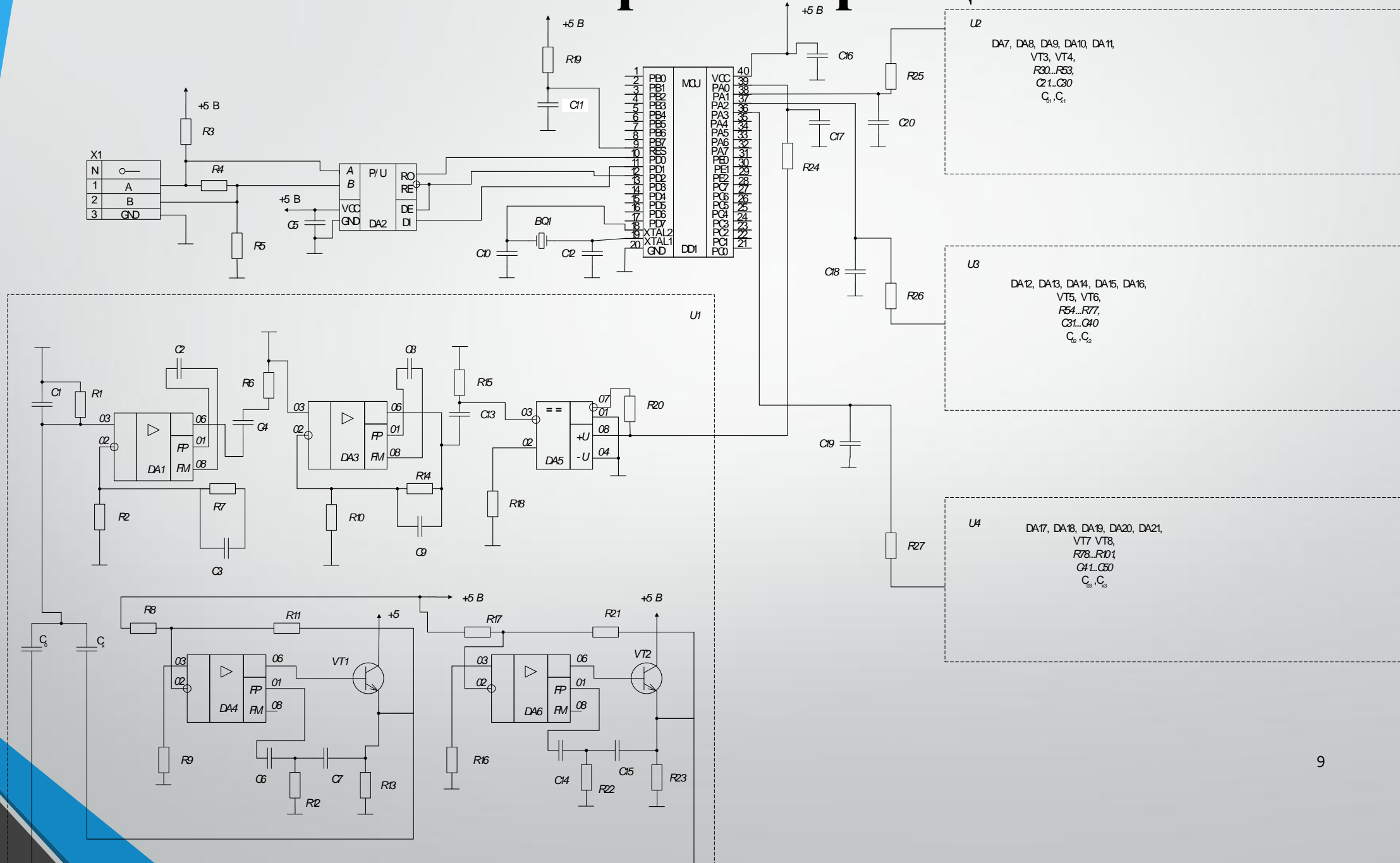
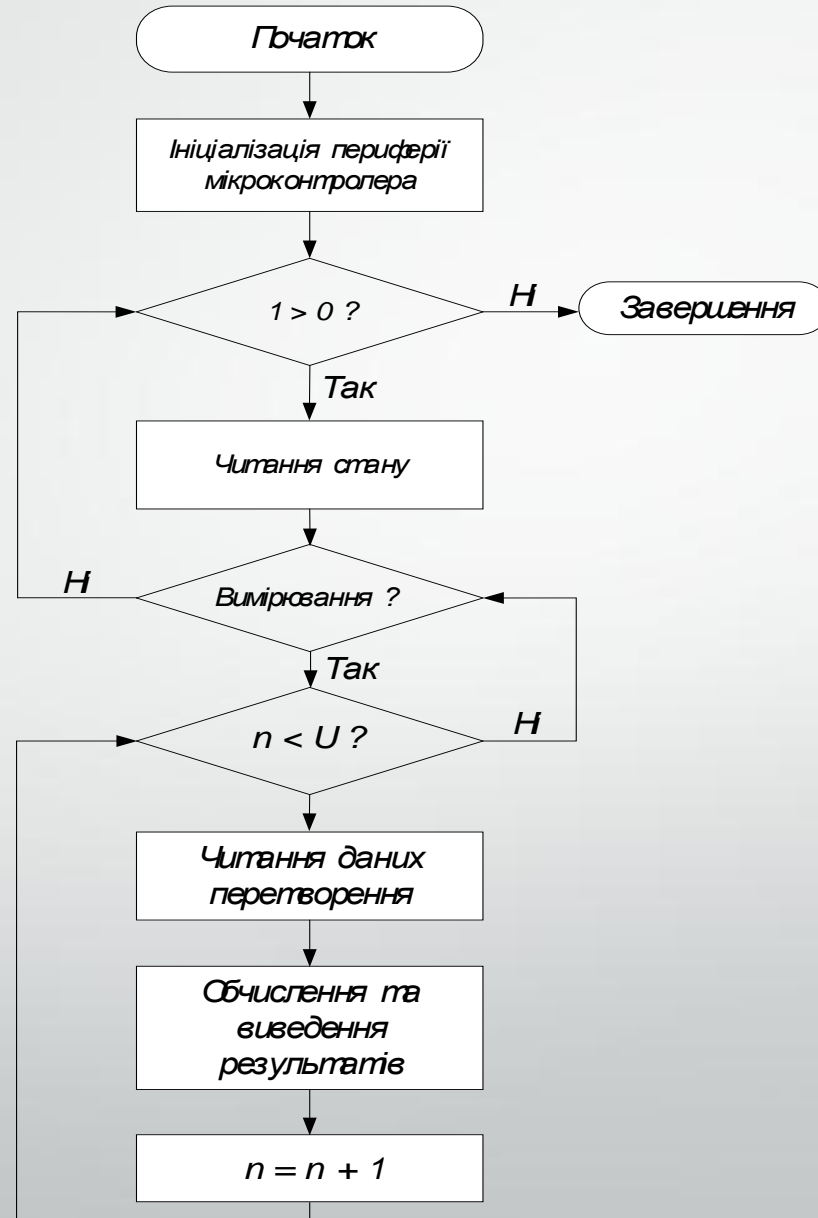


Схема роботи програми



Оцінка похибки вимірювання

Випадкова похибка АЦП складатиметься з інтегральної і диференціальної нелінійності, що є незалежними одна від одної, їх необхідно скласти по «закону складання незалежних випадкових похибок»:

$$\left(\frac{\Delta N}{U_{\text{оп}}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta X_1}{\Delta X_1}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\Delta X_n}{\Delta X_n}\right)^2$$

де $X_1 \dots X_n$ – номінальні значення незалежних випадкових величин,

$\Delta X_1 \dots \Delta X_n$ – похибки випадкових величин,

$U_{\text{оп}}$ – номінальне значення кінцевої вимірюваної величини (опорна напруга),

ΔN – абсолютна похибка кінцевої вимірюваної величини.

Випадкова похибка АЦП буде складатися з інтегральної і диференціальної нелінійності, а також з похибки квантування, яка становить $\Delta / 2 = 2,5 \text{ мВ} / 2 = 1,25 \text{ мВ} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ В}$.

$$\left(\frac{\Delta N}{U_{\text{оп}}}\right)^2 = \left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{5}\right)^2 + \left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{5}\right)^2 + \left(\frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{5}\right)^2 = 5,625 \cdot 10^{-8}$$

$$\left(\frac{\Delta N}{U_{\text{оп}}}\right) = 0,24 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 0,024 \cdot 10^{-2} [1/\text{В}]$$

З відносної похибки вимірювання АЦП знайдемо абсолютне значення похибки вимірювання:

$$\Delta N = 5 \cdot \sqrt{5,625 \cdot 10^{-8}} = 0,0012 \text{ В} = 1,2 \text{ мВ}$$

Загальну похибку каналу вимірювання

можна оцінити за допомогою наступної формули:

$$\Delta l = \sqrt{k_1 \left(\frac{\Delta C}{C_{\text{оп}}}\right)^2 + k_2 \left(\frac{\Delta U}{U_{\text{оп}}}\right)^2 + k_3 \left(\frac{\Delta N}{U_{\text{оп}}}\right)^2 + k_4 \left(\frac{\Delta L}{l_{\text{max}}}\right)^2}$$

де $C_{\text{оп}}$ – значення опорної ємності (2,5 пФ),

l_{max} – максимальне значення мікропереміщення, яке вимірюється (10^{-6} м),

$U_{\text{оп}}$ – значення опорної напруги (5 В).

Абсолютна похибка перетворення мікропереміщень в ємність визначається за формулою: $\Delta C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \Delta S}{l_{\text{max}}}$

де ε – діелектрична проникність матеріалу, безрозмірна величина (середнє значення для різних матеріалів – 4),
 $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ – діелектрична стала,

ΔS – абсолютна похибка виготовлення датчика.

Абсолютна похибка виготовлення пластини датчика визначається похибкою лазерної різки, яка становить 10^{-7} м.

Абсолютне значення похибки при виготовленні датчика становить:

$$\Delta S = S_{\text{max}} - S_{\text{min}} = \pi R_{\text{min}}^2 - \pi R_{\text{max}}^2$$

де $R_{\text{min}} = 0,5 \cdot 10^{-2}$ м, $R_{\text{max}} = 0,5 \cdot 10^{-2} + 100 \cdot 10^{-9}$ м

Підставляючи значення, отримуємо $\Delta S = 5,35 \cdot 10^{-5}$ м.

Таким чином, абсолютна похибка перетворення мікропереміщень в ємність становить:

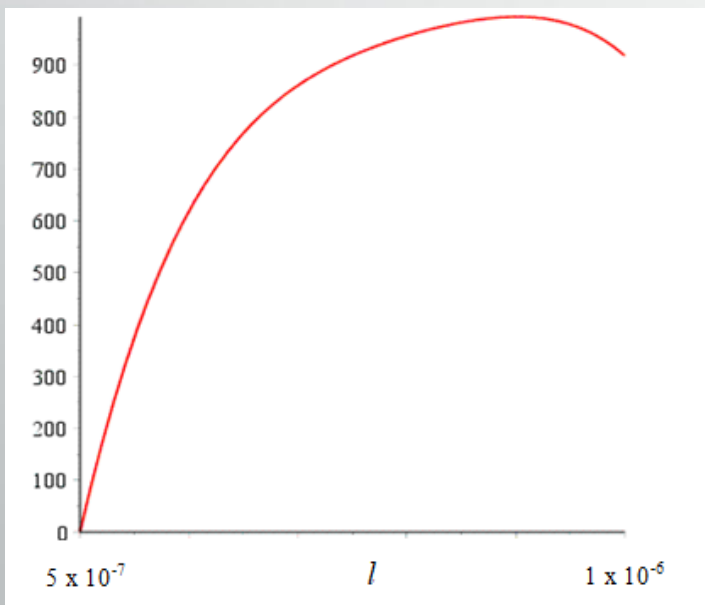
$$\Delta C = \frac{4 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 5,35 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 1,89 \times 10^{-11} (\text{Ф}).$$

Функція перетворення

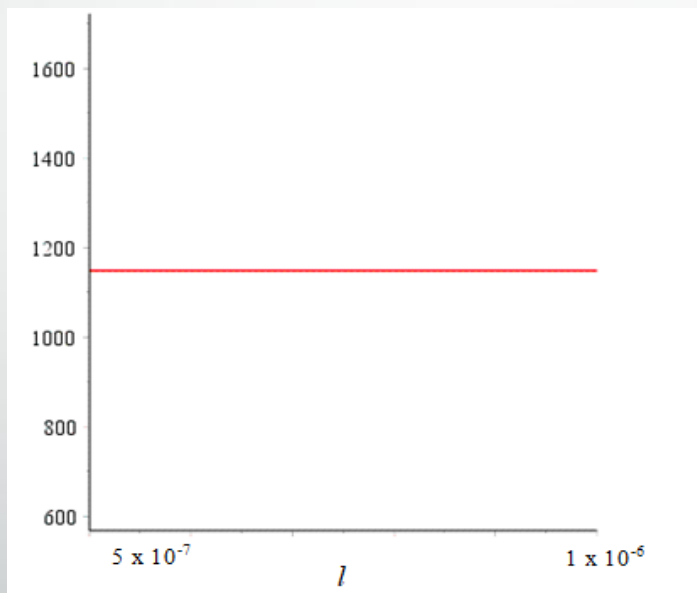
Функцію залежності вихідного коду від вимірюваного мікропереміщення можна записати у наступному вигляді:

$$N(l) = \frac{2^{10} \cdot (U_0) \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{l}}{U_0}$$

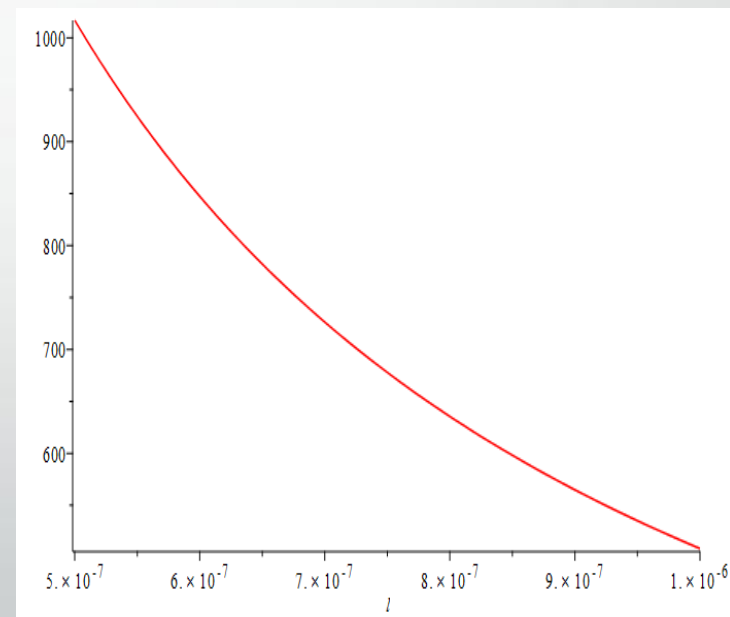
Оцінимо вплив l, S, ε на N , для цього розкладемо функцію в ряд-Тейлора. Отримані аналітичні вирази для адитивної та мультиплікативної складової похибки дозволяють оцінити вплив впливних величин S та ε на результат вимірювання.



Графік залежності адитивної складової похибки



Графік залежності мультиплікативної складової похибки



Графік залежності вихідного коду від мікропереміщення

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена розробці приладу для вимірювання мікропереміщень в дилатометричних дослідженнях. Для вирішення задачі створення засобу вимірювання були поставлені наступні завдання: розглянути існуючі засоби вимірювання та підходи до створення пристроїв для вимірювання мікропереміщень. Проведений аналіз показав, що для вимірювання мікропереміщень в діапазоні 0,1-10 мкм доцільно використати в якості первинного вимірювального перетворювача ємнісний датчик, який хоча і не забезпечує лінійності передатної характеристики має високу чутливість та високу роздільну здатність. Як варіант вторинного перетворення було обрано перетворення ємності в напругу, що забезпечує простоту подальшого перетворення в цифровий код. Розроблені варіанти структур засобу вимірювання, критеріальний аналіз яких показав, що використання вбудованого АЦП більш доцільно як з економічної, так і технічної точки зору. Розроблена функціональна схема пристрою, обрані основні компоненти для технічної реалізації вимірювального каналу. Оскільки в складі засобу вимірювання пропонується використовувати мікропроцесор була розроблена схема роботи засобу вимірювання та його програмне забезпечення. Розраховані основні метрологічні характеристики, побудована функція перетворення, чисельно оцінені мультиплікативна та адитивна складові похибки. Актуальність розробки підтверджена економічними розрахунками.



Дякую за увагу!