

# Засіб вимірювання товщини діелектричних покриттів металевих поверхонь

ст. гр. МВТ-16 Костюк О.В.  
керівник к. т. н., доцент Возняк О.М.

# Актуальність

Підвищення **якості** продукції та підсилення **режимів економії** – головні задачі промислового виробництва та господарства.

Одним з напрямків неруйнівного контролю якості продукції є **контроль товщини діелектричного покриття**, нанесеного на електропровідну основу.

Такі покриття використовують для захисту металевих деталей від негативного впливу факторів зовнішнього середовища, таких як вологість, механічні пошкодження, окислення тощо.

Тому **актуальним** залишається задача створення засобів вимірювання заснованих на вимірювальних перетворювачах, здатних забезпечити максимальну точність в заданому діапазоні зміни товщини.

# Методи вимірювання товщини покриття

## **Ультразвуковий.**

*Переваги:* є універсальним і вирішує велику кількість задач.

*Недоліки:* наявність мертвої зони.

## **Метод вихрових струмів.**

*Переваги:* висока стабільність в широкому діапазоні температур та нечутливість до дії зовнішніх магнітних полів.

*Недоліки:* характеристики чутливого елемента та вимірювального моста суттєво нелінійні.

## **Ємнісний метод.**

*Переваги:* висока чутливість, низький мінімальний поріг, простота, дуже низька собівартість, безконтактність, можливість використання в процесі нанесення покриття, зневажливо малий вплив на об'єкт вимірювання, мала маса і розміри.

*Недоліки:* необхідність екранування.

# Порівняльний аналіз схем вимірювання

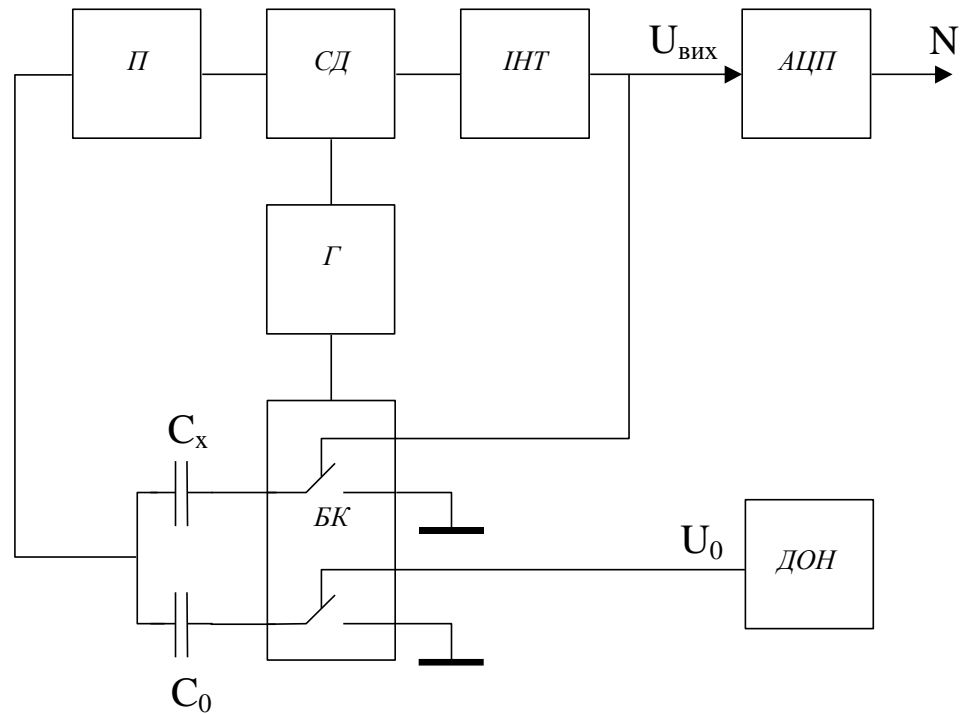
Параметр	Схема дискретного відліку	Комутаційна схема вимірювання
Похибка вимірювання товщини покриття	0,1..0,2% (вимірювання ємності)	0,1%
Передатна характеристика	нелінійна	лінійна
Проміжні перетворення вимір. Сигналу	так	ні
Використання аналого-цифрового перетворення	ні	так
Необхідність в стабільному джерелі опорної напруги	так	так
Тривалість циклу вимірювання	велика	невелика
Використання комутаційної ланки	так	так
Складність апаратної реалізації на сучасній ел. базі	невисока	невисока
Складність налаштування схеми	невисока	невисока
Інваріантність до впливу дестабілізуючих факторів	ні	так

Одним з методів вимірювання інформативних параметрів двополюсників є метод дискретного відліку

Зазначених недоліків позбавлені прилади побудовані за комутаційною схемою вимірювання

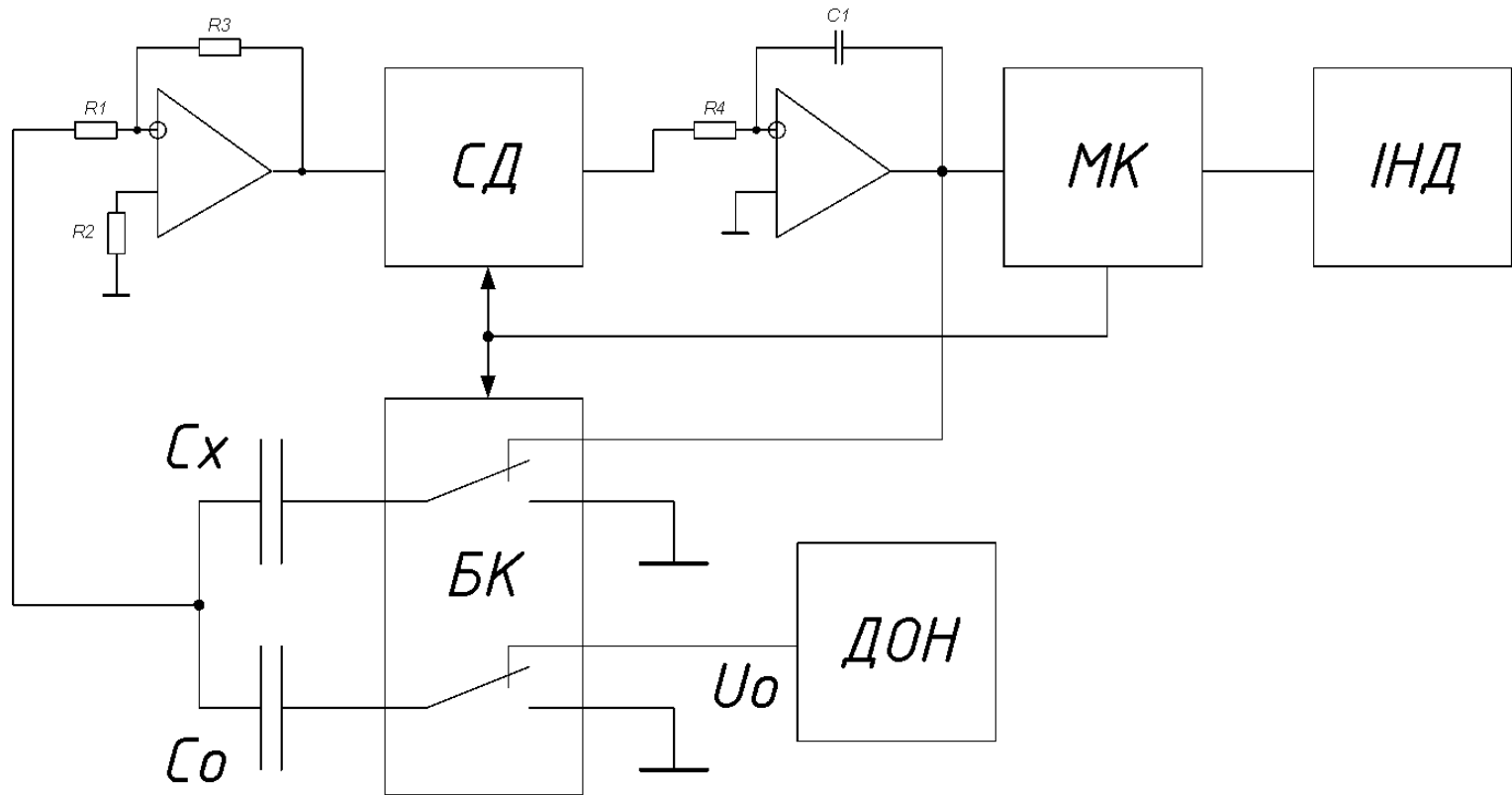
# Структурна схема засобу вимірювання

На рисунку зображена структурна схема комутаційного засобу вимірювання, вимірювальним елементом в якій є напівдиференціальний двоємнісний сенсор зі змінним зазором, який має високу точність і стабільність

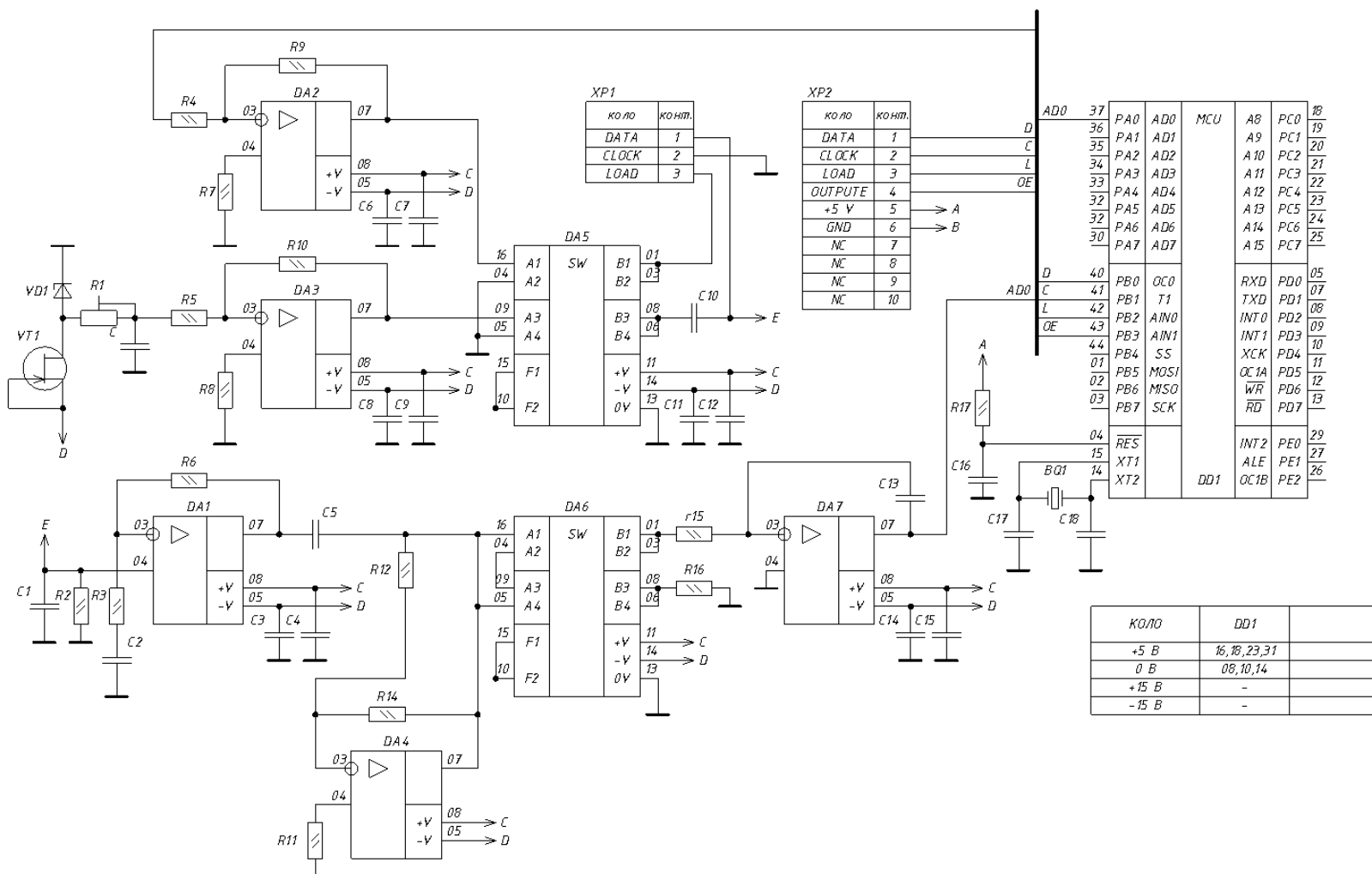


Структурна схема комутаційного засобу вимірювання

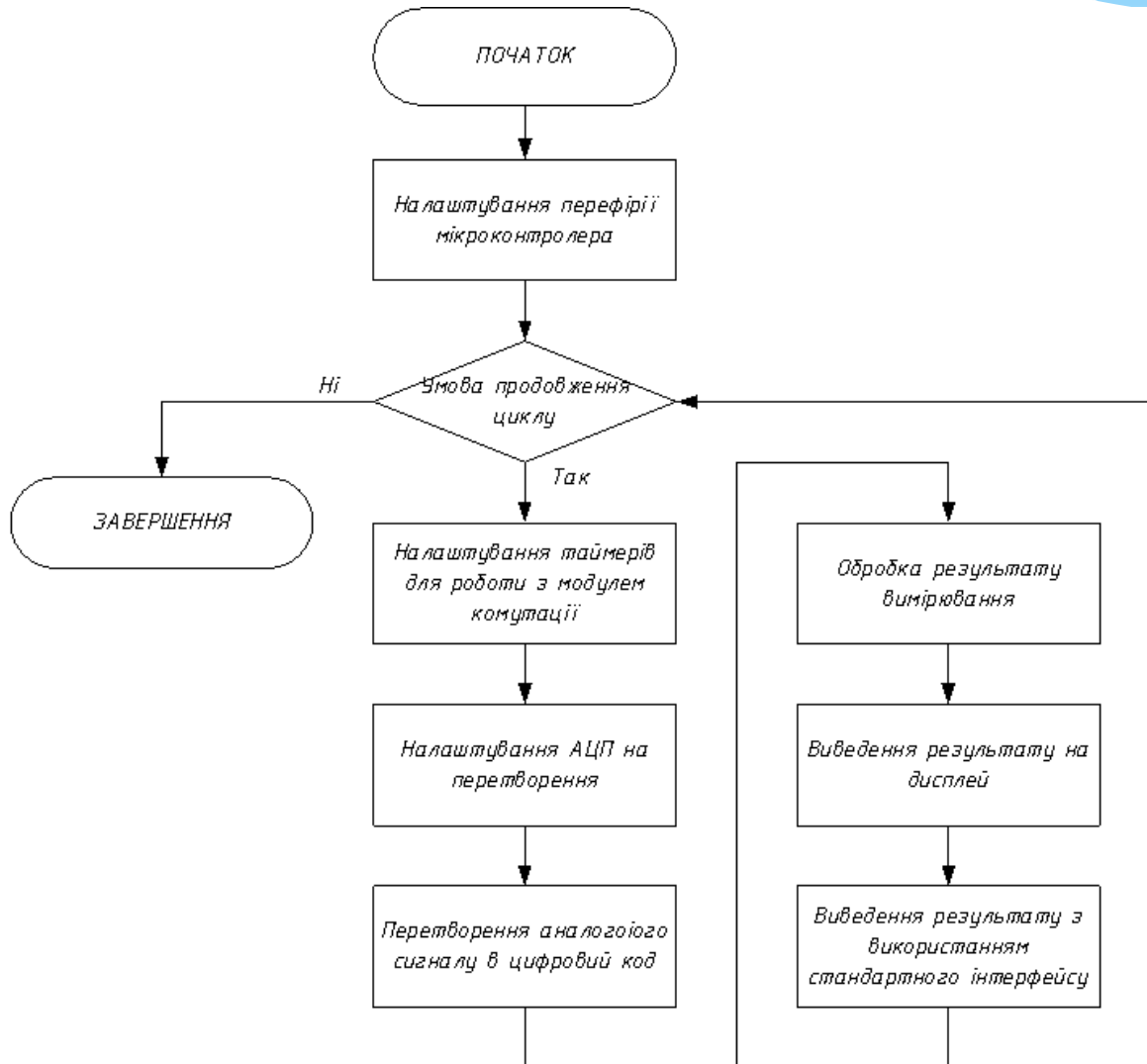
# Функціональна схема засобу вимірювання



# Принципова схема засобу вимірювання



# Схема роботи програми



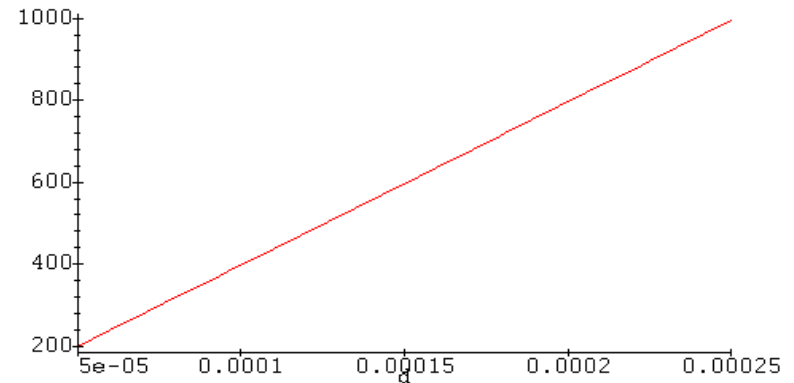


# Функція перетворення

Функція перетворення вимірювального каналу товщини побудованого на базі комутаційного вимірювального пристрою пов'язує числовий код на виході з товщиною покриття на вході і математично записується як:

$$N = \frac{U_{вих} 2^n}{U_{0АЦП}} = \frac{dU_0 C_0 2^n}{U_{0АЦП} \varepsilon \varepsilon_0 s}$$

де  $d$  – відстань між пластинами конденсатора;  $s$  – площа пластин робочого конденсатора;  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність матеріалу між електродами конденсатора (матеріалу покриття);  $\varepsilon_0$  – електрична стала;  $U_{0АЦП}$  – опорна напруга аналого-цифрового перетворювача;  $n$  – розрядність аналого-цифрового перетворювача.



Графік функції перетворення вимірювального каналу товщини

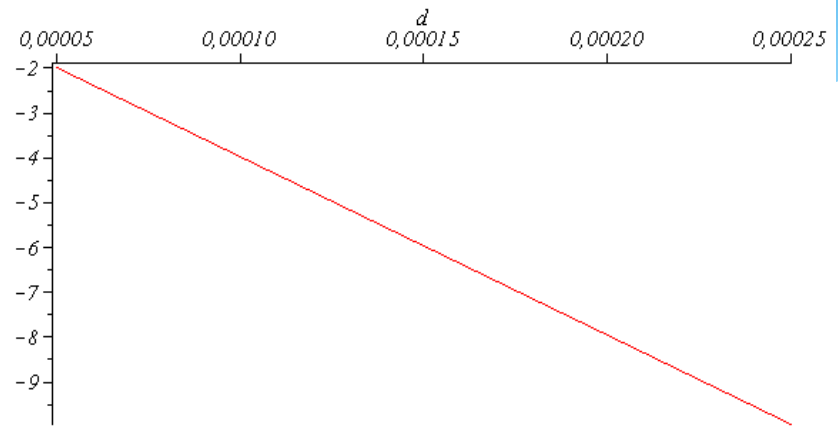
Номінальні значення параметрів функції перетворення

Параметр	Позначення	Значення
площа сенсора	s	$7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$
відносна діелектрична проникність	$\varepsilon$	4
електрична стала	$\varepsilon_0$	$8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot \text{м}$
опорна напруга АЦП	$U_{0АЦП}$	5 В
розрядність АЦП	n	10

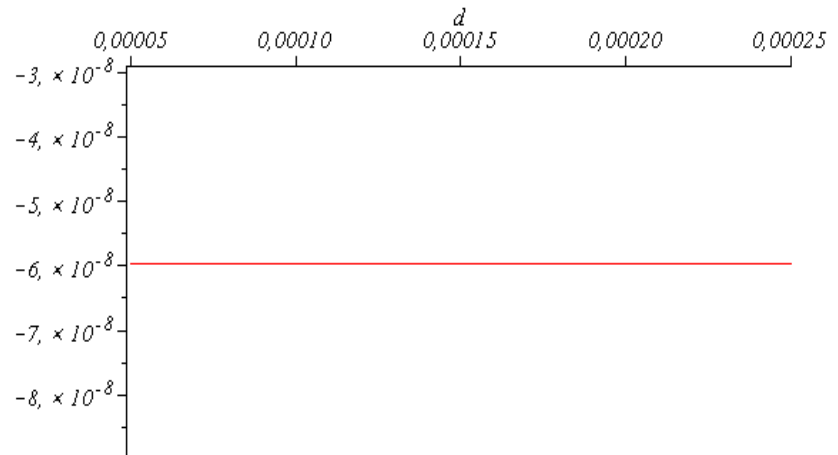
# Складові похибки вимірювання

Для оцінки впливу впливних величин на результат вимірювання функція перетворення була розкладена в ряд Тейлора

В якості впливних величин обрано такі, які суттєво впливатимуть на результати вимірювання, серед яких:  $C_0$  – ємність опорного конденсатора;  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність матеріалу між електродами конденсатора (матеріалу покриття);  $s$  – площа пластини давача.



Мультиплікативна складова похибки при зміні значення ємності опорного конденсатора на 0,5%



Адитивна складова похибки при зміні значення ємності опорного конденсатора на 0,5%

# Висновки

Для вирішення поставленої задачі були проаналізовані методи та засоби, які сьогодні використовуються для вимірювання товщини покриттів. Серед інших в якості основи обраний ємнісний метод, як такий, що забезпечує найбільшу чутливість в заданому діапазоні товщини.

Проаналізовані аналогічні прилади, розроблена структура засобу вимірювання на базі комутаційної схеми вимірювання ємності, На базі структурної схеми розроблена функціональна схема пристрою, яка дозволила визначитись з основними електронними компонентами, що були використані в схемі. Розроблена принципова схема засобу вимірювання. Були оцінені основні метрологічні характеристики, серед яких чутливість, яка не перевищила значення  $3,98 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$ . Аналіз адитивної та мультиплікативної складової похибки показав, що при зміні значення впливних величин  $C_0$ ,  $\varepsilon$ ,  $s$  на один відсоток від номінального похибка вимірювання збільшується до 0,9%.

Проведені економічні розрахунки, які підтверджують доцільність нової розробки. Знижена собівартість засобу завдяки використанню спрощеної структури в сукупності з високими показниками надійності забезпечують низький термін окупності та конкурентоздатність вимірювального приладу на ринку.



**Дякую за увагу.**