

УДК 620.179.14

С. В. Ходневич студент гр. ПК-61М, к.т.н., доц. Баженов В. Г.,
К. А. Гльойнік, аспірант
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ МАКЕТУ ВИХРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ, ЩО РЕАЛІЗУЄ ОРТОГОНАЛЬНИЙ МЕТОД ВИМІРУ, НА БАЗІ СЕРІЙНИХ ПРИЛАДІВ

Анотація. В даній статті розглянуті особливості використання ортогональних методів вимірювання параметрів сигналів при проектуванні вихрострумів дефектоскопів (ВД) на базі мікроконтролерів. Аналізується запропонована авторами нова структура дефектоскопа, яка має один вимірвальний канал, та реалізує ортогональний метод вимірювання, має дуже мале енергоспоживання, малі габарити і відповідну вартість.

Ключові слова: Вихрострумний дефектоскоп, ортогональний метод, синтезатор частоти, вихрострумний перетворювач, прямий синтез, мікроконтролер, DSP процесор, LabVIEW, аналого-цифровий перетворювач, фільтр нижніх частот.

ВСТУП

Вихрострумний контроль є одним із найпоширеніших на даний час. Для отримання максимальної універсальності і достовірності контролю в сучасних вихрострумних дефектоскопах використовують амплітудно-фазовий метод, який потребує визначати амплітуду і фазу вимірвального сигналу.

На даний час відомі серійні, багатофункціональні вихрострумні дефектоскопи, на базі сучасних DSP процесорів, але вони мають високу вартість, великі габарити та енергоспоживання.

Мета роботи: Дослідити можливість створення вихрострумного дефектоскопу, точність якого не буде поступатися існуючим, але вартість та енергоспоживання будуть значно меншими.

Відомо [1], що вимірвачі амплітуди та фазового зсуву вимірвального сигналу, які використовують ортогональний метод виміру, являються найбільш точними. Враховуючи вищезазначене, а також сучасний стан електроніки, вважаємо за доцільне при розробці ВД використовувати ортогональний метод виміру.

Функціональна схема ВД яка реалізує ортогональний метод виміру може мати такий вигляд представлений на рис. 1.

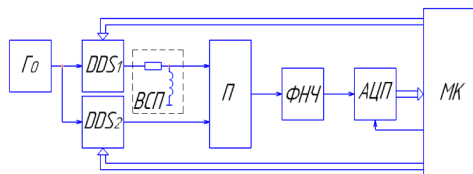


Рис. 1. Схема вихрострумного дефектоскопу на базі синтезаторів частоти: G_0 - опорний генератор, DDS_1 - синтезатор частоти, DDS_2 - другий синтезатор частоти, ВСП - вихрострумний перетворювач, П - синхронний амплітудний детектор, ФНЧ - фільтри нижніх частот, АЦП - аналого-цифрові перетворювачі, МК - мікроконтролер.

Алгоритм роботи схеми запропонованого вихрострумного дефектоскопу полягає в наступному. За допомогою мікроконтролеру задаються параме-

три сигналів на виході синтезаторів частоти DDS_1 та DDS_2 $a(t) = A \sin(\omega t)$, $b(t) = B \sin(\omega t + \phi)$. В регістр фази одного із синтезаторів попередньо одноразово загрузаються такі коди, щоб сигнал на виході цього синтезатора змінював значення своєї початкової фази на 90° , по сигналу маніпуляції з мікроконтролера. Сигнал з виходу синтезатора частоти – DDS_1 надходить на вихрострумвий перетворювач – ВСП, який взаємодіє з об'єктом контролю [2].

Амплітуда і фаза на виході вихрострумового перетворювача буде залежати від параметрів об'єкту контролю, а також від наявності в ньому дефектів. Сигнал з виходу вихрострумового перетворювача подається на один із входів перемножувача – П, на другий вхід перемножувача подається сигнал такої ж частоти з синтезатора DDS_2 .

Математично перемножувач реалізує собою операцію множення. Тому на його виході перед фільтром нижніх частот результуючий сигнал набуде вигляду:

$$\begin{aligned} a(t) \cdot b(t) &= A \sin(\omega t) \cdot B \sin(\omega t + \phi) = \\ &= \frac{1}{2} AB [\cos(\omega t - \omega t + \phi) - \cos(2\omega t + \phi)] \end{aligned} \quad (1).$$

Результат має дві складових, одна з яких залежить від амплітуди та фазового зсуву помножених сигналів і фізично являє собою постійний струм, інша – змінний струм подвійної частоти.

Фільтр нижніх частот відфільтровує складову $\cos(2\omega t + \phi)$ і результуючий сигнал має, лише постійну складову.

За допомогою мікроконтролеру періодично здійснюють 90° маніпуляцію фази сигналу одного з синтезаторів частоти. Таким чином періодично з частотою маніпуляції на виході синхронного амплітудного детектора (з урахуванням його коефіцієнта перетворення k) отримують постійні складові сигналів пропорційні відповідним проєкціям: $a_c = 0.5kAB \cos(\phi)$ і $a_s = 0.5kAB \sin(\phi)$, які відфільтровують і кодують за допомогою АЦП, та обробляються мікроконтролером.

Зміна амплітуди і зміна фазового зсуву буде визначатись за наступними формулами:

$$A = \sqrt{a_s^2 + a_c^2} \quad (2), \quad \phi = \arctg \frac{a_s}{a_c} \quad (3).$$

Для дослідження дієздатності та потенційних можливостей роботи ВД на базі ортогонального методу було складено експериментальний макет приладу із серійних приладів, функціональна схема якого представлена на рис.2.

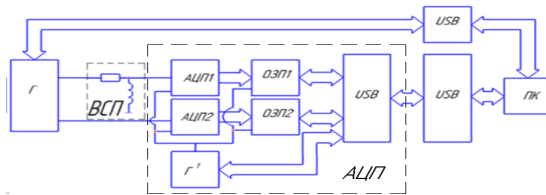


Рис.2. Функціональна схема приладу: Г – генератор сигналів. ВСП – вихрострумний перетворювач, Г' – опорний генератор, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій USB – шина передачі даних, ПК – персональний комп'ютер.

В якості генератора сигналів використано двоканальний синтезатор частоти SDG102, фірми SIGLENT з можливістю зміни його параметрів, а також фазового зсуву між виходами за допомогою ПК через USB інтерфейс. В якості АЦП використано модуль двоканального 8-ми бітного АЦП фірми National Instrument NI5132 з USB інтерфейсом. Коди отриманих сигналів накопичуються в пам'яті модуля АЦП, причому довжина масивів накопичених даних може змінюватися за допомогою комп'ютера.

За допомогою комп'ютеру задаються параметри сигналів на виході генератора, а також виконується періодична маніпуляція початкової фази сигналу на 90° по одному із виходів двоканального синтезатора сигналів. Сигнал з одного виходу генератора поступає на вихрострумний перетворювач, який взаємодіє з об'єктом контролю. Вимірюваний сигнал з виходу перетворювача подається на перший АЦП1. Сигнал з другого виходу генератора сигналів, такої ж частоти, поступає безпосередньо на аналоговий вхід другого АЦП2.

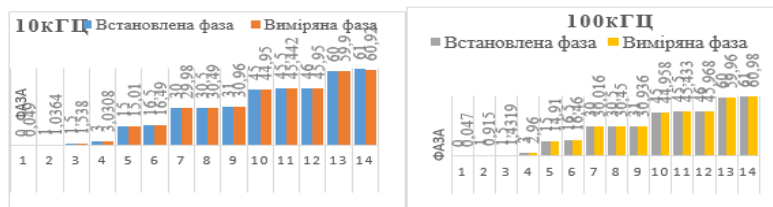
Після накопичення даних в пам'яті ОЗП1 та ОЗП2 масив через порт USB передається в ПК, де здійснюється цифрове перемноження та цифрова фільтрація цих даних. Крім того ПК виконує управління генератором сигналів, АЦП. Та реалізує алгоритм ортогонального методу вимірювання згідно приведених виразів (2,3), визначення значень змін амплітуди та фазового зсуву вимірювального сигналу та візуалізацію результатів контролю здійснювалась за допомогою програми розробленої в пакеті програм labview 2016.

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТУ

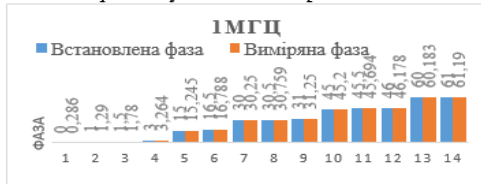
Були проведені наступні випробування експериментального макету. Вимірювалися початкові установлені фазові зсуви сигналів згідно вищезазначеного алгоритму 90° маніпуляції фазового зсуву. Які попередньо встановлювалися на синтезаторі SDG102. Даний синтезатор дозволив з високою точністю змінювати фазові зсуви сигналів між каналами. Задавався діапазон кутів 0° , 15° , 30° , 45° та вимірювалися різниці фазових зсувів ($1^\circ - 5^\circ$), які задавалися за допомогою синтезатора (імітувалося знаходження дефекту). Також задавалась зміна амплітуди та вимірювалась. Потім результати порівнювалися.

Частота вхідного сигналу 10кГц, 100кГц, 1МГц, частота дискретизацій АЦП1 і АЦП2 складала 25 МГц, довжина масиву вибірок складала 100.

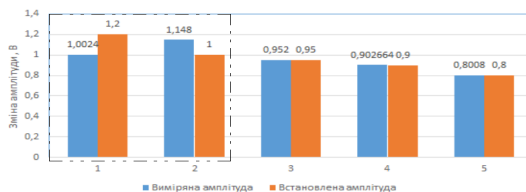
Результати експерименту приведені в гістограмах 1 - 3.



Гіст. 1. Результати експерименту визначення фази на частоті 10 кГц та 100 кГц.



Гіст. 2. Результати експерименту визначення фази на частоті 1 МГц.



Гіст. 3. Результати визначення амплітуди.

ВИСНОВОК:

1. Ортогональний метод підтвердив свою ефективність. Має високі показники точності навіть при 8-ми розрядному АЦП.
2. Дослідження показали, що похибка фактично не змінювалась від абсолютних значень кутів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Пестряков В. Б. Фазовые радиотехнические системы (основы статистической теории) / В. Б. Пестряков. – М. : Сов. Радио, 1968. – 468 с.
2. Вихрострумвий амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю. Патент України на корисну модель №118164 МПК (2017.01) G01N27/01 від 25.07.2017. Бюл.№14 Баженов В.Г., Гльойнік К.А.
3. Bazhenov V. Increasing of operation speed of digital eddy current defectoscopes based on frequency synthesizer / V. Bazhenov, A. Protasov, K. Gloinik. // Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS). – 2017. – №17262272.