



УДК 53.087.92

## ЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК АНАЛІЗУ МЕТАЛОШУКАЧА

Студент Цимбал О.В., гр.ДК-51

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Мета і завдання.** В сучасному світі постає проблема вирішення одного типу металу від всіх інших. Така функція металошукачів називається дискримінація - функція, що дозволяє розпізнавати помічені об'єкти по типу металу та класифікувати їх [1]. Сучасні високоточні металошукачі містять в собі велику кількість функціональних блоків, складні в налаштуванні й використанні, чутливі до завад, обумовлених навколишнім середовищем. Задача полягає в розробці блоку для дискримінації металів, що складався б із мінімальної кількості функціональних вузлів, потребував мінімальну кількість налаштувань і міг давати коректну інформацію про наявність і тип металу в незалежності від завад.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є процес детектування металів і класифікація їх за типом матеріалу. Предметом дослідження є спрощення конструкції блоку аналізу металошукача при одночасному покращенні його характеристик – підвищення точності детектування й класифікації металів в незалежності від завад, обумовлених навколишнім середовищем.

**Методи та засоби дослідження.** У ході наукового пошуку використано метод спостереження, експерименту та порівняння.

**Наукова новизна.** Удосконалено методи компенсації похибок і підвищення точності детектування і дискримінації металів. Розроблено систему, що здатна детектувати й розрізняти метали з прийнятною точністю, проста в реалізації, налаштуванні й використанні.

**Результати дослідження.** Металошукачі працюють за принципом генерування магнітного поля і аналізу зворотного сигналу від металевого об'єкта і середовища. Передане магнітне поле змінюється в часі. Передавач виконаний у вигляді котушки з електричним струмом певної форми, що проходить через неї і отримується з блоку генератора. Приймач виконаний у вигляді приймальної котушки, що підключена до блоку підсилення, фільтрування і обробки отриманого сигналу (рис.1).

Змінне магнітне поле, що передається, призводить до виникнення електричних струмів в металевих предметах, що мають природу вихрових струмів [2], які створюють власне магнітне поле. Результуюче магнітне поле відрізняється від того, що передається. Це поле детектується приймальною котушкою і обробляється необхідними блоками. Наявність підсилювача обумовлена тим, що отриманий сигнал має дуже малу амплітуду.

Отриманий сигнал є аналоговим сигналом, який можна представити як комбінацію дійсної і уявної частини комплексного числа (1):

$$S(t) = A_1(t) \cos(\omega t) + jA_1(t) \sin(\omega t), \quad (1)$$

де  $S(t)$  – вхідний сигнал,  $A_1(t)$  – амплітуда сигналу у визначений момент часу  $t$ ,  $\omega$  – кутова швидкість вхідного сигналу в  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $t$  – момент часу.

Оскільки будь-який метал має властивості резистивності і властивості індуктивності, то отриманий сигнал від металу можна розкласти на дві складові [3]: квадратурна складова – має ту ж саму форму сигналу, що й сигнал передачі, але в міру індуктивності цілі, отриманий сигнал зміщений в часі відносно переданого сигналу (різниця фаз); синфазна складова – також має ту ж саму форму сигналу, що й переданий сигнал, але в міру резистивності цілі змінюється амплітуда отриманого сигналу.

Вимірювання проводяться за допомогою АЦП. Для зменшення похибки вимірювань необхідно дискретизувати дані із великою частотою і квантувати з великою розрядністю. Для реалізації досліду обрано мікроконтролер серії STM32F407.

Блок-схема обробки вхідного сигналу наведена на рис. 1.

Генератор сигналів – реалізований за допомогою вбудованого в мікроконтролер

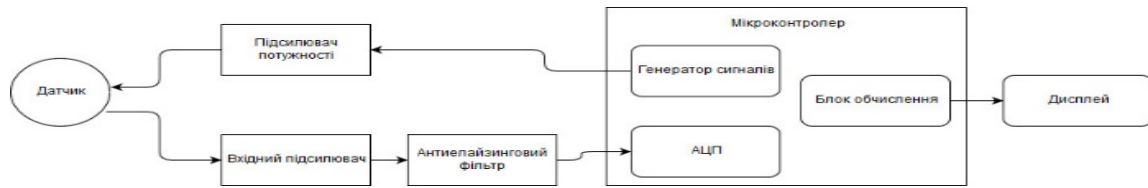


Рисунок 1 - Блок-схема обробки вхідного сигналу.

таймера. На виході отримуємо широтно-імпульсно модульований (ШІМ) сигнал, коефіцієнт заповнення якого можна змінювати. Підсилювач потужності сигналу генератора необхідний для того, щоб передавати в котушку струм для створення сильного магнітного поля. Вхідний підсилювач реалізований з використанням операційного підсилювача з частото залежним негативним зворотнім зв'язком, що розраховується для частоти сигналу, що передається. Він одночасно є смуговим фільтром, що дозволяє на початковій стадії не пропустити високочастотні завади у наступні блоки обробки. Антиалайзинговий фільтр необхідний для підвищення точності АЦП, оскільки він видаляє із спектру сигналу всі гармоніки, що вище половини частоти дискретизації [4].

АЦП – для розширення точності квантування сигналу використаний прийом передискретизації [5]. Дані відцифровуються з частотою 16 вибірок на період сигналу. В результаті отримуємо частоту дискретизації (2):

$$f_{sampling} = f_{signal} * n; \quad (2)$$

де  $f_{sampling}$  – частота дискретизації;  $f_{signal}$  – частота вхідного сигналу;  $n$  - кількість вибірок на період.

Блок обчислень містить на вході цифровий фільтр високих частот першого порядку для того, щоб відокремити постійну складову сигналу. Далі сигнал подається на цифровий смуговий фільтр Бесселя першого порядку, необхідний для видалення високочастотних складових сигналу, обумовлених наведеннями навколишнього середовища.

**Висновки.** В роботі розроблено методи компенсації похибок і підвищення точності детектування і дискримінації металів. Розроблено систему, що здатна детектувати й розрізняти метали з прийнятною точністю, проста в реалізації, налаштуванні й використанні. Подальше удосконалення системи можливо за рахунок збільшення швидкості обробки даних, застосуванням фільтрів з кращими амплітудо-частотними і фазочастотними характеристиками.

**Ключові слова:** металошукач, дискримінація, фазовий детектор, зсув фаз, цифрова обробка сигналів

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дискримінація металлоискателя. Принцип дискриминации металлов. [Електронний ресурс]–Режим доступу: <https://bit.ly/2CX6M3V>
2. Нейман Л.Р., Калантаров П.Л. Теоретические основы электротехники. Часть 3. Теория электромагнитного поля. 5-е изд., перераб. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. — 232 с.
3. Синфазная и квадратурная составляющие сигнала. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2T5yRjt>
4. Терминология: Фильтр антиалайзинговый. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2UpNWxg>
5. Pavel Bobkov, “AVR121: Повышение разрешения АЦП с помощью оверсемплинга ч1”. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2UxP5li>