

## МЕТОД ГРАФІЧНИХ ОБРАЗІВ В РАДІОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ БЛИЖНЬОЇ ЛОКАЦІЇ

*Абрамович А. О., аспірант, Каширський І. С., к. т. н. доцент,  
Піддубний В. О., к. т. н. доцент.*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

Існує достатньо великий клас систем ближньої локації побудованих на використанні електромагнітного поля низькочастотного діапазону. До них відносяться металодетектори, які використовуються для виявлення прихованих в діелектричному середовищі, наприклад ґрунті, металевих об'єктів, та металоаналізатори, які дозволяють ідентифікувати метал, з якого виготовлений прихований об'єкт.

В основі роботи таких систем лежить явище збудження на поверхні досліджуваного металевого об'єкту вихрових струмів, які виникають внаслідок взаємодії електромагнітного поля, що наводиться в них випромінювальною котушкою передавальної антени. Ці струми створюють вторинне електромагнітне поле, яке реєструється приймальною антенною, оброблюється електронним блоком і передається на індикаторний пристрій. Система працює в імпульсному режимі. Вона має дві антени (передавальну та приймальну). Передавальна випромінює низькочастотний імпульс, а приймальна реєструє наведений в об'єкті сигнал. Сигнал, збуджений електромагнітним полем на виході приймальної антени системи, величина комплексна і залежить від провідності досліджуваного об'єкта та від його магнітних властивостей.

Ідентифікація металів системами ближньої локації за звичай дихотомічна, тобто можна всі виявлені предмети розділити на дві підгрупи сильномагнітних, до яких відносяться сталь, чавун, нікель та інші, та слабомагнітних матеріалів — мідь, алюміній, золото тощо. Розпізнати метали в підгрупах практично не можливо.

Розширити можливості ідентифікації металів в межах підгруп можна використовуючи спеціальні методи обробки сигналу. Наприклад спектральний, як це зроблено в [1]. Однак цей метод вимагає використання високоточних (похибка вимірювання не менше 1 %) вимірювачів спектральних характеристик низькочастотних сигналів, які є достатньо складними і тому не забезпечують достатню точність розрізнення металів. Тому виникла необхідність в розробці нових методів, наприклад методу графічних образів.

Робота методу починається з нормування сигналів за амплітудою та тривалістю. Нормований сигнал показано на рис. 1. Нормування за амплітудою здійснюється регулюванням коефіцієнту підсилення електронного

блоку системи. Нормування за тривалістю сигналу, проводиться мікропроцесорним блоком. Параметром нормування є відстань між двома максимумами сигналу, яка визначається при першому скануванні.

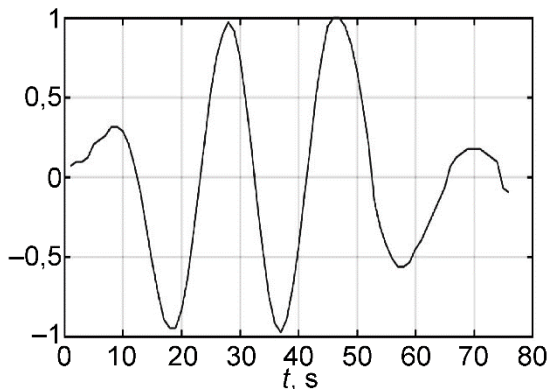


Рисунок 1. Нормований за амплітудою та тривалістю сигнал

Аналізувати такий сигнал в часовій формі не зручно, тому пропонується новий метод — метод графічних образів, критеріями порівняння в якому є критичні точки (екстремуми та перехід через нульову лінію) часового сигналу. Першим етапом є апроксимація сигналу кусково-поліноміальними функціями. Ступінь поліному апроксимації та кількість інтервалів апроксимації залежить від складності сигналу та необхідної точності апроксимації.

На кожному інтервалі апроксимації задається кількість дискретних точок  $x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,m}$ , отриманих експериментально, і записується поліном апроксимації інтервалу (1).

$$P(x) = a_1 + a_2x + a_3x^2 + \dots + a_{n-1}x^n. \quad (1)$$

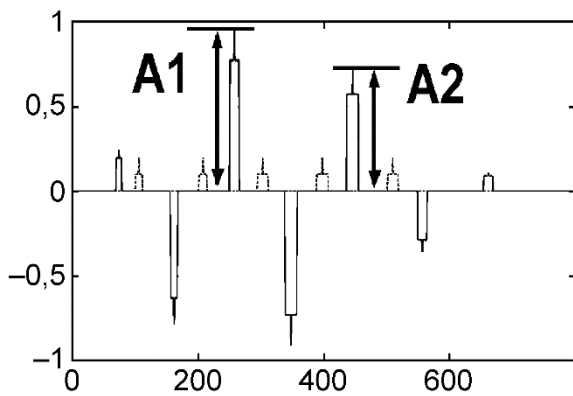


Рисунок 2. Графічний образ металу

Часовий сигнал, отриманий після апроксимації, перетворюється розробленою програмою в графічний образ, в якому неперервна зміна сигналу замінюється характерними лініями (точками розміщення екстремумів). Відповідний часовому сигналу (рис. 1) графічний образ наведений на рис. 2 а численні значення інформативного параметру  $K$ , % (відсоткової різниці між двома найбільшими позитивними максимумами сигналу  $A_1$  та  $A_2$ ) в табл. 1, де

$$K = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100\%.$$

Результати аналізу металів за параметром  $K$  наведені в табл. 1.

Далі інформативні параметри образів, металів що виявляються, порівнюються з накопиченими в базі еталонних сигналів. Це дозволяє аналізувати металеві предмети не за ознакою “магнітний / слабо магнітний”, а як узагальнений образ, що може складатися з різноманітних металів, що входять до складу виявленого об’єкту. Дослідження проведені на макетному

зразку системи ближньої локації підтвердили можливість накопичення сигналів та створення бази образів металів. Накопичена база даних зберігається в запам'ятовувальному пристрої. В подальшому отриманий від об'єкту сигнал перетворюється в цифровий образ та порівнюється з наявними в базі еталонних сигналів. Якщо отриманий сигнал повністю не співпадає із відомими, що знаходяться в базі даних, то мікропроцесор розрахує відсоткове співпадіння із найближчим еталонним образом і вказує, з якою ймовірністю відшуканий метал відповідає записаному в базі.

Таким чином, графічні образи мають більшу інформативну насиченість, тому що характерні лінії, які побудовані в точках екстремумів сигналу та точках переходу сигналу через нульову лінію, відрізняються одна від одної координатами, висотою та полярністю, а запропонований підхід до обробки сигналів дозволяє здійснювати селективний пошук прихованих металів. Це особливо важливо для гірничодобувної промисловості, де у вже відсіяній породі можна знайти самородки металів (платина, золото, мідь, срібло). Тому пошук немагнітних (кольорових) металів системами ближньої локації серед руди дозволить підвищити ефективність роботи гірничодобувних комбінатів.

Таблиця 1

Метал	K, %
Сталь 20	10,976
Мідь електротехн.	44,198
Срібло 868 проба	38,011
Титан	42,22
Золото 900 проба	43,229
Свинець	50,207
Вісмут	46,267
Дюралюміній	49,374

#### Перелік посилань

1. Абрамович А. О. Дихотомічне розрізнення металу на чорний-кольоровий за допомогою спектрального аналізу / А. О. Абрамович, О. Д. Мрачковський, В. Ю. Фурманчук // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер: Технічні науки. — 2017. — Вип. №1 (79). — С. 48 – 51.

#### Анотація

Розглянута можливість та перспективи застосування систем ближньої локації для підвищення ефективності пошуку кольорових металів. Пропонується новий метод обробки сигналів системи в часовій формі шляхом створення бази образів металів.

**Ключові слова:** Системи ближньої локації, аналіз металів, виявлення металів.

#### Аннотация

Рассмотрена возможность и перспективы применения систем ближней локации для повышения эффективности поиска цветных металлов. Предлагается новый метод обработки сигналов системы во временной форме путем создания базы образов металлов.

**Ключевые слова:** Системы ближней локации, анализ металлов, обнаружение металлов.

#### Abstract

The possibility and prospects of using near-field systems to improve the search efficiency of non-ferrous metals are considered. A new method of signal processing of the system in time form is offered by creating a base of images of metals.

**Keywords:** Near-location systems, metal analysis, detection of metplels.