

ВИХРОСТРУМОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСЛЕНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Роганов І. А.

(Науковий керівник Піддубний В. О., к.т.н., доцент)

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», Радіотехнічний факультет*

Пошук прихованих металевих об'єктів та їх ідентифікація є одним з важливих завдань в сучасній техніці. Наприклад є актуальним пошук дорогоцінних металів в гірничій справі, пошук вибухонебезпечних пристроїв в військовій справі, пошук прихованих мереж, наприклад трубопроводів, в комунальному господарстві, оцінка стану конструкцій, що піддалися корозії. Для рішення цих задач можна використовувати вихроструміві методи, основані на взаємодії електромагнітного поля з металевими об'єктами. Одним з важливих напрямків розвитку вихрострумівих пристроїв (ВСП) є розширення області їх застосування, робочої зони (глибини) виявлення та підвищення ймовірності ідентифікації виявлених об'єктів. Ці параметри ВСП визначаються побудовою приладу (антенною системою, потужністю сигналу зондування та чутливістю вхідного тракту). За звичай вони можуть бути змінені лише переробкою конструкції або навіть зміною принципу дії пристрою.

Розглянемо особливості окислених металевих об'єктів, які піддаються дії корозії. Корозія металевих матеріалів – це руйнування їх під дією впливу навколишнього середовища. Корозія може бути як суцільною, поширеною на всій поверхні виробу, так і місцевою, що охоплює лише окремі ділянки металевого об'єкту. Суцільна корозія розвивається по всій поверхні та руйнує переважно якусь одну структурну складову металу. Місцева корозія виникає на межах зерен металу, вздовж зварних швів і має вигляд крапок, плям, тріщин, раковин, спучень поверхні. Для оцінки ступеню корозійного руйнування (ГОСТ 9908-85) використовують втрату маси на одиницю площі поверхні, зміну геометричних розмірів та ступінь ураження поверхні. Іноді для цієї оцінки застосовують зміну фізико-механічних властивостей металу (електропровідності то що) [1].

Металеві конструкції, що в своєму складі мають контакти багатьох різних металевих частин, на місці зіткнення створюють структуру метал-окисел-метал (МОН) [2], яка має нелінійну залежність струму, що через них протікає, від прикладеної напруги (рис.1) і тому може здійснювати нелінійне перетворення сигналу, що потрапляє на металевий об'єкт. Таке явище використовується в нелінійній локації для непомітного та швидкого виявлення прихованих предметів, які нелегально хочуть пронести через пункт огляду, наприклад в аеропорту, виявлення несанкціонованого виносу предметів з магазинів, контролю багажу то що. В них ефект нелінійного розсіювання

електромагнітних хвиль при взаємодії з прихованим металевим предметом – об'єктом контролю (ОК) оснований на реєстрації третьої гармоніки сигналу зондування [3].

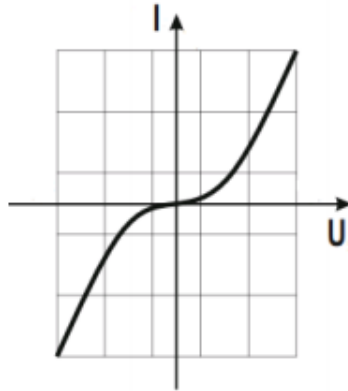


Рис. 1 – Вольт-амперна характеристика переходу «метал-окисел-метал» [3]

Вольт-амперна характеристика структури МОМ на відміну від характеристик p - n -переходу симетрична [3]. ВАХ такої структури має деякі пульсації, що пов'язані з випадковістю з'єднання металів в структурі. Крім того такі контакти мають нестійкий перехід, викликаний нерівномірністю розміщення окислів на поверхні металів.

При подачі на МОМ-перехід імпульсного сигналу з частотою f_1 в ньому виникають коливання на інших частотах. В опроміненій передавальною антеною зоні структура МОМ стає вторинним джерелом випромінювання та перевипромінює сигнал на частотах кратних f_1 . Це дозволяє приймальній антені, яка налаштована на кратні частоти, наприклад, на частоту $2 \cdot f_1$, виявити наявність окисленого ОК.

Робота пристрою основана на опроміненні об'єкту контролю імпульсним електромагнітним полем, що генерується на частоті f_1 та випромінюється передавальною антеною. При цьому певна частина випроміненої енергії взаємодіє з об'єктом та перевипромінюється на кратних гармоніках, якими не збуджується приймальна антена. Отриманий сигнал приймається та аналізується пристроєм обробки, що налаштований на сигнали кратних частот. Наявність сигналу вказує на присутність ОК. Для роботи нами вибрана друга гармоніка. Це пояснюється тим, що сигнал випромінюваний ОК на другій гармоніці за інтенсивністю більший ніж на інших. Крім того в [4,5] показано, що достовірна ідентифікація за рівнем третьої гармоніки проблематична, оскільки потужність сигналу третьої гармоніки, отриманої від структури МОМ близька до рівня третьої гармоніки отриманої від сигналів, що виникають в p - n -переходах напівпровідникових елементів, які можуть знаходитися поблизу. В нашому випадку це сигнал завади.

Пропонується ВСП (рис.2), структурна схема якого складається з двох частин – системи опромінення (зовнішнього генератора з антеною, робоча

частота 3,3 кГц) та основного пристрою виконаного в відповідності до [6] (робоча частота 6,6 кГц), яка дозволяє аналізувати окислені металеві об'єкти.

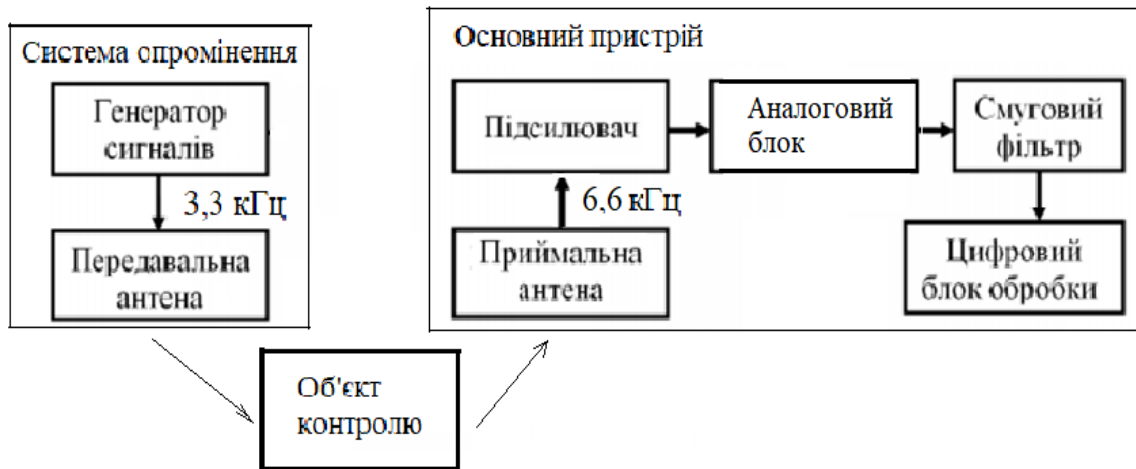


Рис. 2 – Структурна схема вихрострумового пристрою

Таким чином в даній роботі запропонована структурна схема вихрострумового пристрою для виявлення окислених металевих об'єктів, показано, що для створення макетного зразка ВСП необхідно розробити зовнішній генератор та антену, що працюють на частоті в два рази меншій ніж робоча частота основного пристрою. Такий ВСП може знайти використання в системах неруйнівного контролю металевих конструкцій.

Література

1. Бовсуновський А.П. Електротехнічні системи електроспоживання: Конспект лекції з дисципліни “Електротехнічні матеріали” для студ. усіх спец. ден. та заоч. форм навч. – К. НУХТ, 2007. – 103 с.
2. Кузнецов А.С., Кутин Г.И. Методы исследования эффекта нелинейного рассеяния электромагнитных волн // Зарубежная радиоэлектроника, 1985, №4, с. 41-43.
3. Козлов А.И., Колядов Д.В. Матрица рассеяния нелинейных отражателей // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Радиофизика и радиотехника, 2004, №79, С.46-48.
4. Зінченко М.В., Во Зуй Фук, Зіньковський Ю.Ф., Прокоф'єв М.І.. Соотношения уровней гармоник рассеяного поля в нелинейной локации // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Науково технічний збірник. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». – 2017. – Вип. 1(33). – с. 111-120.
5. Зінченко М. В., Во Зуй Фук, Зіньковський Ю. Ф. Дослідження спектральних характеристик розсіюючих МОМ-структур в нелінійній локації// Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2017. - № 70. - с.11-16.
6. Абрамович А. О., Піддубний В. О. Нелінійний перехід метал-оксид як базовий фактор підвищення дальності роботи ідентифікатора металів // Міжн. наук.-техн. конф. «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 16 – 22 листопада 2020 р.: матеріали конф. — Київ, 2020. — С.81-84.