

МЕТАЛОДЕТЕКТОРИ. ОГЛЯД

Проведено дослідження та аналіз сучасного стану металодетекторів та напрямків їх подальшого розвитку.

This paper investigates and analyzes the current state of metal detectors and directions for their further development.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Металодетектори (часто їх називають металошукачами) увійшли у більшість областей діяльності людини – від промисловості і спецслужб - до археології і пошуку кладів. Вони знайшли широке застосування: в охоронній діяльності; у військовій - для пошуку мін та зброї; в будівельній – для виявлення арматури та схованої проводки в бетонних конструкціях, а також для пошуку історичних цінностей, кладів, загублених речей на пляжах (золоті прикраси, ключі, дрібні деталі тощо) [1].

Використовуючи металодетектори і металосепаратори на виробництві можна забути про руйнування та аварії дробильних, ливарних, фарбувальних машин та іншого технологічного обладнання, оскільки вони виявляють всі види металів: чи то неіржавіюча сталь, мідь, латунь, алюміній, свинець, срібло тощо [2]. Це відбувається незалежно від того, як і в якому вигляді зустрічається метал: чи він покритий захисною плівкою чи захисним шаром пластмаси; лакований чи ізольований.

В наш час, коли тероризм набув широкого розповсюдження у світі, металодетектори стали нагальним інструментом, який застосовується в аеропортах, морських портах, в судових установах, у в'язницях, посольствах, лікарнях, школах, а також при проведенні культурно-масових заходів, тобто там, де необхідна абсолютна впевненість у виявленні холодної та вогнепальної зброї і де необхідно забезпечити максимальну перепускную здатність великих потоків людей.

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В основу майже всіх МД, як в Україні так і за кордоном, покладені наступні принципи роботи:

- принцип BFO (Beat Frequency Oscillator) – принцип порівняння різницевої частоти зразкового генератора з частотою пошукового LC-генератора, що змінюється (підвищується або понижується);

- принцип IB (Induction Balance) або VLF (Very Low Frequency) – принцип заснований на аналізі амплітуди в приймальній котушці пошукової головки і фазового зсуву між сигналами у передавальній та приймальній котушках. При відсутності біля пошукової головки металевих об'єктів амплітуда сигналу в приймальній котушці мінімальна, а фазовий зсув, в залежності від конструкції МД, 0 або 90 градусів. При наближенні пошукової головки до металевого об'єкта амплітуда сигналу в приймальній котушці зростає, а фазовий зсув змінюється в залежності від провідності металу (чорний, кольоровий);

- принцип FM (Frequency Meter) – принцип частотоміра, побудованого на основі мікроконтролера де зміна частоти пошукового контуру визначається не на слух, а за допомогою програми яка закладена в мікропроцесорі. Таким МД притаманна висока чутливість;

- принцип «передавача-приймача», в основу якого закладено реєстрацію перевипромінюємої радіочастотної енергії металевим об'єктом пошуку;

- принцип PI – імпульсний метод, при якому параметром, що аналізується, є час закінчення перехідного процесу (положення заднього фронту імпульсу напруги) в пошуковій котушці, головка якої не є частиною коливального контуру, оскільки до неї від задаючого генератора подаються імпульсні сигнали з частотою надходження (50÷400 Гц).

Враховуючи величезну кількість існуючих металодетекторів, нами зроблена спроба наближеної їх класифікації, схема якої наведена на рис. 1.

Металодетектори класифікують за призначенням і принципом дії. За принципом дії вони поділяються: на струмовихрові; різницевої частоти биття, імпульсної індукції, частотомірні та «передавача-приймача». За призначенням, незалежно від принципу дії, МД поділяються на охоронні, військові і пошукові. В свою чергу охоронні діляться на стаціонарні,

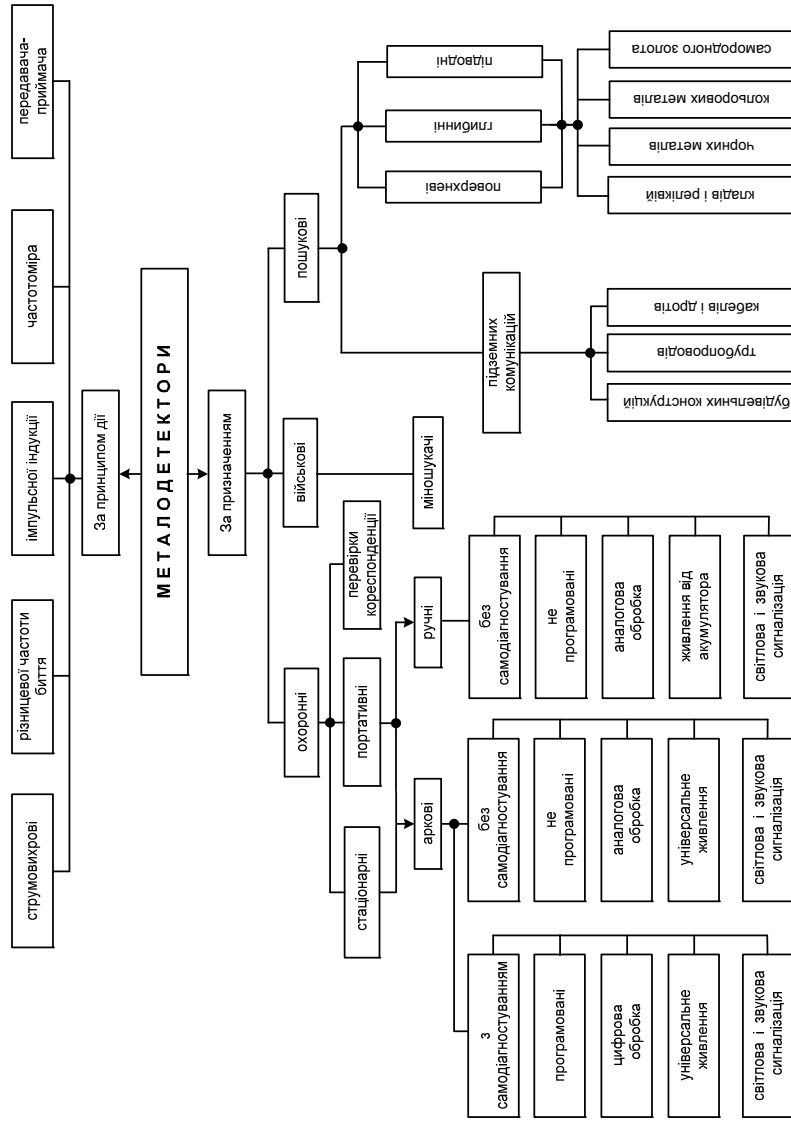


Рис. 1. Класифікація металодетекторів

портативні і пристрої для перевірки поштової кореспонденції. Військові включають до свого складу в основному міношукачі. Пошукові МД можна поділити на МД підземних комунікацій, які в свою чергу застосовуються для контролю будівельних конструкцій, трубопроводів, кабелів і дротів. З іншого боку пошукові МД бувають: поверхневі, глибинні, і підводні. Всі ці типи металошукачів використовуються для пошуку кладів і реліквій, чорних металів, кольорових металів і самородного золота. Стаціонарні металошукачі можна бачити в аеропортах і на великих стадіонах, як правило, це аркові металодетектори. Портативні металодетектори бувають двох типів: аркові і ручні. Портативні аркові металодетектори (ПАМД) призначені для облаштування тимчасових постів контролю. Їхня функціональна відмінність від стаціонарних аркових металодетекторів (САМД) полягає в тому, що ПАМД повинні мати окрім основних характеристик (селективність, чутливість, швидкість виявлення, завадостійкість) ще і додаткові, а саме: простоту монтажу і демонтажу; зручність при транспортуванні; малу вагу. Останні параметри повинні забезпечити мобільність устаткування, не знижуючи його надійності.



Рис. 2. Ручний металодетектор "Metor 22"

Ручні металошукачі застосовують для швидкої і прихованої перевірки людини на наявність у неї зброї, диктофонів і інших пристроїв. Причому спрацювання металошукача залежить як від маси металевого предмету, так і від відстані до нього. Для виявлення невеликого за розмірами предмету, прилад повинен знаходитися дуже близько від нього. При цьому великі предмети будуть екранувати менші, тому останні залишаться не виявленими. На практиці це означає, що мимо детектора можна пронести мініатюрні "жучки", якщо сховати їх достатньо глибоко. Визначити необхідну глибину можна методом підбору, використовуючи металошукач такого ж типу, яким буде проводитися перевірка.

Таки чином, всі металодетектори призначені для пошуку металевих предметів із чорних та кольорових металів в непровідних і слабо провідних середовищах (дерево, одяг, пластмаса і т.п.). Зовнішній вигляд ручного металодетектора “Metor 22” представлено на рис. 2. Він має звукову і світлову сигналізацію. Далекодія визначення металевих предметів лежить в межах від 20 до 200 мм.



Рис. 3. Портативний металодетектор “COMET”

На рис. 3 наведено загальний вигляд портативного ручного металодетектора “СОМЕТ”, який виконує наступні функції: виявляє наявність металевих включень в будівельних конструкціях, меблях, поштової кореспонденції та одязі людини; ідентифікує електричні струмопровідні дроти за неметалевими перепонами.

Прилад має малі габарити, світлову і звукову індикацію виявлення металевих предметів, низьке енергоспоживання, стійкість до зовнішніх завад, що робить його дуже зручним у користуванні.

На рис. 4 представлено загальний вигляд стаціонарного аркового селективного вихрового металодетектора “Пошук – 3М”, призначеного для здійснення контролю відвідувачів на наявність під їх одягом вогнепальної або холодної зброї і засобів запису інформації на контрольованих об’єктах, які мають обмежений доступ.

Металодетектор має можливість налаштування на різну масу металу. Він простий для встановлення і настроювання, оформлений під цінні породи дерев і гармонійно вбудовується в любий дверний проріз. В ньому передбачені світлова і звукова сигналізація, а в моделі “Пошук – 3МР” - вбудований датчик іонізуючого випромінювання, що дозволяє приладу окрім виконання основної функції, виявляти вносимі джерела радіоактивного випромінювання на територію об’єкта, що контролюється.

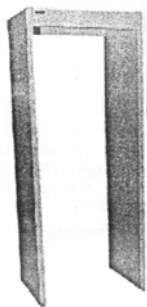


Рис. 4. Стационарний арковий вихровий металодетектор "Пошук – 3М"

Основні характеристики металодетектора наступні: ширина проходу – 0,8 м; швидкість проходу через пристрій – до 2 м/с; ймовірність виявлення зброї - 0,95 %; ймовірність хибної тривоги - 0,02 %.

Серед портативних аркових металодетекторів розглянемо три типи металодетекторів (МД), до яких відносяться: МД "Пошук - 3С", МД фірми "CEIA", МД фірми "RANGER".

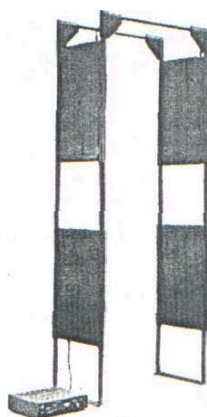


Рис. 5. Портативний арковий металодетектор "Пошук-3С"

ПАМД «Пошук - 3С» (див. рис. 5), який розроблено в СРСР у 80-х роках минулого століття і дотепер виробляється в Росії, широко використовується ФСБ, а також різними охоронними службами Росії. ПАМД "Пошук-3С" знайшов застосування і в Україні.

До основних технічних характеристик ПАМД "Пошук-3С" треба віднести наступне:

- факт фіксування переміщення через арку МД вогнепальної зброї при швидкості проходження в 0,2 -1,0 м/с з інтервалом в 1,0 м і більше;
- кількість пропусків, а також кількість помилкових спрацьовувань при переміщенні людиною через арку набору металевих предметів особистого користування (годинник, зв'язка ключів, запальничка і т.п.)
- не перевищує 5%;
- електроживлення від мережі 220 В, 50 Гц або від вбудованої акумуляторної батареї (не менше ніж на 2-і години);
- звукова і світлова сигналізація факту проносу зброї;
- робоча температура навколишнього середовища від +10°C до +35°C, відносна вологість 80% при температурі +25°C;
- час складання і підготовки до роботи 10-15 хв.;
- вага 16 кг.

У розібраному стані контрольна кабіна і блок електроніки упаковуються в чохли і можуть перевозитися в багажнику або на задньому сидінні легкового автомобіля.

Однією з переваг ПАМД «Пошук – 3С» є його надзвичайна мобільність, мала вага і габарити, які не мають аналогів. Окрім того, реальний час його розгортання і встановлення, при наявності відповідних навичок у оператора, складає не більше 5 хвилин.

До недоліків ПАМД «Пошук – 3С» можна віднести: «крихкість» конструкції (з метою зменшення ваги збірні панелі кабіни виготовлені з полегшеного пластику); обмеження його використання за кліматичними умовами, а також відсутність програмного налаштування (налаштування чутливості металодетектора здійснюється тільки на масу металу). Але, не дивлячись на це, ПАМД «Пошук-3С» досить надійний і в деяких випадках просто незамінний.

Італійська компанія «CEIA» пропонує великий набір аркових моделей металодетекторів, загальний вигляд однієї з них показано на рис. 6. Деякі з цих моделей можуть використовуватися в якості портативних. Це моделі, бічні стійки яких виконані у вигляді колон: «Classic», «Elliptic», PMD2 (ENZ і EWZ) - нові моделі, що замінили популярні у нас металодетектори 02PN8, 02PN10. До речі, МД «Classic» і «Elliptic» - програмовані, з високою чутливістю, мають високу стійкість до завад, самодіагностику. Швидкість огляду - 60 чоловік за хвилину, а високоміцне зовнішнє покриття МД дозволяє йому працювати в діапазоні температур від -15°C до +50°C як у приміщеннях, так і на відкритому просторі. PMD2 - мультizonний МД з високим рівнем вибірконості. На передній стороні однієї з стійок-колон МД знаходяться індикатори, які показують зони об'єктів загрози. Програмування здійснюється за допомогою чіп-карт. Робота двох і більше PMD2 синхронізується автоматично. Розроблений дизайн МД дозволяє використовувати його в

будь-якому інтер'єрі, а для його перевезення у розібраному стані передбачені чохла.



Рис. 6. Загальний вигляд ПАМД фірми "CEIA"

Кожна модель МД, як правило, має антену у вигляді рамки для виявлення металевих предметів та центральний блок керування обробкою сигналів. Рамки антен закривають панелями, які можуть бути виготовлені з дерева або скловолокна, в залежності від умов експлуатації та застосування МД.



Рис. 7. Загальний вигляд ПАМД фірми Ranger Security Detectors

МД, що розміщені в одній зоні, можуть бути об'єднані однією лінією зв'язку для формування мережі, яка безпосередньо керується від спеціального терміналу або персонального комп'ютера.

Коли МД розсереджені на великих віддальх, то їх з'єднання може бути виконано за допомогою модемів і телефонної мережі.

Перераховані технічні характеристики без сумніву можна віднести до переваг МД. Недоліком можна вважати досить великі габарити і

вагу (стійки не розбираються), більш складна і тривала (у порівнянні з МД «Пошук-3С») процедура демонтажу і встановлення, але якщо врахувати, що розглянуті МД все-таки умовно - портативні, то ці недоліки цілком допустимі.

Зовсім недавно на ринку України появилась продукція фірми Ranger Security Detectors (США). Портативні моделі цієї фірми (див. рис.7) Intelliscan Portable МД (шести- і вісімнадцятизонні) мають наступні характеристики:

- 18-зонний дисплей визначає координати об'єктів і розмір зброї або контрабанди в межах арки (у 6 – ти зонному МД дисплей показує тільки висоту);
- висока вибірковість, мінімальний рівень хибних спрацьовувань усуває необхідність вивільняти кишені від нормальної кількості ключів, монет і т.п.;
- незалежне регулювання чутливості дозволяє створювати однорідне поле усередині МД, компенсуючи втрати, які викликані наявністю великих мас металу в підлозі або стінах поблизу пристрою;
- дисплей стану - 12-ти сегментний графічний дисплей, що показує розміри виявленого металу;
- функція самотестування забезпечує аналіз навколишнього середовища детектора;
- висока стабільність забезпечується цифровою обробкою сигналу;
- захист від хибних тривог при роботі рентгенівського устаткування, флюоресцентного освітлення, моніторів комп'ютера та інших джерел електричного впливу;
- універсальне електроживлення $-(100 - 250) \text{ В}$, $(47 - 63) \text{ Гц}$; МД може працювати від автомобільного акумулятора - вхід $+ 12 \text{ В}$;
- міцна механічна конструкція забезпечує максимальну стійкість. Черевики стабілізації мають велику площу і можуть кріпитися до поверхні підлоги або придавлюватися тягарем;
- надійне виявлення в широкому діапазоні швидкостей транзиту зброї (об'єкта), незалежно від способу переміщення - перенесення, кидком або ковзанням;
- 20 стандартних користувальницьких програм, розроблених як для виявлення зброї, так і захисту майна;
- опціональна програма підвищення виявлення призначена для досвідчених користувачів, які бажають використовувати МД для спеціального застосування, наприклад, вибірково знайти об'єкти, які дуже важко виявляються. Ця функція може бути використана для модифікації існуючих або для створення нових програм (додатково шість програм);
- захист детектора двома кодами доступу;

- можливість підключення зовнішніх пристроїв, наприклад, дверей безпеки, камери, віддаленого монітора, що дублює основний тощо;
- шістнадцять операційних частот. Це дозволяє використовувати два або більше детекторів паралельно на мінімальній відстані (24 дюйма) без синхронізації;
- швидке автоматичне налаштування, яке забезпечує продуктивність більше 50 – ти проходів людей за хвилину.

На наш погляд доцільно розглянути декілька практичних схем металодетекторів (металошукачів) за принциповими електричними схемами, принцип дії яких базується на порівнянні значень частоти коливання двох генераторів: зразкового і генератора, частота якого змінюється під впливом на його коливальний контур металевого предмету, пошук якого проводиться. У порівнянні з іншими відомими методами: мостовим (реєструється розбалансування вимірювального моста, в одне із плечей якого ввімкнена пошукова котушка); зсуву фаз (вимірюється фазовий зсув коливань зразкового генератора і генератора, частота якого змінюється); передавача-приймача (реєструється радіочастотна енергія, яку перевипромінюють металеві предмети); метод порівняння значень частот (метод биття), який є менш ефективним але простішим у реалізації. Побудовані за допомогою цього методу металошукачі є компактними, не потребують ретельного налаштування і заходів по жорсткій стабілізації частоти, невибагливі у експлуатації, дякуючи чому і отримали широке розповсюдження.

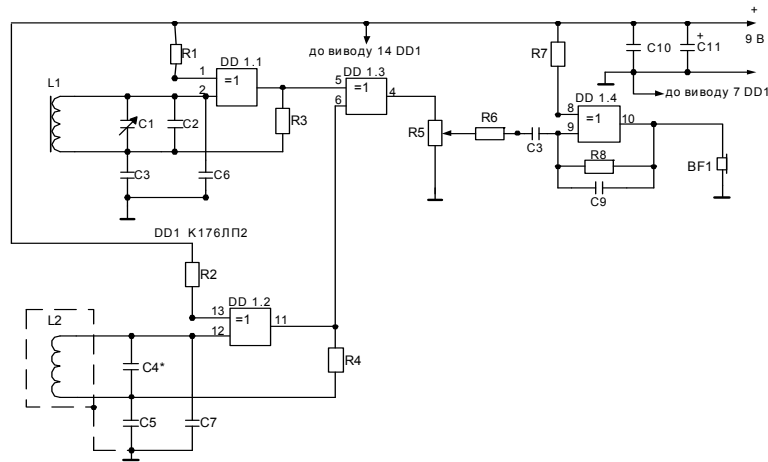


Рис. 8. Принципова схема металошукача на одній мікросхемі

Пристрої виконані на доступних елементах і можуть з успіхом використовуватися не тільки для виявлення схованок, а й у будівництві, комунальному господарстві, для пошуку прихованих під шаром сміття або снігу каналізаційних люків, решіток водостоку і т.п.

Металошукач, принципова схема якого зображена на рис.8, побудовано на одній мікросхемі типу K176ЛП2. Один з її елементів (DD1.1) використовується в зразковому генераторі, другий (DD1.2) – в генераторі зі зміною частоти.

Коливний контур зразкового генератора складається з котушки L1 і конденсаторів C1, C2, а коливний контур генератора змінної частоти – з пошукової котушки L2 і конденсатора C4, перший - переналаштовується змінним конденсатором C1, а другий – підбором ємності конденсатора C4. На елементі DD1.3 виконаний змішувач коливань зразкового генератора і генератора зі змінною частотою. З навантаження цього вузла – змінного резистора R5 – сигнал різницевої частоти надходить на вхід елемента DD1.4, з виходу якого підсилена ним напруга звукової частоти надходить на мікрофон BF1.

Приладом можна знайти п'яти копійкову монету (часів СРСР) на глибині до 60 мм, або кришку каналізаційного люка – на глибині до 0,6 м.

Дещо більшою чутливістю володіє металошукач, виготовлений за схемою, що показана на рис. 9. Тут в якості змішувача і підсилувача коливань різницевої частоти використана мікросхема K118УН1Д. Зразковий генератор і генератор змінної частоти цього приладу також ідентичні за схемами, кожна з них складається з двох інверторів (DD1.1, DD1.2 і DD 2.1, DD2.2 відповідно), елементи DD1.3 і DD2.3 – буферні (послаблюють вплив змішувача на генератори). Зразковий генератор налаштовують на задану частоту змінним конденсатором C1, генератор змінної частоти – підбором ємності конденсатора C2.

Можна підвищити чутливість металошукача, в якому використовується метод биття, якщо налаштувати зразковий генератор на частоту в 5–10 разів більшу, ніж частота генератора змінної частоти. В цьому випадку виникає биття між коливаннями зразкового генератора і найближчою по частоті (5 – 10-ю) гармонікою генератора змінної частоти. Розстроювання останнього на 10 Гц приводить до збільшення частоти різницевого коливання на 50 – 100 Гц.

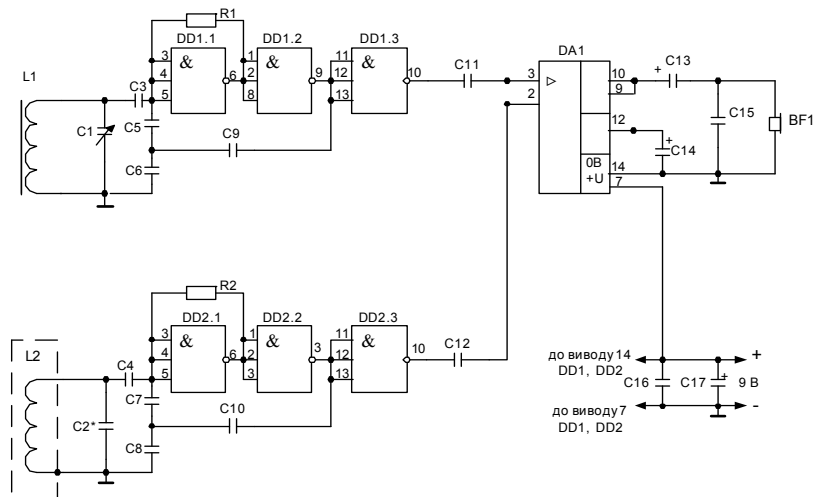


Рис. 9. Принципова схема металошукача на двох мікросхемах

Саме таким способом досягнуто підвищення чутливості металошукача, схема якого наведена на рис.10. П'ятикопійкову монету з його допомогою можна виявити на глибині до 100 мм, а кришку каналізаційного люка на глибині до 0,65 м.

Зразковий генератор металошукача виконаний на двох елементах мікросхеми DD2 і налаштований на частоту 1 МГц. Необхідну стабільність частоти забезпечує кварцовий резонатор ZQ1.

В генераторі змінної частоти використані два елементи мікросхеми DD1. Його коливний контур L1C2C3VD1 налаштований на частоту у декілька разів меншу, ніж частота зразкового генератора. Для настройки контура використовується варикап VD1, напруга на якому регулюється змінним резистором R2.

Змішувач виконано на елементі DD1.4, а в якості буферних вузлів використані елементи DD1.3 і DD2.3.

Як і в двох попередніх схемах, індикатором пошуку служить мікрофон BF1.

Котушки L1 металошукачів, виготовлених за схемою рис. 8 і рис. 9, намотані на кільцевих феритових осердях (600НН) типорозміру K8x6x2. У першому котушка містить 180 витків дроту ПЕЛШО діаметром 0,14 мм, в другому – 50 витків ПЕЛШО діаметром 0,2 мм. Намотка в обох випадках рівномірна по всьому периметру магнітопровода. В першому пристрої котушка приклеєна клеєм БФ –2 безпосередньо до друкованої плати, в другому (через недостатню

кількість місяця) – до невеликого кутика, зігнутого з листового полістиролу товщиною 1,5 мм і приклеєного тим самим клеєм до плати.

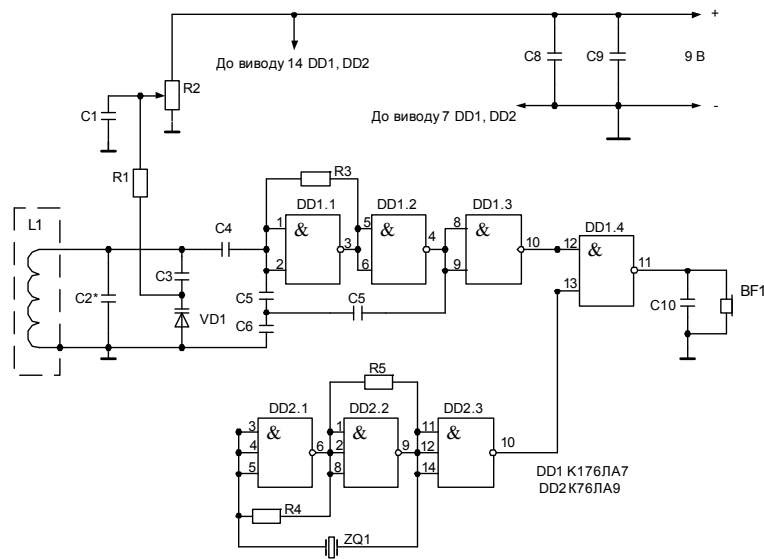


Рис. 10. Принципова схема металошукача підвищеної чутливості

Пошукова котушка кожного з металошукачів намотана на кільці, що зігнуте з вінілової трубки з зовнішнім діаметром 15 і внутрішнім діаметром 10 мм. Зовнішній діаметр кільця першого пристрою – 250 мм, другого і третього – 200 мм, кількість витків – відповідно 100 і 50, дріт – ПЕЛШО діаметром 0,27 мм. Після намотування кільце обгортається стрічкою з алюмінієвої фольги для електричного екранування (необхідного для вилучення впливу ємностей між котушкою і землею). При намотуванні стрічки потрібно пам'ятати, що електричний контакт між її кінцями недопустимий (в іншому випадку утворюється замкнений виток).

Для захисту від пошкоджень фольгу обмотують одним або двома шарами поліхлорвінілової ізоляційної стрічки.

Треба відзначити, що діаметр пошукової котушки може бути як менше, так і більше вказаних значень. З його зменшенням площа зони виявлення зменшується, проте прилад стає більш чутливим до дрібних предметів, при збільшенні, навпаки, зона виявлення збільшується, а

чутливість до дрібних предметів зменшується. Для індикації пошуку в усіх металодетекторах застосовуються головні мікрофони ТОН – 2.

Розглянуті вище металошукачі розраховані на виявлення порівняно великих металевих предметів на відстані декількох десятків сантиметрів. З їхньою допомогою практично неможливо визначити точне місцезнаходження, скажімо, цвяхів, прихованої лінії електромережі у стіні або підлозі, оскільки роздільна здатність металошукача низька через великі розміри виносної котушки (діаметр 200 мм). Для прикладу, з такою котушкою група близько розміщених цвяхів може сприйматися як деякий великий металевий предмет. Крім цього, як уже відмічалось вище, більш віддалені масивні предмети можуть екранувати дрібніші, які ближче знаходяться.

На рис.11 представлений універсальний металошукач, який здатний виявляти як дрібні, так і великі металеві предмети. Він обладнаний декількома змінними котушками діаметром від 25 до 250 мм, що дозволяє виявляти розміщення дрібних предметів з точністю до міліметра на відстані декількох сантиметрів, великі предмети – на відстані декількох десятків сантиметрів.

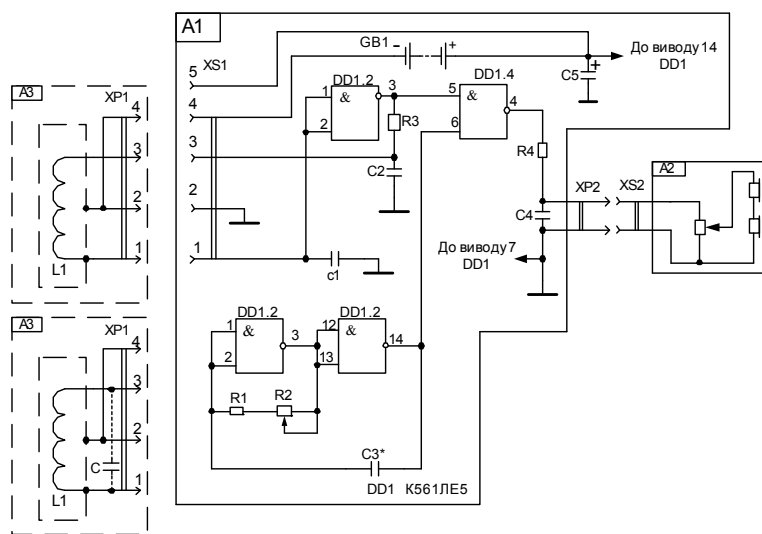


Рис. 11. Принципова схема універсального металошукача

Принцип роботи металошукача – традиційний. Він містить еталонний генератор з частотою генерації приблизно 100 кГц, який складається з логічних елементів DD1.1 і DD1.3, і генератор змінної частоти, виконаний на елементі DD1.2 і однієї з виносних котушок індуктивності, яка підключається до генератора через роз'єм XS1. Сигнали двох генераторів надходять на змішувач, виконаний на елементі DD1.4. До виходу змішувача через фільтр R4-C4, який послабляє високі частоти, підключений мікрофон (вузол A2). Для отримання великої потужності звуку капсулі мікрофонів з'єднують послідовно.

Доки поблизу відносно (змінної або пошукової) котушки немає металу, в мікрофоні буде звук певної визначеної тональності, який встановлюється змінним резистором R2. При наближенні котушки до металевого предмету тональність звуку буде змінюватися.

Дамо деякі практичні поради при виготовленні змінних котушок діаметром до 100 мм. Вони виготовляються так. Спочатку на оправі необхідного діаметру намотують обмотку, яку обмотують шаром лакоканини, а зверху – мідною лудженою фольгою. Початок і кінець обмотки з фольги не повинні з'єднуватися, тому між ними залишають відстань в декілька міліметрів. Після цього з фольгованого матеріалу виготовляють основу у вигляді диска, до якого пайкою прикріплюють роз'єми. З внутрішньої сторони на краю основи залишають кільцеву фольговану стрічку, яка не замкнена на кінцях, а також стрічку-провідник до роз'єму (цією стрічкою з'єднують контакти 2 і 4 роз'єму, див. рис.11.). До основи припаюють фольгову обмотку котушки так, щоб відстань між обмоткою і кільцевою стрічкою співпали. При необхідності на основі розміщують конденсатор С, виводи якого припаюються до виводів 3 і 1 роз'єму, тобто підключають паралельно котушці індуктивності.

Після перевірки котушки (омметром) і підбору конденсатора С1 (при налагоджуванні металошукача) припаюють кришку з фольгованого матеріалу, яку виготовлено на зразок основи з незамкненою кільцевою стрічкою.

Котушки діаметром 100 мм і більше можна виготовити аналогічним методом і під'єднати їх до металошукача за допомогою екранованого кабелю довжиною 1,5–2 м. Індуктивність будь-якої котушки повинна дорівнювати приблизно 1,25 мГн.

Для котушок: з середнім діаметром 25 мм обмотка повинна містити 150 витків, виконаних дротом ПЕВ–1 діаметром 0,1мм; діаметром 75 мм – 80 витків ПЕВ–1 діаметром 0,18мм; діаметром 200 мм – 50 витків ПЕВ–1 діаметром 0,3мм. Для котушок інших діаметрів кількість витків можна знайти за формулою

$$W = \sqrt{\frac{L}{0,025D}},$$

де W – кількість витків; L – індуктивність котушки (мкГн), D – середній діаметр котушки (см).

Процес налаштування металодетектора відбувається у такій послідовності. Після виготовлення однієї з змінних котушок, наприклад найменшої за розміром, її підключають до роз'єму XS1. Регулятор резистора R2 встановлюють у середнє положення і підключають головні телефони, підбором конденсатора C3 досягають звуку низького тону. При наближенні до котушки металевого предмета тональність звуку повинна змінитися. Після цього виготовляють котушку іншого діаметру і не припаюючи кришку, підключають котушку до роз'єму XS1. Бажано, щоб індуктивність котушки вийшла на 5-10 % менше за раніше виготовлену. Підбором конденсатора C1 (при необхідності) досягають звуку такої ж тональності, як і в попередньому випадку. Так само виготовляють і налаштовують котушки інших розмірів.

3. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що побудова нових металодетекторів, як стаціонарних, так і портативних, іде по шляху малогабаритних багатозонових комп'ютеризованих приладів з підвищеною чутливістю, з виводом інформації на рідкокристалічний екран-дисплей. Особливо великими темпами спостерігається впровадження охоронних металодетекторів в школи, дискотеки, лікарні, готелі, казино, луна-парки і т. п. Будова металодетекторів іде за принципами наведеними на рис. 1 Що стосується побудови МД на інших принципах роботи, то більшість фірм їх просто не розголошують, вважають своєю власністю.

1. <http://t.extreme.dm.com> 2.Щедрин А. И. Новые металло-искатели для поисков кладов и реликвий. МР., вып. 1261.- М., 2003. 3. Техническая защита информации. Учебник для вузов/ А. П. Зайцев, А. А. Шелупанов, Р. В. Мецзяков и др.; под. ред. А. П. Зайцева и А. А. Шелупанова.- 5-е изд.- М.: Горячая линия – Телеком, 2009.-616 с.:ил. 4 . Березанский Д. П. Металлодетекторы – устройства досмотра. Вопросы нормирования требований //Специальная техника, №2,1998. 5. Саулов А. Ю. Металлоискатели для любителей и профессионалов. - СПб.: Наука и Техника, 2004.-224 с.: ил. 6. <http://metalloiskatel.narod.ru>. 7. <http://metaldetector.bratsk-city.ru>