

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської дипломної роботи на тему:

«РАДІОЕЛЕКТРОНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ»

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-206,
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Палій П.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник: старший викладач каф. ІРТС
Пастушенко О.Л.
(прізвище та ініціали)

«11» 06 2024 р.

Рецензент: д.т.н., доц., професор каф. ІКСТ
Михалевський Д.В.
(прізвище та ініціали)

«11» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
(прізвище та ініціали)

«12» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

О.В. Осадчук, 2024 року

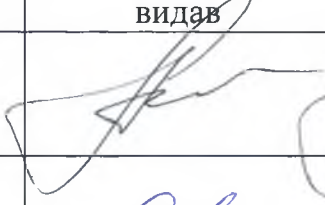
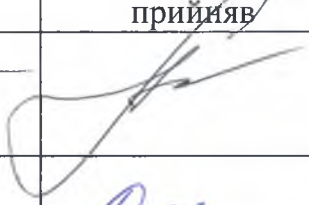
ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Палій Петро Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. “Радіоелектронний пристрій для пошуку трас кабельних ліній”
керівник роботи ст. викл. каф. ІРТС Пастушенко О.Л.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” 03. 2024 року № 80
2. Строк подання студентом роботи 07 06 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: напруга живлення 12 В; пасивна частота 50 Гц; робоча температура -20°C~ 40°C; активна частота 2650 Гц.; розробити радіоелектронний пристрій для пошуку трас кабельних; розглянути принцип побудови пристрою; провести моделювання радіоелектронного пристрою.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз радіоелектронних приладів для пошуку трас кабельних ліній. Розробка радіоелектронного приладу для пошуку трас кабельних ліній. Моделювання радіоелектронного пристрою. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Аналіз частотних характеристик. Блок схема трасошукача. Принципова електрична схема. Принципова електрична схема для моделювання. Ескіз друкованої плати. Конструкція корпусу. Класифікація трасошукачів. Аналіз фазових характеристик. Осцилограма моделюючого проекту.

6. Консультанти розділів роботи

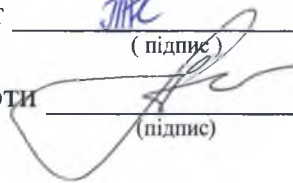
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	ст. викл. каф. ІРТС. Пастушенко О.Л.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембійська С.В.		

7. Дата видачі завдання 14.03.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При мітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2024-28.02.2024	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2024-10.03.2024	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	11.03.2024-31.03.2024	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2024-06.05.2024	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	07.05.2024-18.05.2024	
6.	Розробка графічної частини БДР	19.05.2024-22.05.2024	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2024-28.05.2024	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	29.05.2024-05.06.2024	
9.	Нормоконтроль	06.06.2024-07.06.2024	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	08.06.2024-10.06.2024	
11.	Захист БДР ЕК	11.06.2024-13.06.2024	

Студент  Палій П.Л.
(підпис)

Керівник роботи  Пастушенко О.Л.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.325

Палій П.Л. Розробка радіоелектронного пристрою для пошуку трас кабельних ліній . Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2024. 58 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 15 назв; рис.: 17; табл. 8.

У даній бакалаврській роботі розглянуто та проаналізовано питання схемотехніки трасошукачів для пошуку кабельних ліній. Розроблено трасошукач для пошуку кабельних ліній та виконано комп'ютерне моделювання схеми пристрою. В програмному продукті внесено інструмент Multisim версії 14.1.

Ключові слова: трасошукач, кабельні лінії, індуктивність, дискримінація, фазове зрушення, моделювання.

ANNOTATION

Palii P.L. Development of a radio-electronic device for finding cable lines. Bachelor thesis on specialty 172 - Telecommunications and radio engineering, educational program - Radio engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 58 p. Ukraine language Bibliography: 15 titles; Figures: 17; table 8.

In this bachelor's thesis, the issues of circuit design of cable line locators are considered and analyzed. A tracer for searching cable lines was developed and computer modeling of the device circuit was performed. The Multisim tool version 14.1 was implemented in the software product.

Key words: tracer, cable lines, inductance, discrimination, phase shift, modeling.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1.АНАЛІЗ РАДІОЕЛЕКТРОНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....	8
1.1. Класифікація приладів для пошуку трас кабельних ліній.....	8
1.2.Передавач.....	10
1.3.Приймач.....	11
1.4. Дискримінація сигналу.....	12
1.5.Відстройка від завад.....	14
1.6.Динамічний та статичний режими.....	15
1.7.Мікропроцесорне управління.....	16
1.8. Робота з імпульсною індукцією.....	17
1.9.Дискримінація(розпізнавання).....	20
1.10. Відстройка від матеріала об'єкту.....	21
1.11. Автоматична і ручна настройка.....	21
1.12.Аудіо контроль.....	22
1.13. Порівняльний аналіз аналогів та прототипів з розробкою.....	23
2.РОЗРОБКА РАДІОЕЛЕКТРОНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....	24
2.1. Структурна схема приладу.....	24
2.2. Принцип дії приладу.....	25
2.3.Монтаж друкованої плати приладу.....	26
2.4.Розробка конструкції приладу.....	28
2.5. Конструкція пошукових котушок приладу.....	30
3.МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СХЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНОГО ПРИЛАДА.....	33
3.1.Моделювання роботи схеми приладу.....	33
4.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	38
4.1.Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	38
4.2.Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	40
4.3.Пожежна безпека.....	45
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
Додаток А (обов'язковий). Ілюстративний матеріал.....	51
Додаток Б (обов'язковий) . Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) роботи.....	56

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БДР – бакалаврська дипломна робота

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика

ФЧХ – фазо-частотна характеристика

ПЕЛ – провід емальований лаком

СНЧ – схеми наднизької частоти

НЧ – схеми низької частоти

ВСТУП

Кабельні лінії прокладаються в різних умовах, включаючи телефонні кабельні каналізації, колектори, тунелі, шахти, стіни будівель, ґрунт та навіть під водою, а також підвішуються на повітряних лініях. Вибір траси для прокладки кабелів зазвичай залежить від кількох факторів, таких як найкоротша відстань між пунктами призначення, зручність для будівництва та обслуговування, захист від корозії та інших небезпек, а також можливість розміщення підсилювальних пунктів.

У населених місцевостях траси зазвичай проходять під тротуарами, а в сільській місцевості - вздовж шосе. При проектуванні міжміських ліній також розглядається можливість розміщення необслуговуваних підсилювальних пунктів. Розбиття траси зазвичай виконується за допомогою віх та кілочків відповідно до робочих креслень.

При прокладці кабельних ліній необхідно дотримуватися мінімальних відстаней від інших споруд. Наприклад, відстань від водопровідних та каналізаційних систем повинна бути не менше 0,5 метра, від газопроводів - від 1 до 10 метрів в залежності від тиску газу, від рейок трамвайної колії - 2 метри, від краю дорожнього насипу - 5 метрів, та інші.

Для здійснення робіт з прокладки та обслуговування кабелів необхідно використовувати спеціальне обладнання, включаючи трасошукачі. У даній бакалаврській роботі детально розглянуто схемотехніку таких пристроїв та їх побудову на дискретних елементах.

1 АНАЛІЗ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

1.1 Класифікація приладів для пошуку трас кабельних ліній

Трасошукачі класифікуються в залежності від декількох критеріїв, таких як їх призначення, принцип роботи, тип використовуваного сигналу, мобільність та інші параметри. Ось деякі загальні класифікаційні критерії:

1. За принципом роботи:

- **Індукційні трасошукачі:** Використовуються для виявлення металевих об'єктів шляхом індукції сигналу.
- **Резистивні трасошукачі:** Працюють на основі зміни електричного опору в ґрунті при наявності металевих об'єктів.

2. За областю застосування:

- **Трасошукачі для підземних комунікацій:** Використовуються для виявлення підземних трубопроводів, кабелів, каналізації та інших інфраструктурних об'єктів.
- **Трасошукачі для археології:** Застосовуються для пошуку артефактів, монет, скарбів та інших історичних об'єктів.

3. За типом сигналу:

- **Аудіо трасошукачі:** Повідомляють оператора про виявлення металевих об'єктів за допомогою звукового сигналу.
- **Візуальні трасошукачі:** Забезпечують відображення інформації про виявлені металеві об'єкти на екрані або індикаторі.

4. За мобільністю:

- **Ручні трасошукачі:** Пристрої, керовані оператором і використовуються для пошуку об'єктів.
- **Стационарні трасошукачі:** Встановлюються на стійках або підставках і використовуються для моніторингу певних зон.

5. За застосованою технологією:

- **Електромагнітні трасошукачі:** Працюють на основі створення електромагнітного поля для виявлення металевих об'єктів.
- **Радіочастотні трасошукачі:** Використовують радіочастотні сигнали для пошуку металевих об'єктів.

6. За глибиною пошуку:

- **Поверхневі трасошукачі:** Призначені для виявлення металевих об'єктів на поверхні землі або інших поверхнях.
- **Глибокопошукові трасошукачі:** Забезпечують можливість виявлення металевих об'єктів на великій глибині.

Класифікація може бути більш деталізованою в залежності від конкретних характеристик та функціональних особливостей трасошукачів.

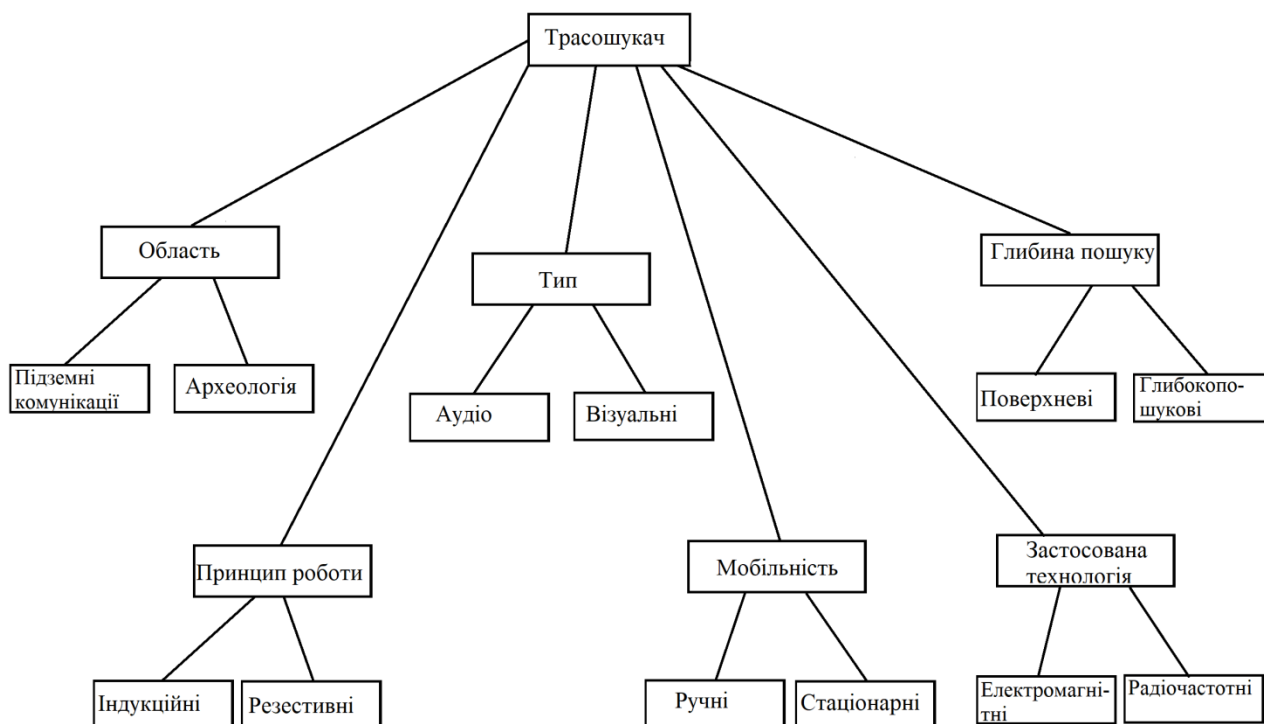


Рисунок 1.1 - Класифікація трасошукачів

1.2 Передавач

Усередині пошукового пристрою трасошукача розташована пошукова рамка, що також відома як пошукова головка або антена. Ця рамка містить намотаний дріт, відомий як котушка, яка відповідає за передачу сигналу. Коли електричний струм протікає через котушку, вона створює електромагнітне поле. Напрямок струму регулярно змінюється з базовою частотою, а характеристика "робоча частота" визначає діапазон застосування пристрою.

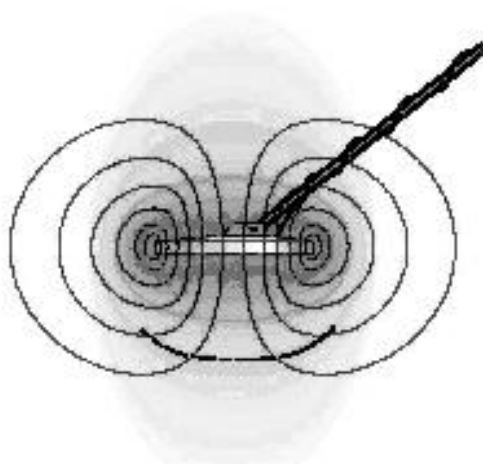


Рисунок 1.2 - Форма силових ліній електромагнітного поля пошукової катушки

Коли струм протікає в одному напрямі, створюється магнітне поле, що направлене всередину об'єкта. Однак, якщо напрямок струму змінюється на протилежний, магнітне поле також змінює своє напрямлення, виходячи від об'єкта. В результаті будь-який металевий (включаючи електропровідний) об'єкт, що перебуває у непосредній близькості, піддається впливу цього змінюючогося магнітного поля, що призводить до появи електричних струмів у ньому. Ці струми, у свою чергу, генерують власне магнітне поле, яке протилежне за напрямом до поля від передавача.

1.3 Приймач

У межах цієї конструкції знаходиться додаткова котушка - приймальна, розміщена таким чином, щоб максимально знизити вплив сигналу, що передається через основну котушку. Для досягнення цієї мети використовуються спеціальні техніки та методи корекції сигналу.

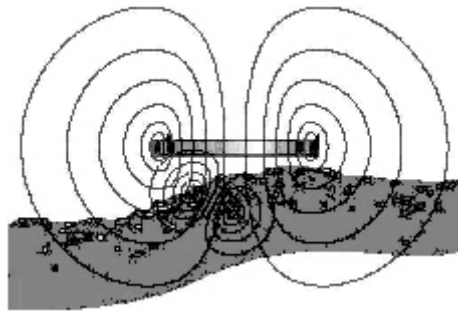


Рисунок 1.3 - Двохкотушковий датчик:

зовнішня котушка - приймач, і внутрішня котушка - передавач.

А отже, якщо металевий предмет потрапить у непосредну близькість до приймальної котушки, він індукційно генеруватиме електричний струм у котушці. Цей струм може бути посилено і оброблено за допомогою електронної схеми, попередньо відокремленої від сигналу передавача. Сигнал, отриманий детектором має зміну у фазі і амплітуді щодо передаваного сигналу на горизонтальній осі, коли котушка проходить над об'єктом.

Сумарний прийнятий сигнал 'являється з деякою затримкою порівняно з випромінюваним сигналом. Цю затримку викликає властивість провідних матеріалів опиратися не лише на протікання електричного струму (резистивність), але й на зміну величини струму, що вже протікає в них (індуктивність). Така затримка відома як "фазове зрушення". Максимальне фазове зрушення спостерігається в об'єктах, які переважно проявляють індуктивність, таких як великі, товсті предмети з високопровідних металів,

наприклад, срібло, мідь, алюміній. Менше фазове зрушення характерне для об'єктів, які за своєю природою є резистивними, таких як менші, тонші предмети або об'єкти з матеріалів з меншою провідністю.

Матеріали, які не ефективно проводять електричний струм або його взагалі не проводять, можуть спричиняти суттєві перешкоди в роботі приймача. Ці матеріали відомі як феромагнетики. При отриманні сигналу в приймачі може спостерігатися мінімальне або навіть повне відсутність фазового зміщення.

Слід також відзначити, що тут описуються схеми трасошукачів "індуктивного балансу" іноді звані схемами СНЧ - наднизької частоти (нижче 30 кГц). В даний час це найбільш популярна технологія що включає в себе також і схеми НЧ - низької частоти (30.300 кГц) .

1.4 Дискримінація сигналу

Оскільки прийнятий сигнал від будь-якого металевого об'єкту виявляє своє характерне фазове зрушення, то можна класифікувати різні види предметів і розрізняти їх. Наприклад, алюмінієвий кабель показує значно більше фазове зрушення, ніж мідний, тому можна створити пристрій, що буде видавати звуковий сигнал у першому випадку і буде тихим у другому, або буде показувати предмет на екрані, або буде відхиляти стрілку мікроамперметра. Процес розпізнавання металевих предметів називається дискримінацією (розпізнаванням, розділенням). Найпростіший варіант дискримінації дозволяє пристрою видавати звуковий сигнал, коли рамкою проводять над об'єктом, фазове зрушення сигналу від якого перевищує середнє значення (що налаштовується). На жаль, пристрої з таким типом дискримінатора можуть не спрацьовувати на деякі типи кабелів, якщо рівень дискримінації налаштований досить високо (для ігнорування випадкових перешкод).

Більш вдосконалена схема - це так званий дискримінатор з відокремленням діапазону. Такі схеми реагують на об'єкти в межах певного діапазону і не реагують на фазові зрушення сигналу вище або нижче за цей діапазон (залізо,

фольга). Більш вдосконалені детектори цього типу можна побудувати так, що для кожного з декількох діапазонів він або реагуватиме, або, навпаки, ігноруватиме сигнали фазового зрушення всередині них. Наприклад, прилад White's Spectrum XLT надає можливість програмувати 191 різних варіантів діапазонів.

Трасошукачі можуть мати різноманітні пристрої для відображення інформації: цифровий екран, показники на стрілковому приладі та інші, які допомагають ідентифікувати об'єкт. Цю характеристику ми називаємо візуальним індикатором дискримінації, а його головна функція - надати операторові змогу приймати обдумані рішення щодо необхідності демонтажу, не обмежуючись лише на звуковий сигнал. Проте більшість, якщо не всі, трасошукачі обладнані також звуковою системою розпізнавання.

Тип металевого предмету можна передбачити за співвідношенням його індуктивності до власного опору. При фіксованій частоті передавача це співвідношення можна обчислити за затримкою (фазовим зрушенням) сигналу, що приходить від предмета. Електрична схема, відома як фазовий детектор, може вимірювати цю фазову затримку. Зазвичай застосовуються два таких фазових демодулятора, пікові значення сигналу на яких проводять вимірювання, зміщені один відносно одного на $1/4$ довжини хвилі передавача, або на 90 градусів. Ми називаємо ці два канали X і Y відповідно. Третій демодулюючий канал, відомий як G, може бути налаштований так, що його відповідь на будь-який сигнал з постійним фазовим зрушенням відносно імпульсів передавача (наприклад, кабельний канал або ґрунт) може бути зменшений до мінімуму, незалежно від амплітуди цього сигналу. Це необхідно для того, щоб відрізнити дві складові сигналу - відгук від ґрунту і від об'єкта, і визначити найбільш ймовірний тип об'єкта.

Деякі трасошукачі використовують мікропроцесор для обробки цих трьох каналів і визначення найбільш ймовірного типу об'єкта. Співвідношення сигналів каналів X і Y, незалежно від значення каналу G, має своє числове значення. Це співвідношення можна визначити з точністю більше, ніж 500 до 1

для всього спектру матеріалів, від фериту до чистого срібла. Сигнал від залізних об'єктів чутливий до їх орієнтації, тому числова характеристика може значно змінюватися, коли рамка рухається над ними. Графічні дисплеї, які відображають співвідношення X/Y по горизонтальній осі та амплітуду отриманого сигналу по вертикальній, дуже корисні для розрізнення металевого сміття від цінних предметів. Ми називаємо такий тип дисплея "сигмаграф".

1.5 Відстройка від завад

Як було зазначено раніше, більшість кабельних каналів і ґрунтів містять залізо. Крім того, вони можуть мати властивості електропровідності через присутність розчинених у матеріалі солей. Отже, сигнал, отриманий трасошукачем від ґрунту, може бути в 1000 разів сильніший, ніж сигнал від металевого предмета, що знаходиться на достатній глибині. Проте фазове зрушення сигналу від об'єкта залишається в достатній мірі сталим в межах певної поверхні. Можна сконструювати трасошукачем таким чином, що навіть коли сигнал змінюється значно - наприклад, при руху рамки вгору і вниз або при проходженні оператора - покази трасошукача залишатимуться незмінними. Про такий трасошукач говорять, що він "відновлений від об'єкта". Якісне відновлення дозволяє визначити з великою точністю як розташування об'єкта, так і оцінити глибину його залягання.

Якщо вибирається режим "всі метали" - без дискримінації сигналів по фазовому зрушенню - хороша відбудова від об'єкта особливо важлива.

У виконанні відстройка виглядає так: оператор піднімає і опускає рамку трасошукача, обертаючи ручку настройки і добиваючись рівності показів індикатора. Хоча цей метод достатньо ефективний, , але для достатньо складним в експлуатації. Дорожчі моделі трасошукачів проводять відстройку автоматично, зазвичай в два прийоми: перший - з піднятою, а другий - з опущеною головкою. "Інтелектуальні" прилади здійснюватимуть підстроювання постійно, так, що оператор навіть не фіксуватиме цього при

переході з одного на інший тип об'єктів. . Хороші детектори з такою функцією дозволяють настроївшись раз, провести всі пошукові роботи без додаткових підстроювань. Але, зауважимо: більшість трасошукачів , які продаються під терміном "автоматична" , насправді просто настроєні виробником на деякий фіксований рівень балансу .

1.6 Динамічний та статичний режими

Хоча сигнал може мати значно більшу силу, ніж сигнал від об'єкта, проте слід прагнути до того, щоб зберігати його стабільним або змінювати його дуже плавно під час руху рамкою. З іншого боку, сигнал від самого об'єкта зростає стрімко до пікового значення і потім швидко зникає, коли рамка проходить над ним. Це дозволяє використовувати метод розпізнавання об'єкта не за амплітудою отриманого сигналу, а за швидкістю його зміни. Такий режим роботи трасошукача називається "динамічним". Найбільш важливий приклад використання такого принципу - це динамічна дискримінація. Якщо потрібно виділити корисні сигнали, достатні для ідентифікації об'єкта, недостатньо просто відсунутися від матеріалу об'єкта. Потрібно сканувати об'єкт під двома різними кутами, вибираючи більше, ніж одну точку проходження. Віддаляючись від матеріалу об'єкта в одній точці, а в іншій отримуємо якусь комбінацію сигналу матеріалу об'єкта і кабелю. І динамічний режим використовується для того, щоб знизити цей залишковий сигнал від матеріалу об'єкта. На сьогоднішній день всі дискримінатори і візуальні індикатори дискримінації вимагають постійного руху рамки для ефективного розпізнавання металів.

При виявленні об'єкта в режимі динамічної дискримінації необхідно більш точно визначити його місцезнаходження. Якщо трасошукач обладнаний глибиноміром, вимірюємо і глибину залягання. Для точного визначення положення і глибини залягання використовується режим "всі метали". Дискримінація в цьому режимі не потрібна, тому рамку рухати не треба, окрім

тих рухів, які виводять рамку на точно на центр об'єкту. Швидкість переміщення рамки в цьому режимі не має значення, тому його часто називають "статичним", а також "нормальним режимом" або "режимом постійного струму". Певні трасошукачі оснащені функцією "автоматичного налаштування порогу спрацьовування", яка поступово регулює силу аудіовиходу, забезпечуючи помітний звук "порогу". Це дозволяє згладити зміни, викликані зміною типу матеріалу об'єкту або недосконалою відтворенням від нього. "Автоматичне налаштування порогу" може бути швидким або повільним в залежності від типу трасошукача і його налаштувань, проте схожий на динамічний режим роботи. Отже, щодо "трасошукачів, які мають справжній статичний режим", це, по суті, режим "всі метали" без автоматичного налаштування порогу. Ще одна річ полягає в тому, що деякі дискримінатори дозволяють налаштувати поріг так, що дискримінатор починає реагувати на всі метали. Такий режим часто називається "Нульовим диском".

1.7 Мікропроцесорне управління

Використання мікропроцесорів в сучасних трасошукачах відкриває широкі можливості. Раніше, для додавання нових корисних функцій прийшлося було вводити нові кнопки і перемикачі. Проте з часом розміри, вартість і складність керування такими пристроями перевищували розумні межі. Використання мікропроцесорів, рідкокристалічних екранів і простих клавіатур стало вирішенням цієї проблеми. Практично необмежена кількість нових функцій може бути вбудована в пристрій без зміни його зовнішнього вигляду. Це досягається завдяки вбудованій системі меню, за допомогою якої будь-хто може з легкістю ознайомитися з приладом та налаштувати його відповідно до своїх потреб. Таким чином, один і той же трасошукач може бути настроєний під будь-якого оператора.

Додатково до цього, програмне забезпечення покращило звукові можливості пристроїв для визначення потрібних металів, а зображення на моніторі у різних форматах спростовують та прискорюють роботу оператора.

1.8 Робота з імпульсною індукцією

1.8.1 Передавач

Трасошукач з котушкою або рамкою із імпульсною індукцією є менш складним у порівнянні з СНЧ пристроями. Одна котушка з намотаним дротом використовується як для передачі, так і для прийому сигналів.

Схема передачі трасошукача складається з простого електронного вимикача, який миттєво підключає цю котушку до джерела живлення. Оскільки опір котушки дуже малий, через неї може пройти струм з великою силою, до кількох ампер. Незважаючи на велику силу струму, час його протікання надзвичайно короткий. Електронний вимикач подає імпульс струму в котушку, потім відключає його і знову активується для наступного імпульсу. Відсоткове співвідношення часу, протягом якого струм передається, до часу, коли струм вимикається, зазвичай складає близько 4%. Це запобігає перегріванню передавача та котушки і зменшує розряд батареї.

Середній трасошукач з імпульсною індукцією має зазвичай частоту передачі приблизно 100 герц. Різні моделі трасошукачів використовують частоти від 22 герц до кількох кілогерц. Чим менша частота передачі, тим більша потужність випромінювання.

На менших частотах досягається значна глибина та чутливість у виявленні предметів, виготовлених із срібла, але при цьому зменшується чутливість до нікелю і сплавів золота. Такі прилади мають сповільнену реакцію, тому вимагають дуже повільного руху рамки.

Вищі частоти підвищують чутливість до нікелю і сплавів золота, але менш чутливі до срібла. Хоча вони можуть не проникати на таку глибину, як нижчі

частоти щодо срібла, але дозволяють швидше переміщувати рамку. Це дає можливість просканувати велику площу протягом короткого періоду часу. Крім того, такі прилади чутливіші до головних пляжних знахідок, таких як вироби із золота.

Рамка приладів з імпульсною індукцією складається з однієї котушки дроту, яка використовується як для передачі, так і для прийому сигналів. Робота передавача аналогічна роботі запалювання у автомобілі. Кожен імпульс струму, що протікає через котушку, створює магнітне поле. При обриві струму магнітне поле навколо котушки раптово зникає, що призводить до з'явлення імпульсу напруги протилежної полярності та великої амплітуди на виводах котушки. У випадку трасошукача з імпульсною індукцією амплітуда цього імпульсу викиду зазвичай нижча, знаходячись у діапазоні від 100 до 130 вольт у піку. Тривалість цього імпульсу дуже мала - всього 30 мікросекунд. Цей імпульс відомий як "відображений імпульс".

1.8.2 Приймач

Від величини електричного опору котушки з дротом залежить час загасання цього електричного імпульсу. Сигнал, отриманий детектором має зміну в швидкості загасання, після порівняння з початковим сигналом, в точці 10 на горизонтальному осі, коли котушка проходить над об'єктом.

Якщо опір котушки є незначним, це може спричинити нестабільність імпульсу. З іншого боку, якщо опір дуже великий, це також може призвести до нестабільності. При належному електричному опорі час затухання імпульсу скорочується, а відображений імпульс стає більш плавним. Щодо котушки детектора з імпульсною індукцією, вона вважається критично налаштованою, коли відбитий імпульс швидко затухає до нуля без коливань (аперіодичний режим). Надмірне або недостатнє затухання може призвести до нестабільності роботи та приховувати добре провідні метали, а також зменшувати глибину виявлення.

Коли металевий предмет знаходиться поблизу від пошукової котушки, він збирає частину енергії від імпульсу, що може призвести до повільнішого затухання цього імпульсу до нуля. Це впливає на ширину відображеного імпульсу, яка вимірюється і сигналізує про присутність металевого об'єкту. Така зміна дозволяє детектору виявити наявність металевого об'єкту і визначити його приблизне положення.

Так, для виділення сигналу від такого об'єкту необхідно виміряти частину імпульсу, де він зникає. На вході приймача з котушки зазвичай є резистор і діодна схема, які обмежують напругу вхідного імпульсу до певного рівня, щоб не перевантажувати вхід схеми. Сигнал в приймачі складається з імпульсу від передавача і відбитого імпульсу. Звичайне посилення приймача становить 60 децибел, що означає, що область, де відбитий сигнал спадає до нуля, може бути збільшена в 1000 разів.

1.8.3 Стробуюча схема

Посилений сигнал від приймача надходить в схему, яка вимірює час спадання напруги до нуля. Відображений імпульс перетворюється в послідовність імпульсів. Коли металевий предмет наближається до котушки, форма імпульсу передавача залишається незмінною, а от відображений імпульс стає довший за тривалістю. Збільшення тривалості імпульсу всього на кілька мікросекунд вистачає для визначення наявності металу під котушкою. На цей відбитий імпульс накладаються імпульси (строби), синхронізовані з початком імпульсу передавача, і на виході електронної схеми виходить серія стробів, кількість яких пропорційна довжині імпульсу.

Найбільш чутливий імпульс знаходиться максимально близько до кінця послідовності, де напруга майже досягає нуля, приблизно через 20 мікросекунд після вимкнення передавача та початку відображеного імпульсу. На жаль, це також та область, де робота трасшукача з імпульсною індукцією стає нестабільною. Тому більшість моделей трасшукачів з імпульсною індукцією

продовжують генерувати стробуючі імпульси ще протягом 30-40 мікросекунд після повного загасання відображеного імпульсу.

1.8.4 Інтегратор

Після цього стробований сигнал піддається перетворенню в постійний струм за допомогою інтегратора. Ця схема усереднює послідовність імпульсів і перетворює їх у відповідну напругу. Ця напруга збільшується, коли об'єкт наближається до рамки, і зменшується, коли об'єкт віддаляється. Отримана напруга додатково посилюється і контролюється схемою звукового сигналу.

Постійна часу інтегратора визначає, протягом якого періоду часу інтегратор збирає вхідні строби, і впливає на швидкість реакції трасошукача на металевий об'єкт. Велика постійна часу інтегратора (приблизно секунда) допомагає зменшити шум і спростити налаштування детектора, але вимагає дуже повільного руху рамки, оскільки при швидкому русі об'єкт може бути пропущений. Мала постійна часу інтегратора (десяті долі секунди) реагує швидше на метал, дозволяючи швидше переміщати рамку, але при цьому стійкість до перешкод погіршується.

1.9 Дискримінація(розпізнавання)

Трасошукач з імпульсною індукцією не досягають такого високого рівня дискримінації, як СНЧ прилади. Проте, вимірюючи затримку між закінченням імпульсу передавача і моментом, коли відображений імпульс зникає до нуля (затримка), можна фільтрувати об'єкти з певних металів. Алюмінієва фольга є першою на цьому списку.

Було проведено низку експериментів з розробки трасошукача з імпульсною індукцією, який міг би виявляти залізо, але всі ці спроби мали обмежений успіх. Навіть хоча залізо має довгий час затухання, срібло і мідь також проявляють подібні характеристики. Це тривале затримання погіршує точність

визначення глибини залягання. Також вміст мінералів у ґрунті може подовжувати час відбитого імпульсу, змінюючи тим самим точку, де об'єкт визначається або відкидається. Отже, матеріал об'єкту, насичений солями, впливає на всі аспекти роботи трасошукача з імпульсною індукцією, включаючи час затримки і вибіркову здатність.

1.10 Відстройка від матеріала об'єкту

Відстройка від матеріалу об'єкту є критичною для СНЧ приладів, але не для трасошукачів з імпульсною індукцією. Зазвичай матеріал об'єкту не накопичує значної кількості енергії від пошукової котушки і, як правило, не випромінює сигналу. Тому матеріал об'єкту не маскує сигнал від закопаного предмету. Навіть навпаки, мінералізація трохи подовжує сигнал, пропорційно збільшенню глибини залягання об'єкту. Щодо трасошукачів з імпульсною індукцією, часто використовується термін "автоматична відстройка від матеріалу об'єкту". Вони зазвичай не реагують на високу мінералізацію ґрунту і не потребують зовнішнього налаштування для різних типів матеріалу об'єкту.

Однак є виняток - магнетит (Fe_3O_4), або магнітний оксид заліза, який може викликати перевантаження вхідних котушок СНЧ-детекторів, суттєво знижуючи їх чутливість. Це може призвести до того, що детектори з такою індукцією будуть показувати помилкові цілі, особливо якщо котушку піднести дуже близько до землі. Цей шкідливий ефект можна мінімізувати, збільшивши час затримки між закінченням імпульсу передавача і початком стробування. Налаштовуючи цей параметр, можна знизити вплив мінералізації ґрунту на роботу пристрою.

1.11 Автоматична і ручна настройка.

Більшість трасошукачів з імпульсною індукцією мають ручну настройку. Якщо матеріал об'єкту в районі пошуку змінюється від піску до морської води

або від сухого ґрунту до вологої землі, в такому випадку потрібно виконати налаштування. Якщо цього не зробити, можна втратити в глибині виявлення і пропустити деякі об'єкти. Ручна настройка стає дуже складною при використанні короткої постійної часу інтегратора, тому багато пристроїв з ручною настройкою мають довгу постійну часу інтегратора і потребують повільного переміщення рамки.

Немає проблем з використанням трасошукачів з імпульсною індукцією для підводного пошуку, оскільки при цьому пошукову котушку не переміщують швидко. При роботі в зоні прибою котушка буде періодично знаходитися в воді, то під водою, що може створювати проблеми для приладів з ручною настройкою, оскільки вам доведеться постійно підлаштовувати поріг спрацьовування. Це може призвести до зменшення глибини виявлення об'єктів при зміні характеристик ґрунту.

Автоматична настройка надає значні переваги під час пошуку в мінералізованих умовах, таких як солоні водойми або на ґрунті з високим вмістом солей. Автоматична настройка дозволяє використовувати детектор на максимальній чутливості без постійного підлаштування. Це підвищує стабільність роботи, захищає від перешкод і дозволяє використовувати більший коефіцієнт посилення. Трасошукачі з імпульсною індукцією не випромінюють сильних негативних сигналів, як СНЧ прилади. Тому вони не зашкалюють на матеріалах з високим вмістом мінералів. Однак для металошукачів з системою автоматичної настройки необхідно постійно рухати рамку, оскільки при зупинці рамки автопідлаштування може збитися або пристрій перестане реагувати.

1.12 Аудіо контроль

Схеми звукової сигналізації в трасошукачах з імпульсною індукцією поділяються на дві категорії: зі змінною частотою і зі змінною інтенсивністю. Схеми зі змінною частотою базуються на генераторі, керованому напругою.

Вони ефективніше виявляють невеликі предмети (зокрема, кабелі малого діаметра), оскільки зміни частоти легше розрізнити за слухом, ніж зміни інтенсивності звуку, особливо при низькому рівні гучності, зокрема для трасошукач з ручним налаштуванням порогу. Одним з технічних варіантів реалізації є механічна вібрація, яка спочатку використовувалася у підводних трасошукачах. Прилад генерує вібраційний сигнал, який посилюється при виявленні об'єкту. Оператор легко розпізнає сигнали такої механічної індикації.

Системи традиційним звуковим тоном з наростанням гучності, а не частоти працюють добре в приладах, з швидким переміщенням рамки, та в приладах з автоматичним підстроюванням, при цьому вони звучать аналогічно приладам з СНЧ.

Ці системи призначені для проведення пошуків на максимальній глибині в екстремальних умовах, таких як прибережна зона морів або місця з високим вмістом мінералів у ґрунті. Такі трасошукачі проявляють відмінні результати в таких умовах порівняно з СНЧ приладами, особливо відзначаючись здатністю правильно реагувати на матеріали об'єктів та працювати на максимальній глибині

1.13 Порівняльний аналіз аналогів та прототипів з розробкою

Таблиця 1.1 Порівняльний аналіз аналогів та прототипів з розробкою

Параметри порівняння моделей	ПОШУК-410 Мастер	ЛИС 100	Пристрій який розробляється в БДР
Активна частота, Гц	26250 ± 3	26250	26250
Пасивна частота, Гц	50	50	50
Точність відшукування, см	10	1	10
Максимально визначена глибина залягання траси, м	6	2	6
Смуга пропускання за рівнем -3 дБ (не більше), Гц	45	150	45
Вихідна потужність, Вт	2; 10	1	1
Робоча температура, С°	-20...40	-20...40	-20...40

2. РОЗРОБКА РАДІОЕЛЕКТРОНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

2.1 Структурна схема приладу

Трасошукач є пристроєм, електронна схема якого забезпечує високу чутливість та стабільну роботу. Важливою характеристикою цього пристрою є його низька робоча частота. Індукційні котушки трасошукачів працюють на частоті 3 кГц. Це дозволяє зменшити вплив небажаних сигналів при перевірці кабельних каналів (наприклад, сигналів, що виникають через наявність вологого піску, дрібних металевих частинок тощо) і забезпечує високу чутливість до металевих кабелів.

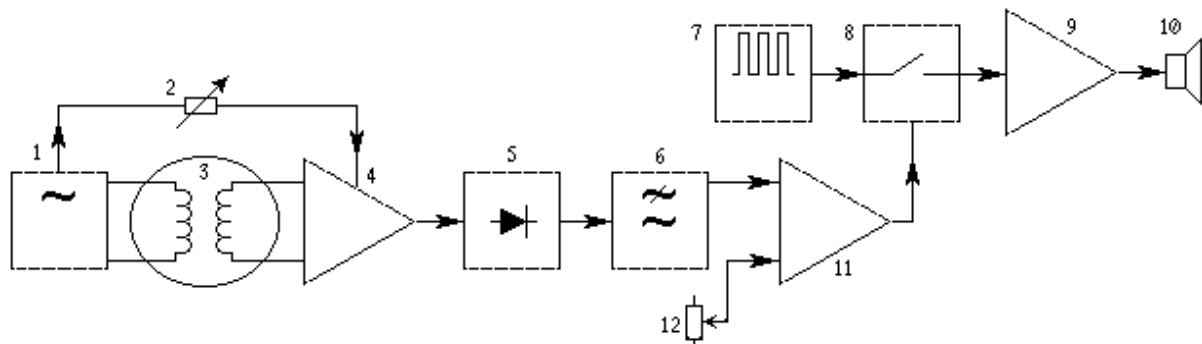


Рисунок 2.1 - Блок схема трасошукача

1-генератор;2-дискримінатор;3- катушки трасошукача; 4- підсилювач ВЧ;
5- детектор;6-ФНЧ;7-звуковий генератор; 8- електронний ключ звукового
сигналу; 9-вихідний підсилювач;10-гучномовець;11- схема порівняння; 12-
регульована опорна напруга.

Генератор трасошукача збуджує коливання в передавальній котушці на частоті близько 3 кГц, створюючи в ній змінне магнітне поле. Приймальна котушка розташована перпендикулярно до передавальної котушки, що призводить до появи слабкої електрорушійної сили (ЕРС) через магнітні силові

лінії, що проходять через неї. На виході приймальної котушки сигнал або відсутній, або дуже слабкий. Коли металевий предмет потрапляє в магнітне поле котушки, змінюється індуктивність, що призводить до появи електричного сигналу на виході. Цей сигнал посилюється, випрямляється і фільтрується. В результаті, на виході системи утворюється сигнал постійної напруги, величина якого збільшується при наближенні котушки до металевого об'єкта. Цей сигнал подається на один з входів схеми порівняння, де він зіставляється з опорною напругою, яка подається на другий вхід. Рівень опорної напруги налаштований таким чином, що навіть невелике збільшення напруги сигналу викликає зміну стану виходу схеми порівняння. Це, в свою чергу, активує електронний перемикач, внаслідок чого на вихідні підсилювальні каскади подається звуковий сигнал, що сповіщає оператора про наявність металевого предмета.

2.2 Принцип дії приладу

Прилад складається з двох блоків: генератора низькочастотних коливань і приймача. Генератор живить випробувану лінію, а за допомогою приймача здійснюється пошук. Дальність дії приладу становить 3-4 км, точність визначення осової лінії - 10 см.

Схема генератора наведена на рисунку 2.2.. Задаючий генератор з модулятором зібраний на транзисторі Т1. При розімкнутому вимикачі Вк1 транзистор Т1 з контуром L1C3 в колекторному ланцюгу і елементами R1 C2 в базовому ланцюгу працює як генератор, зібраний за індуктивною триточковою схемою з робочою частотою 1 кГц. Модуляція передавача з частотою 2-3 Гц здійснюється включенням тумблера ВК1. Підключення ємності С1 різко збільшує постійну часу базового ланцюга, внаслідок чого генератор починає працювати в режимі переривчастої генерації. Каскад на транзисторі Т2 є буферним між генератором і потужним двотактним вихідним каскадом, зібраним на транзисторах Т3, Т4. Резистор R2 встановлює робочу точку транзистора Т2 по струму, величина якого при відключеному транзисторі Т1

становить 8-10 мА. Резистори R4 і R5 встановлюють необхідний початковий режим транзисторів вихідного каскаду. Секціонована обмотка вихідного трансформатора дозволяє узгодити вихід генератора з навантаженням в 1-2 Ом, 50 Ом і 200 Ом. Вихідна потужність генератора становить 5-8 Вт. Для живлення генератора застосовується акумуляторна батарея напругою 24 В. Струм споживання до 1 А.

Генератор змонтовано на гетинаксовій платі розміром 150x100x2 мм. На передній панелі розміщені тумблери Вк1 і Вк2, вихідні клеми і клеми підключення живлення. Котушка L1 містить 500+500 витків дроту ПЕЛ 0,1 і виконана на сердечнику СБ-3. Трансформатор Тр1 намотаний на феритовому кільці з зовнішнім діаметром 8 мм і перерізом 2x3 мм; первинна обмотка містить 300 витків дроту ПЕЛ 0,1, вторинна - 80+80 витків дроту ПЕЛ 0,15. Трансформатор Тр2 зібраний на сердечнику з пластин Ш-19, товщина набору 25 мм. Первинна обмотка містить 130+130 витків дроту ПЕЛ 0,51, вторинна - 40+160+200 витків дроту, відповідно, ПЕЛ 1,2; ПЕЛ 0,51; ПЕЛ 0,33.

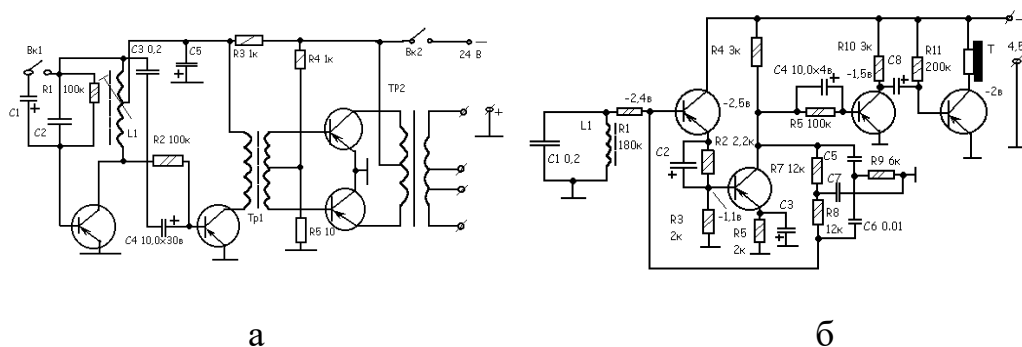


Рисунок 2.2 - Принципова електрична схема
а)генератор; б)приймач

2.3 Монтаж друкованої плати приладу

Трасошукач — досить складний пристрій, тому збірку схеми слід проводити покаскадно, ретельно перевіряючи кожен каскад. Схему монтують на універсальній монтажній платі, яка має 24 мідні смужки, кожна з яких

містить по 50 отворів з кроком 2,5 мм. Спершу в смужках роблять 64 розрізи і висвердлюють три настановні отвори. Потім на зворотному боці плати встановлюють 20 перемичок, штирі для зовнішніх з'єднань, а також два штирі для конденсатора C5.

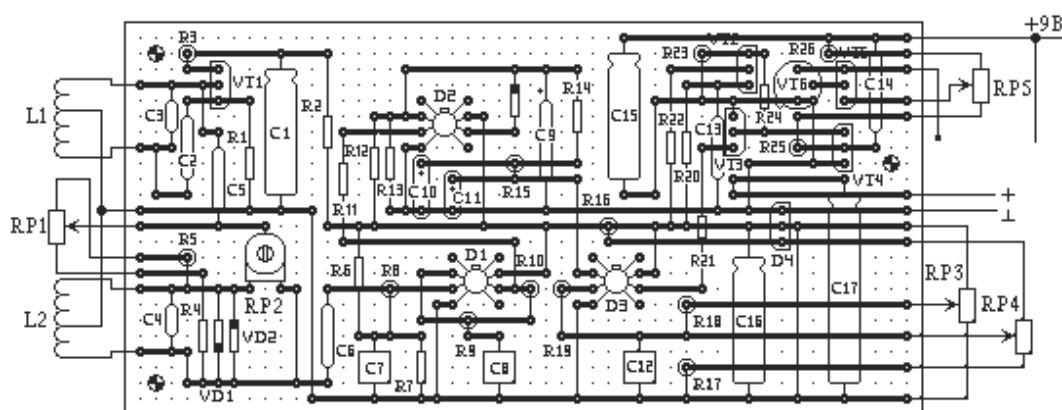


Рисунок 2.3 - Ескіз друкованої плати

Потім встановлюють конденсатори C16, C17 і мікросхему D4. Ці компоненти утворюють джерело живлення з напругою 12 В. Перевірка цього каскаду проводиться шляхом тимчасового підключення батареї з напругою 18 В. При цьому напруга на конденсаторі C16 повинна становити $12 \pm 0,5$ В. Після цього монтуються елементи вихідного каскаду: резистори R23-R26, конденсатори C14 і C15 та транзистори VT4-VT6. Важливо врахувати, що корпус транзистора VT6 сполучений з його колектором, тому його контакт з сусідніми елементами і перемичками недопустимий. Оскільки вихідний каскад у відсутності сигналу не споживає струму, його перевіряють тимчасовим під'єднанням гучномовця, змінного резистора RP5 і батареї з напругою 9 В.

Потім встановлюють резистори R20-R22 і транзистор VT2, що створюють генератор звукових сигналів. При підключенні двох джерел живлення в динаміку прослуховується звуковий фон, який змінюється зі зміною положення ручки регулятора гучності. Після цього на платі монтують резистори R16-R19,

конденсатор C12, транзистор VT3 і мікросхему D3. Робота схеми порівняння перевіряється наступним чином. До вимірювального входу D3 підключають змінні резистори RP3 і RP4. Цей вхід утворюється за допомогою двох резисторів з опором 10 кОм, один з яких підключається до позитивної шини живлення +12 В, а інший — до нульової шини. Другі виводи резисторів під'єднують до виводу 2 мікросхеми D3. Перемичка від цього виводу слугує тимчасовою точкою з'єднання. Під час грубої настройки (при включенні обох батарей), яка здійснюється змінним резистором RP4, в певному його положенні відбувається зрив звукового сигналу, тоді як при точній настройці змінним резистором RP3 повинна відбуватися плавна зміна сигналу поблизу цього положення. Якщо ці умови виконуються, приступають до установки резисторів R6-R15, конденсаторів C6-C11, діода VD3 і мікросхем D1 та D2.

Включивши джерело живлення, спочатку перевіряють наявність сигналу на виході мікросхеми D1 (вивід 6). Він не повинен перевищувати половину напруги джерела живлення (приблизно 6 В). Напруга на конденсаторі C9 повинна відповідати напрузі вихідного сигналу цієї мікросхеми, хоча наведення від мережі змінного струму можуть викликати невелике збільшення цієї напруги. На цьому попередня перевірка працездатності каскадів завершується.

2.4 Розробка конструкції приладу

Корпус складається з двох боковин 1 і 2, виготовлених з листового алюмінієвого сплаву товщиною 4 мм. У боковинах розміщені отвори з різьбленням М3 для кріплення гвинтів. На боковині 2 розташований роз'єм 9 для підключення кабелю датчика приладу. Внутрішня сторона боковини 2 містить контактну пелюстку корпусу приладу для підключення загальної шини електронної частини і екранів кабелів. Ця пелюстка затискається під гайку одного з гвинтів кріплення роз'єму 9. Метал боковини під контактною пелюсткою ретельно зачищається. Лицьова панель 3 має стрілочні прилади, потенціометри балансування і перемикач режимів роботи. Вона складається з

двошарової конструкції: зовнішній шар - фальшпанель з анодованого алюмінієвого листа товщиною 0,5 мм чорного кольору, а внутрішня панель - з листового стеклотекстоліту товщиною 2,5 мм. Задня панель 4 служить кришкою відсіку батарей живлення і кріпиться до різьбової втулки на перегородці 5. Її профіль у вигляді широкого швелера забезпечує міцне кріплення. Верхня і нижня кришки 7 є захисними елементами корпусу, виготовленими з листового алюмінієвого сплаву товщиною 1 мм. Всі частини корпусу кріпляться з використанням гвинтів М3х6 з хромованим покриттям для надійного і міцного кріплення. Додаткові різьбові отвори в боковинах дозволяють установити додаткову друкарську плату для складніших приладів. Деталі на друкарських платах розміщуються так, щоб не перешкоджати стрілочним мікроамперметрам і потенціометрам балансування. Гвинти кріплення забезпечують надійний електричний контакт і міцне з'єднання. Необхідно піддати всі алюмінієві деталі електрохімічній обробці для захисту від корозії. Остаточна перевірка і настройка трасошукача здійснюється після виготовлення котушок індуктивності.

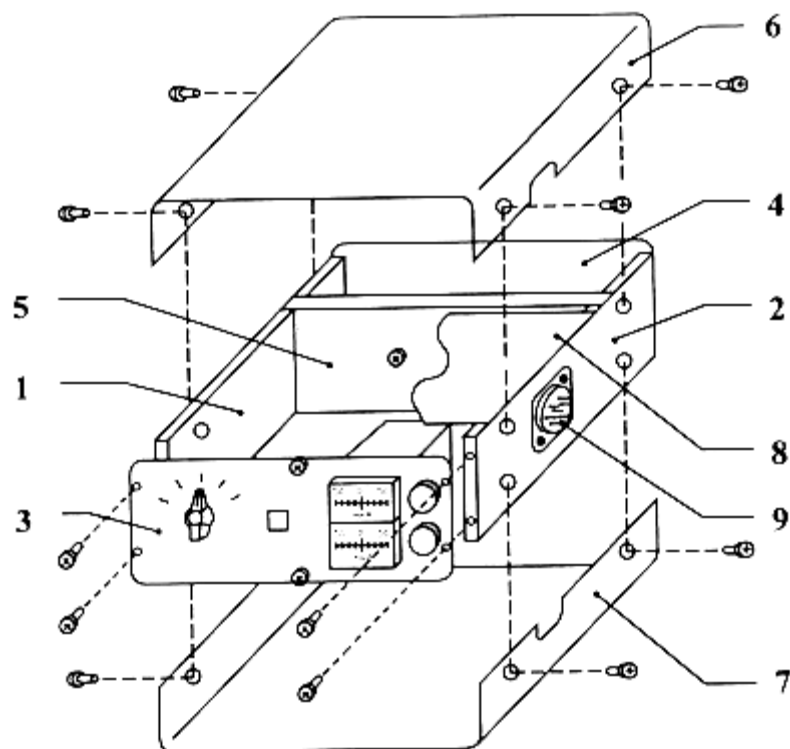


Рисунок 2.4 - Конструкція корпусу

2.5 Конструкція пошукових котушок приладу

Основні характеристики трасошукача в значній мірі залежать від котушок, тому їх виготовлення потребує особливої уваги. Котушки з однаковою формою і розмірами намотуються на D-образний контур, який складається зі штирів, закріплених на відповідному шматку плати.

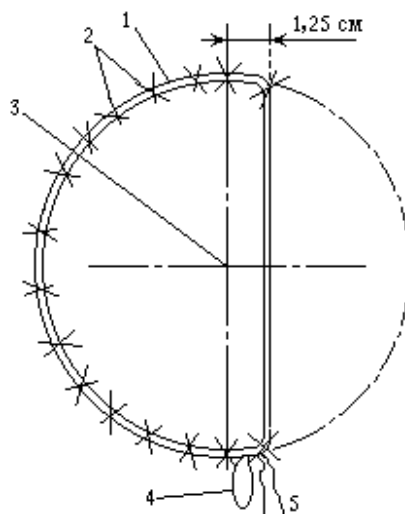


Рисунок 2.5 - Конструкція котушки

1 - розрив у екрануванні; 2 - передавальна котушка; 3 - гвинти фіксуючих затискачів; 4 – контур тарілки; 5 - кабель, що проходить через просвердлений в тарілці отвір; 6 - приймальна котушка

Кожна котушка складається з 180 витків емальованого мідного дроту діаметром 0,27 мм, з відведенням від 90-го витка. Перш ніж зняти котушки з штирів, їх в декількох місцях перев'язують. Потім кожна котушка обмотується міцною ниткою, щоб витки щільно прилягали один до одного. Завершується процес виготовлення передавальної котушки.

Приймальна котушка повинна бути забезпечена екраном. Її екранування забезпечується так: спочатку котушка обмотується дротом, а потім обкладається шаром алюмінієвої фольги, яка знову обмотується дротом. Така

подвійна обмотка гарантує хороший контакт з алюмінієвою фольгою. У обмотках дроту і в фользі повинен бути передбачений невеликий розрив або зазор, що перешкоджає утворенню замкнутого витка по колу котушки.

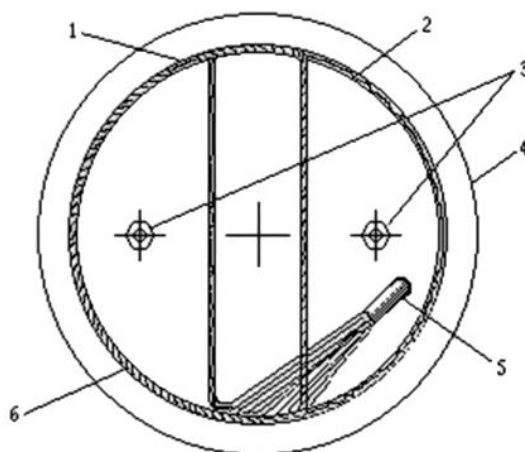


Рисунок 2.6 - Конструкція бази

1 – обмотки; 2 - штирі; 3 - центр кола діаметром 20 см; 4 – петля для центрального відведення; 5 - кінці котушок

Виготовлені таким чином котушки закріплюються за допомогою затисків по краях пластмасової тарілки і під'єднуються до блоку управління за допомогою чотирижильного екранованого кабелю. Два центральні відведення і екран приймальної котушки під'єднуються до нульової шини через екрануючі дроти. Місце робочого положення котушок визначається або по вихідному сигналу детектора метала, який повинен бути мінімальним, або за свідченнями вимірювального приладу (вольтметра), підключеного безпосередньо до конденсатора С9. Напруга на конденсаторі повинна складати приблизно 6 В. Після цього зовнішні частини котушок приклеюються епоксидною смолою, а внутрішні, такі, що проходять через центр, залишаються незакріпленими, що дозволяє провести остаточну настройку.

Остаточна настройка полягає в установці незакріплених частин котушок в таке положення, при якому кабелі з кольорового металу викликають швидке збільшення вихідного сигналу, а решта предметів - його незначне зменшення. Якщо необхідний результат не досягається, необхідно поміняти місцями кінці однієї з котушок. Слід пам'ятати, що остаточна настройка або підгонка котушок повинні проводитися за відсутності металевих предметів.

Після установки і міцного закріплення катушки покривають шаром епоксидної смоли, потім на них накладається склоткань і все це герметизується епоксидною смолою. Після виготовлення головки шукача в схему вбудовується конденсатор С5, змінний резистор RP1 встановлюється в середнє положення, а змінний резистор RP2 настраюється на мінімум вихідного сигналу. При цьому по одну сторону середнього положення змінний резистор RP1 забезпечує розпізнавання сталевих предметів, а по іншу сторону - предметів з кольорового металу. Слід мати на увазі, що при кожній зміні номінального значення опору змінного резистора RP1 необхідно проводити повторну настройку пристрою.

3.МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СХЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНОГО ПРИЛАДА

3.1 Моделювання роботи схеми приладу

Виконаємо моделювання роботи частини схеми та аналіз її характеристик каскаду підсилення з автоматичним регулюванням підсилення у відповідності до завдання.

Метою моделювання є представлення аналізу схеми моделюючого продукту.

Схема дослідження подана на рисунку 3.1. . Моделювання виконаємо за допомогою навчальної версії програмного продукту Multisim 14.1

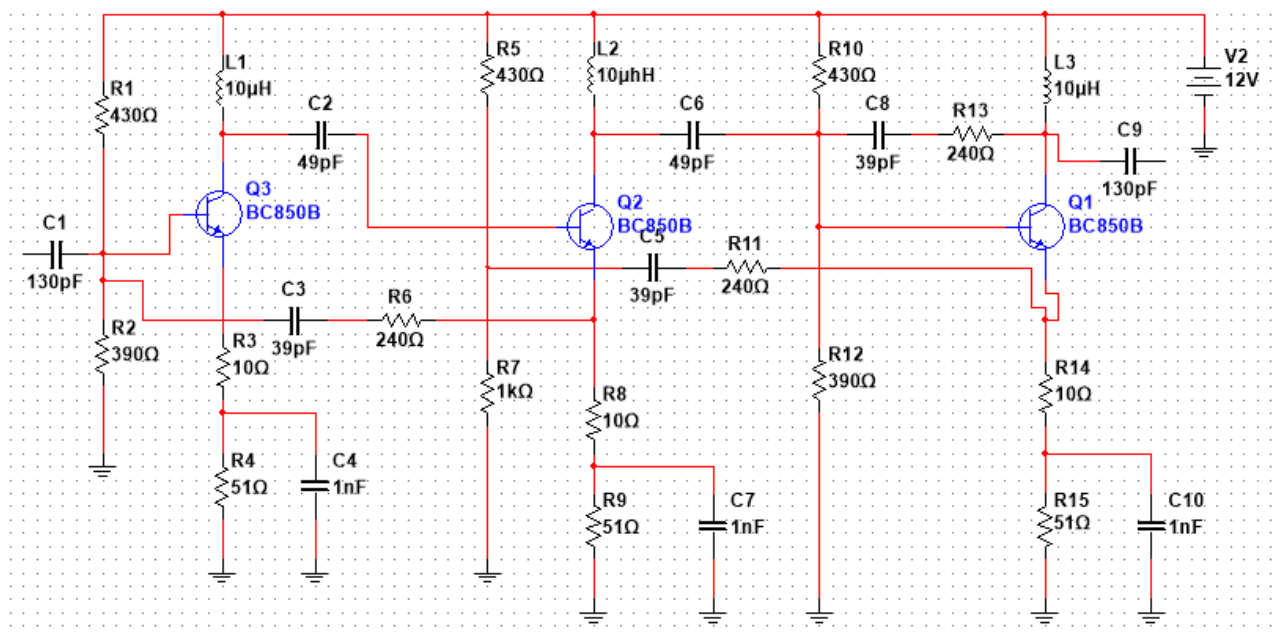


Рисунок 3.1 - Принципова електрична схема для моделювання
в програмному продукті Multisim 14.1

Спершу ми задаємо вихідні параметри функціонального генератора для моделювання. Враховуючи те що ми маємо хороший трьох каскадний

підсилювач BC850B виставляємо амплітуду 100nVp, і це означає що даний підсилювач може працювати з мікросигналами.

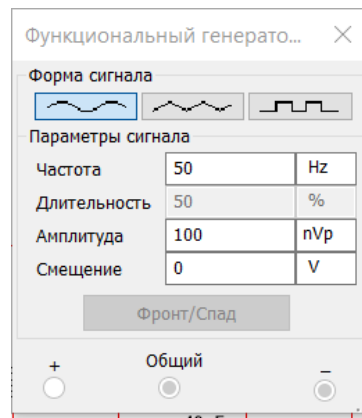


Рисунок 3.2 - Вихідні параметри функціонального генератора для моделювання.

Схему підключення приладів до підсилювача показано на рисунку 2.14.

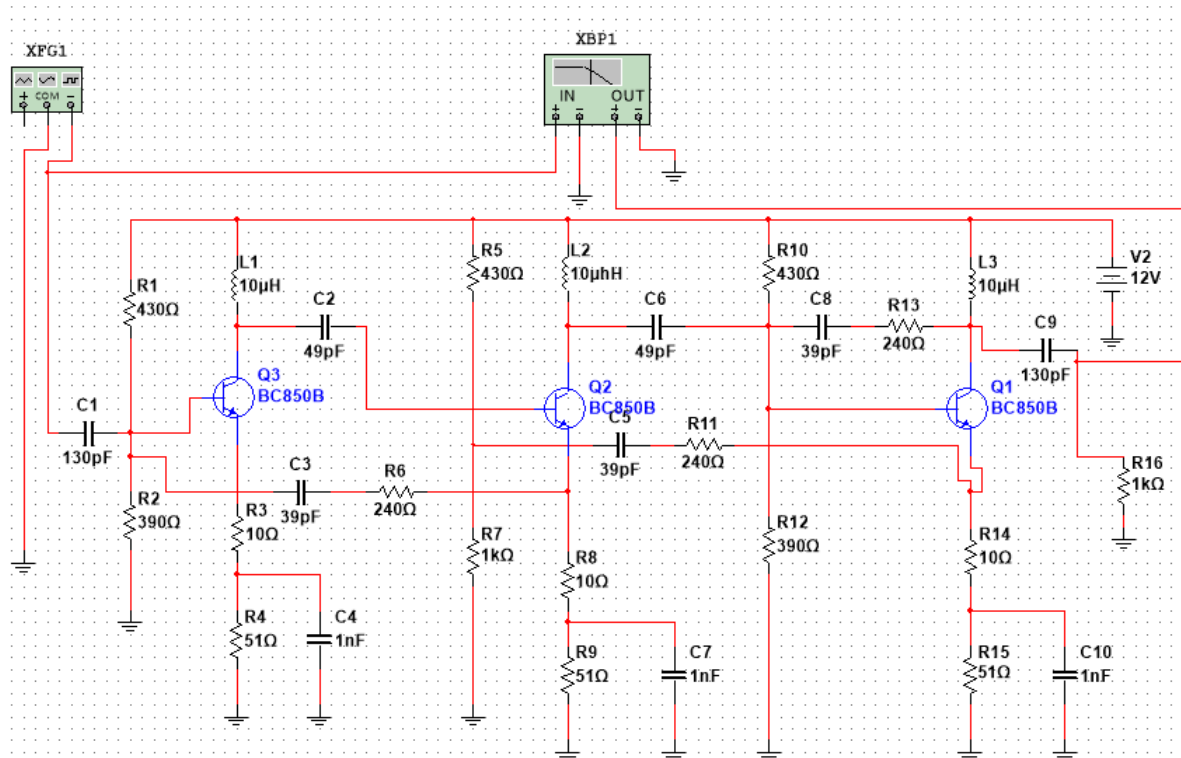


Рисунок 3.3 - Схему підключення приладів до підсилювача для аналізу частотних характеристик

АЧХ робимо з кроком в 1 МГц. Максимум підсилення характеристики виставляємо в 50 dB, а мінімум ставимо 0 тому що саме тоді починається підсилення.

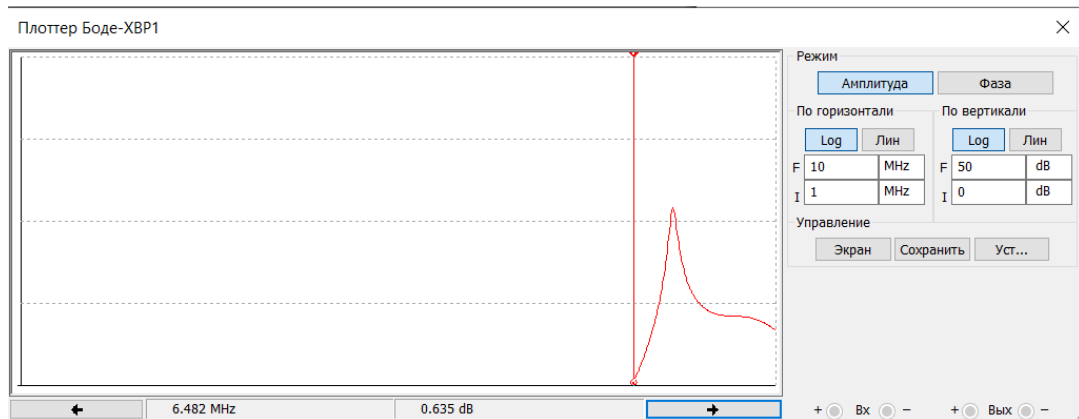


Рисунок 3.4 - Аналіз частотних характеристик

Проаналізувавши АЧХ дізнаємося, що підсилення з 0 dB починається з частоти 6,482 МГц, максимум підсилення 27dB на частоті 7,3 МГц, а потім підсилення падає до середнього значення яке варіюється около 10dB.

Далі досліджуємо фазочастотну характеристику. Зсув фаз в нас відбувається на частоті 7,3 МГц так само як і максимум підсилення, що є нормою.

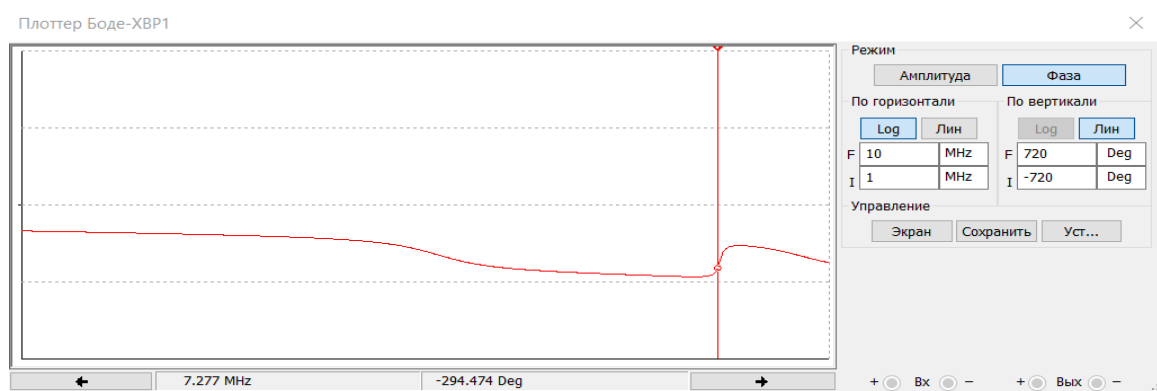


Рисунок 3.5 - Аналіз фазових характеристик

Підєднуємо до нашого пристрою осцилограф і запускаємо моделювання. На рисунку 3.6. ми спостерігаємо, що в нас починається накопичення даних моделювання схеми, тому нам здається що вихідного сигналу немає. Це недолік Multisim 14.1. програма не може одразу змодельовати схему.

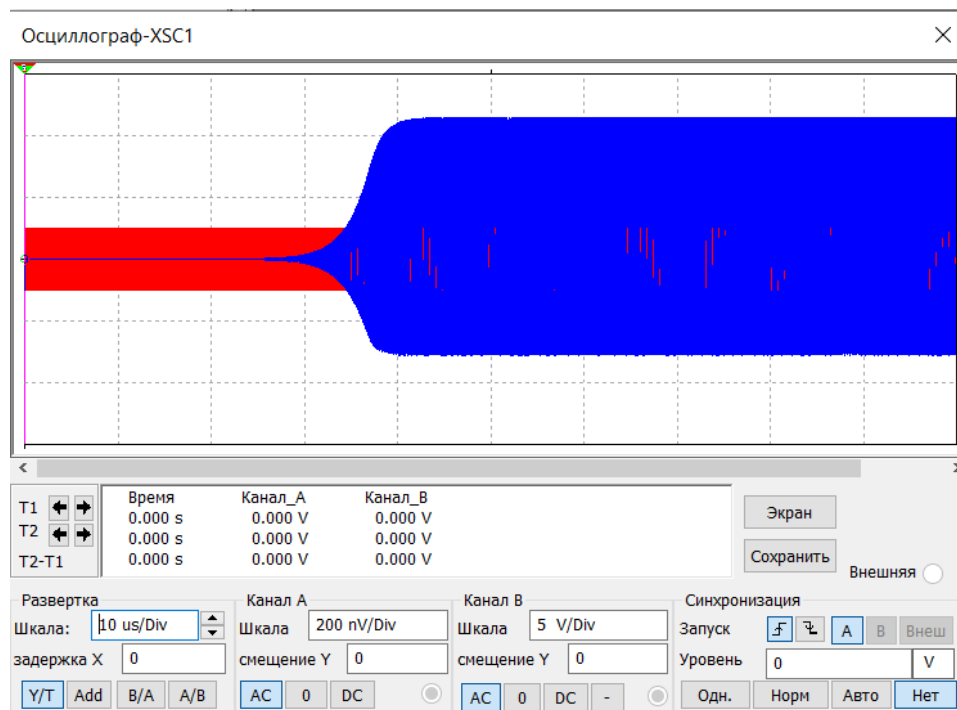


Рисунок 3.6 - Осцилограма з шкалою розгортки в 10 us/Div

Не враховуючи затримки програми ми бачимо що наш пристрій працює відмінно. Вхідний (червоний) і вихідний (синій) сигнали є синхронними не спотвореними. Збільшуючи величину нашого живлення дізнаємося що пристрій працює нормально при живленні до 27 V.

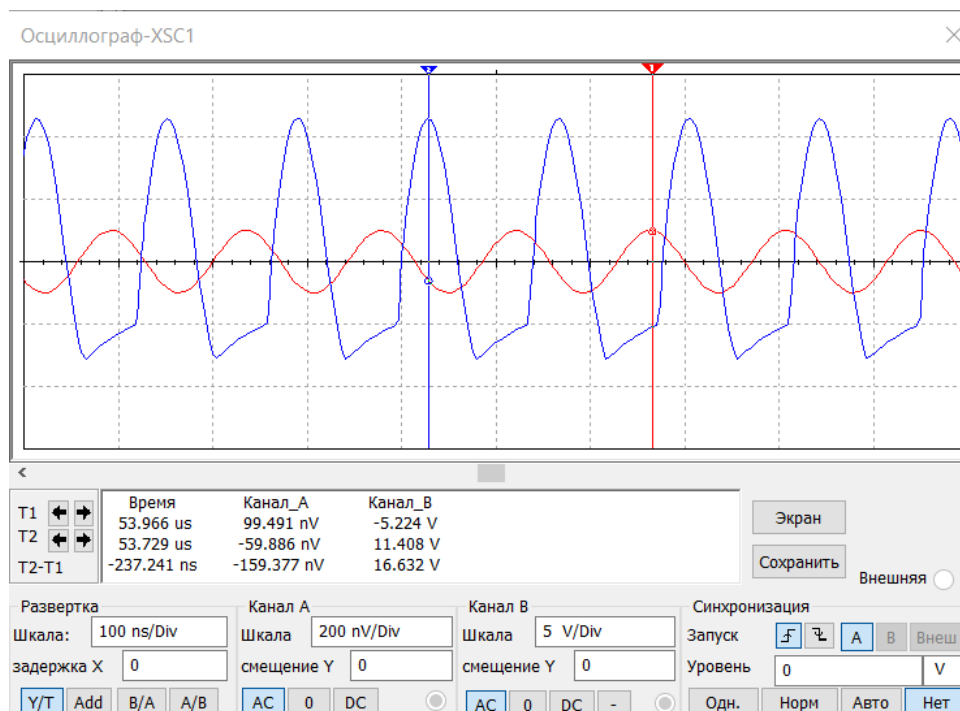


Рисунок 3.7 - Осциллограмма моделирующего проекта

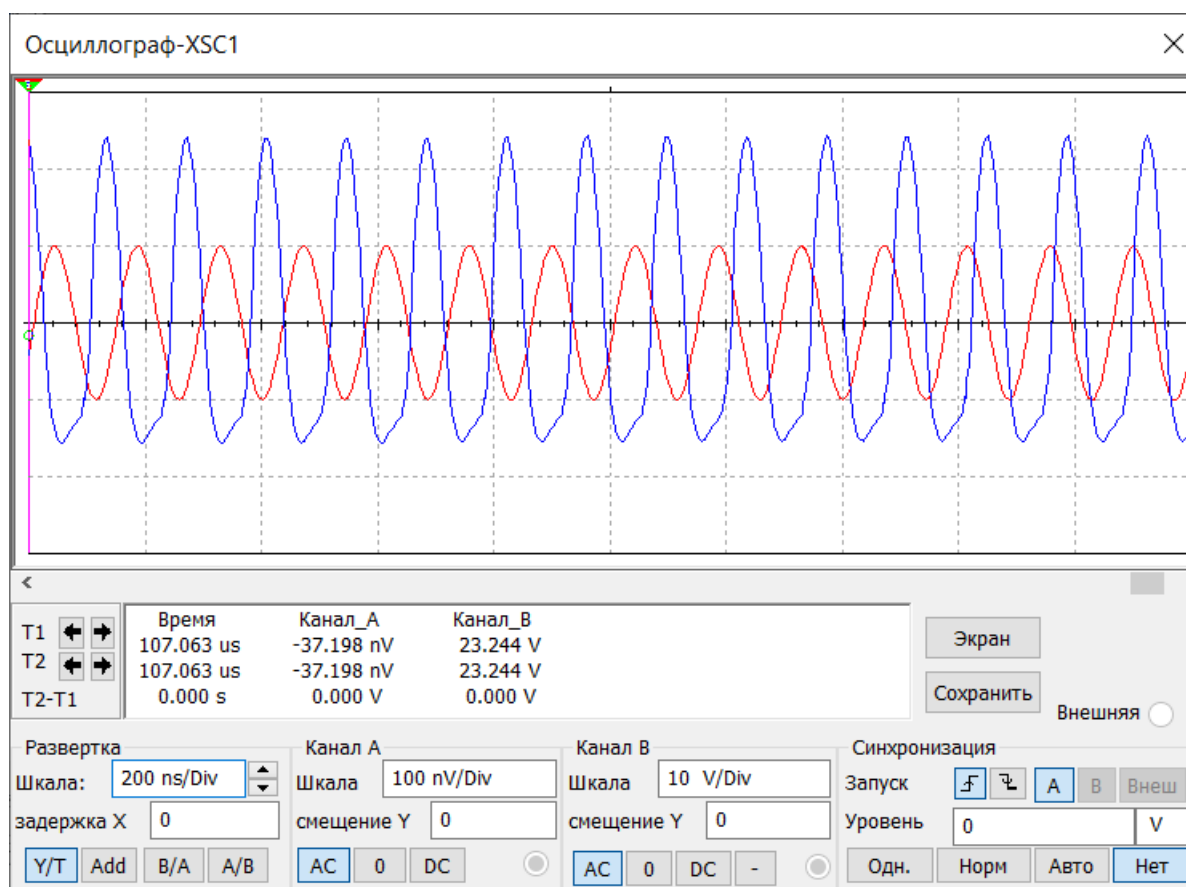


Рисунок 3.8 - Осциллограмма моделирующего проекта де живления становить 28V

4.ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Дослідження радіоелектронного пристрою для пошуку трас кабельних ліній відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника, згідно [7], могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; недостатня освітленість робочої зони; відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до [8].

Основні засоби для забезпечення безпеки під час роботи за комп'ютером включають:

Ергономічне крісло: Використання крісла з підтримкою спини, регульованою висотою і нахилом сприяє зменшенню навантаження на спину та уникненню дискомфорту.

Антибліковий екран: Встановлення монітора з антибліковим покриттям або застосування фільтрів допомагає зменшити відблиски та поліпшити комфорт зору.

Організація робочого місця: Забезпечення достатнього освітлення, правильного розташування обладнання і достатнього простору для рук і ніг сприяє уникненню напруги та травм.

Регулярні перерви: Важливість коротких перерв у роботі полягає у зменшенні навантаження на очі та м'язи, підтримці кровообігу і загальному благополуччі.

Оновлення програмного забезпечення: Постійне оновлення програм та захист від вірусів допомагає зберегти дані в безпеці і запобігти можливим загрозам безпеці.

Контроль перегріву: Застосування систем охолодження та розташування комп'ютера у добре провітрюваному місці запобігає перегріву і зберігає оптимальну роботу обладнання.

Ці заходи допомагають забезпечити безпеку та комфорт під час роботи за комп'ютером, підвищують продуктивність та зберігають здоров'я користувача. Для забезпечення безпеки використання електронного обладнання, такого як комп'ютери, у приміщеннях з робочими місцями необхідно мати відповідні технічні заходи, які захищають обладнання від потенційних ризиків електричної небезпеки та забезпечують безпеку користувачів ПК. [9].

Категорія приміщення з електробезпеки – без підвищеної небезпеки, згідно [10].

Приміщення, де розміщені робочі місця користувачів комп'ютерів, повинні мати належні технічні засоби для забезпечення електробезпеки обладнання та захисту користувачів від можливих уражень електричним струмом. Це стосується як ПК та його периферійних пристроїв, так і обладнання для їх обслуговування, ремонту та налагодження, а також іншого устаткування, такого як апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади та світильники. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі важливо запобігати виникненню електричних загорянь через коротке замикання та перевантаження проводів. Також слід обмежувати використання проводів з легкозаймистою ізоляцією і, якщо можливо, переходити на негорючу ізоляцію.

До вимог безпеки перед початком роботи належить:

- Увімкнути систему кондиціонування в приміщенні.

- Перевірити надійність кріплення апаратури на робочому столі та правильне розташування монітора для зручного перегляду екрану.
- Перевірити загальний стан апаратури та електропроводки, забезпечити справність всіх з'єднань та правильне заземлення захисного екрана.
- Налаштувати освітленість робочого місця та висоту крісла для зручності користувача.
- Приєднати необхідну апаратуру до системного блоку та перевірити всі кабелі перед ввімкненням.

Під час виконання роботи важливо дотримуватися таких правил:

- Стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі та уникати її хитання.
- Забезпечити вільну поверхню столу для переміщення миші та зручний упор для ліктьового суглоба.
- Утримуватися від сторонніх розмов та подразнюючих шумів.
- Регулярно при вимкненому комп'ютері прибирати пил з апаратури, використовуючи ледь змочену мильним розчином бавовняну ганчірку.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Робота, яка виконується дослідником радіоелектронного пристрою для пошуку трас кабельних ліній, згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [11]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.4.1 (відповідно до [12]).

Таблиця 4.1 - Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення відповідних нормативам параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено наступні заходи: система опалення, кондиціонування повітря та регулярне вологе прибирання.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється дослідження радіоелектронного пристрою для пошуку трас кабельних ліній можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.4.3).

Таблиця 4.3 - Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	п+	п-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення комфортних умов використовуються різні підходи, включаючи організаційні методи, такі як раціональна організація робочого часу в залежності від сезону та доби, а також чергування між працею і відпочинком. Також використовуються технічні засоби, такі як системи вентиляції, кондиціонування повітря та опалювальні системи.

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях відіграє важливу роль у впливі на працівників, охоплюючи їх емоційний стан, працездатність, мотивацію, продуктивність і безпеку праці.

Рівень освітлення на робочих місцях має вирішальне значення для гостроти зору, тривалості ясного бачення, контрастної чутливості і здатності розрізняти об'єкти на різних відстанях. Нормальна гострота зору, що дозволяє розрізняти дрібні предмети, зазвичай досягається при освітленні від 50 до 70 лк. Для досягнення максимальної чіткості бачення дрібних предметів необхідна освітленість в межах 600-1000 лк.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 4.4 (відповідно [8]):

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий

Таблиця 4.5 - Норми освітленості в приміщенні

Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи: Регулярне очищення скла від бруду проводиться не рідше двох разів на рік. Систему природного освітлення доповнює загальне штучне освітлення, створене за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум

Шум - це звуки, які негативно впливають на людину, перешкоджаючи їй працювати або відпочивати. Ступінь цього впливу залежить від характеру та

рівня шуму, тривалості його впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтверджують, що шум є загальнофізіологічним подразником, який у певних умовах може впливати на багато органів та систем організму людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в [13]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення прийнятних рівнів шуму рекомендується використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановлювати пластикові вікна, які мають високу звукоізоляцію.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Під час використання комп'ютерів (ПК) на робочому місці працівника виникає підвищений рівень електромагнітного випромінювання, яке може мати негативний вплив на здоров'я. Тривала експозиція низькочастотним полям біля ПК може призвести до порушень фізіологічних процесів у людини. Електромагнітні поля можуть викликати термічний і морфологічний вплив на організм, що призводить до функціональних змін.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	20кВ / м
для дорослих користувачів	
для дітей дошкільних установ і що вчатьс середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для зниження негативного впливу цих типів випромінювання можна рекомендувати використання екранних фільтрів на моніторах, які допомагають зменшити відбиття та блакитне світло, що може впливати на очі працівників. Крім того, регулярні перерви під час роботи за ПК та належне провітрювання приміщень також можуть сприяти зменшенню негативних наслідків впливу електромагнітного випромінювання.

4.3 Пожежна безпека

Мета забезпечення пожежної безпеки на об'єкті полягає в уникненні виникнення пожежі згідно з чинними нормативами та, у разі виникнення

пожежі, в обмеженні її поширення, оперативному виявленні та ліквідації, а також у захисті життя та майна.

В приміщенні, де виконувалося дослідження радіоелектронного пристрою для пошуку трас кабельних ліній використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д». Пожежну небезпеку несуть у собі лише кабельні електропроводки до обладнання, що є припустимим для даної категорії приміщень [14].

За вогнестійкістю приміщення відноситься до другої категорії згідно з [14].

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система попередження пожежі складається з комплексу організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на усунення можливих причин виникнення пожежі.

Основні можливі причини пожежі в приміщенні, де здійснюється робота, включають:

- несправність електропроводки, така як іскри, перегрів провідників, або пересихання електроізоляційних матеріалів;
- використання електро побутових пристроїв, наприклад, електрочайники, або потрапляння вологи на працюючі електроагрегати;
- залишення без нагляду увімкнутих комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання виникненню пожежі рекомендується вживати такі заходи:

- призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку приміщення;
- щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів та навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, відповідальними за пожежну безпеку;

- регулярне утримання засобів протипожежного захисту в справному стані;
- своєчасне повідомлення про будь-яку несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання та іншого обладнання.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту включає у себе організаційні заходи та технічні засоби, які спрямовані на уникнення небезпечних ситуацій у разі пожежі та зменшення матеріальних та людських втрат. У разі виникнення пожежі в приміщенні передбачено наявність переносного вогнегасника з вуглекислим газом типу ОУ-5, який відповідає стандартам безпеки. Доступ до засобів первинного пожежогасіння та відключення електроприладів забезпечений. Повітряний інтервал між корпусом і сусіднім будинком становить 15 метрів, що відповідає вимогам. У приміщенні існує 6 шляхів евакуації для людей, а ширина коридорів і дверей відповідає нормативам. На стінах коридору розташовані схеми евакуації для нагадування про процедури в разі пожежі.

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі було розглянуто та розроблено радіоелектронний пристрій для пошуку трас кабельних ліній. Проведене дослідження охоплювало різні аспекти розробки, включаючи класифікацію приладів, роботу передавача та приймача, методи дискримінації сигналу та відстройки від завад, а також динамічні та статичні режими роботи пристрою. Було визначено, що мікропроцесорне управління є ключовим елементом для забезпечення високої точності та надійності роботи пристрою. Також були розглянуті методи роботи з імпульсною індукцією, які дозволяють підвищити ефективність пошуку трас.

Особливу увагу було приділено дискримінації сигналів та відстройці від матеріалу об'єкту, що дозволяє зменшити вплив сторонніх завад та підвищити точність визначення розташування кабельних ліній. Автоматична і ручна настройка приладу, а також аудіо контроль, забезпечують зручність та простоту у використанні пристрою.

Було описано будову та принципи дії схеми приладу, а також змодельовано даний пристрій в продукті Multisim 14.1. Після цього виконано порівняння розробленого пристрою з аналогом та прототипом.

Також в роботі було розглянуто розділ охорони праці, де було сплановано безпечне по всіх стандартах робоче місце.

Загалом, розроблений радіоелектронний пристрій для пошуку трас кабельних ліній має високий потенціал для практичного застосування в галузі будівництва та обслуговування кабельних мереж, забезпечуючи ефективний і точний пошук кабельних трас.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи радіоелектроніки : навчальний посібник / В. М. Кичак, Ю. В. Крушевський, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 368 с. ISBN-978-966-641-387-4
2. Методи визначення місця пошкодження кабелю - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.maksvel.com.ua/index.php/dovidnyk-elektryka/75-metody-vyznachennia-mistsia-poshkodzhennia-kabeliu>
3. Бачишин Б.Д. Б32 Інженерна геодезія : навч. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2020. – 196 с. ISBN 978-966-327-480-5
4. Шукач прихованого проведення ЛИС 100 - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.momm.com.ua/poiskovoe-oborudovanie/69-lis-m.html>
5. Пошук 410Д майстер - [Електронний ресурс] - <http://www.momm.com.ua/poiskovoe-oborudovanie/217-trasso-iskatel-poisk-410-master.html>
6. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: Посібник для студентів напряму підготовки 6.050901 "Радіотехніка" усіх форм навчання [Електронний ресурс] / Авт.-укл. С. В.Заболотній ; За ред. проф. Ю. Г. Леги ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с. ISBN 978-966-402-093-7.
7. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->
8. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

9. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php
10. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
11. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
12. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
13. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
15. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

РАДІОЕЛЕКТРОНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-206
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Палій П.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник: старший викладач каф. ІРТС

Пастушенко О.Л.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 р

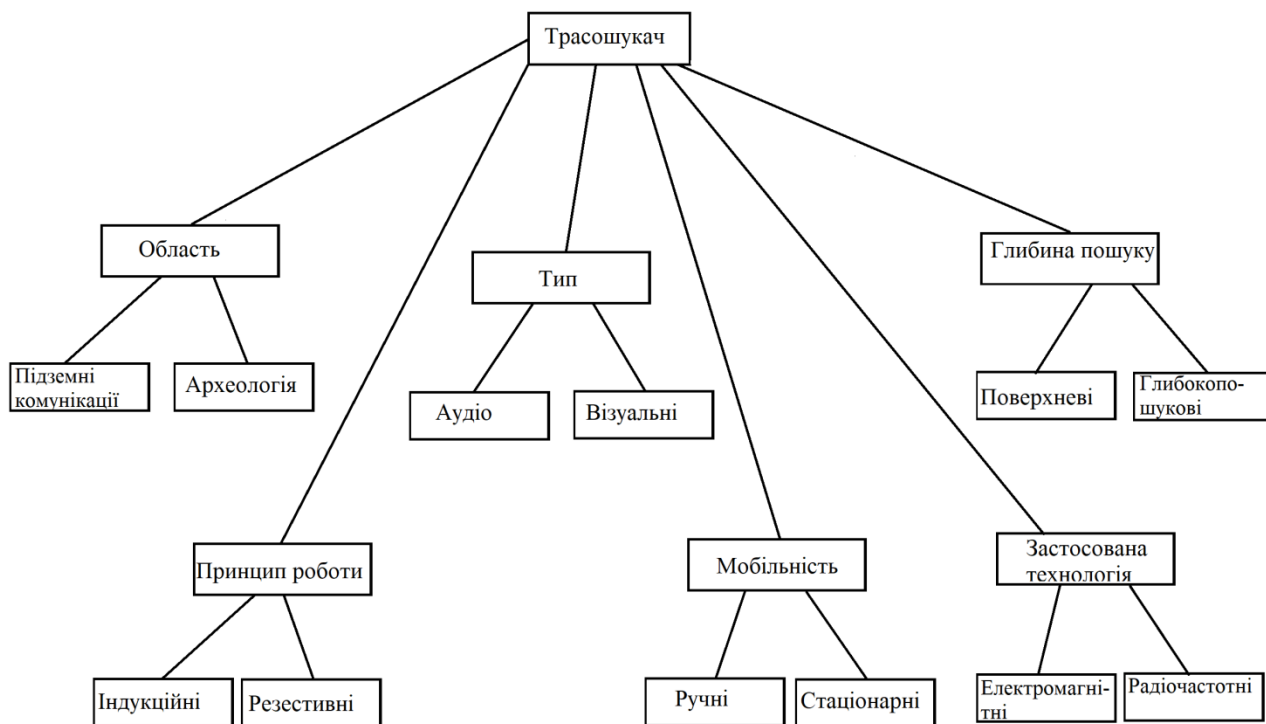


Рисунок 1 - Класифікація трасошукачів

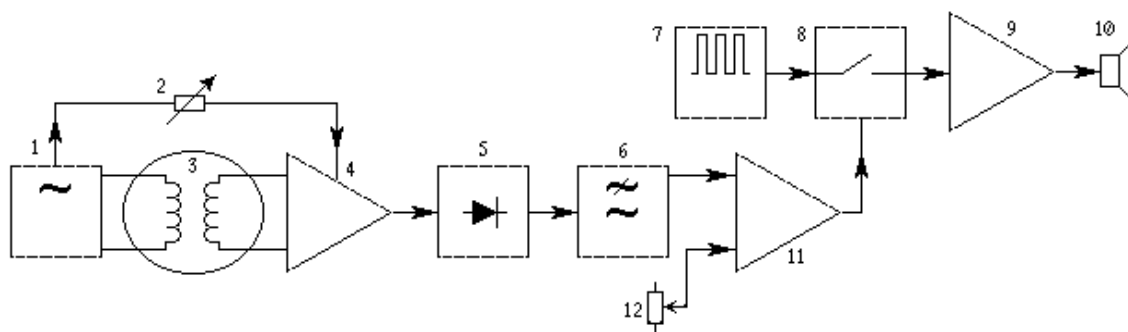


Рисунок 2 - Блок схема трасошукача

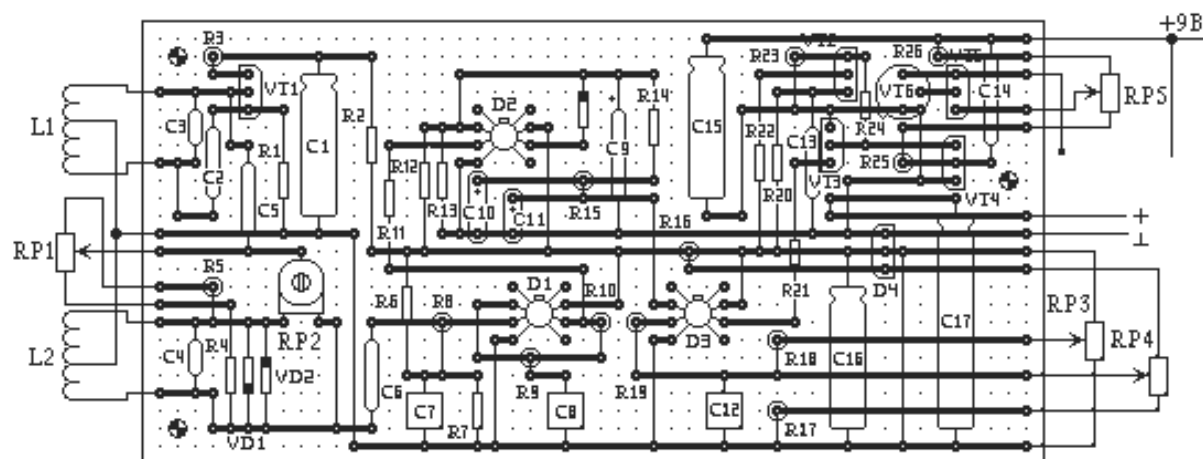


Рисунок 3 - Ескіз друкованої плати

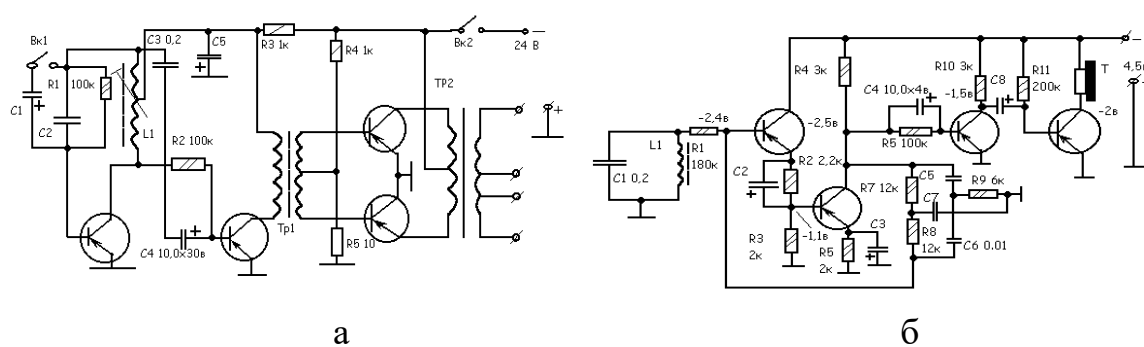


Рисунок 4 - Принципова електрична схема

а)генератор; б)приймач

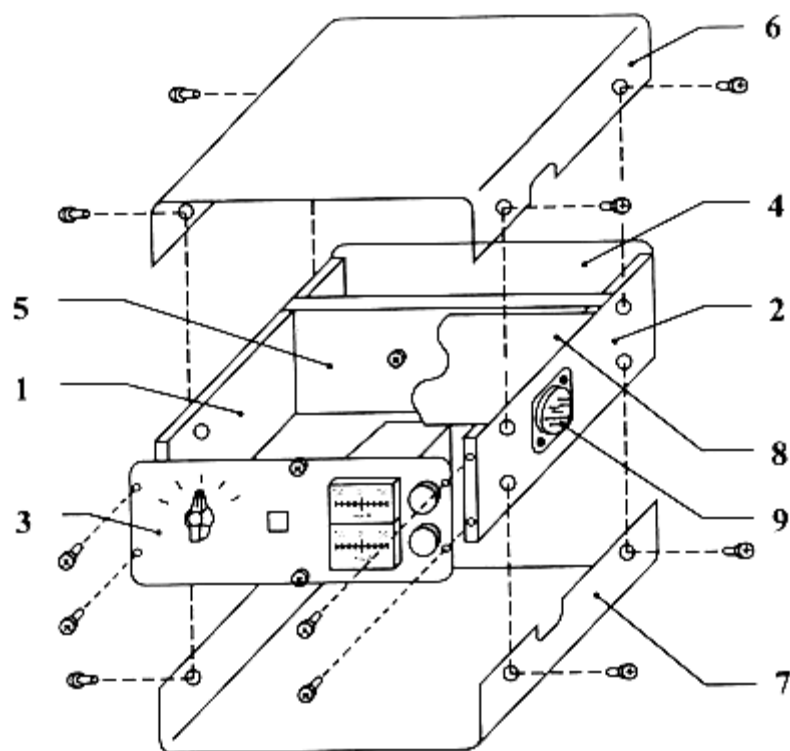


Рисунок 5 - Конструкція корпусу

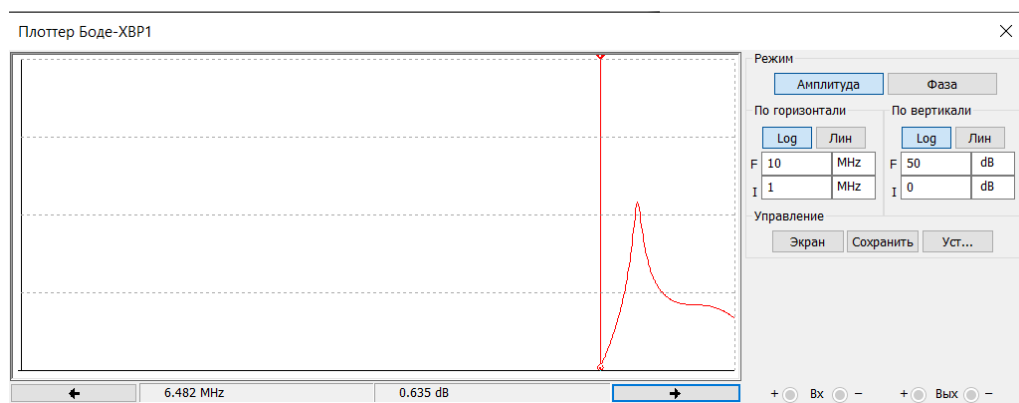


Рисунок 6 - Аналіз частотних характеристик

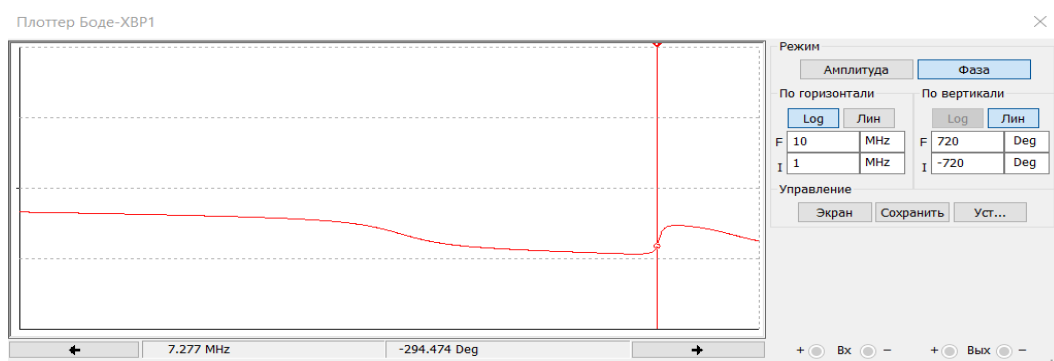


Рисунок 7 - Аналіз фазових характеристик

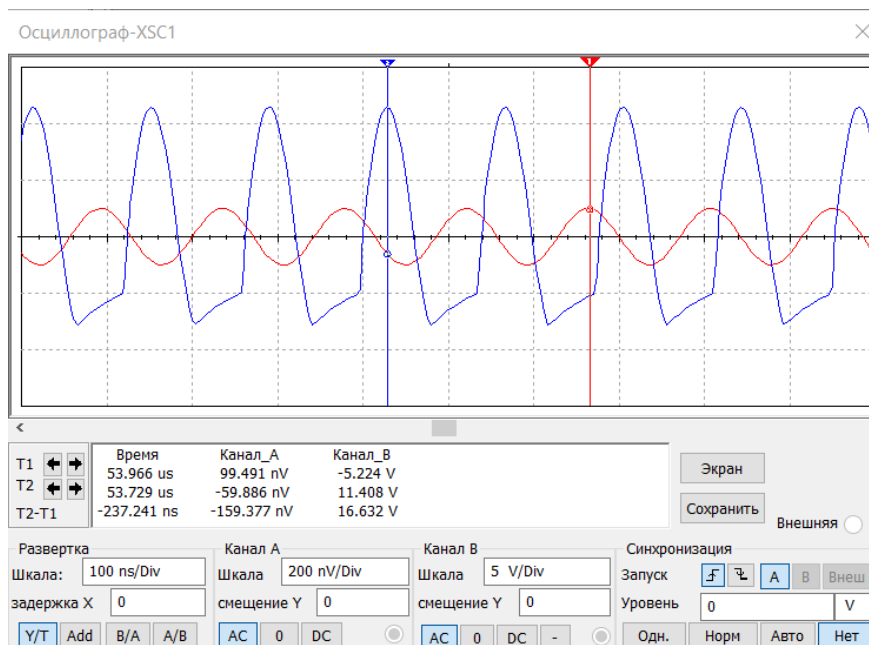


Рисунок 8 - Осциллограмма модельючого проекту

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ
РАДІОЕЛЕКТРОНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОШУКУ ТРАС
КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Радіоелектронний пристрій для пошуку трас кабельних ліній»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 95.34% Схожість 4.66%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Олександр ЗВЯГІН
(прізвище, ініціали)

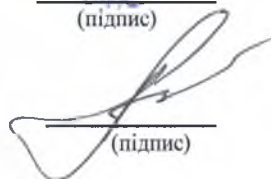
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Петро ПАЛІЙ
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ПАСТУШЕНКО
(прізвище, ініціали)