

ДВНЗ УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технічний факультет
Кафедра приладобудування

Завідувач кафедри
Чичура І.І.

«__» _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»

на тему:

Блок обробки сигналів портативного кабельного локатора

Виконав:

студент 4 курсу, групи АКІТ

Деренівський Б.В.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

ст. викл. Чичура І.І.

(вчене звання, ПІБ, посада)

_____ (підпис)

Ужгород - 2024

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 53 с., 35 рис., 6 додатків, 14 посилань.

Об'єкт проектування – пристрій для детектування прихованих електричних кабелів, з високою чутливістю та стійкістю до завад.

Пристрій розроблено для пошуку прихованих електричних кабелів. Запропонована схема є доволі простою та ефективною і забезпечує стабільну роботу навіть при наявності різноманітних завад та перешкод. Пристрій оснащено автоматичною системою корегування фільтра для забезпечення стабільної роботи.

ФАЗОШУКАЧ, ЕЛЕКТРИЧНІ КАБЕЛІ, КАБЕЛЬНИЙ ЛОКАТОР.

ABSTRACT

Explanatory note: 53 p., 35 figures, 6 appendices, 14 references.

The design object is a device for detecting hidden electric cables, with high sensitivity and resistance to interference.

The device is designed to find hidden electrical cables. The proposed scheme is quite simple and effective and ensures stable operation even in the presence of various disturbances and obstacles. The device is equipped with an automatic filter adjustment system to ensure stable operation.

PHASE DETECTOR, ELECTRIC CABLES, CABLE LOCATOR.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Огляд і аналіз аналогів об'єкта проектування	7
1.1 Огляд аналогів	9
1.2 Огляд схемотехнічних рішень фазошукачів	13
2. Розробка первинного вимірювального перетворювача фазошукача	16
2.1 Розрахунок смугового активного фільтра	18
2.2 Розрахунок антени портативного фазошукача	26
2.3 Розробка схеми технічного рішення для регулювання коефіцієнта підсилення частоти	32
3 Розробка електроніки пристрою	37
3.1 Побудова структурної схеми	38
3.2 Опис електрично принципової схеми	40
3.3 Опис елементної бази	41
4 Алгоритм роботи пристрою	45
Висновки	47
Перелік джерел посилань	48
Додатки.....	49

КРБ.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>
<i>Розроби</i>	<i>Деренівськи</i>			
<i>Перевір.</i>	<i>Чичура І.І.</i>			
<i>Н/контр</i>	<i>Тютюнников С</i>			
<i>Затверд</i>	<i>Чичура І.І.</i>			
Блок обробки сигналів портативного кабельного локатора Пояснювальна записка				
		<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
		v	5	53
УжНУ, ІТФ, Курс 4, група АКІТ				

ВСТУП

Сучасний розвиток електроніки дозволяє розробити велику кількість приладів для вирішення буденних потреб людства. Інтенсивний ріст виробництва, у наш час, спонукає до постійного зниження цін електронних компонентів, а ріст виробництва в цілому надає можливість знизити кінцеву вартість виробів. Прилади які раніше були доступні тільки для підприємств і фінансово заможних організацій зі зниженням цін знаходять нового покупця на ринку. Один із таких приладів це - портативний фазошукач .

Портативний фазошукач це прилад для пошуку проводки під напругою Його використовують при ремонтно-монтажних роботах, для виявлення безпечного місця при свердлильних операціях або для пошуку проводки з обривом.

Метою даної бакалаврської роботи є: огляд принципів роботи фазошукачів, знайомство з аналогами даного приладу та розрахунок первинного вимірюваного перетворювача фазошукача, огляд відомих схем аналогів, розробка структурної та електрично принципової схем блоку реєстрації сигналів для подальшої розробки приладу. Та побудова алгоритму роботи пристрою для його вдосконалення та автоматизації роботи.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

Принцип роботи фазошукача

Після огляду аналогів у продажі були знайдені наступні типи фазо шукачів :

1. Електромагнітні
2. Металошукачі
3. Комбіновані

Електромагнітні фазошукачі реагують на електромагнітне поле яке створює провідник з змінним струмом при номінальній напрузі 220 В.

Особливості роботи електростатичних фазошукачів :[2]

- Так як шукач реагує на певні електромагнітні поля, то дроти в стіні повинні перебувати під високою напругою, щоб їх можна було виявити.

- Під час роботи з приладом необхідно вибрати певний рівень чутливості, так як якщо він буде занадто низьким, то можуть з'явитися проблеми з виявленням проводів, які занадто глибоко знаходяться в стіні під штукатуркою. Якщо рівень буде занадто високим, то пристрій може помилково спрацьовувати.[3]

- Якщо в приміщенні стіни сирі або в них знаходиться безліч різних металевих конструкцій, то пошук проводки буде здійснити практично неможливо.

- Але з огляду на низьку вартість, легкість у використанні та ефективність такі пристрої використовуються навіть фахівцями електромонтером

- Рівень сигналу залежить від сили струму який протікає у шуканому провіднику

Металошукачі також використовують для пошуку проводки але найчастіше у вигляді комбінованих фазошукачів . Металошукачі в чистому вигляді нечасто використовуються в якості індикаторів проводки, тому що вони однаково реагують і на мідний дріт, і на металеву арматуру, і на цвяхи , тому і приладів таких не багато, але якщо і використовують то найчастіше імпульсного типу.

Імпульсні металошукачі - принцип роботи заснований на збудженні в зоні розташування металевого об'єкта імпульсних вихрових струмів і вимірі

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вторинного електромагнітного поля, яке наводять ці струми. В даному випадку, сигнал збурення передається в котушку датчика не постійно, а періодично, у вигляді імпульсів. У провідних об'єктах наводяться затухаючі вихрові струми, які збуджують згасаюче електромагнітне поле. Поле, в свою чергу, наводить в котушці датчика загасаючий струм. Відповідно, залежно від провідних властивостей і розміру об'єкта, сигнал змінює свою форму і тривалість.

Особливості роботи металошукачів:

- Можливість пошуку проводки без струму
- Неможливість точного пошуку проводки у стінах з великим вмістом металоконструкцій
- Менша глибина виявлення проводки (у порівнянні з електромагнітним фазошукачем).

Комбіновані фазошукачі це комбінація електромагнітного фазошукача з металошукачем . Такий тип приладів поєднує *плюси* металошукачів і електромагнітних фазошукачів . Але вони на порядок дорожчі за всіх інших типів фазошукачів .[1]

Особливості роботи комбінованих фазошукачів:

- Можливість пошуку проводки під напругою і без ;
- Можливість більш точного виявлення проводки використовуючи 2 типи пошуку ;

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Огляд аналогів

Одним із найрозповсюджених електромагнітних фазошукачів є :

Шукач прихованої проводки E121

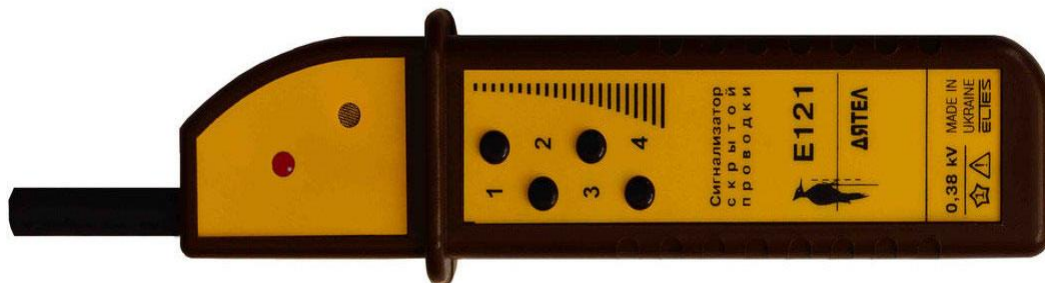


Рис 1.1 Шукач прихованої проводки E121 [1]

Призначення:

- перевірки правильності фазування побутових електролічильників без зняття пломби та захисної кришки;
- виявлення прихованої проводки;
- виявлення фазного проводу на ізольованих і неізольованих струмопровідних частинах електричних мереж змінного струму без безпосереднього зв'язку з цими частинами;
- перевірки справності запобіжників, плавких вставок, визначення обривів в проводах, що знаходяться під напругою;
- виявлення обладнання з обривом заземлення або занулення.

Сигналізатор забезпечує перевірку наявності напруги в ланцюгах змінного струму номінальною напругою 220В промислової частоти без електричного контакту з провідником. Має чотири діапазони чутливості до електричного поля, що створюється провідником. Сигналізатор видає світловий і звуковий сигнали при приміщенні антени сигналізатора на відстані від провідника вказаній у таблиці 1.1 [1]

Основні області застосування - при обслуговуванні електролічильників, електроустановок і електричних мереж.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Сигналізатор має режим самоконтролю, що полягає в тому, що при натисканні на кнопку будь-якого діапазону сигналізатор видає короткий звуковий і світловий сигнали.

Сила струму, споживаного сигналізатором від джерела живлення не більше 10 мА.

Таблиця 1.1[1]

Діапазон чутливості	Відстань кінчика антени до провідника, що знаходиться під напругою, мм
«1»	від 0 до (10 ± 5)
«2»	від 0 до (100 ± 50)
«3»	від 0 до (300 ± 150)
«4»	» від 0 до (700 ± 350)

Габаритні розміри сигналізатора - не більше 210 мм x 80 мм x 45 мм.

Маса сигналізатора - не більше 0,25 кг

Термін служби сигналізатора - не менше 10 років.

Даний фазошукач є широко поширений оскільки його ціна дуже низька (у порівнянні з іншими приладами). Але він має великий недолік – малу завадостійкість , тому в нього часто буває помилкові спрацювання.

Одним із найрозповсюджених металошукачем є:

Bosch PMD 7

Основні властивості:

Безпечно і надійне виявлення електричних кабелів і об'єктів виготовлених з металу;

Трибарвний LED-індикатор який може показати безпечно місце для свердління;

Зручне розташування в руці за допомогою простоти роботи з використанням усього однієї кнопки;

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичне калібрування;

Звуковий сигнал-попередження ;

Основні характеристики:

Максимальна глибина виявлення :

Залізисті метали: 70 мм ;

Кольорові метали: 60 мм ;

Електропроводка: 50 мм ;

Загальна тривалість роботи, ч: 5;

Автоматичне відключення після 10 хвилин в режимі очікування;

Батареї: 3 x AAA LR03 1.5 В Вага, кг: 0.1 ;

Максимальна глибина виявлення - 70 мм;

Живлення - 3 x 1.5 В LR03 (AAA). [8]



Рис.1.2 металошукач Bosch PMD 7 [8]

Одним із найрозповсюдженим комбінованим фазошукачем є:

Bosch GMS 120 Professional

Опис металошукача Bosch GMS 120:

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Детектор Bosch GMS 120 швидко і точно до міліметра допоможе знайти місцезнаходження прихованих в стіні, стелі, підлоги електропроводку, елементи з чорних і кольорових металів, дерев'яні конструкції.

Три режиму роботи для кращих результатів пошуку - метал для пошуку магнітних і немагнітних об'єктів незалежно від матеріалу стіни, струмопровідний кабель для визначення місцезнаходження проводки, гіпсокартон для виявлення дерев'яних і металевих елементів в гіпсокартонних плитах.

Дана модель визначає наявність сталі на глибині 120 мм, міді - 80 мм, електропроводки - 50 мм, деревини - 38 мм. [7]



Рис. 1.3 Bosch GMS 120 Professional [7]

Технічні особливості металошукача Bosch GMS 120:

Прилад розмірами 200x85x32 мм і вагою близько 270 г з інформативним дисплеєм працює на лужно-марганцевої батареїці 9 В 6LR61 до 5 годин.

Проста в управлінні модель з автоматичною калібруванням.

Шкала Center-Finder допомагає найбільш точно визначити центр об'єкта і властивості матеріалу.

Дисплей з підсвічуванням відображає шкалу точного пошуку, вид об'єкта (неметал, магнітний або немагнітний метал, проводка під напругою), центр виявленого елемента, температуру, заряд батареї.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Отвір для маркування зі світловим кільцем дає можливість відзначити місцезнаходження виявлених об'єктів.

Триколірне світлове кільце допомагає точно визначати об'єкти.

Автоматичне відключення спрацьовує через 5 хвилин бездіяльності приладу.

Даний прилад має значні переваги над розглянутими раніше . По-перше він в будь-якому режимі роботи визначає чи є проводка під напругою чи нема.

По-друге він має спеціальний отвір для маркування місця для свердління , який є дуже зручний . Але його найбільший недолік це висока ціна . [7]

1.2 Огляд схемотехнічних рішень фазошукачів

Для того щоб почати розробку принципової схеми фазошукача спочатку необхідно проаналізувати існуючі схеми подібних приладів та виявити їх переваги та недоліки. В Загалом існуючі схеми фазшукачів можна поділити на 3 типи за підсилюючим елементом :

1. Транзистор біполярний ;
2. Транзистор польовий;
3. Операційний підсилювач.

Серед безлічі принципових електричних схем найбільшого поширення набули схеми з польовим транзистором в якості підсилюючого елемента. Дятел E121 - це прилад який випускається промисловістю масово та є відомим у своїй сфері використання . Елементом підсилення в якому є польовий транзистор КП303.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Один з головних недоліків цього приладу, як і усіх фазошукачів з польовим або біполярним транзистором, це майже неможливість плавної зміни коефіцієнта підсилення. Неможливість зміни коефіцієнта підсилення приводить до того що використовувати цей прилад на практиці дуже незручно.

При великому рівні вхідного сигналу на антенні буде дуже важко виявити реальне положення проводки так як прилад буде сигналізувати про наявність проводки на великій відстані від проводки. І навпаки при малому рівні вхідного сигналу на антенні прилад може і не зреагувати на проводку .

Інший недолік схеми – це мала завадостійкість або реагування на всі електромагнітні поля навколо приладу. Це проявляється в тому, що прилад буде реагувати не тільки на проводку (220В 50Гц), а іще на інші електромагнітні поля ,яких в сучасному житті є дуже багато. Відомі випадки коли фазошукачі реагують на Wi-Fi роутер та інші пристрої з великим рівнем електромагнітного випромінення .

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ПЕРВИННОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ФАЗОШУКАЧА

Проаналізувавши існуючі типи фазошукачів та оглянувши аналоги було вирішено створювати первинний вимірюваний перетворювач (ПВП) фазошукача електромагнітного типу, з використанням операційного підсилювача але з деякою модифікацією. Модифікація полягає у додаванні до кола ПВП активного фільтра .

Активний фільтр — один з видів аналогових електронних фільтрів, в якому присутній один або декілька активних компонентів, наприклад транзистор або операційний підсилювач і якій потребує додаткового живлення (на відміну від пасивного) .

У активних фільтрах використовується принцип відділення елементів фільтру від решти електронних компонентів схеми. Часто буває необхідно, щоб вони не впливали на роботу фільтру.[5]

Існує декілька різних типів активних фільтрів, вони поділяються по виду частотної характеристики:

- Фільтр високих частот(ФВЧ) — не пропускає частоти нижче за частоту зрізу.
- Фільтр низьких частот(ФНЧ) — не пропускає частоти вище за частоту зрізу.
- Смуговий фільтр — не пропускає частоти вище і нижче за деяку смугу.
- Режекторний фільтр — не пропускає певну обмежену смугу частот.

Серед безлічі активних фільтрів окремо виділяють наступні фільтри з власними імпульсними характеристиками:

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Фільтри Бесселя
- Фільтри Чебишева
- Фільтри Баттерворта
- Еліптичні фільтри

Фільтр Бесселя - в електроніці та обробці сигналів один з найбільш поширених типів лінійних фільтрів, відмінною рисою якого є максимально гладка групова затримка (лінійна фазо-частотна характеристика). Їх групова затримка практично не змінюється по частотах смуги пропускання, внаслідок чого форма фільтрованого сигналу на виході такого фільтра в смугі пропускання зберігається практично незмінною. [5]

Фільтр Чебишева - один з типів лінійних аналогових чи цифрових фільтрів, відмінною особливістю якого є більш крутий спад амплітудно-частотною характеристики (АЧХ) та значні пульсації амплітудно-частотної характеристики на частотах смуг пропускання (фільтр Чебишева I роду) та придушення (фільтр Чебишева II роду), чим у фільтрів інших типів. Фільтр отримав назву в честь відомого російського математика XIX століття Пафнутія Львовича Чебишева, так як характеристики цього фільтра ґрунтуються на многочленах Чебишева. Фільтри Чебишева зазвичай використовуються там, де необхідно з допомогою фільтра невеликого порядку забезпечити необхідні характеристики АЧХ, в особливості, хороше придушення частот з смуги придушення, та при цьому гладкість АЧХ на частотах смуг пропускання та придушення не є важлива. Дані фільтри дуже чутливі до якості компонентів але для побудови потребують меншу кількість кроків. [5]

Фільтр Баттерворта - один з типів електронних фільтрів. Фільтри цього класу відрізняються від інших методом проектування. Фільтр Баттерворта проектується так, щоб його амплітудно-частотна характеристика була максимально гладкою на частотах смуг пропускання. Подібні фільтри були вперше описані британським

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

інженером Стефаном Баттерворта (англ.) Укр. в статті «Про теорії фільтруючих підсилювачів» (англ. On the Theory of Filter Amplifiers), в журналі Wireless Engineer в 1930 році. [5]

Для фазошукача був обраний смуговий фільтр Бесселя тому що в нього є наступні переваги:

- Найменша групова та фазова затримка
- Прийнятна перехідна характеристика
- Нечутливість до заміни компонентів

Фільтр Бесселя відрізняється від інших описаних вище фільтрів тим, що має хорошу фазочастотну характеристику. Сигнал який проходить через фільтр не змінить своєї форми, якщо всі гармоніки сигналу будуть затримуватися в фільтрі на один і той же час. Оскільки фазовий зсув вимірюється в частках періоду, що розглядається гармоніки, то стала часу затримки рівносильна лінійної частотної залежності фазового зсуву сигналів фільтри. Фільтр Бесселя забезпечує найкраще наближення реальної ФЧХ до ідеальної лінійної залежності. [5]

Принцип обрахунку активного фільтра полягає в наступному :

1. Знаходження або вивід передаточної функції (передаточні функції для НЧ фільтрів знаходяться у таблицях, для всіх інших типів фільтрів передаточні функції виводяться по певним формулам з передаточних функцій НЧ фільтрів) ;
2. Після обрахунку передаточної функції відокремлення сталих часу ;
3. Обрахунок номіналів резисторів і конденсаторів по певним формулам використовуючи сталі часу та підбір початкових номіналів резисторів та конденсаторів (від яких рахуються інші номінали);

Після знаходження принципу обрахунку активного фільтру було видно що ручний обрахунок дуже важкий і громісткий. Тому було вирішено

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати прикладну програму для цього обрахунку ,а саме Analog filter wizard.Данна програма була обрана тому що має наступні переваги: зручний інтерфейс (зменшує час на виконання роботи),вона є загальнодоступна , одразу пропонує готовий приклад схеми з переліком компонентів та її кресленнями .

2.1 Розрахунок смугового активного фільтра

Для розрахунку смугового фільтру Бесселя була використана програма ANALOG filter wizard. Данна програма обраховує та генерує варіанти активних фільтрів при вводі наступних параметрів :

1. Тип частотної характеристики (ФНЧ або ФВЧ або смуговий)
2. Смуга пропускання (ширина , рівень підсилення)
3. Смуга відсікання (ширина, рівень згасання)
4. Центр смуги пропускання .
5. Тип імпульсної характеристики

Ввівши необхідні данні програма генерує готову електронну принципову схему з повністю розписаними характеристиками :

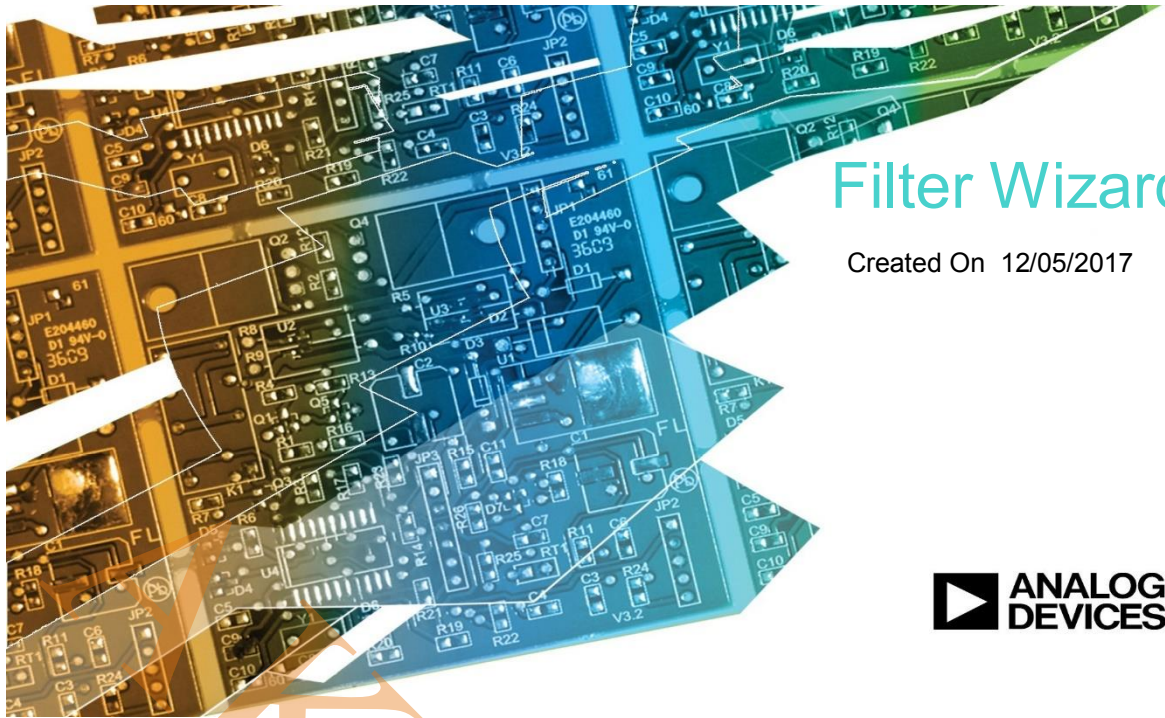
- Електричне коло
- Фазо-частотна характеристика
- Залежність внутрішнього опору від частоти
- Залежність підсилення від частоти
- Залежність групова затримка від частоти
- Шумова характеристика

Вхідні данні :

- Тип фільтра: смуговий;
- Смуга пропускання :ширина – 1 Гц рівень підсилення – 40 дБ; центр смуги – 50 Гц;
- Смуга відсікання : ширина 50 Гц ; рівень згасання – -40 дБ ;
- Тип імпульсної характеристики : фільтр Бесселя ;

Далі буде наведений звіт з програми Analog filter wizard

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Filter Wizard

Created On 12/05/2017



Filter Wizard Design Report

Filter Requirements for Band-Pass, 4th order Bessel

Specifications: Optimize for Power, $+V_s=5$, $-V_s=-5$

Gain: 40 dB

Passband: -3dB at 1Hz

Stopband: -40dB at 50Hz Component Tolerances: Capacitor = 5%; Resistor = 1%; Inductor = 5%; Op Amp GBW = 20% BOM: refer to BOM.csv file

					КБР.АКИТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

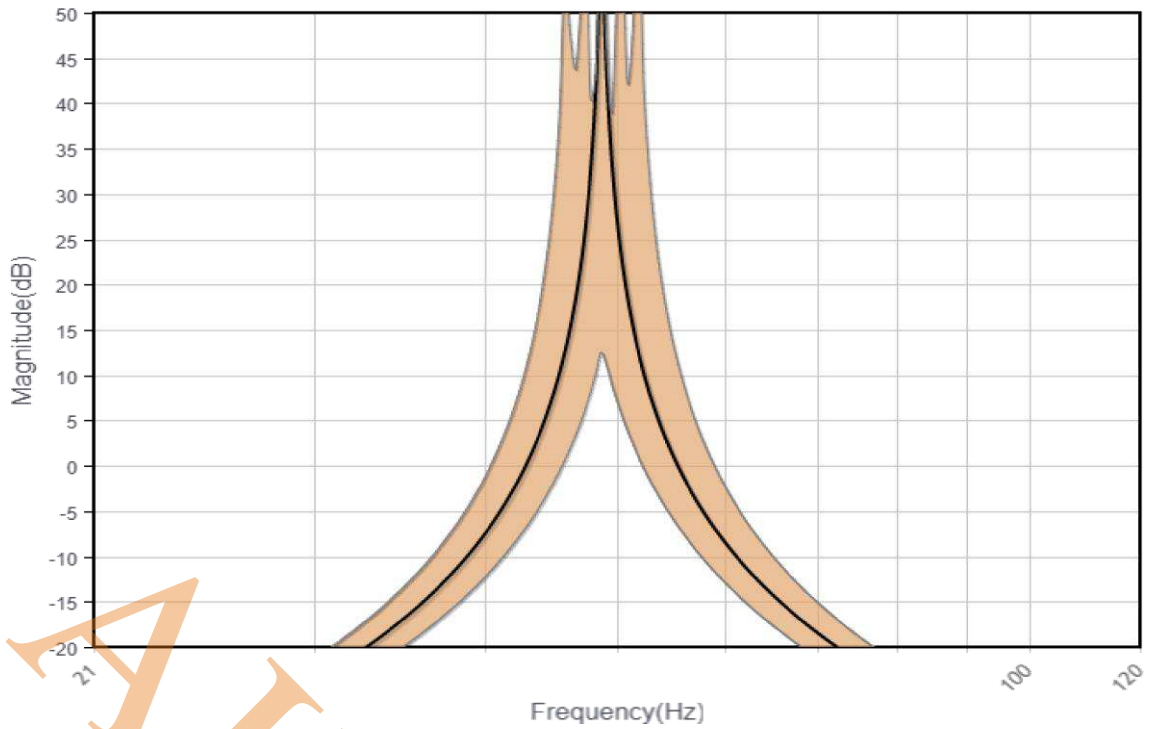


Рис.2.1 Залежність коефіцієнту підсилення від частоти вхідного сигналу (у Дб) [4]

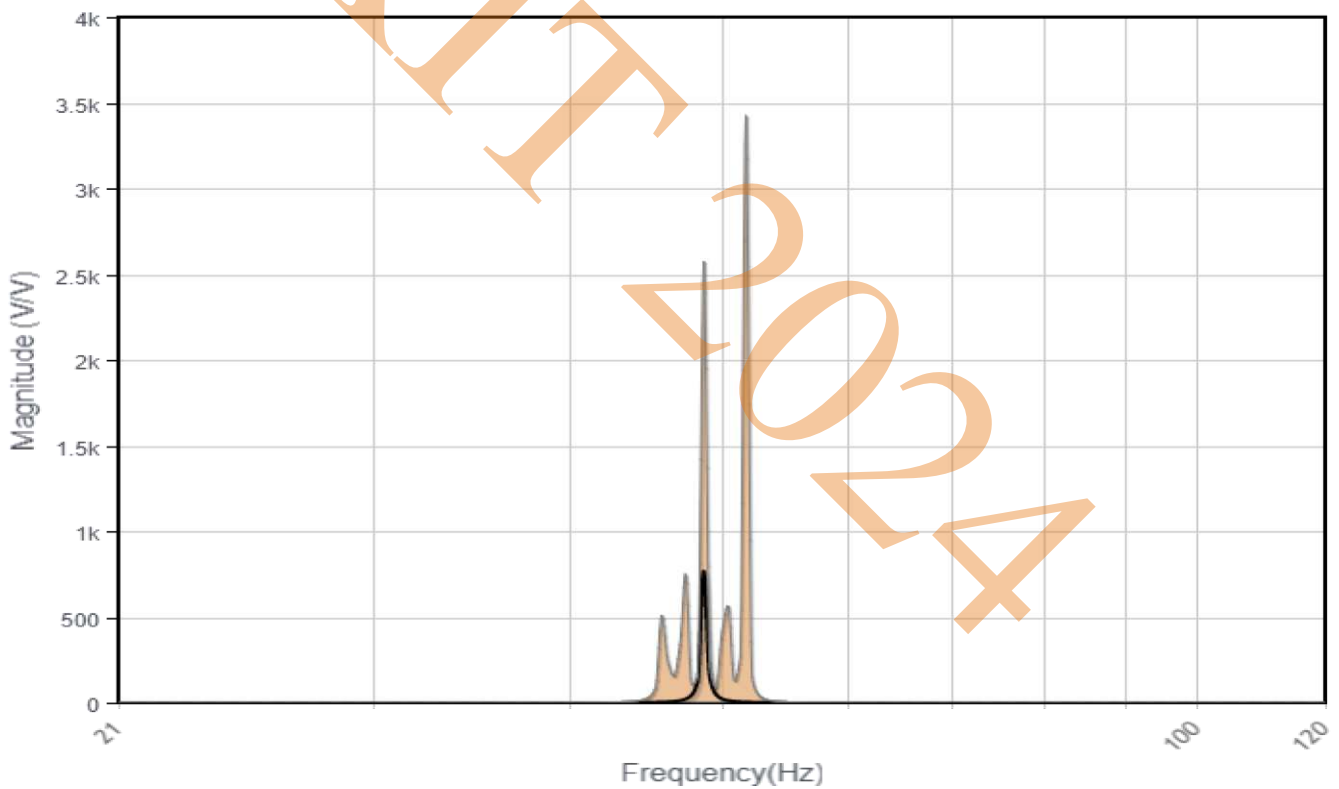


Рис.2.2 Залежність коефіцієнту підсилення від частоти вхідного сигналу [4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

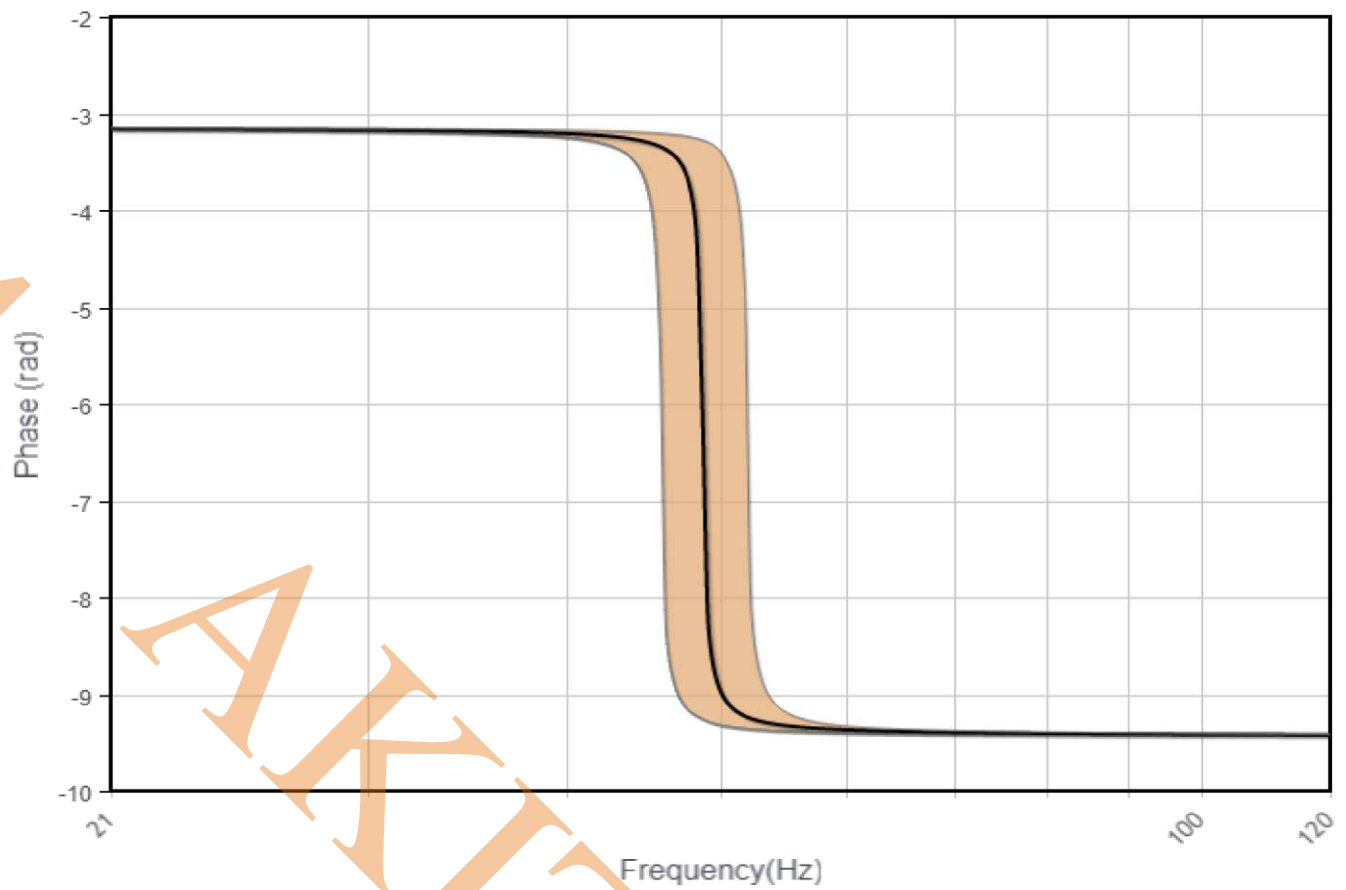


Рис.2.3 Фазочастотна характеристика (у радіанах) [4]

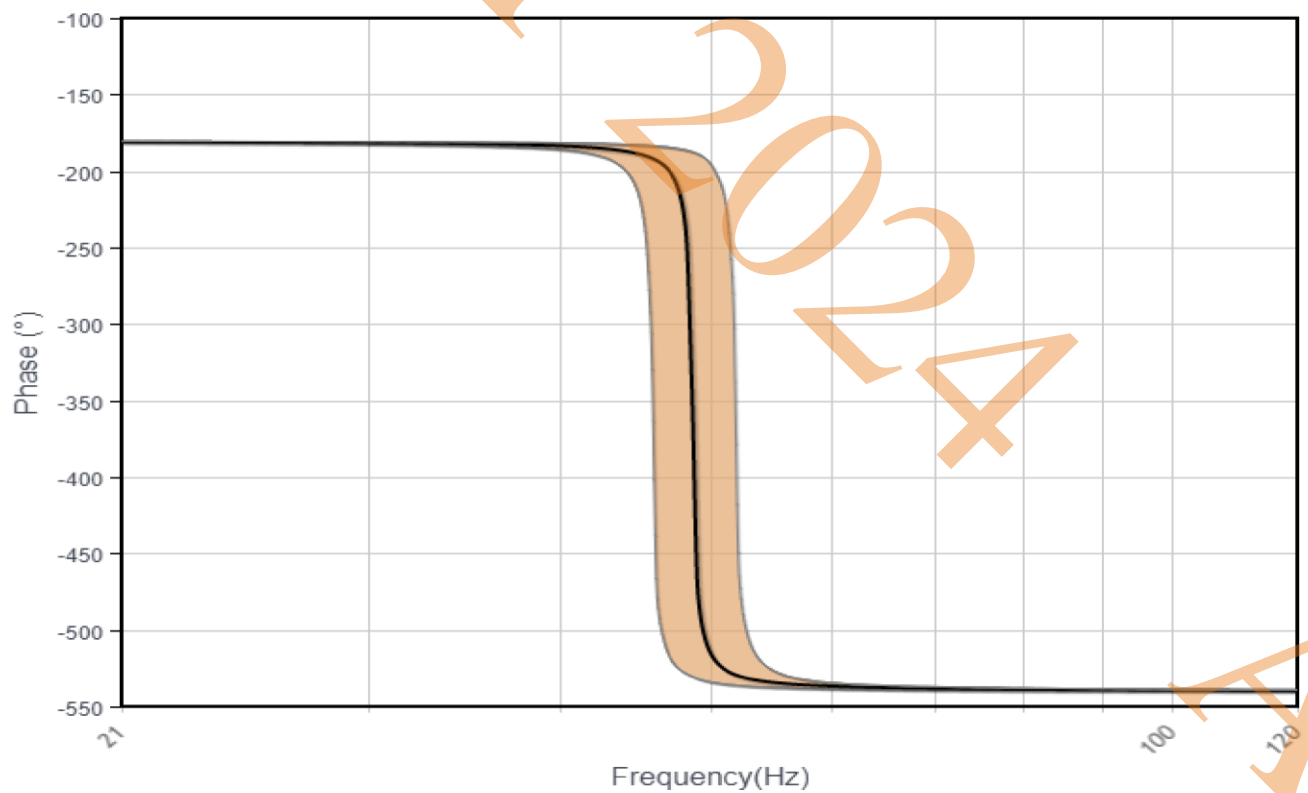


Рис.2.4 Фазочастотна характеристика (у градусах) [4]

АКТ
2024

					КБР.АКТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

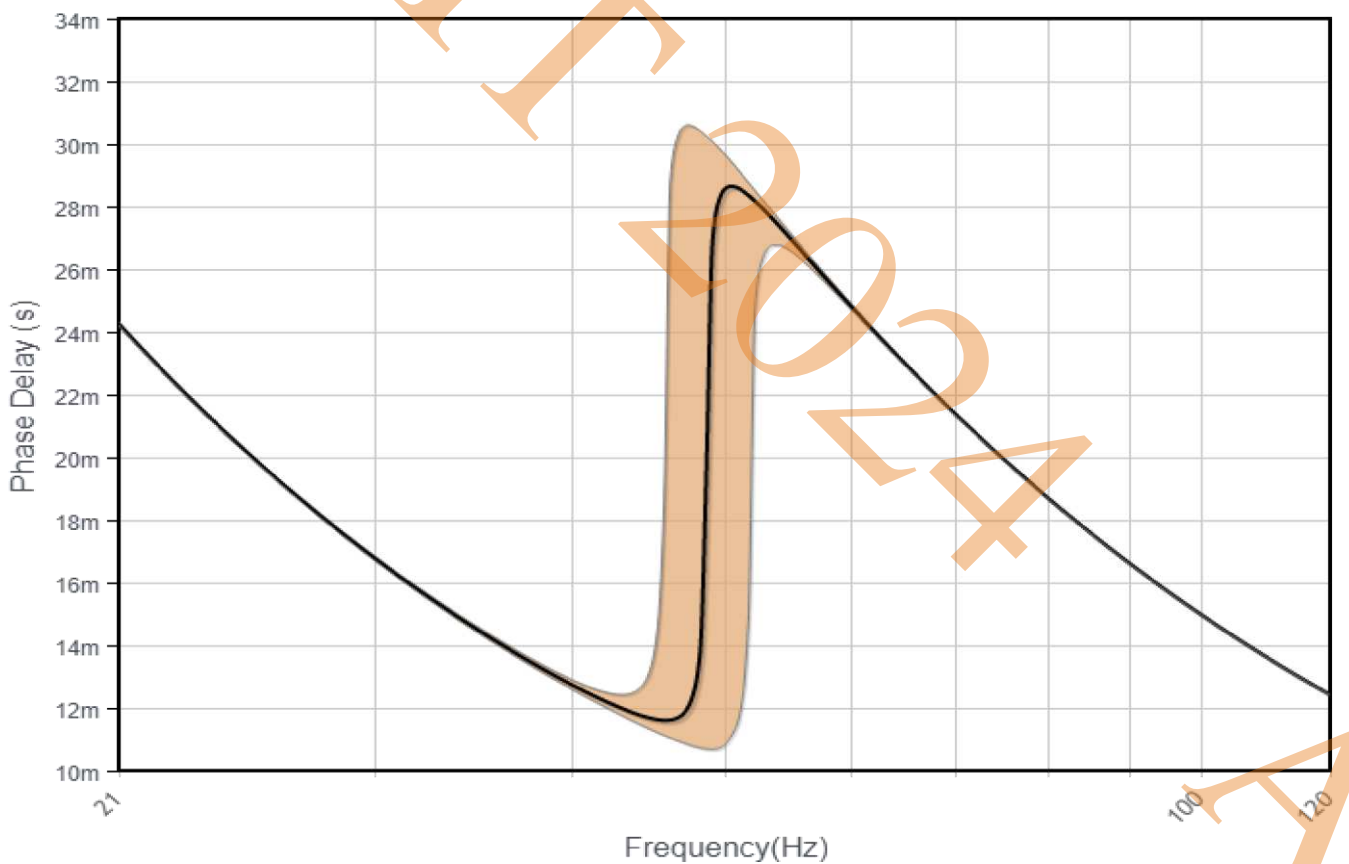
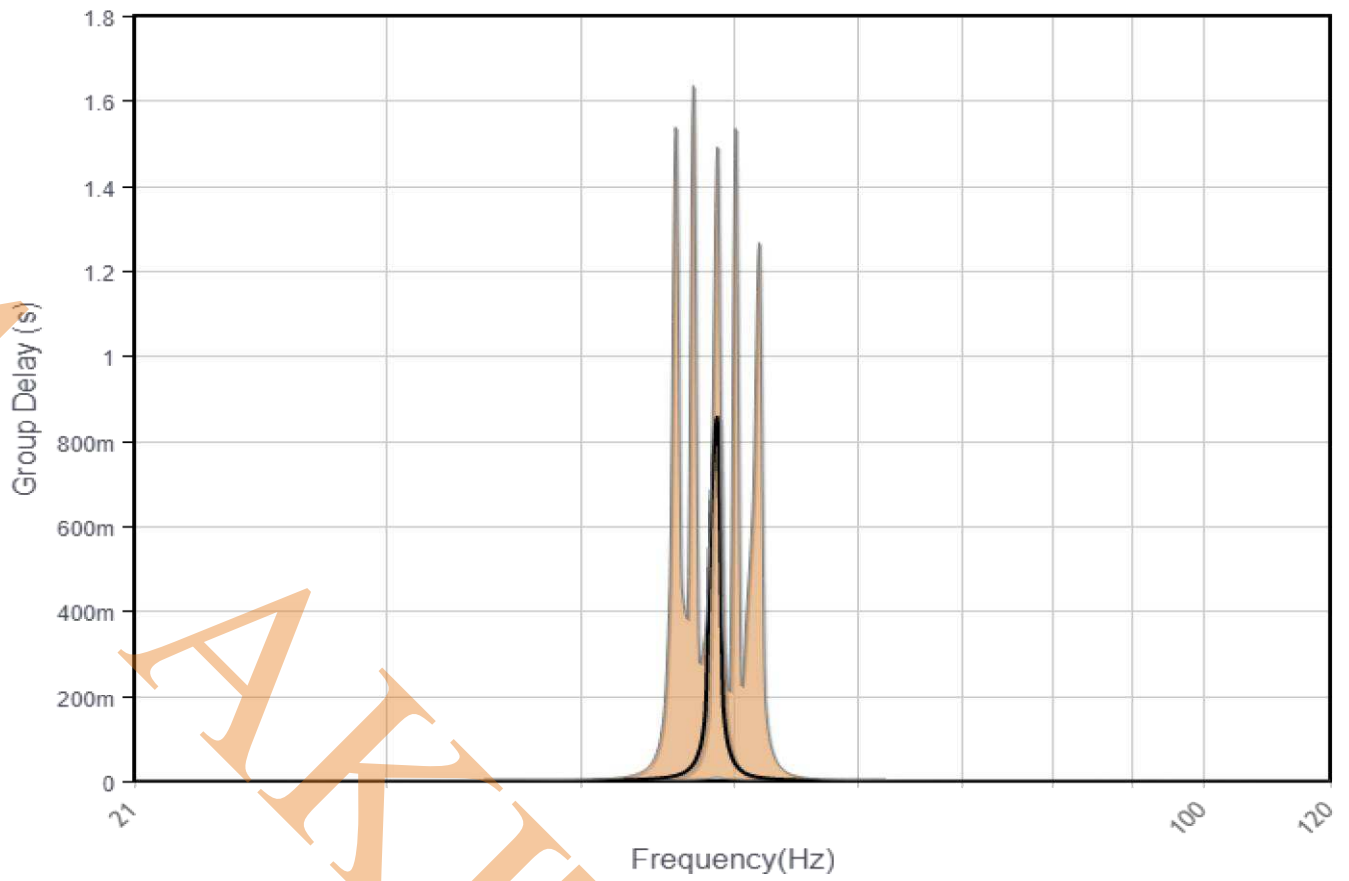


Рис.2.5 Групова затримка [4]

Рис.2.6 Фазна затримка [4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

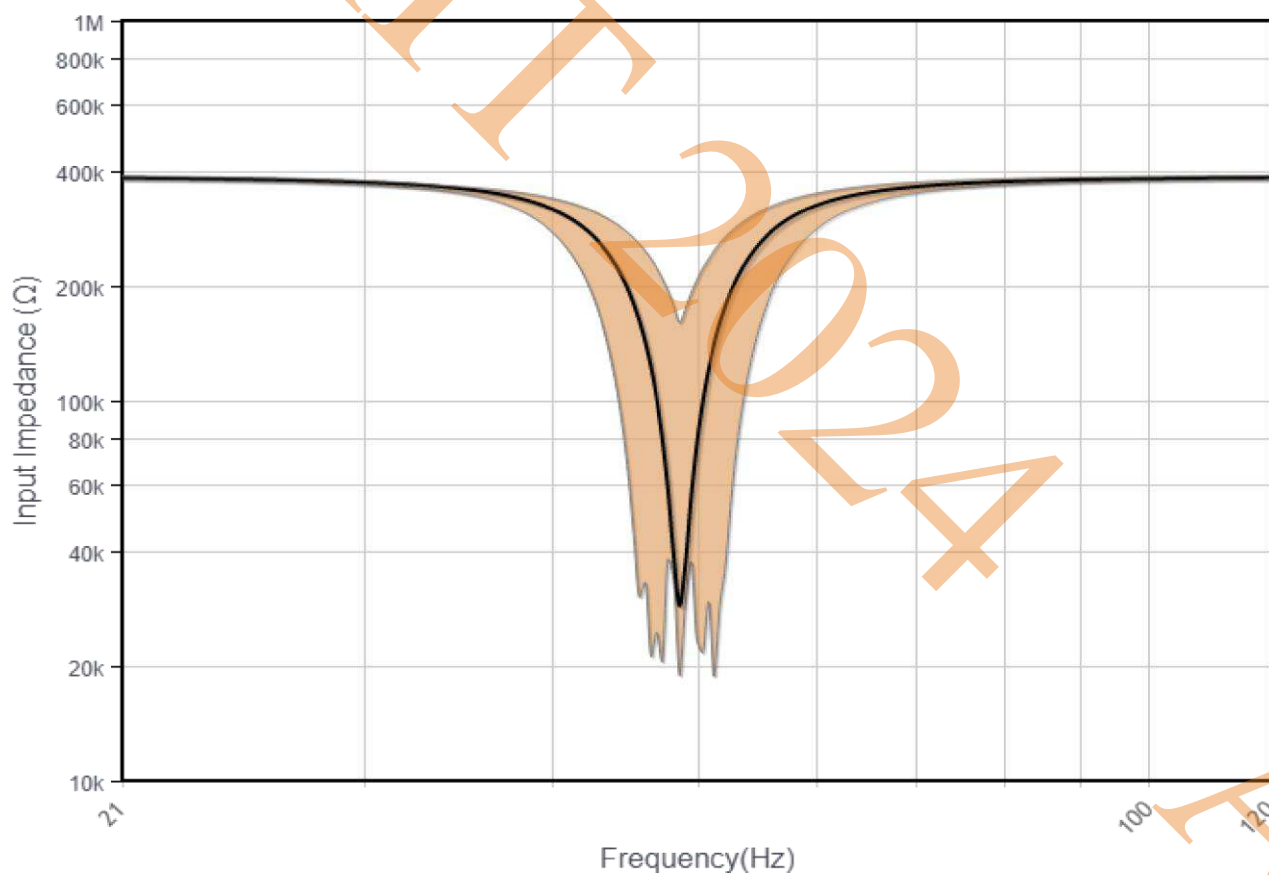
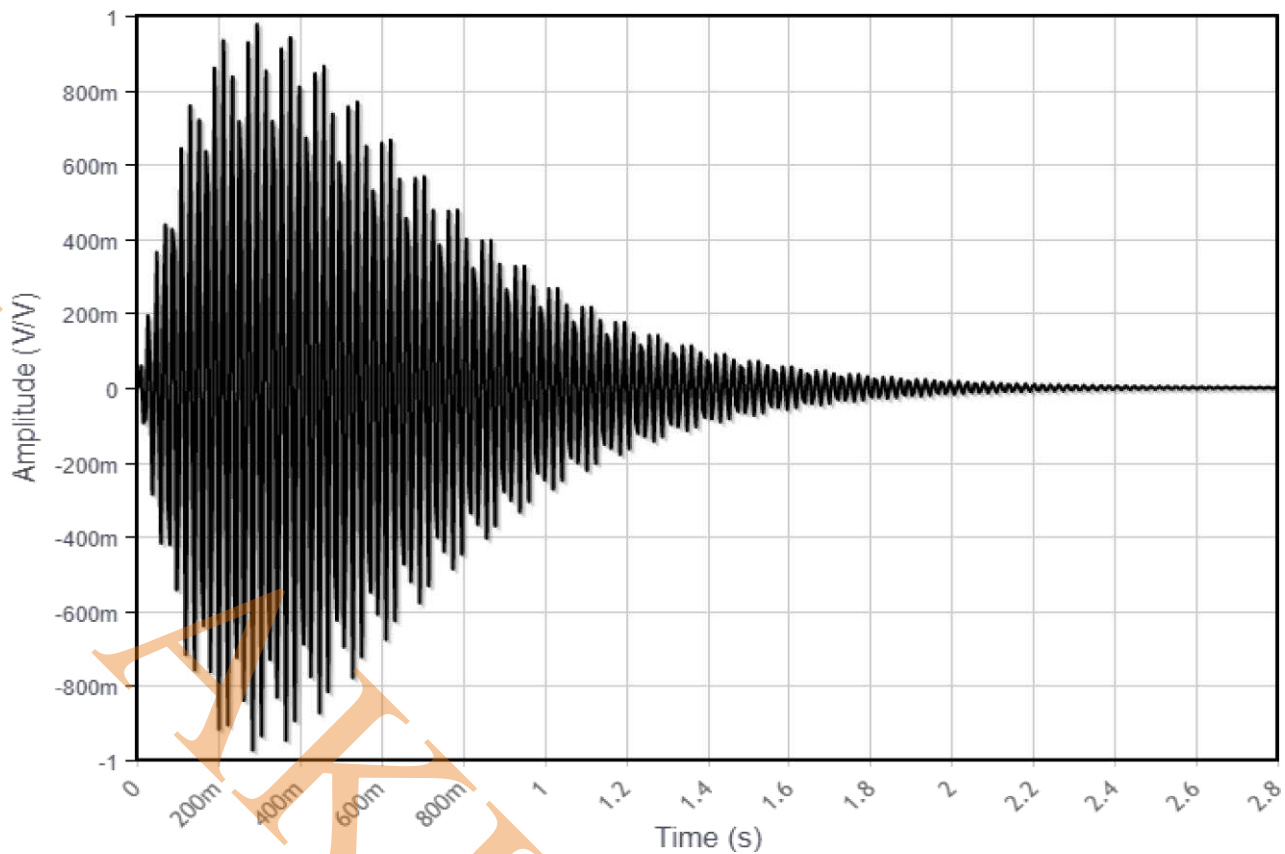


Рис.2.7 Швидкодія [4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

Рис.2.8 Залежність вхідного опору від частоти вхідного сигналу [4]

АКТ
2024

					КБР.АКТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

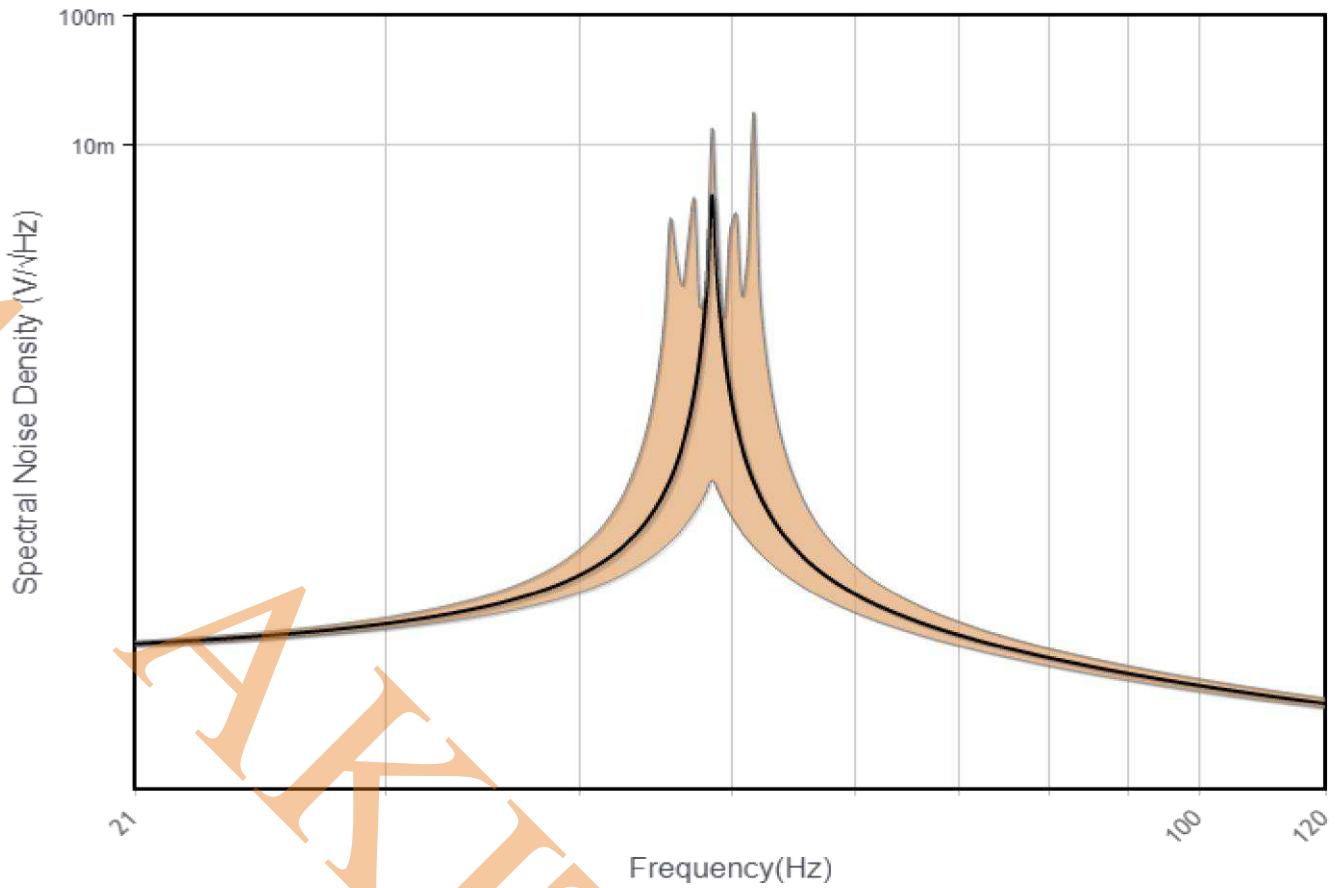
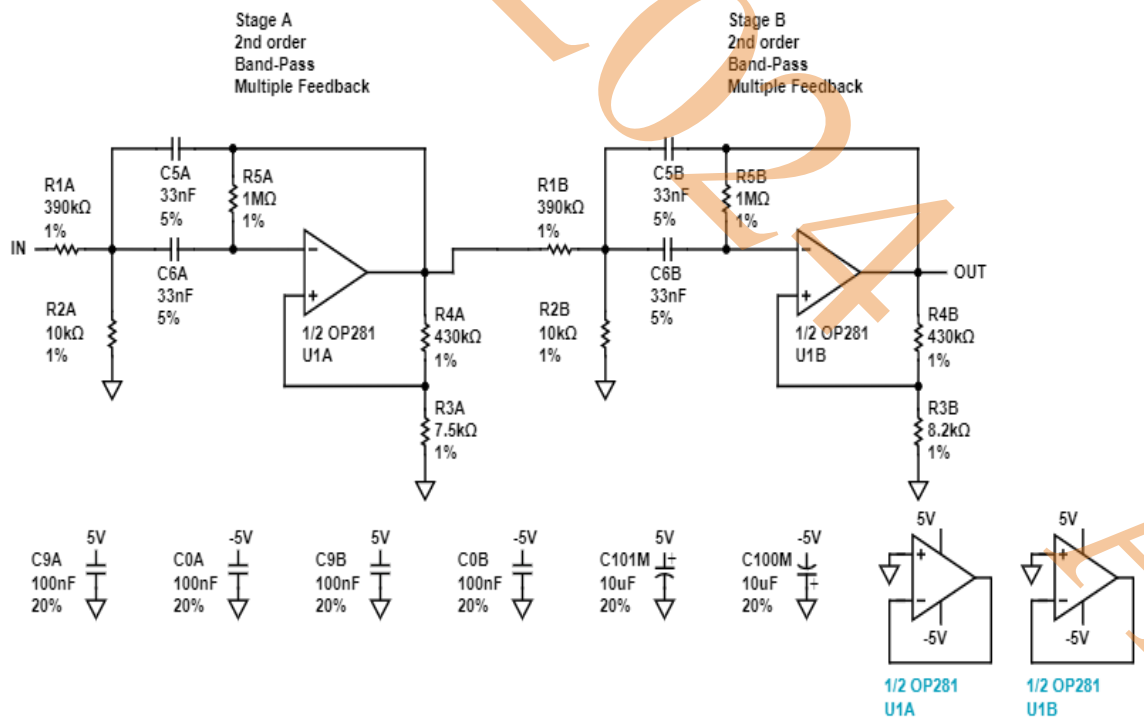


Рис.2.9 Шумова характеристика [4]

Далі програма навела приклад принципової схеми:



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

Арк.

27

Рис.2.10 Принципова схема активного фільтра [4]

АКІТ 2024

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.2 Розрахунок антени портативного фазошукача

Антени - перетворюють енергію високочастотного коливання від передавача в електромагнітну хвилю, здатну поширюватися в просторі. Або в разі прийому, виробляє зворотне перетворення - електромагнітну хвилю, в ВЧ коливання. Діаграма направленості - графічне представлення коефіцієнта посилення антени, в залежності від орієнтації антени в просторі.[6]

Далі будуть приведені деякі приклади конструкцій антен:

- симетричний вібратор

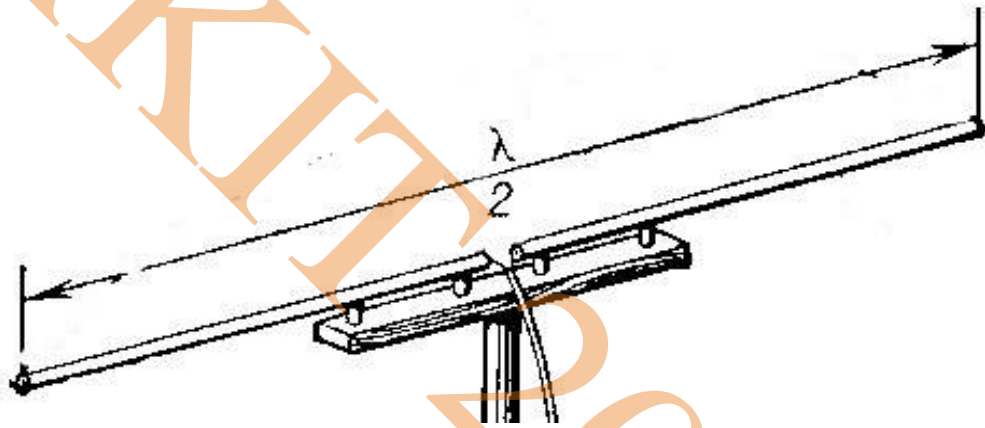


Рис.2.12 Симетричний вібратор[6]

У найпростішому випадку складається з двох струмопровідних відрізків, кожен з яких дорівнює $1/4$ довжини хвилі.

Широко застосовується для прийому телевізійних передач, як самостійно, так і в складі комбінованих антен.

Так, наприклад, якщо діапазон метрових хвиль телепередач проходить через позначку 200 МГц, то довжина хвилі буде дорівнює 1,5 м.

Кожен відрізок симетричного вібратора буде дорівнює 0,375 метра.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

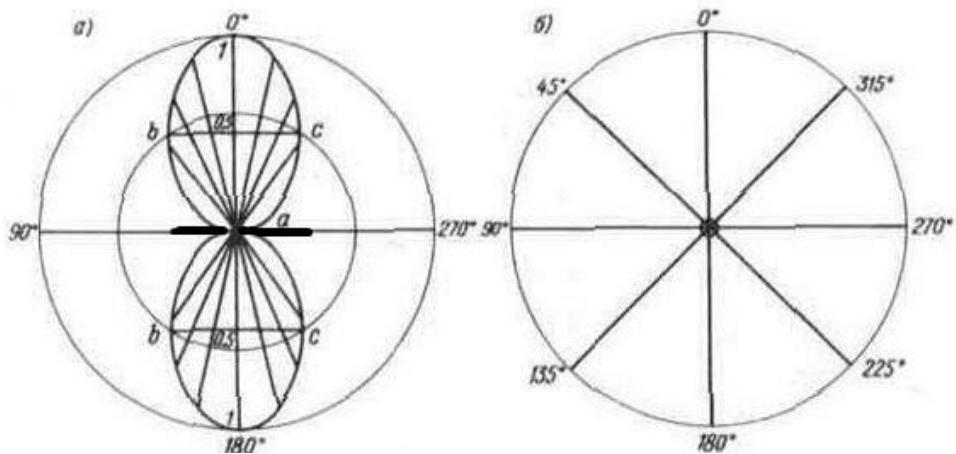


Рис.2.13 Діаграма спрямованості симетричного вібратора[6]

В ідеальних умовах, діаграма спрямованості горизонтальній площині, являє собою витягнуту вісімку, розташовану перпендикулярно антени. У вертикальній площині, діаграма являє собою коло.

У реальних умовах, на горизонтальній діаграмі присутні чотири невеликих пелюстки, розташованих під кутом 90 градусів один до одного.

З діаграми можемо зробити висновок про те, як розміщувати антену, для досягнення максимального посилення.

У разі не правильно підбраною довжини вібратора, діаграма спрямованості прийме наступний вигляд: [6]

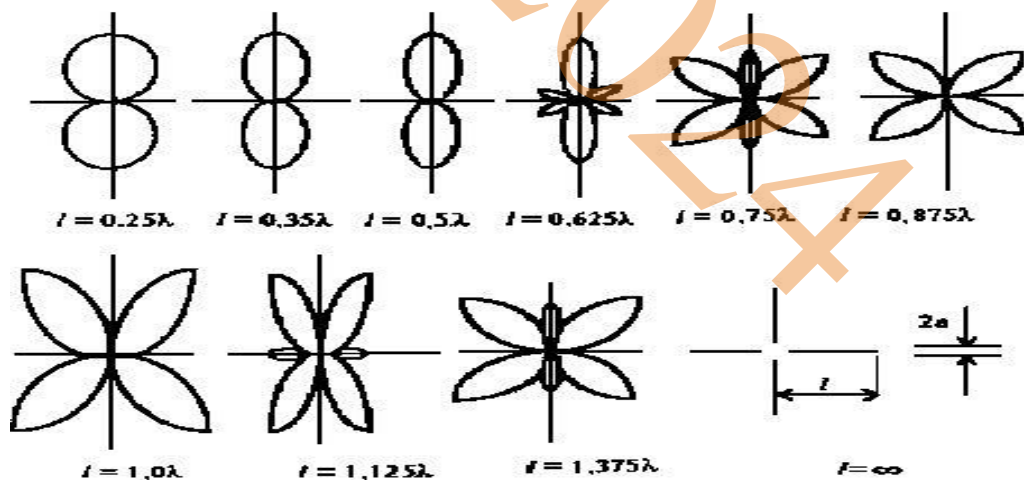


Рис.2.14 Діаграма спрямованості симетричного вібратора при певному відношенні довжини провідника до довжини хвилі [6]

Основне застосування, в діапазонах коротких, метрових і дециметрових хвиль.

Несиметричний вібратор

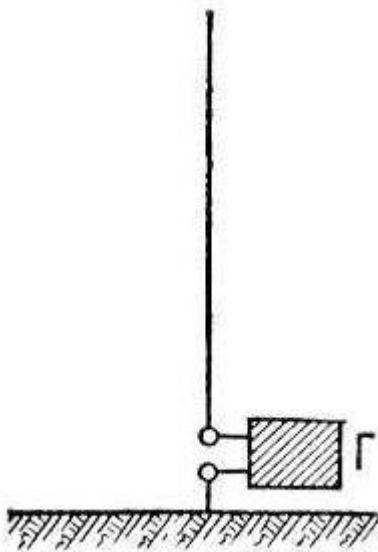


Рис.2.15 Несиметричний вібратор [6]

Або просто штирова антена, яка є «половиною» симетричного вібратора, встановленого вертикально.

Як довжини вібратора, застосовують: 1, $1/2$ або $1/4$ довжини хвилі.

Діаграма спрямованості наступна:

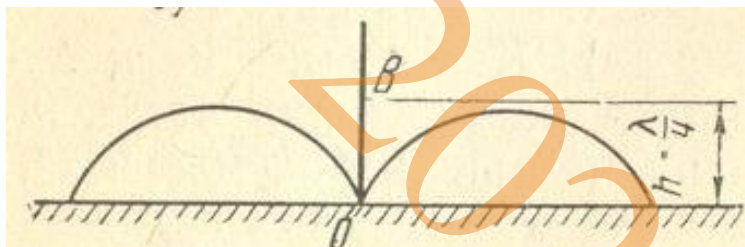


Рис.2.16 Діаграма спрямованості несиметричного вібратора [6]

Являє собою розітнуту уздовж «вісімку». За рахунок того, що друга половина «вісімки» поглинається землею, коефіцієнт спрямованої дії у несиметричного вібратора в два рази більше, ніж у симетричного, за рахунок того, що вся потужність випромінюється в більш вузькому напрямку.

Основне застосування, в діапазонах ДВ, КВ, СВ, активно встановлюються в якості антен на транспорті.

- Похила V-образна

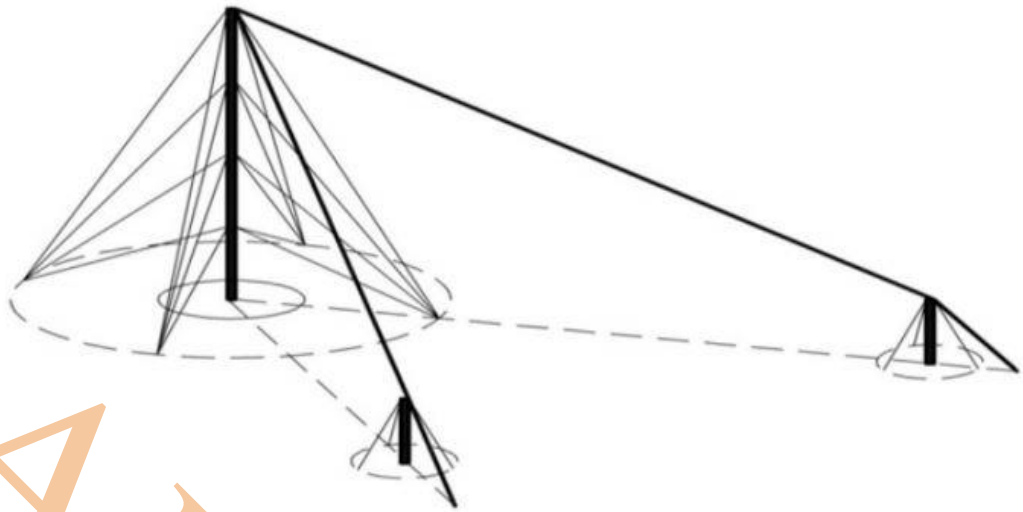


Рис.3.16 Похила V-образна антена [6]

Конструкція не жорстка, збирається шляхом розтягування струмопровідних елементів на кілках.

Має зміщення діаграми направленості в сторони протилежну вістря букви V

Застосовується для зв'язку в КВ діапазоні. Є штатною антеною військових радіостанцій.



Рис.2.17 Діаграма спрямованості V-образної антени [6]

- Антена хвильовий канал

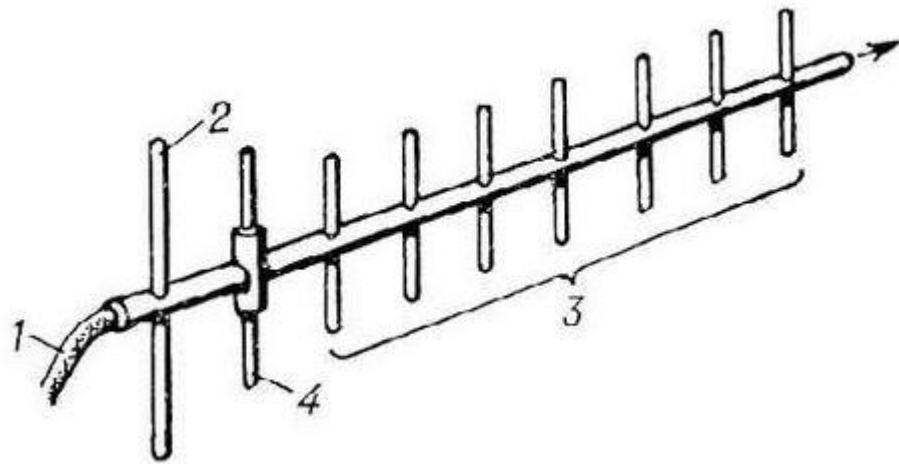


Рис.2.18, Антена хвильовий канал, де 1 - фідер, 2 - рефlector, 3 - директори, 4 - активний вібратор. [6]

Антенa з паралельними вібраторами і директорами, близькими до 0,5 довжини хвилі, розташованими вздовж лінії максимального випромінювання. Вібратор - активний, до нього підводяться ВЧ коливання, в директорів, наводяться ВЧ струми за рахунок поглинання ЕМ хвилі. Відстань між рефlectorом і директорами підбирається таким чином, щоб при збігу фаз ВЧ струмів утворювався ефект біжучої хвилі. [6]

За рахунок такої конструкції, антенa має явну спрямованість:

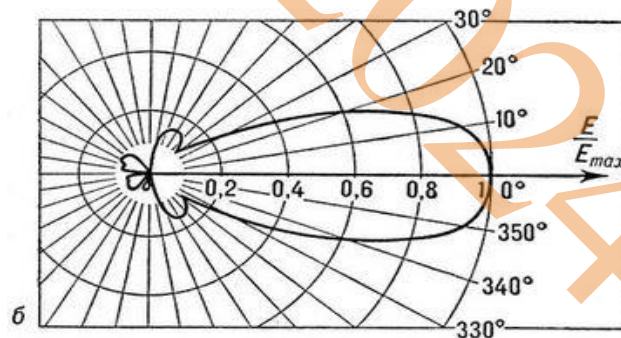


Рис.2.19 Діаграма спрямованості антени хвильовий канал[6]

•Рамкова антена

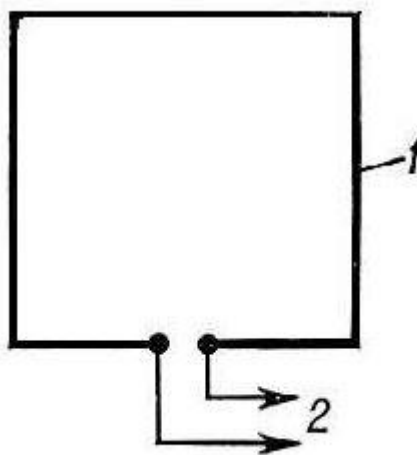


Рис.2.20 Рамкова антена [6]

Рамкова антена має один або кілька витків дроту загальною довжиною не більше $0,1-0,2$ довжини хвилі, на якій працює ця рамка.

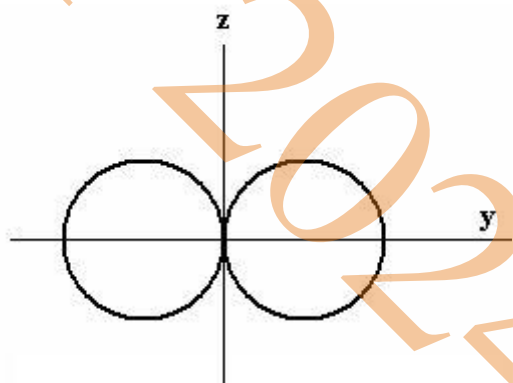


Рис.2.21 Діаграма спрямованості рамкової антени [6]

Застосовується для прийому ТВ програм дециметрового діапазону

Проте в разі антени для портативного фазошукача перераховані вище типи антен не можуть використовуватися. Так як довжина шуканої хвилі

(електромагнітного випромінення 50 Гц) – 6000 км а їх головні частини пропорційні саме довженні хвилі всі вони мають мати величезні габарити .Тому в якості антени буде використовуватися 60 мм відрізок коаксіального кабелю. Що є деякою різновидністю антени типу несиметричного вібратора але з пропорцією основної довжини антени до довжини шуканої хвилі як 1:1000000. Аналогічні антени використовуються в багатьох подібних фазошукачах, що на даний час випускаються промисловістю.

2.3 Розробка схеми технічного рішення для регулювання коефіцієнта підсилення частоти

Зробивши огляд аналогів було вирішено розробляти прилад у якому усуваються недоліки оглянутих вище фазошукачів. А саме зробити можливим плавної зміни коефіцієнта підсилення (від 0 до -40Дб) вхідного кола та фільтрацію вхідного сигналу за допомогою активного фільтру який відсікає непотрібні електромагнітні хвилі. Активний фільтр був розрахований в попередній курсовій роботі за допомогою програми Analog Filter Wizard. Результатом розрахунку активного фільтру є приклад електричної принципової схеми яка і буде застосована в первинному колі приладу , з деякою модифікацією .

Вхідні данні для розрахунку активного фільтру були наступні:

Живлення – 9В;Підсилення – 40Дб;

Ширина смуги пропускання(при – 3Дб) – 1Гц;

Ширина смуги відсікання (при – 40Дб) – 50Гц;Середина смуги пропускання – 50Гц.

Так як фазошукач це переносний пристрій то живлення в нього буде однополярним (від акумулятору), а для функціонування активного фільтру необхідне біполярне живлення .Для вирішення цієї проблеми програма Analog Filter Wizard рекомендувала використати додаткову схему (REF) - джерело опорної напруги на базі операційного підсилювача AD8031. Дана схема робить

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливим використання активного фільтра при однополярному живленні та зміщує *нуль* схеми до половини напруги живлення.

Вирішивши проблему з фільтрацією вхідного сигналу залишилось питання плавного регулювання рівня вхідного сигналу. Для цього додатково були розраховані активні фільтри в програмі Analog Filter Wizard зі змінної лише параметра коефіцієнта підсилення з 40Дб на 0Дб та 20Дб. Як видно з рисунків 2.1 , 2.2 , 2.3 при зміні коефіцієнта підсилення міняються лише опори R1a і R2b з 10 КОм (при 40Дб) до 110КОм (при 0Дб).

АКІТ
2024

А

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

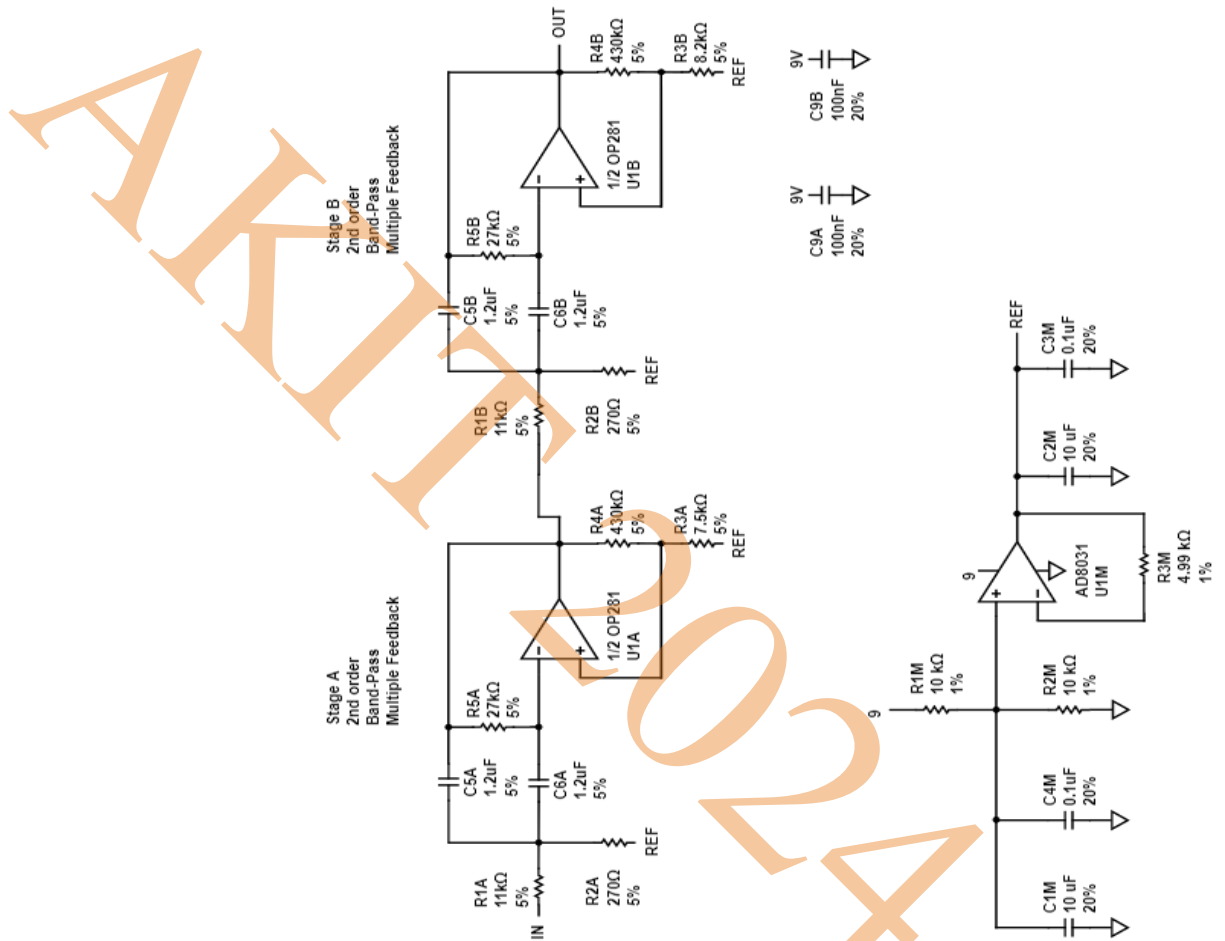


Рис. 2.22 Приклад активного фільтра на 50Гц з підсиленням 40дБ[4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

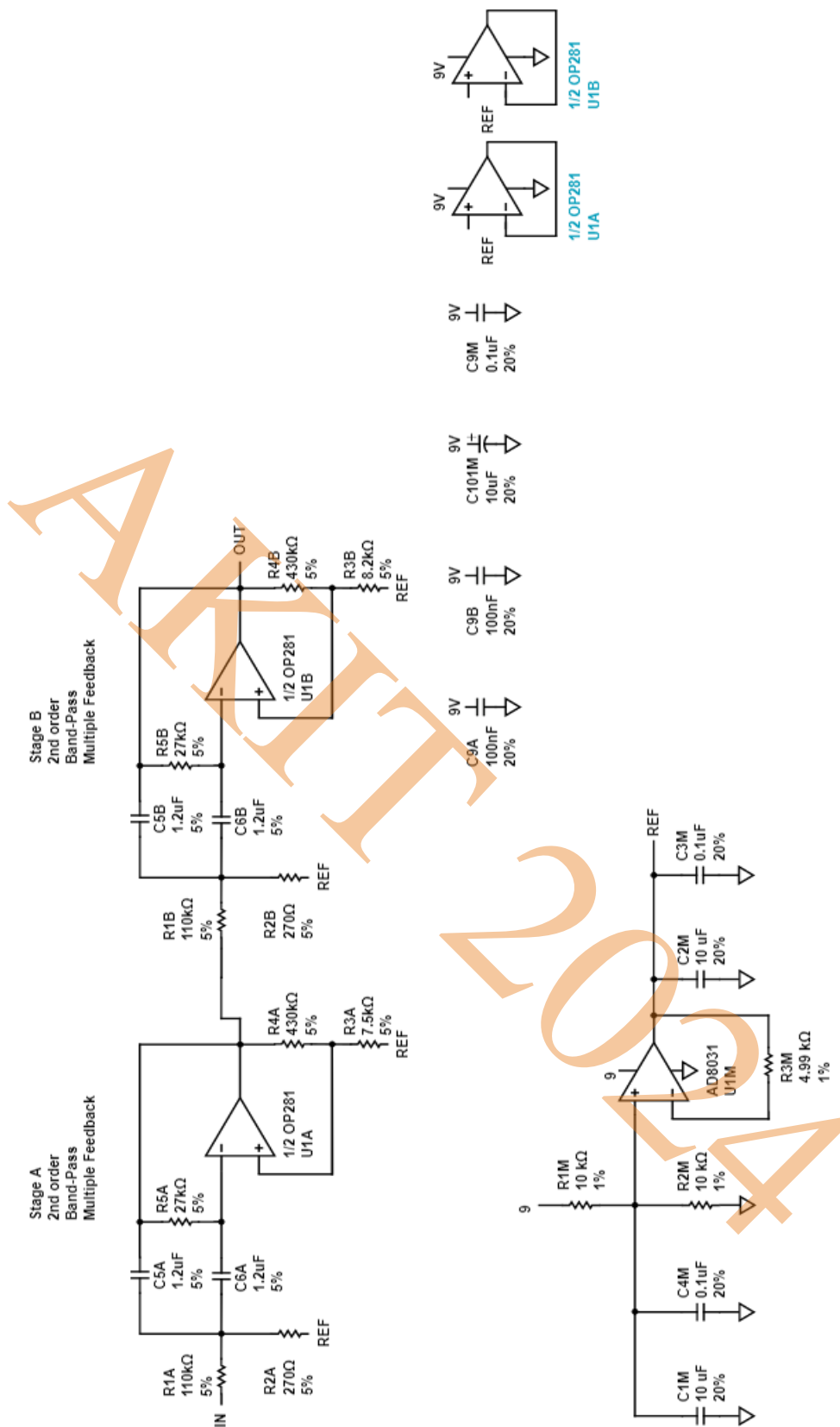


Рис. 2.23 Активний фільтр на 50Гц з підсиленням 0дБ[4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

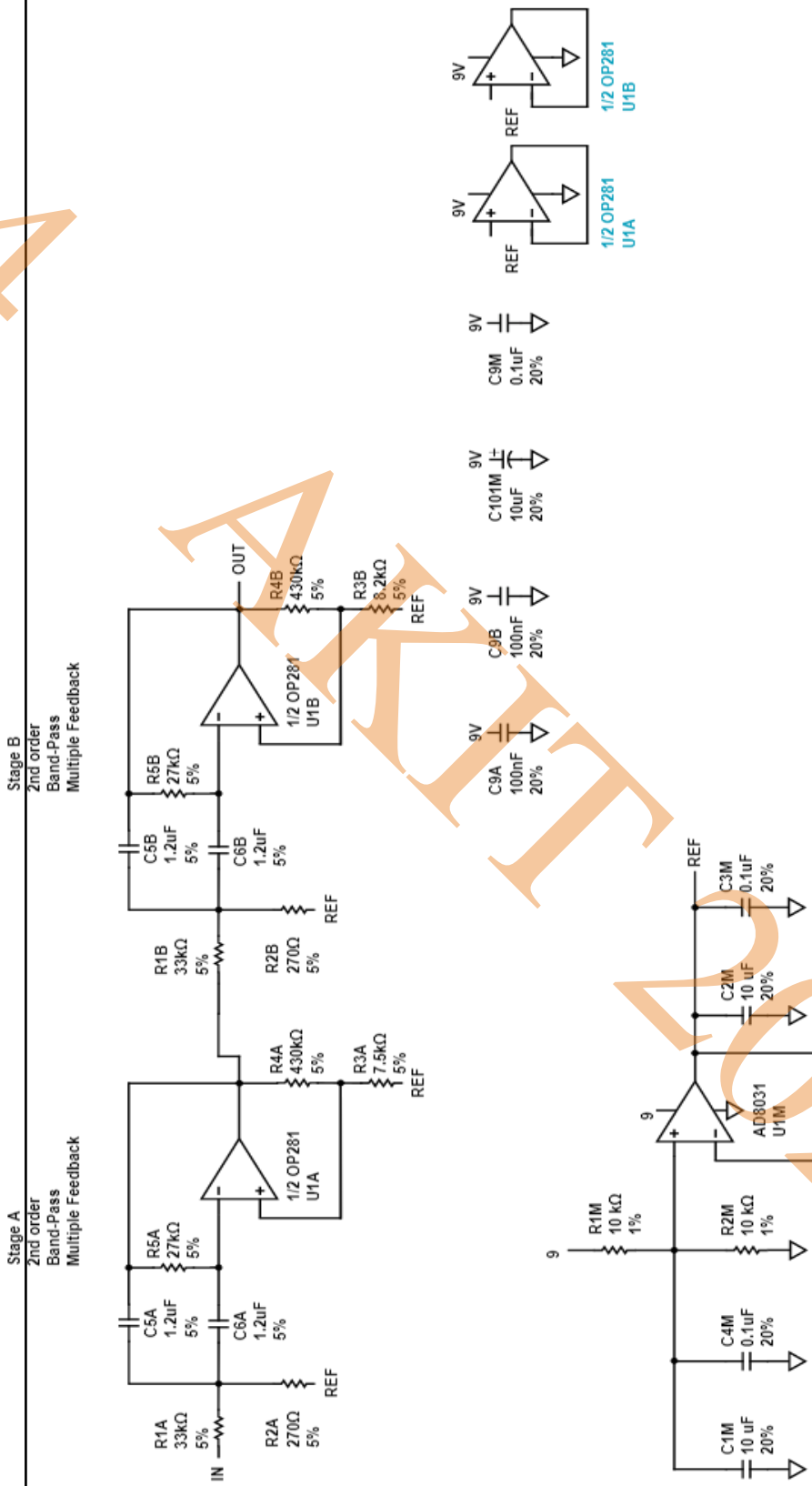


Рис. 2.24 Активний фільтр на 50Гц з підсиленням 20дБ[4]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОНІКИ ПРИСТРОЮ

Так для зміни коефіцієнта підсилення вирішено замінити резистори R1a і R2b на послідовні з'єднання опору номіналом 10КОм та подвійним потенціометром на 100КОм. Це дозволить плавно регулювати коефіцієнт підсилення з 0Дб до 40Дб.

Для генерації сигналу на світлодіоді та дзвонику п'єзо електричному використана схема генератора імпульсів на КМОП логічної мікросхемі CD4011.

Принцип його роботи базується на процесі зарядки-розрядки конденсатора С через резистор R. Через цей резистор здійснюється ВОЗ постійним струмом, а через конденсатор-ДОЗ по змінному. Для розрахунку частоти імпульсів використовують формулу (3.1) .

$$F = 0, \frac{7}{R1 + c1} \quad (3.1)[11]$$

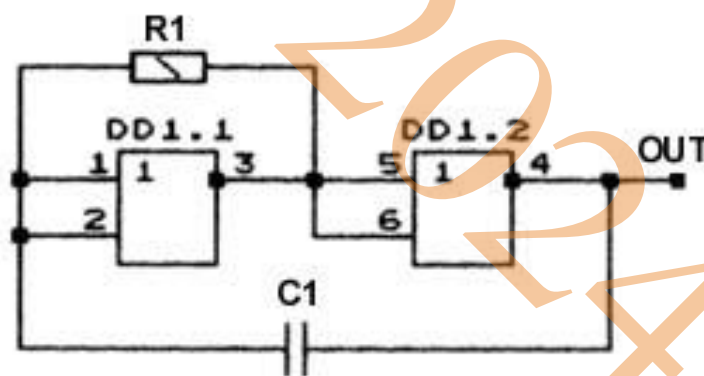


Рис.3.1 Генератор імпульсів [11]

3.1 Побудова структурної схеми

Проаналізувавши аналоги об'єкту проектування та різні схеми технічні рішення, що представлено у літературних джерелах було побудовано просту структурну схему пристрою з ручним налаштуванням параметрів.

Перший варіант схеми пристрою наведено на рис. 3.2. Вона складається з таких елементів:

- 1- Антена ,
- 2- Активний фільтр,
- 3- Джерело опорної напруги (REF-схема),
- 4,5- Генератори імпульсів,
- 6- Світлодіод,
- 7- Дзвоник п'єзо електричний.

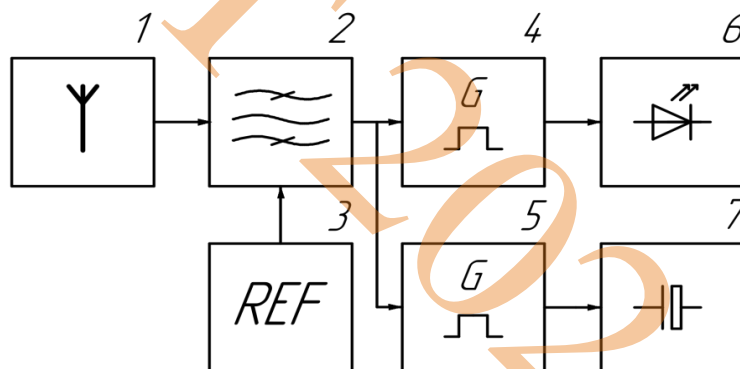


Рис.3.2 Структурна схема фазошукача

В якості антени(1) проектованого приладу буде задіяний 60мм-вий відрізок коаксіального кабелю , де центральна жила буде під'єднана до + , а оплітку до маси.

Активний фільтр(2) являє собою схему на подвійному операційному підсилювачі OP281 , яка відсікає зайві сигнали з антени.

REF-схема (3) - це додаткова схема, яка робить можливим роботу активного фільтра при однополярному живленні, та зміщує *нуль* активного фільтра до рівня половини напруги живлення.

Генератор імпульсів(4,5) – створює імпульси для звукового(дзвоник п'єзо електричний) та візуального (світлодіод) індикаторів.

Світлодіод(6) – візуальний індикатор наявності проводки поблизу.

Дзвоник п'єзо електричний(7) – звуковий індикатор наявності проводки поблизу.

Для забезпечення автоматичного підлаштування параметрів пристрою, виходу на резонансну частоту і забезпечення оптимальної чутливості, схема була модифікована. Модифікована схема пристрою наведена на рис.3.3

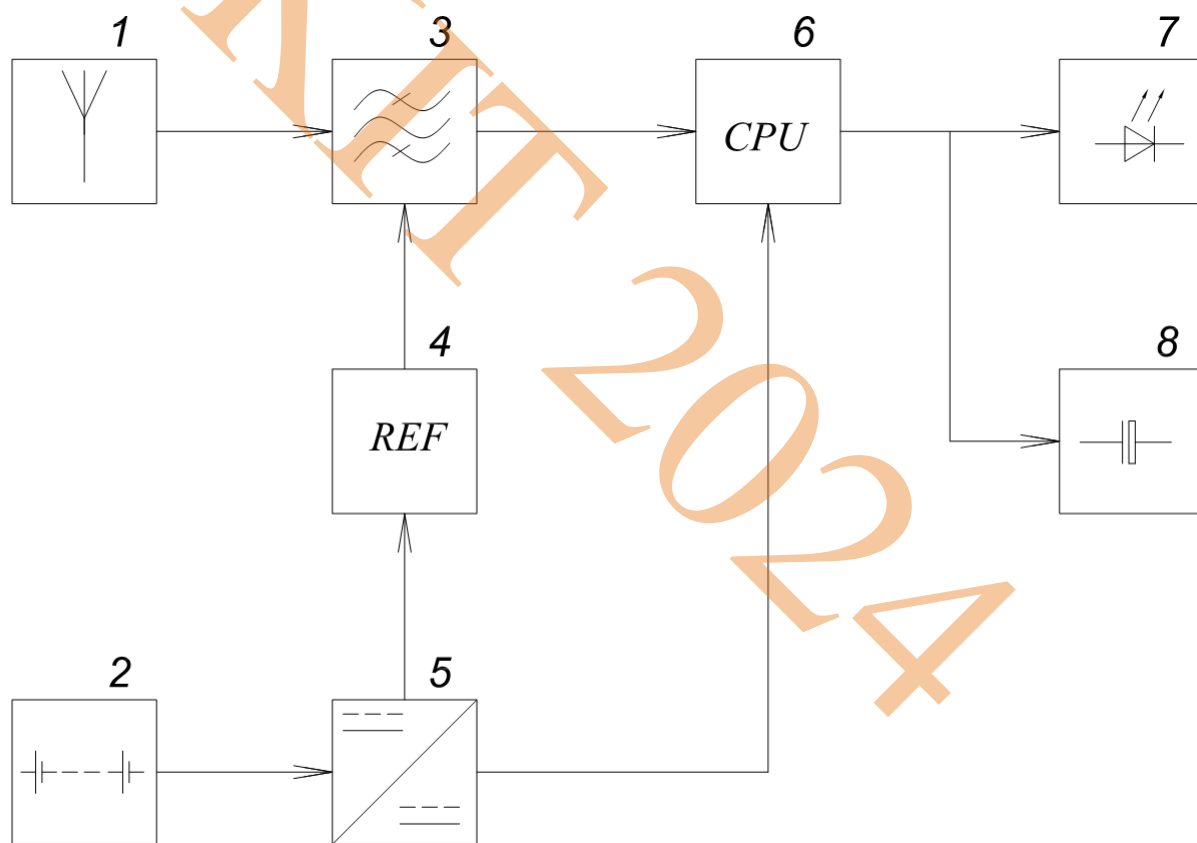


Рис.3.3 Модифікована структурна схема
проектowanego пристрою

Вдосконалена схема для забезпечення автоматизації роботи пристрою включає використання мікроконтролера 6 та спеціально розробленого модуля формувач живлення 5 з двох-полярним живленням, що дозволяє забезпечити належну роботу елемента жадаючої частоти 4. Пристрій живиться від портативного джерела 2 що складається з кількох послідовно з'єднаних елементів. У якості приймача використано антену 1, що спеціально розрахована для даного пристрою, який наведено у розділі 2 даної роботи. Для сигналізуванню наявності прихованої проводки використовується світлова індикація 7 та звукова індикація (кварцовий п'єзо динамік) 8.

3.2 Опис електричної принципової схеми

Електрична принципова схема представлена на рис.3.5. Як видно з неї антена з'єднується до принципової схеми через роз'єм XP1. Далі змінними резисторами R1, R7 здійснюється регулювання коефіцієнту підсилення на мікросхемах DA1.1, DA1.2 відповідно. Мікросхеми DA1.1, DA1.2 – головні частини активного смугового фільтру на 50Гц де DA1.1 це частина активного ФНЧ на 49Гц, DA1.1 це частина активного ФВЧ на 51Гц.Частотозадаючими резисторами є R5, R6 і R11, R12, для ФНЧ та ФВЧ відповідно. Для нормального режиму роботи активного фільтру при однополярному живленні додатково використана схема джерела опорної напруги (REF) на базі операційного підсилювача DA2. REF схема завдяки подільнику напруги зробленому на резисторах R15, R16 зміщує *нуль* активного фільтра до рівня половини напруги живлення тобто до 4,5В.Акумуляторна батарея з'єднується до принципової схеми завдяки роз'єму XP2. Для збільшення завадостійкості на вході і на виході з мікросхеми DA2 були задіяні фільтруючі конденсатори C5,C6,C7,C8. Далі при досягненні напруги рівня лог. *1* КМОН мікросхем(близько 7В) на вході мікросхеми DD1.1 вмикається генератор імпульсів ,який в свою чергу живить світлодіод VD1 і дзвоник п'єзоелектричний BQ1.При напрузі меншій за напругу лог. *1* генератор імпульсів і відповідно світлодіод з дзвоником п'єзоелектричним не працюють.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.3 Опис елементної бази

DA1(OP281) - подвійний операційний підсилювач фірми Analog Devices з ультра низьким власним споживанням енергії. Спеціально призначений для переносних пристроїв.

Характеристики: Струм живлення: максимум 4мкА; Широкий діапазон вхідної напруги; Не спотворення фази вихідного сигналу;

Напруга зміщення :1.5мкВ; Можливість роботи при одно - та біполярному живленні (від 2,7В до 12В та $\pm 5В$ відповідно);

Виготовлений по технології СВСМОS .

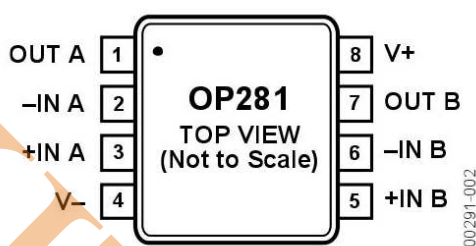


Figure 2. 8-Lead TSSOP
(RU Suffix)

Рис.3.4 Операційний підсилювач OP281 [14]

Був обраний так як проєктований прилад фазошукач є портативним , а описаний вище операційний підсилювач споживає лише 4мкА , що є надзвичайно мало, порівняно з звичайними операційними підсилювачами. Також можливість роботи при однополярному джерелі живлення є додатковою перевагою цього операційного підсилювача порівняно з іншими.

Також оскільки проєктований прилад є портативним всі пасивні елементи по можливості були обрані в SMD виконанні , для суттєвого зменшення розмірів друкованої плати ,і відповідно габаритів проєктованого приладу. А для підвищення завадостійкості були використані якісні танталові конденсатори великої ємності для фільтрації завад у колі джерела напруги живлення та у колі REF схеми (джерело опорної напруги).

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

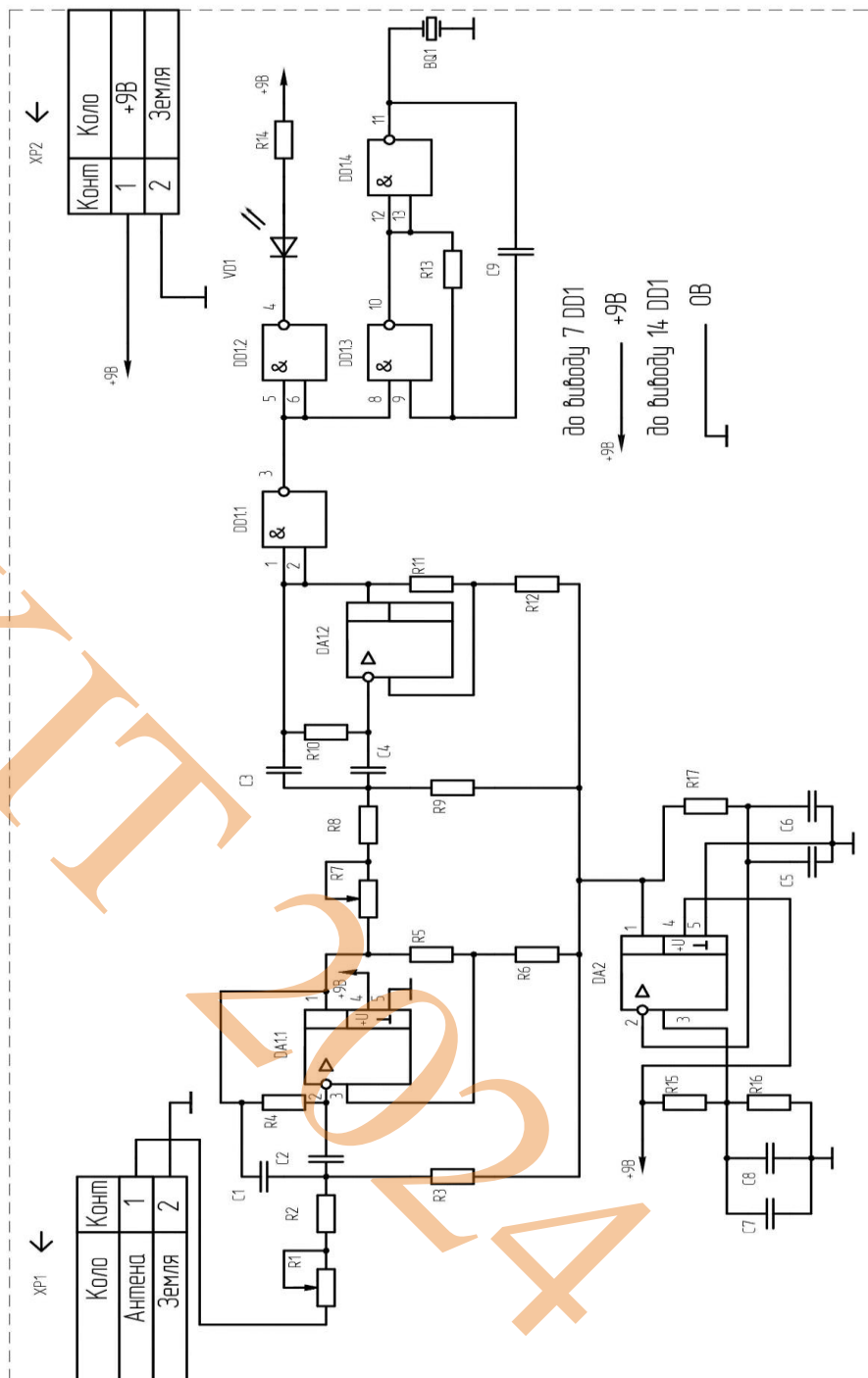


Рис.3.5 Електрична принципова схема портативного фазошукача

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

На основі запропонованої на рис.3.3 модифікованої структурної схеми була розроблена електрична принципова схема, що наведена на рис. 3.6

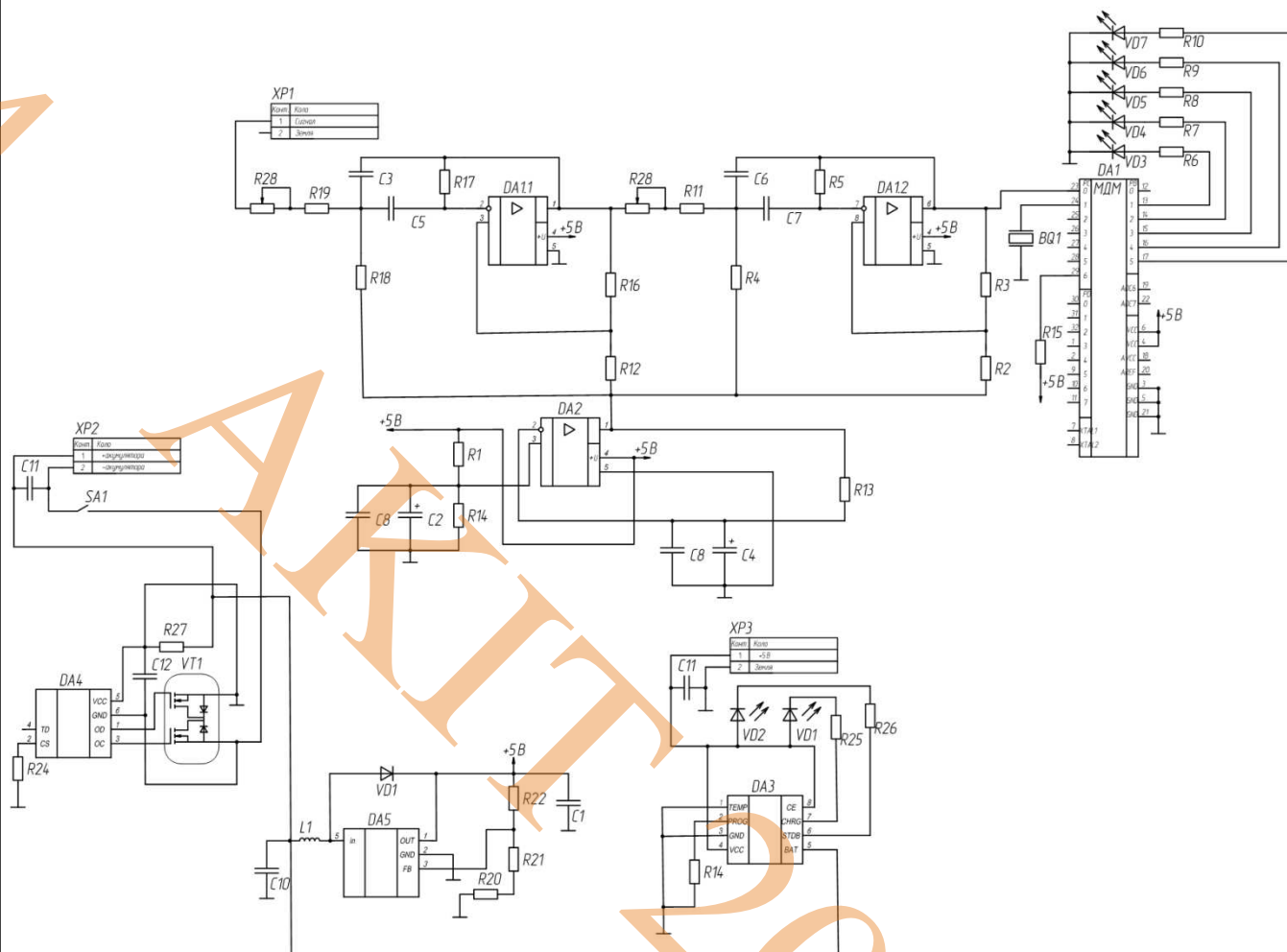


Рис.3.6 Вдосконалена електрична принципова схема портативного пристрою

Розроблену електричну схему можна умовно розділити на три складові частини: 1 це формувач напруги живлення від портативних елементів, що задає двополярне живлення та забезпечує високу стабілізацію напруги для правильної роботи джерела опорного сигналу, спеціалізованого фільтра та підсилювача; 2 це фільтр робочої частоти пристрою, що ефективно відсікає усі завади; 3 мікроконтролер з системою індикації, що виконує всі функції автоматичної роботи пристрою та через елементи індикації сигналізує про виявлення прихованих електричних кабелів.

АКІТ 2024

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

4 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Одним з найважливіших етапів проектування сучасного автоматизованого пристрою, є створення алгоритму його роботи. Він повинен забезпечувати високу надійність та швидкодію пристрою, бути достатньо ефективним та стабільним. У той же час він повинен бути достатньо простим та «негабаритним», щоб не обтяжувати роботу мікроконтролера. Більшість мікроконтролерів не передбачають використання програм великого розміру зі складними формульними розрахункам, що суттєво знижують їх швидкодію та стабільність роботи.

В основі роботи пристрою лежить використання спеціалізованого фільтра з виліченою робочою частотою, що повинна відповідати мережевій частоті та передавати відповідну форму імпульсів. Фільтр є ключовою частиною пристрою та задає ефективність та чутливість пристрою. При неправильному налаштуванні фільтра пристрій або взагалі не відчуватиме нічого або реагуватиме на будь які навіть віддалені цілі тим самим не забезпечуючи необхідної селективності. Для вирішення цих завдань у алгоритмі роботи пристрою закладено автоматичне налаштування робочої частоти фільтра та утримання її при використанні пристрою не зважаючи на зовнішні чи внутрішні обставини. Це дозволяє зробити пристрій достатньо простим, надійним та ефективним та вилучає необхідність постійного ручного налаштування.

В основі алгоритму лежить математична функція простого фільтра з відповідною формульною залежністю. А задачею алгоритму є підтримання функції в заданих межах з постійним підлаштування, щось подібне до балансування.

Запропонований алгоритм роботи проектованого у даній роботі пристрою наведено на рис. 4.1.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

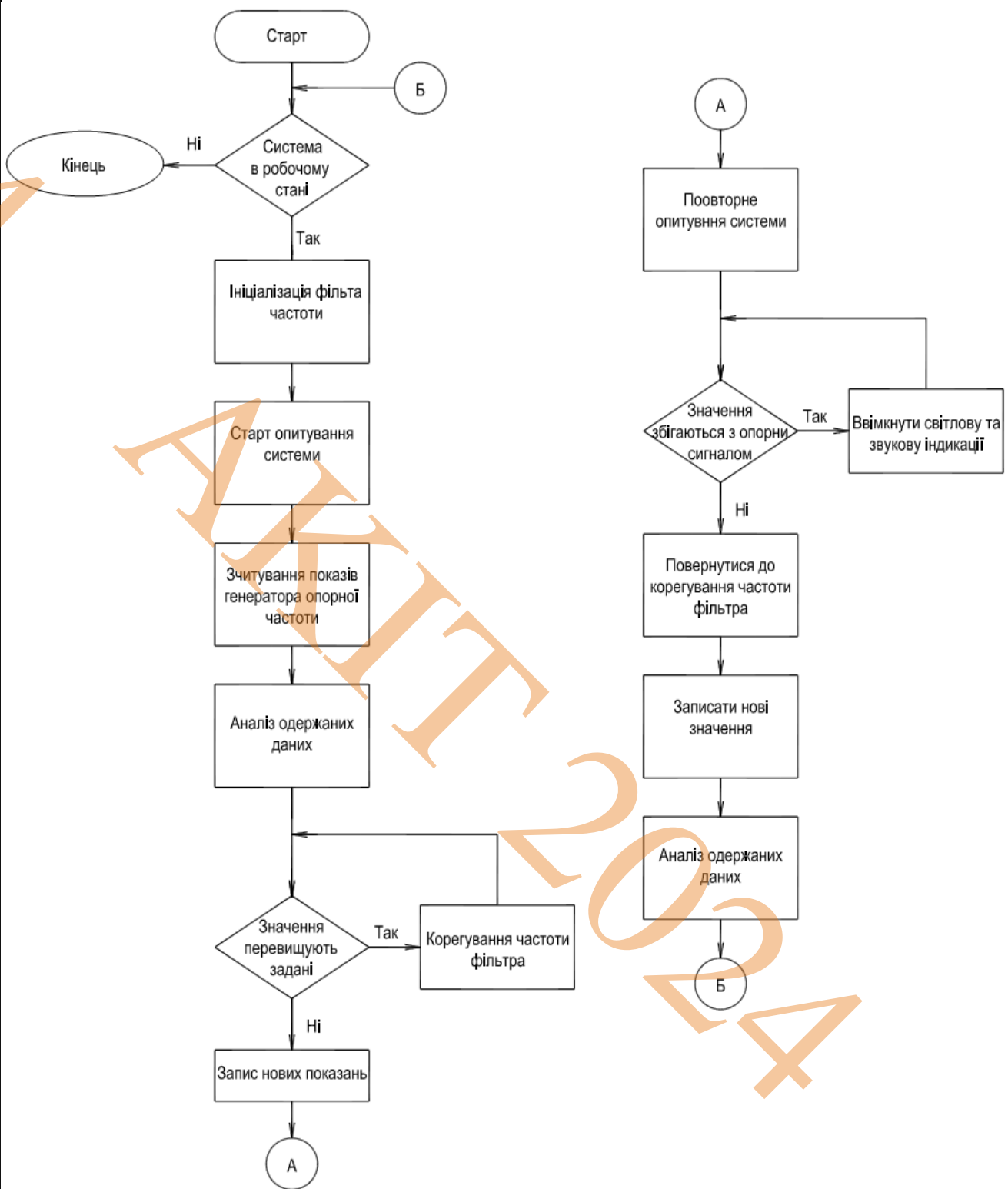


Рисунок 4.1 Блок-схема алгоритму роботи проектного пристрою

Основною функцією пристрою є пошук прихованих електричних кабелів. Конструктивно пристрій є максимально простим у використанні. Увімкнувши

його система автоматично починає налаштовувати фільтр на оптимальну частоту пропускання сигналу відсіюючи усі завади та забезпечуючи оптимальну чутливість. Антена і підсилювач розраховані таким чином, щоб детектувати провідники на незначній відстані. Коли антена пристрою знаходиться на невеликій відстані від електричного кабелю через який протікає навіть невеликий струм, вимикається світлова та звукова індикація виявлення кабелю. Підлаштування робочої частоти та активного фільтру відбувається неперервно за рахунок роботи мікроконтролера. Фактично система не потребує жодних додаткових налаштувань для її роботи. У випадку переходу на іншу частоту мережі налаштування повинно здійснюватися вручну зміною параметрів підстроювального резистора. Але так як така необхідність мінімальна. Усі побутові і промислові пристрої працюють на частоті 50 Гц, дане перелаштування потрібно тільки при використанні приладу в країнах з частотою мережі 60 Гц.

Основною ціллю побудови даного алгоритму роботи пристрою була саме простота та ефективність за разок автоматизації усіх процесів налаштування, які у даному випадку, покладені саме на мікроконтролер.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи було проведено:

детальний аналіз типів та принципів роботи різних фазошукачів;

- виконано аналіз способів побудови фазошукачів;

- проаналізовано прилади, доступні на ринку;

- виконано побудову методики розрахунку активного фільтра для проєктованого фазошукача (у розділі 3) та розрахований смуговий активний фільтр Бесселя 4-го порядку за допомогою прикладної програми Analog filter wizard (у розділі 3.1)

- розроблено рекомендовану принципову схему проєктованого фазошукача; (рис 3.11)

- також приведені деякі розповсюджені типи антен та обрана антена для портативного фазошукача.

- виконано побудову методики розрахунку активного фільтру та генератора імпульсів для проєктованого фазошукача;

- розроблено структурну та електричну принципову схему проєктованого пристрою

- розроблено алгоритм його роботи та запропоновано програму для мікроконтролера.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://prom.ua/p46137560-signalizator-skrytoj-provodki;all.html> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
- 2.[Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://otoke.ru/instrument/iskateli-skrytoj-provodki-238/> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
3. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://elektrik24.net/provodka/skrytaya/vidy-priborov-dlya-poiska.html> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
4. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.analog.com/designtools/ru/filterwizard/>
5. ” Фильтрация измерительных сигналов” В.С.Гутников 1990г.
6. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/158273/> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
7. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.bosch-professional.com/ua/uk/detector-gms-120-131501-0601081000.html> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
8. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bosch-power.com.ua/detektor-bosch-pmd-7.html> ,Дата звернення: Грудень 12, 2017.
9. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sxem.org/2-vse-stati/24-izmereniya/58-signalizator-skrytoj-provodki-e121> , Дата звернення: Березень 14, 2018.
10. <http://www.analog.com/designtools/ru/filterwizard/>
11. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://imlab.narod.ru/Electron/Generators/Generators.htm> , Дата звернення: Березень 14, 2018.

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Чичура І.І., Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Друковані плати" частина1 для студентів інженерно-технічного факультет Ужгород-2016р.

13. Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В., "Надійність електронної апаратури" Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності радіоелектронної апаратури для студентів інженерної спеціальності Ужгород-2016р.

14. OP281/OP481 Ultralow Power, Rail-to-Rail Output Operational Amplifiers Data Sheet (Rev. D)

АКІТ 2024

А

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

АКІТ

ДОДАТКИ

2024

А

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Додаток 1

Код програми фільтра

```
#include <ioavr.h>
#include <intrinsics.h>
#include <stdint.h>

#define SPS 9600UL
#define Trc 0.001f
#define K (SPS*Trc)

int main( void )
{
  /*иниціалізація АЦП*/
  ADMUX = (0<<REFS1)|(1<<REFS0)|(1<<ADLAR);
  ADCSRA =
  (1<<ADEN)|(1<<ADSC)|(1<<ADATE)|(1<<ADIE)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(0<<A
  DPS0);

  /*иниціалізація порта*/
  DDRC = 0xff;
  PORTC = 0x00;

  __enable_interrupt();
  while(1);
  return 0;
}
```

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

```

/*обработчик прерывания АЦП*/
#pragma vector = ADC_vect
__interrupt void Adc(void)
{
static uint16_t Dacc = 0;
static uint8_t Dout = 0;
uint8_t Din = ADCH;

Dacc = Dacc + Din - Dout;
Dout = Dacc/(uint16_t)K;

PORTC = Dout;
}

```

					КБР.АКІТ.20351118.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56