

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Радіотехнічні інформаційні технології»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Пристрій формування шумової завади»

Виконав:

студент ІV курсу, групи РТ-71

Захарченко Михайло Миколайович _____

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук, доцент,

Бичковський Владислав Олексійович _____

Рецензент:

Асистент

Зінгер Яна Леонідівна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра Радіотехнічних пристроїв та систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Захарченко Михайлу Миколайовичу

1. Тема проекту «Пристрій формування шумової завади», керівник проекту Бичковський Владислав Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 р. № 1205-с
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2021 року _____
3. Вихідні дані до проекту: ширина спектру завадового сигналу 20 МГц на рівні 0,25 по потужності; діапазон робочих частот станції активних завад 4- 18 ГГц

4. Зміст пояснювальної записки: Вимоги до пристрою формування шумової завади. Аналіз технічного завдання. Аналіз характеристики станцій активних шумових завад. Вибір та обґрунтування технічних рішень Техніка створення шумових завад. Огляд аналогів. Функціональна схема пристрою. Електрична схема пристрою. Генератор імпульсів Гребінчастий фільтр. Стробувальний каскад. Розробка конструкцій та оцінка надійності пристрою. Конструкція пристрою. Оцінка надійності пристрою. _____
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): плата друкована, складальний кресленик, функціональна схема, електрична схема. _____

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12 квітня 2021 р. _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	12.04 – 19.04	Виконано
2	Техніка утворення шумових завад	20.04 – 27.04	Виконано
3	Розгляд аналогів	27.04 – 04.05	Виконано
4	Розгляд функціональної схеми	04.05 – 11.05	Виконано
5	Розробка електричної схеми	12.05 – 19.05	Виконано
6	Розробка друкованої плати	20.05 – 27.05	Виконано
7	Оформлення матеріалів диплому	28.05 – 10.06	Виконано

Студент

Михайло Захарченко

Керівник

Владислав Бичковський

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті розглядається пристрій формування шумової завади. Розглядаються деякі приклади схем та готових рішень і розраховується ключові елементи пристрою, який необхідно використовувати для забезпечення радіорозвідки. Була розроблена схема електрична структурна, в яку ввійшли: стробувальний каскад, генератор імпульсів, гребінчастий фільтр. Для пристрою формування шумових завад були розроблені схемо технічні рішення реалізації і проведений аналіз. На основі розрахунків схемо технічних рішень для конкретного набору електронних компонентів схеми електричної принципової були сформовані рекомендації для подальшої розробки плати. Розроблені друковані плати для основних вузлів схеми електричної структурної. Пояснювальна записка складається з сорок одної сторінки. В даній роботі є дев'ятнадцять ілюстрацій, одна таблиця три додатки, кількість літератури дванадцять джерел.

Ключові слова: шумова завада; радіолокація; гребінчастий фільтр.

ANNOTATION

In the diploma project the device of formation of noise interference is considered. Some examples of schemes and ready-made solutions are considered and the key elements of the device to be used for radio reconnaissance are calculated. An electrical structural scheme was developed, which included: gating cascade, pulse generator, comb filter. For the device of formation of noise disturbances the scheme of technical decisions of realization was developed and the analysis is carried out. Based on the calculations of the circuit of technical solutions for a specific set of electronic components of the electrical circuit diagram, recommendations were formed for further development of the board. Printed circuit boards have been developed for the main components of the electrical structural circuit. The explanatory note consists of forty-one pages. There are nineteen illustrations in this paper, one table, three appendices, and twelve references.

Key words: noise interference; radar; comb filter.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

На тему: Пристрій формування шумової завади

Київ — 2021 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	10
1. Вимоги до пристрою формування шумової завади	11
1.1. Аналіз технічного завдання	11
1.2. Аналіз характеристик станцій активних шумових завад	12
2. Вибір та обґрунтування технічних рішень	18
2.1. Техніка створення шумових завад	18
2.2. Огляд аналогів	23
2.3. Функціональна схема пристрою	28
2.4. Електрична схема пристрою	29
2.4.1. Генератор імпульсів.....	29
2.4.2. Гребінчастий фільтр	30
2.4.3. Стробувальний каскад	31
3. Розробка конструкцій та оцінка надійності пристрою	32
3.1. Конструкція пристрою	32
3.2. Оцінка надійності пристрою	32
Висновки.....	36
Перелік джерел посилань.....	37
Додаток А	39
Додаток Б.....	42
Додаток В.....	43

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пристрій формування</i>	<i>Літ</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
		<i>Захарченко</i>					7	
		<i>ПІБ</i>			<i>шумової завади</i>	<i>РТ-71 РТФ</i>		
<i>Ч Контр</i>		<i>ПІБ</i>						
		<i>ПІБ</i>						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС — Антенна система
АМ — Амплітудна модуляція
ВШЗ — Відповідні шумові завади
ВНШЗ — Відповідні неперервні шумові завади
ГВШ — Генератор відео шуму
ГБШ — Генератор білого шуму
ГІ — Генератор імпульсів
ГНШЗ — Генераторні шумові завади
ДУС — Діаграма утворююча схема
ДП — Друкована плата
ДНА — Діаграма направленості антени
ЗГ — Задаючий генератор
КНД — Коефіцієнт направленої дії
ККД — Коефіцієнт корисної дії
ЛБХ — Лампа біжучої хвилі
ЛЗХ — Лампа зворотної хвилі
МШЗ — Модуляційна шумова завада
НВЧ — Надвисока частота
ОРТР — Оперативна радіотехнічна розвідка
ПН — Пристрій настройки
ПШЗ — Передавач шумових завад
ПЗЗ — Передавачі загороджувальних завад
ПЗЧ — Пристрій запам'ятовування частоти
РЕБ — Радіо електронна боротьба
РЕП — Радіо електронне придушення
РПД — Радіопередавач
РЕС — Радіоелектронна система
СК — Стробуючий каскад
СФ — Смуговий фільтр

<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

8

САП — Система антен передавачів

ФМ — Фазова модуляція

ФАР — Фазована антенна решітка

ЦОМ — Центральна обчислювальна машина

ЧМ — Частотна модуляція

ШЗ — Шумова завада

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

ВСТУП

В даному дипломному проекті розглядається можливість створення пристрою за допомогою якого можна буде створювати шумові завади для заплутування противника.

Розуміння що потрібно робити для створення пристрою шумових завад була використана література [1,2]. Для розуміння призначення пристрою шумових завад була використана література [3,4]. В ній розповідається про основні напрямки розвитку.

Область використання пристрою формування шумових завад дає розуміння література [5,6]. З цієї літератури зрозуміло що пристрій має широке застосування у військовій справі для захисту.

Прилад необхідний для виконання протидії радіоелектронним системам противника [7,8]. З його допомогою можливо створювати потрібні для нас завади. Це дає змогу вести радіоконтроль прикордонних територій від шкідливого впливу в радіочастотному діапазоні. Прилад наразі є актуальним та може використовуватися в літаках або на засобах пересування.

З переглянутої літератури було виконано дослідження технології створення радіо завад та вирішено виготовити прилад для створення радіо завад.

Пристрій виготовляється для військових потреб. Також прилад можливо використовувати для наукових досліджень та для навчання. Методи та засоби боротьби радіорозвідки вказані в довідниках [9,10]. Основні схеми для огляду та для дослідження пристрою формування шумових завад взяті з літератури [11]. Методи розрахунку надійності пристрою використані з літератури [12].

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1. ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ ФОРМУВАННЯ ШУМОВИХ ЗАВАД

Основні вимоги до пристрою шумових завад повинні включати в себе параметри які вказані в технічному завданні.

1.1. Аналіз технічного завдання

1. Назва приладу: пристрій формування шумової завади. Підстава для виконання приладу є дипломний проект призначений кафедрою Радіотехнічних пристроїв та систем.

2. Пристрій виконується для ефективного зниження та придушення радіолокаційних систем з метою забезпечення безпеки та радіоконтролю місцевості у військових цілях .

3. Технічні вимоги до пристрою формування шумових завад.

Пристрій повинен складатися з таких елементів: генератор шуму, гребінчасті фільтри, детектори, генератор імпульсів, стробуючі каскади. Ці елементи повинні задовольняти вимоги за призначенням та за конструкцією. Основні вимоги за призначенням: формування шумової завади, це основна функція пристрою, пристрій повинен забезпечувати ширину спектру 20 мГц по рівню 0,25 по потужності це дасть змогу ефективно використовувати пристрій в різних умовах. Прилад повинен працювати на частотах 4 – 18 ГГц що дасть змогу покрити основні діапазони військової техніки для наших потреб. Основний час роботи приладу повинен складати близько 5000 годин що дасть змогу не проводити профілактику досить довго. Ймовірність безвідмовної роботи повинна складати 0,9. Умови експлуатації приладу створення шумових завад: прилад розміщується на борту безпілотного літального апарату що ускладнює профілактичну роботу з ним тому для легкого доступу прилад повинен бути сконструйований так що максимально просто можна було замінити вузли та деталі які мають найменший строк роботи та найбільш вразливі для цих умов використання.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

11

1.2. Аналіз характеристик станцій активних шумових завад

Радіоелектронні завади це не вражаючі електромагнітні або акустичні випромінювання, які погіршують якість функціонування радіоелектронних систем (РЕС), керованої зброї і військової техніки або систем обробки інформації. Впливаючи на приймальні пристрої, завади імітують або спотворюють спостерігаються і реєструються кінцевої апаратурою сигнали або зображення, ускладнюють або виключають виділення корисної інформації, ведення радіопереговорів і виявлення цілей за допомогою РЕС, знижують їх дальність дії і точність роботи автоматичних, систем управління. Під впливом завад РЕЗ та системи можуть перестати бути джерелами інформації, не дивлячись на їх повну справність і працездатність.

Так як придушити різноманітні РЕС завадами одного виду неможливо, то застосовують спеціальні їх види, призначені для придушення радіолокації, радіонавігації, радіозв'язку, лазерної, інфрачервоної техніки. Більш того, для придушення засобів одного і того ж класу, які використовують різні види сигналів і способи їх обробки застосовуються завади які відрізняються одні від інших.

Природніми являються завади які виникли природним шляхом: атмосферні, які виникають за допомогою електричних процесів в атмосфері, головним чином грозовими розрядами, завади з космосу викликані Сонцем та іншими зірками і галактиками, радіо випромінювання полярних сяїв і радіаційних поясів землі, відображення від хмар, дощу, землі, акустичні шуми океанів та морів.

Штучні завади створюються пристроями, випромінюючими електромагнітні коливання. Зазвичай такі коливання створюють сторонні датчики РЕС, електрообладнання та спеціально штучні Завади які створюються при веденні РЕБ (радіо електронна боротьба).

Шумові завади (ШЗ) є універсальними завадами. Вони можуть застосовуватися для протидії будь-яким радіоелектронним системам будь-якими способами передачі або отримання корисної Інформації. При цьому важливо відзначити, що, якщо який-небудь приймач є оптимальним по

									Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата					12

РТ71.464113.001 ПЗ

Розглянемо енергетичний потенціал станцій шумових завод. Все різноманіття вихідних систем станції активних шумових завод можна звести до 17 типів, об'єднавши їх в 6 груп. Далі в цьому розділі для наочності та для конкретності схеми вихідних пристроїв САП ілюструється чисельними прикладами.

Перші типи застосовують звичайну однопроменеву антену з різними КНД при різній ширині променів. З огляду на гостру спрямованість променю (15 градусів) для обслуговування сектора 120 градусів потрібно ввести сканування променю.

Щоб поєднати гостру спрямованість АС з широким оглядом, були сконструйовані спеціальні багатопроменеві АС, що забезпечують ДНА (рис.1.2)

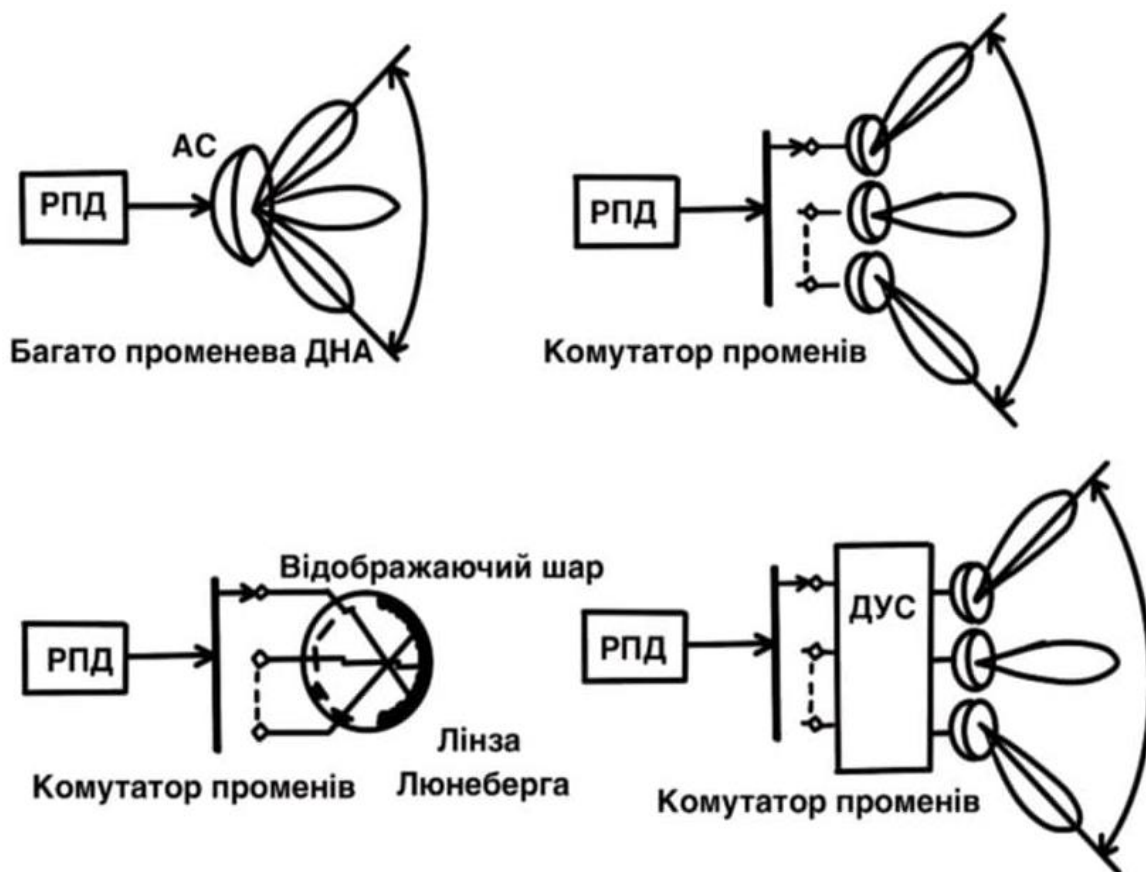


Рис.1.2. Приклади антенних систем

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Розглянемо способи створення шумових завад. Один із способів полягає в поперемінному включенні променів зі швидкою НВЧ - комутацією. Це можна виконати на звичайних рупорних антенах, багато вібраторній лінзі Люнеберга і лінійної ФАР. Для всіх типів кінцевих пристроїв, в кожному напрямку випромінюється завада з енергетичним потенціалом 40 кВт з послідовним включенням променів (рис.1.2) [7]. Для збільшення потужності радіосигналу пристрої (РПД) можна застосувати кілька некогерентних передавачів завад застосовувати підсилювачі потужності на ЛБХ

Типова структурна схема формування прямошумових завад показана (рис1.3) [7].

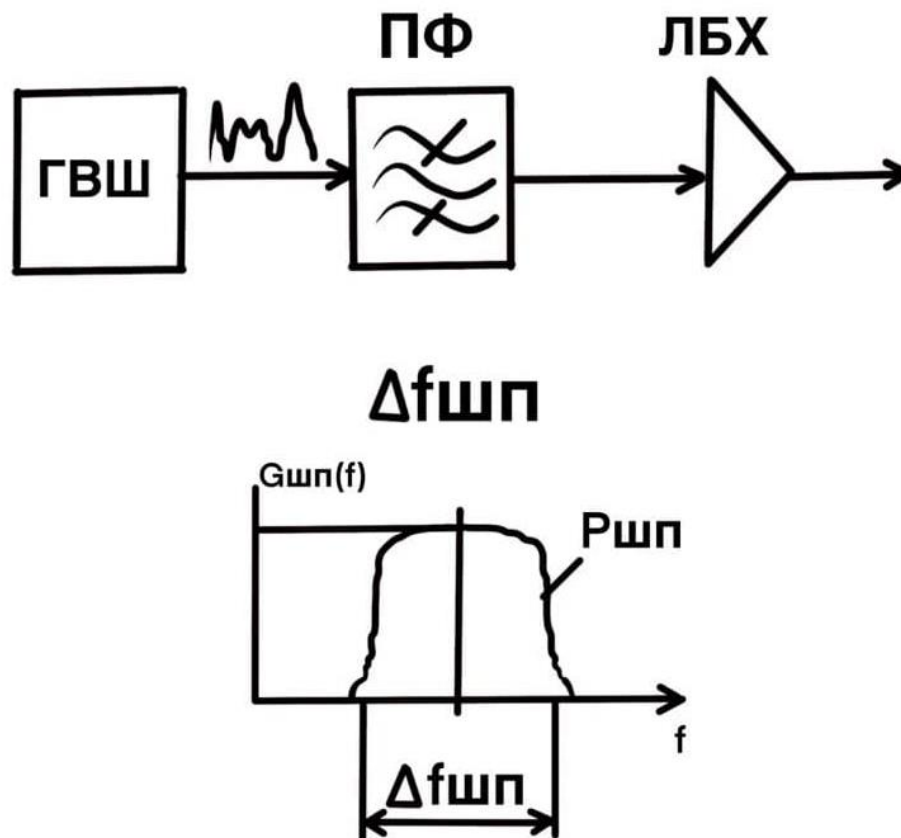


Рис.1.3. Схема формування прямошумових завад

Генератор гауссовського шуму з рівномірною спектральною щільністю (генератор "білого шуму" ГБШ) формує шум зі спектральною щільністю N .

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Смуговий фільтр (СФ) фільтрує цей шум, утворюючи на виході гауссовський шум.

САП, що створюють прямо шумову заваду, здатні розвивати потужність до 10 кВт.

Типова схема станції для постановки модуляційної шумової завади (МШЗ) показана на (рис1.4) [7].

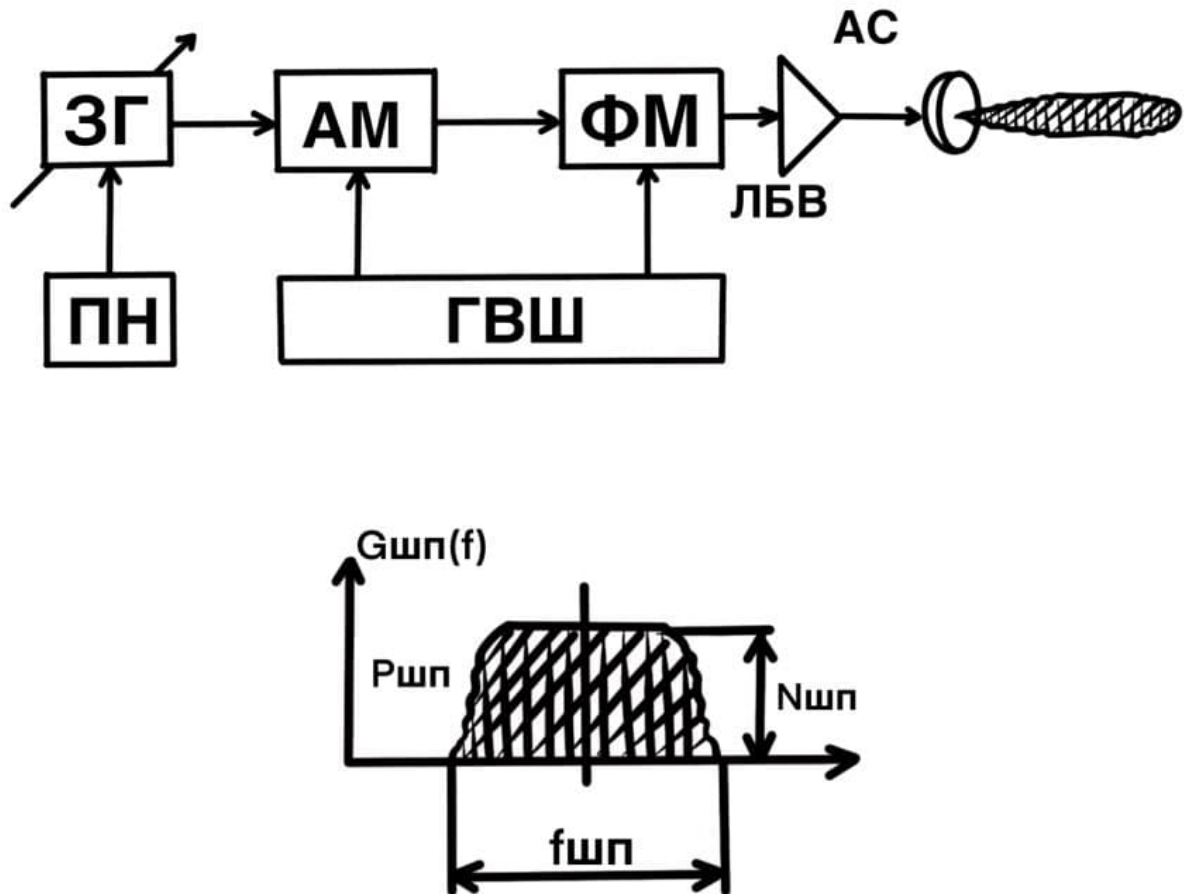


Рис 1.4. Схема станції для постановки модуляційної ШЗ

У точці 1 на схемі (рис 1.4) задаючим генератором (ЗГ) створюється гармонійне коливання, несуча частота якого може перестроюватися за допомогою пристрою настройки (ПН).

Незважаючи на ідентичні енергетичні характеристики, тонкі структури прямо шумових і модуляційних завад істотно відрізняються. Так, модуляційні шумові завади є негауссовськими.

Слід зазначити, що в САП модуляційних шумових завад обов'язково робити окремі модулятори, так як АМ, ФМ (ЧМ) модуляції можна отримати прямо на ЛБХ, подаючи відповідні відео на спіраль.

Висновок: в даному розділі ми розглянули вимоги до станції активних шумових завад та провели аналіз технічного завдання що дало розуміння в створенні пристрою шумових завад.

									Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					17

РТ71.464113.001 ПЗ

2. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1. Техніка створення шумових завад

Технічним засобом створення шумових завад є передавачі різних типів. Нижче наведені основні структурні схеми та їх характеристики.

Характеристики передавачів шумових завад (ПШЗ). Передавачі шумових завад - це пристрої, що випромінюють шумоподібні сигнали в частотному діапазоні придушеної радіоелектронної системи з метою зменшення її ефективності.

У простому вигляді ПШЗ можна представити у вигляді послідовного з'єднання генератора шуму з вихідною потужністю, лінії передачі і антени з коефіцієнтом підсилення. Так як всі високочастотні елементи між генератором шуму і антеною мають втрати, то потужність шумової завади яка випромінюється:

$$P_{\text{изл}} = P_{\text{ш}} \cdot G_{\text{п}} \cdot L_0 \quad (2.1)$$

Крім випромінюваної потужності ПШЗ характеризується центральною частотою і спектром, ширина якого визначається частотною характеристикою за рівнем у дБ. Ще важливими є параметри: рівно мірність спектральної щільності шумової завади за діапазоном та стабільність.

Є кілька типів передавачів загороджувальних завад (ПЗЗ): прямо шумові передавачі; передавачі завад, з джерелом високочастотних коливань, модульований по частоті сумішшю сигналу і шуму, або частотна перебудовується по пилкоподібний закону або випадковим законом в заданому діапазоні частот без модуляцій або з додатковою частотною модуляцією шумом; передавачі синхронних імпульсних шумових завад, а також передавачі випромінюють дуже короткі імпульси.

Прямо шумова завада створюється за допомогою широкосмугового підсилювача з великим коефіцієнтом підсилення, реалізація якого представляє серйозні технічні труднощі. ККД таких підсилювачів низький, особливо при

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

18

роботі в лінійному режимі підсилення. Робота підсилювача в режимі насичення дозволяє реалізувати максимальний ККД, але амплітудне обмеження викидів шуму змінює його статистику, роблячи його негаусівським. Якщо частотна смуга прямо шумової завади набагато ширше смуги пропускання приймача, то розподіл щільності ймовірності амплітуда шуму на виході ППЧ наближається до гаусівської. У передавачі загороджувальних шумових завад використовується генератор типу ЛЗХ яка перебудовується по всіх необхідних діапазонах частот. Управління смугою частот передавача загороджувальних завад цього типу здійснюється амплітудою сигналу, що модулює. Управління центральною частотою загороджувальної завади здійснюється зміною середньої напруги на керуючому електроді ЛЗХ.

Один з варіантів такого передавача загороджувальних завад - потужний керований напругою генератор типу ЛЗХ, модульований по частоті пилоподібною напругою. Управління центральною частотою загороджувальної завади здійснюється середньою постійною напругою на керуючому електроді ЛЗХ, а управління смугою частот спектра завади - амплітудою пило подібного сигналу. Форма спектра завади близька до дзвоне подібна.

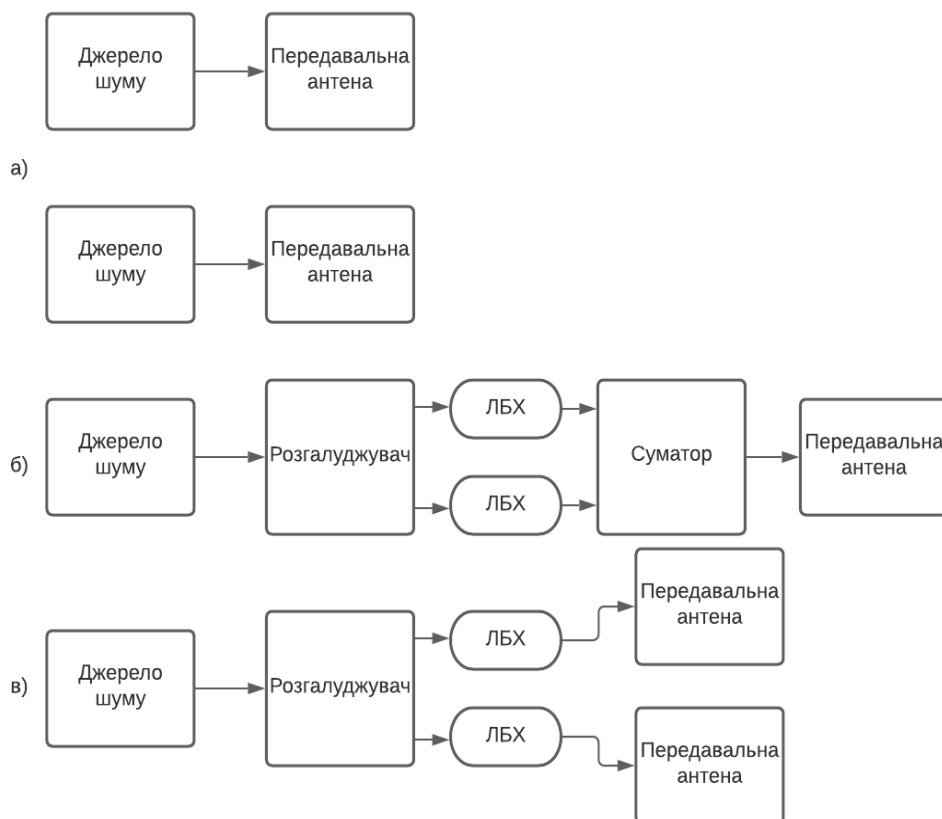
Інший тип передавача загороджувальних завад може бути реалізований шляхом частотної модуляції малопотужного генератора сигналу завади випадковою послідовністю імпульсів. Для формування сигналу в передавачі використовується реєстр зсуву зі зворотним зв'язком. Вихідна напруга реєстру зсуву, перетворена в аналоговій формі, використовується для управління частотою генератора. Якщо тривалість випадкової послідовності синхронізувати з періодом повторення прийнятих радіолокаційних імпульсів, то на індикаторі кругового огляду подавленою РЛС створюється картина наявності багатьох цілей, що володіє великими дезінформують властивостями, або просто шумові смуги. При використанні таких завад для придушення декількох РЛС частота синхронізації повинна бути дорівнювати зворотній величині найбільшої тривалості радіоімпульсів для цих РЛС.

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

Розглянемо групові передавачі загороджувальних заводів. Ці передавачі здатні перекривати широку смугу частот і є функціонально простими. Однак перекривання широкої смуги може виявитися і недоліком, якщо передавачі мають велику потужність.

Збільшення енергетичних можливостей ПЗЗ може бути досягнуто розміщенням на одному носії декількох передавачів, кожен з яких має свою передавальну антену. Недоліком групового передавача заводів є наявність додаткових втрат результуючої випромінює потужності, зумовлених труднощами розміщення на носії декількох антен і ефектом взаємного впливу передавачів.

Для підвищення ефективності ЗППЗ можуть використовуватися інші способи нарощування випромінюваної потужності. На рис. 2.1, а [11] наведена структурна схема передавача з двома джерелами шуму. На рис. 2.1, б [11] одне джерело шуму, але з двома підсилювачами на ЛБХ. 2.1 [11], в показана інша структурна схема передавача, що використовує одне джерело шуму, дві ЛБХ і дві однакові антени з коефіцієнтом G .



Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Рис 2.1. Схеми групових передавачів загороджувальних завад.

Розглянемо передавачі прицільних шумових завад. Для радіоелектронного придушення РЛС виявлення поряд з передавачами загороджувальних завад використовуються передавачі прицільних шумових завад. Ці пристрої перебудовуванні по частоті НВЧ-генератори, модульовані по амплітуді або частоті шумами, або періодичним сигналом, або комбінацією. Передавач завад на частоту виявленої РЛС.

Основна перевага передавача прицільних маскуючих завад полягає в його здатності концентрувати всю потужність у вузькій смузі частот, в зв'язку з чим такий передавач може придушити приймачі на великих відстанях.

Недоліком передавачів ПППЗ є не повна автоматизація їх роботи з цього впливає що їх швидкодія низька.

Розглянемо методи і техніку створення завад імпульсно-доплерівським і безперервним РЛС виявлення. Імпульсно-доплерівські РЛС вимагають високої стабільності частоти, що несе і частоти проходження імпульсів, тому дуже чутливі до методів РЕП. Цьому певною мірою сприяє вплив багаторазових перевідбиттів імпульсів від підстилаючої поверхні і навколишніх місцевих предметів, істотно порушують вимірювання дальності за рахунок виникаючої невизначеності в надходження імпульсів на вхід приймача РЛС. Це особливо проявляється при середніх і високих частотах проходження імпульсів і роботі по декількох цілях одночасно.

Істотною перевагою таких РЛС є здатність вимірювати відносну швидкість руху цілі, використовуючи для цього доплерівські зрушення частоти, що дозволяє здійснювати селекцію цілей по швидкості і в процесі виявлення реальних цілей відбудовуватися від місцевих завад і відображень від диполів. Тому при організації РЕП таких РЛС основна мета полягає в створенні завад, що порушують селекцію по швидкості. При цьому зазвичай вдаються до дій у відповідь завад, що базуються на синхронному випромінюванні заважаючих сигналів, що імітують помилкові цілі з реальними параметрами руху.

На рис 2.2. [11] представлена спрощена структурна схема системи РЕП, здатність формувати заваду по швидкості доплерівським РЛС виявлення. Система містить пристрій запам'ятовування частоти, попередній високочастотний підсилювач, підсилювач потужності, приймач. При ретрансляції зондуючого сигналу РЛС без додаткової модуляції на виході системи формується сигнал, аналогічний відбитого сигналу по дальності, швидкості, напрямку. Створення завади по швидкості може забезпечується шляхом фазової модуляції сигналів в високочастотному підсилювачі або в пристрої запам'ятовування. У першому випадку створюються помилкові цілі на тій же дальності, що і постановник завад, але з різними доплерівського зрушеннями частоти (швидкості). В останньому випадку створюється велика кількість помилкових цілей, розкиданих по дальності і швидкості.

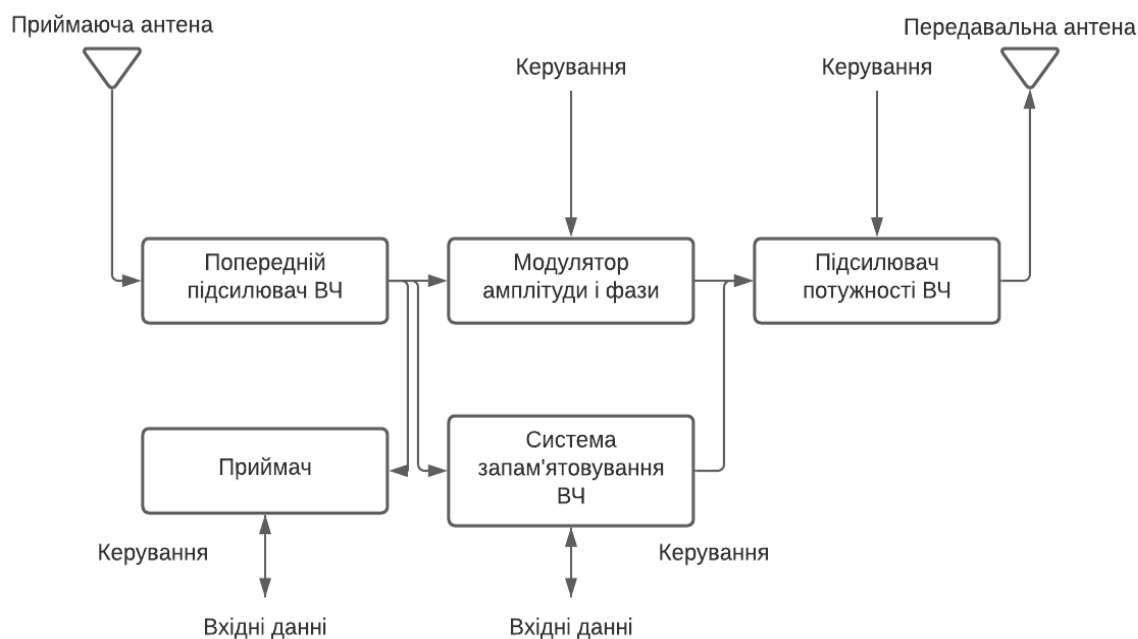


Рис 2.2. Структурна схема системи РЕП

2.2. Огляд аналогів

У режимі відповідних шумових Завад САП знаходяться в режимі очікування, випромінюючи тільки тоді, коли засіб оперативної радіотехнічної розвідки виявляють на інтервалі часу опромінюючий сигнал. При цьому можливі кілька режимів випромінювання відповідних шумових завад.

Приклади схем:

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

22

Схема №1 (рис 2.3.) ілюструє метод формування потужної ВНШЗ з використанням ЛЗХ. Генератор має зворотну дію, котра відсутня лише тоді, коли на вхід діє сигнал, тобто на часовому інтервалі.

Протягом часу дію сигналу зворотний зв'язок на смуговий фільтр змушує ЛЗХ генерувати шумову відповідну заваду з смугою рівній смузі прозорості смугового фільтра. При цьому центральна частота визначається частотою сигналу.

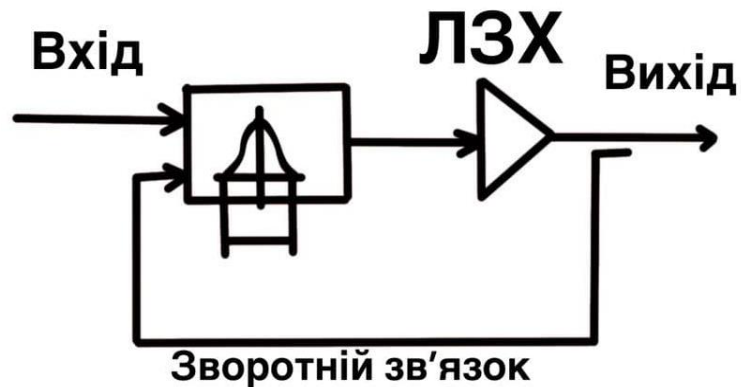


Рис 2.3. Метод формування потужної ВНШЗ

Схема №2 (рис 2.4.) генератор ВНШЗ на сполучених гребінчастих фільтрах і осцилограми напруги, що ілюструють принцип її роботи.

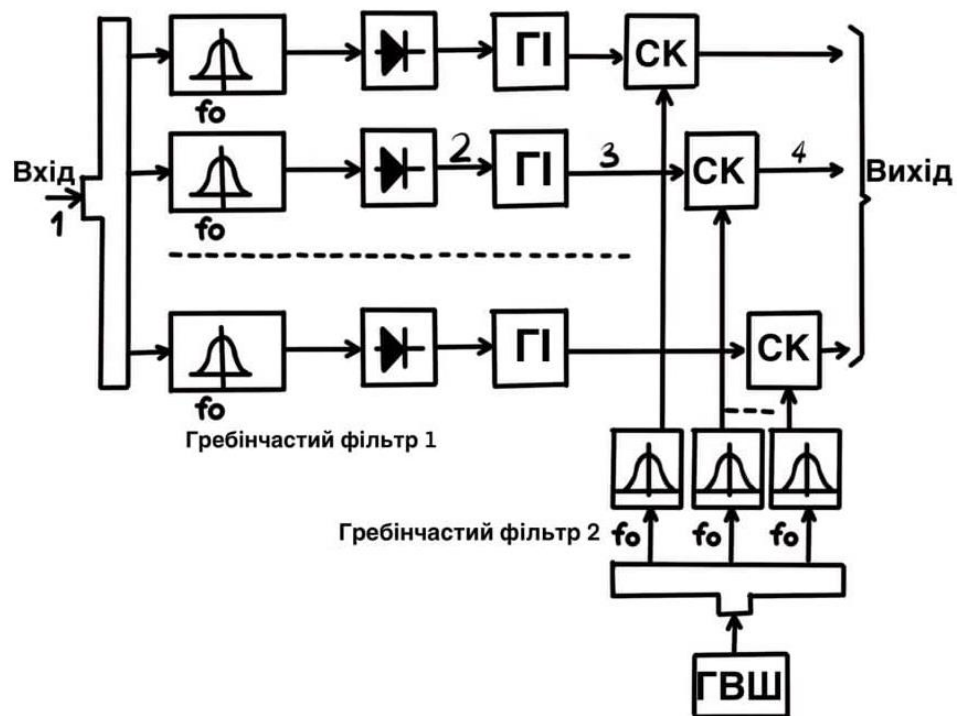


Рис 2.4. Генератор ВНШЗ на сполучених гребінчастих фільтрах

Гребінчастий фільтр №1, який перекриває n фільтрами смугу частот, виділяє на виході той сигнал, який має частоту f_i . Далі працює лише i -й канал, що складається з детектора і генератора імпульсів. На виході генератора формується довгий імпульс, рівний повній тривалості пачки імпульсних сигналів. Якщо приходить безперервний сигнал, ГІ формує імпульс такої ж тривалості. Гребінчастий фільтр №2, налаштований так само, як і фільтр №1, подає на стробуючі каскади (СК) радіошуми несучих частот. На вихід системи потрапляє тільки шум, який пройшов через фільтр гребінки, з того СК, який відкритий прийнятим імпульсом сигналу. Таким чином формується прицільна по частоті шумова завада. Перевага схеми полягає в тому, що вона швидко включає генератор шумової завади, несуча частота шумової завади узгоджена несучою сигналу, схема може одночасно створити ЗШЗ з повною пропускною здатністю.

Схема №3 (рис 2.5.) виконана на двох сполучених гребінчастих фільтрах і є однією з кращих схем формування ВШЗ [7]. Схема може бути виконана на n роздільних антенах з підсумовуванням полів завад в просторі. В іншому варіанті схеми застосовується суматор і одна антенна система.

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

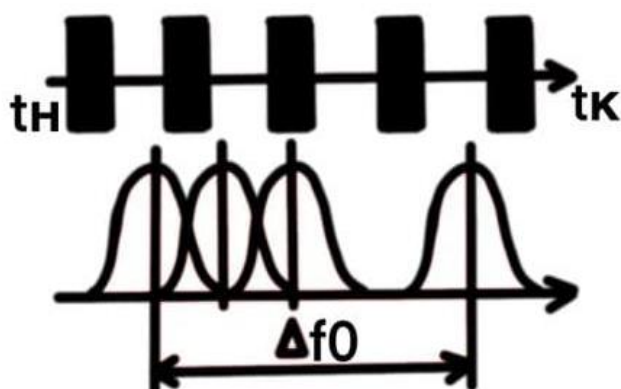
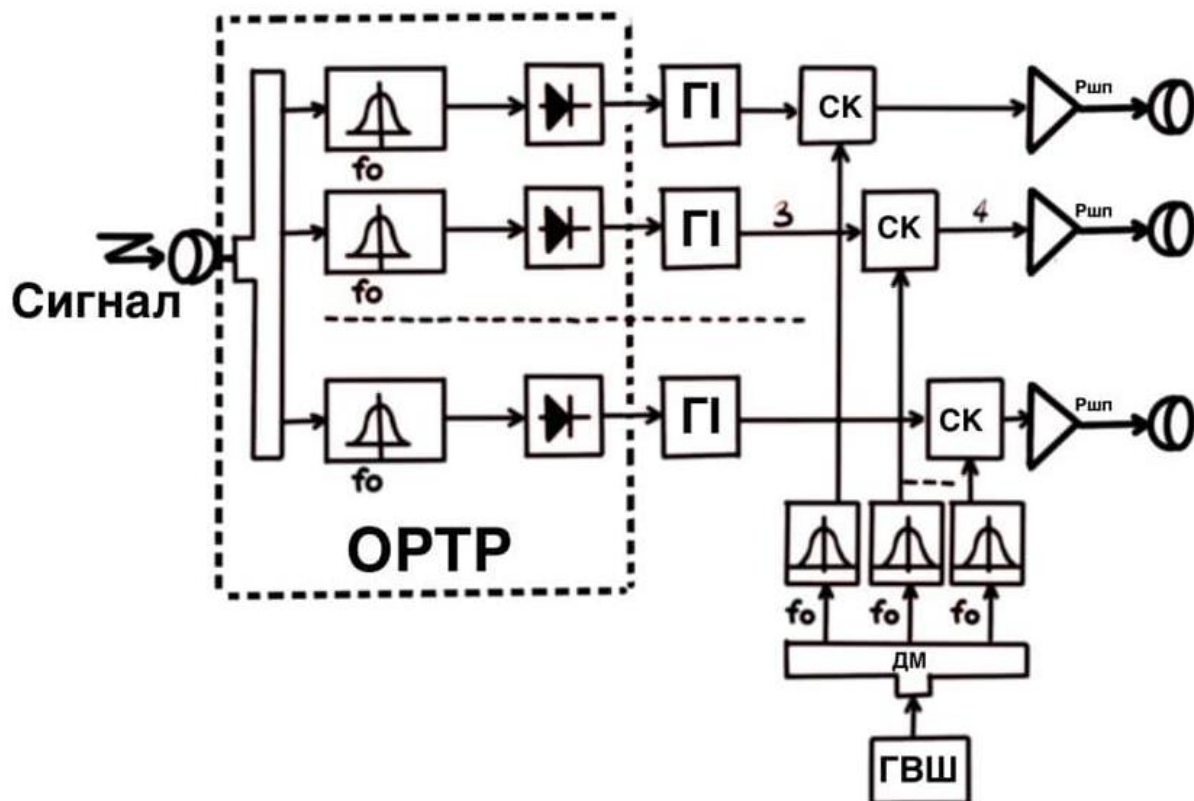


Рис 2.5. Схема формування ВНСЗ

Схема №4 (рис 2.6.) є одноканальною, але створює ВНСЗ на ортогональній поляризації. Для цього в схемі є аналізатор поляризації (в ОРТР) і пристрій настройки ортогональної поляризації завади. Такі завади широко застосовуються в техніці РЕП.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

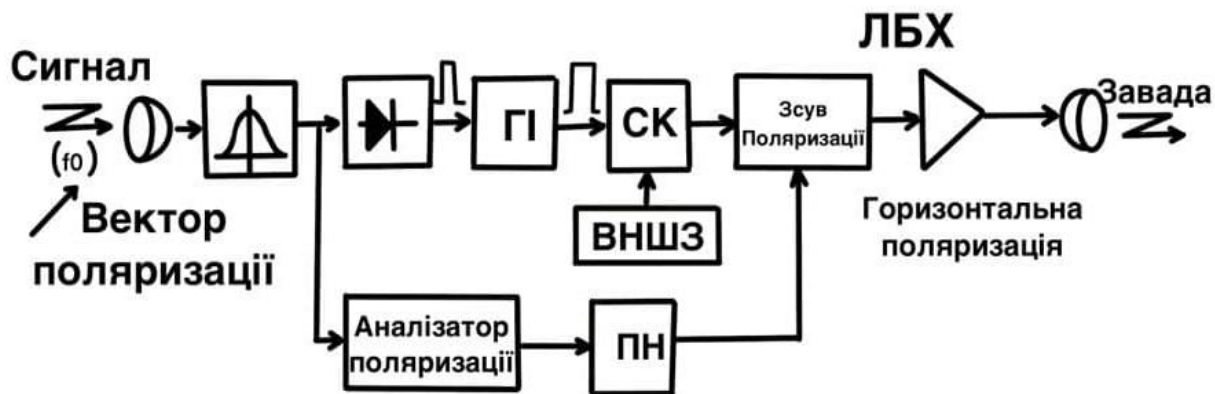


Рис 2.6. Одноканальна схема створення ВНШЗ

Схема №5 (рис 2.7.) містить n генераторів незалежних шумових завад, поставлених в режим очікування з перебудовується в смузі Δf частотою. Частота перебудовується за спеціальним кодом, який змінюється в процесі управління схемою від ЦОМ.

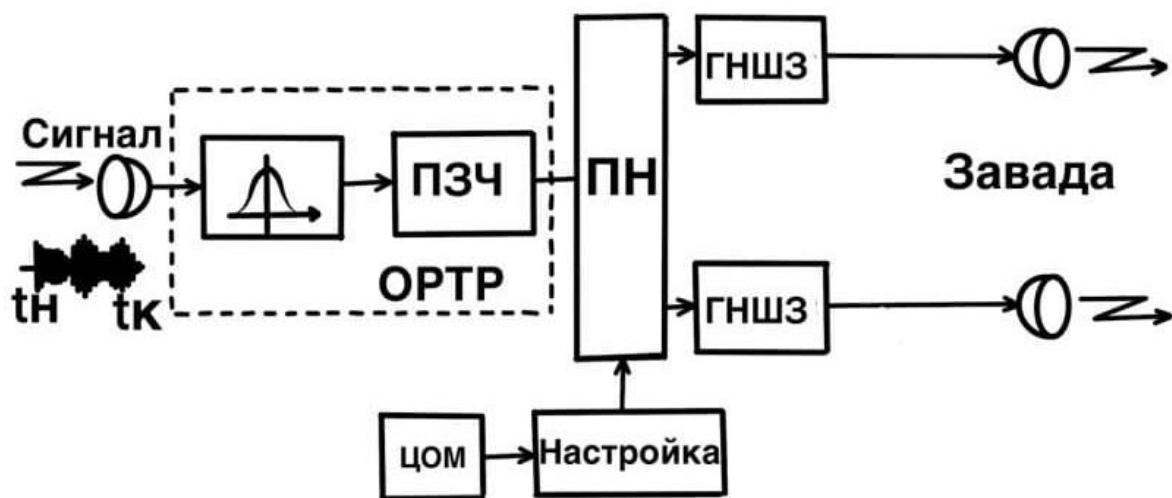


Рис 2.7. Схема з n генераторів незалежних шумових завад

На рис. 2.8. ілюструється випадок зміни несучої по пилкоподібний закону з періодом T і зі зсувом у часі з кроком Δt . Повна смуга всіх ГНШЗ дорівнює $\Delta f = n \cdot \Delta f_{ШЗ}$, так що завада в цілому загороджувальна, але зі складним спектром.

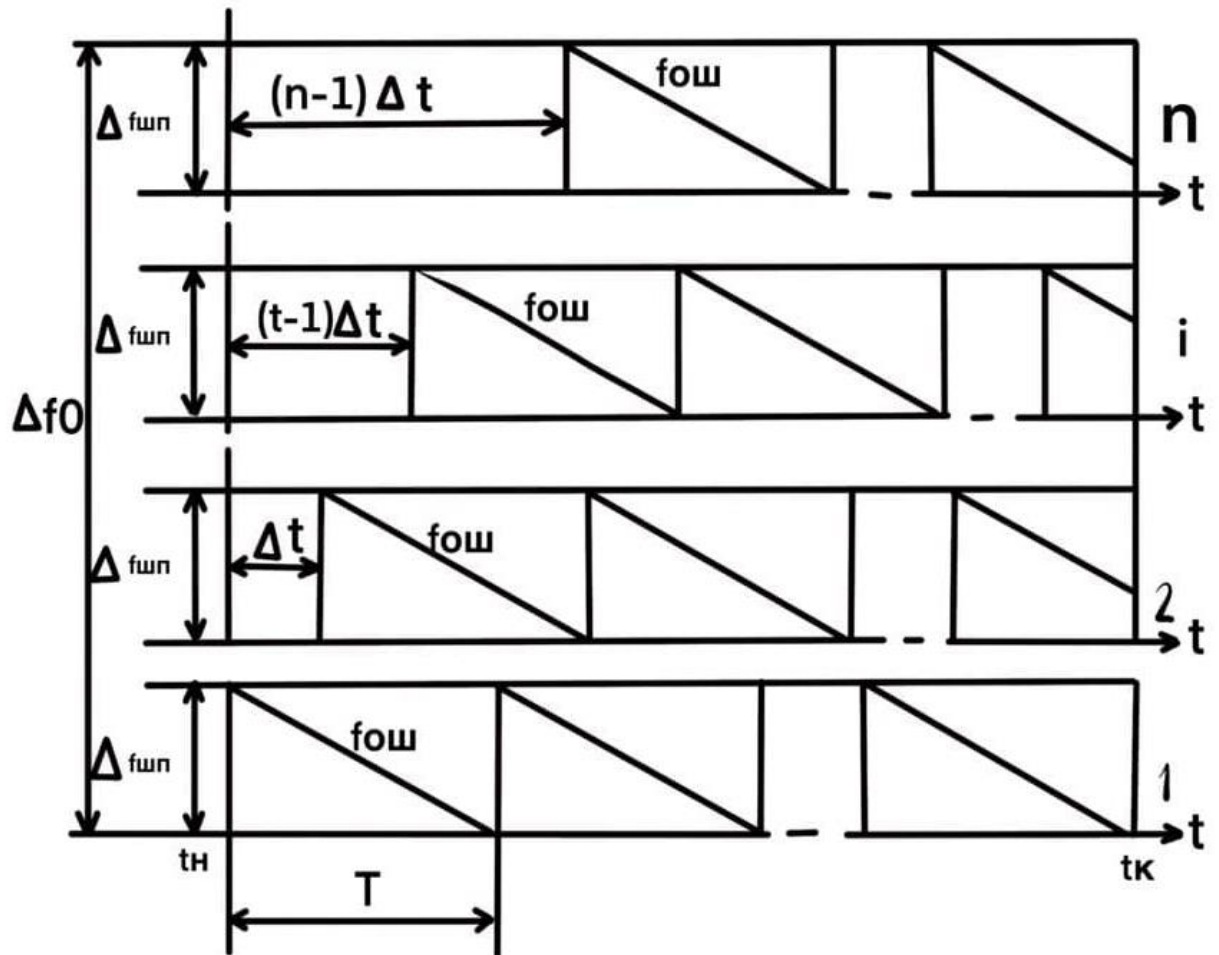


Рис 2.8. Випадок зміни несучої по пилоподібний закону з періодом T

2.3. Функціональна схема пристрою

На підставі аналізу схем станцій радіозавод доцільно вибрати схему пристрою формування завади який, входить у станцію завод наведено на рис 2.5 [7]. Пристрій має однотипні канали, що значно спрощує його конструкцію і (рис 2.9). В нього входять генератори які запускаються пристроями ОРТР.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

27

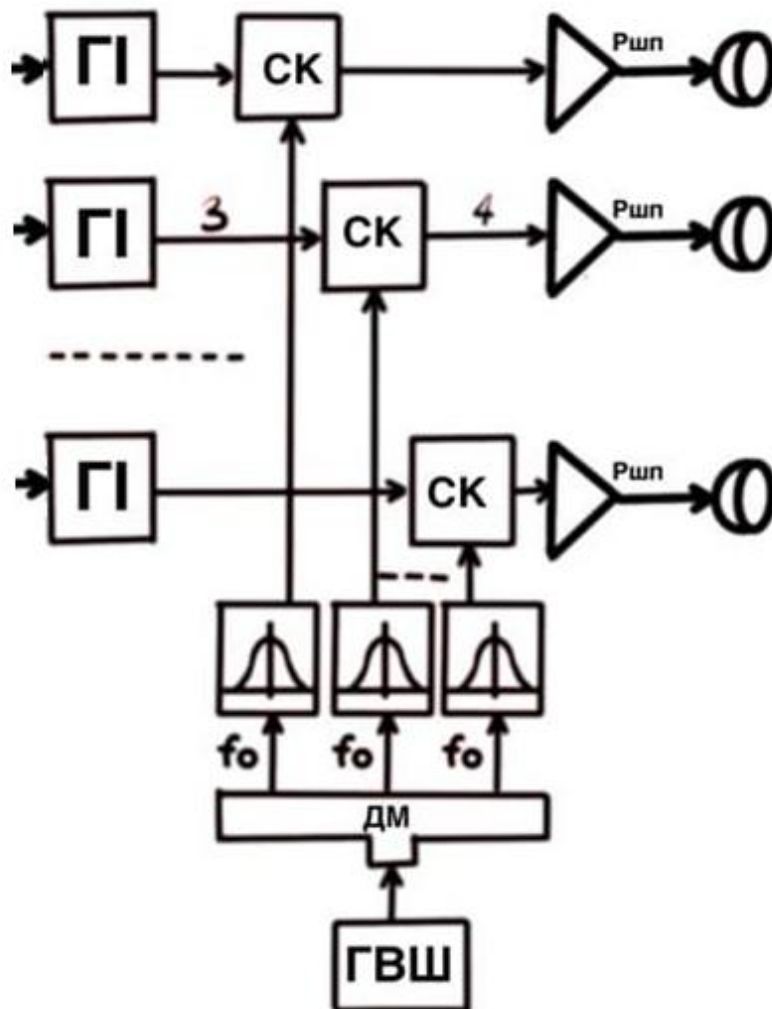


Рис 2.9 Функціональна схема пристрою

Схема виконана на двох гребінчастих фільтрах. В схемі присутні прийомна антена, підсилювальний каскад. Генератор імпульсів виконаний з використанням *smd* компонентів. Підсилювачі виконані на дискретних елементах.

2.4. Електрична схема пристрою

Схема складається з основних елементів поверхневого монтажу. Виконана з використанням генератора імпульсів, стробувального каскаду та гребінчастого фільтру.

2.4.1. Генератор імпульсів

Генератор складається з транзистора КТ315 аналог йому BC847 декількох резисторів різних номіналів, конденсаторів та котушки індуктивності. В симетричному генераторі імпульсів номінали елементів кожного з двох плечей однакові $R1=R4$, $R2=R3$, $C1=C2$ (рис 2.10).

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

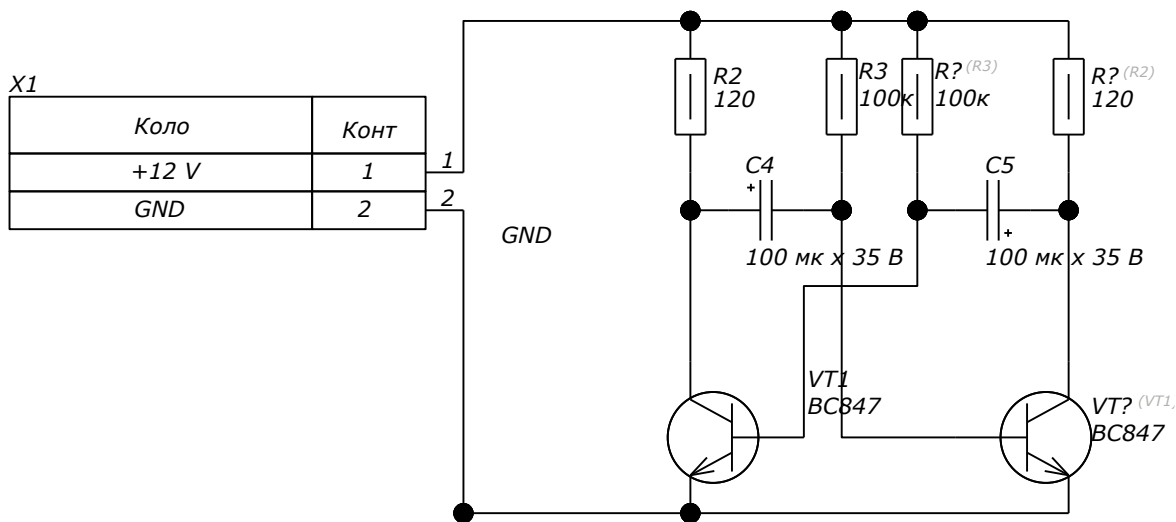


Рис 2.10. Генератор імпульсів

Розрахунок генератора імпульсів:

Частота послідовності імпульсів генератора імпульсів вираховується по формулі.

$$f = \frac{700}{(C1 \cdot R2)}$$

де f – частота в герцах (Гц), C – ємність в мікрофарадах (мкФ) і R – опір в кілоомах

2.4.2. Гребінчастий фільтр

Цей фільтр є інвертуючим підсилювачем з постійним коефіцієнтом підсилення в полосі прозорості від частоти f_0 . Гранична частота f_0 на рівні -3 дБ задається вхідним колом.

$$K = \frac{U_{vih}}{U_{vh}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1}$$

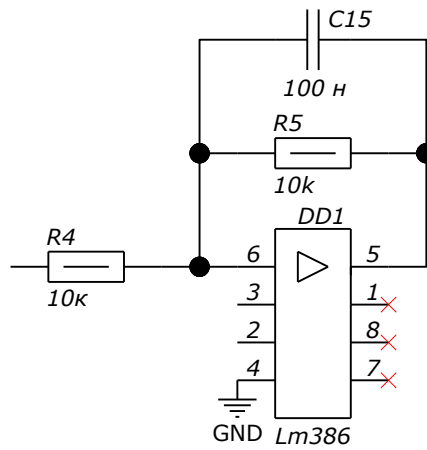


Рис 2.11. Гребінчастий фільтр

2.4.3. Стробувальний каскад

Стробувальний каскад забезпечує проходження відео шуму в той момент коли запускається певний генератор заданій лінійці каскаду схема стробувального каскаду показана на рис 2.12.

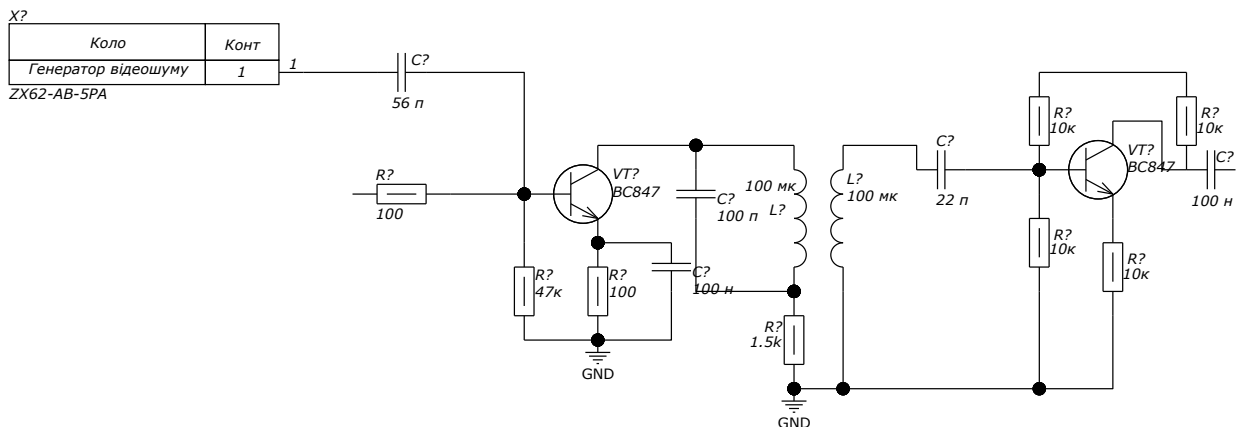


Рис 2.12 Стробувальний каскад

Висновок: в даному розділі ми оглянули аналогії станцій активних шумових завод , вивчили техніку створення шумових завод розробили структурну схему пристрою формування шумових завод та на її основі розробили електричну схему.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PT71.464113.001 ПЗ

Лист

30

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

3.1. Конструкція пристрою

При розробці корпусу було прийнято до уваги вимога наявності отворів для під'єднання як живлення та сигналів. Також, був розроблений принцип кріплення верхньої та нижньої кришки за допомогою болтів.

Корпус складається з 2 частин. Матеріал корпусу виконаний зі звичайної пластмаси. Форма корпусу квадратний паралелепіпед з заокругленими кряями також в верхній частині корпусу присутній отвір для кнопки. На боковій стороні присутні отвори для штекерів живлення та для Jack 3.5. Колір корпусу передбачається сірий, поверхня шліфуватися не повинна. В середині нижньої кришки знаходиться кріплення для плати.

Вихідні данні:

- довжина плати $a=0.060\text{м}$;
- ширина плати $b=0.060\text{м}$;
- товщина плати $h=1,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

Матеріал друкованої плати : двосторонній фольгований стеклотекстолит FR-4 35/35 з параметрами:

- модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$; характеризує здатність матеріалу опиратись стиску чи розтягу при пружній деформації
- густина $\rho = 1,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$; міра зміни поперечних розмірів ізотропного тіла при деформації розтягу.

Маса встановлених на платі елементів $M = 0,02\text{кг}$.

Приведена маса друкованої плати:

$$m_n = \rho h = 1,9 \cdot 10^3 \cdot 0,002 = 2,85 \text{ кг/м}^2.$$

Приведена маса плати з деталями:

$$m = m_n + m_e = 2,85 + \frac{0,02}{0,04 \cdot 0,02} = 27,85 \text{ кг/м}^2$$

Циліндрична жорсткість: характеризує здатність пластини до деформацій.

					PT71.464113.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)} = \frac{2,1 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 7,572 \text{ Нм}$$

Значення функції $\varphi(\beta)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,621 \cdot \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1,621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}}$$

де $\beta = a/b = 1$ – коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{1 + 1,621 \cdot 0,22 + 1}{1 + 1,621 + 1}} = 7,962$$

Резонансна частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi \cdot a^2} \times \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{7,962}{2 \cdot \pi \cdot 0,2^2} \cdot \sqrt{\frac{7,572}{27,85}} = 500$$

► Клас С - змішана: монтовані в отвори і поверхнево монтовані компоненти



Рис 3.1. Клас розташування елементів

Матеріал: FR4 35/35 1.5 мм

Тип виготовлення: Діелектрична основа, двошарова.

Даний тип виготовлення є відносно дешевим і простим. Але це питання більш детально можуть розписати технологи.

3.2. Оцінка надійності пристрою

Імовірність безвідмовної роботи $P(x)$ для DN-розподілу розраховуємо за рівнянням

$$P(x) = 0,5 \left\{ \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1-x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] + e^{\frac{2}{v^2}} \left[\left[1 + \operatorname{erf} \left(-\frac{1+x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] \right] \right\} \quad (3.1)$$

де $P(x)$ – ймовірність безвідмовної роботи;

$\operatorname{erf}(x)$ – функція інтеграла помилок;

v – коефіцієнт варіації ($v = 1$).

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PT71.464113.001 ПЗ

Лист

32

Формула для експлуатаційної інтенсивності відмов ЕК

$$\lambda_p = \lambda_0 K_1 K_2 K_3$$

де λ_p – експлуатаційна інтенсивність відмов ЕК;

λ_0 – початкова середньостатистична інтенсивність відмов ЕК;

K_1 – функція температури та коефіцієнта навантаження

K_2 – рівень механічних експлуатаційних впливів (вібрацій та ударів);

K_3 – відносна вологість у внутрішньому об'ємі РЕА.

Розрахунки починаємо з визначення розрахункової інтенсивності ЕРЕ λ_p , далі визначаємо середній наробіток до відмови, розв'язуючи рівняння:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{T_0}{2\pi t_b^3}} \exp\left[-\frac{(t_b - T_0)^2}{2t_b T_0}\right]$$

де T_0 – середній наробіток до відмови

t_b – тривалість випробувань ($t_b = 3 \cdot 10^4$)

Визначивши T_0 приймають $\mu = T_0$ задають необхідний час роботи t , а показники надійності ЕРЕ визначають в залежності від параметра $x = t / \mu$ та коефіцієнта варіації v

Інтенсивність відмов конденсаторів:

Керамічні

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_c$$

Електролітичні:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_T K_c$$

де λ_0 взято з таблиці – [табл 3.1];

K_c – коефіцієнт, що враховує номінальну ємність та математичну модель розрахунку для окремих груп конденсаторів

K_T – температурний коефіцієнт, що залежить від температур навколишнього середовища для імпульсних конденсаторів.

Інтенсивність відмов резисторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_R$$

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

33

де λ_0 взято з таблиці – [табл 3.1];

K_R – коефіцієнт, що враховує номінальний опір

Інтенсивність відмов мікросхем:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_{c,T} K_{корп}$$

де λ_0 взято з таблиці – [табл 3.1];

$K_{c,T}$ – Коефіцієнт режиму, що враховує складність інтегральних мікросхем та температуру навколишнього середовища [табл. 3.1];

K_U – коефіцієнт, що враховує вплив максимальних значень напруг живлення ; $K_U = 1$

$K_{корп}$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу корпусу інтегральних мікросхем ($K_{корп} = 3$ для пластмасових корпусів)

Інтенсивність відмов біполярних транзисторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\phi K_{s1}$$

Де λ_0 взято з таблиці – [табл. 3.1];

K_p взято з таблиці - [табл. 3.1]

K_ϕ взято з таблиці- [табл. 3.1]

K_{s1} взято з таблиці - [табл. 3.1]

Інтенсивність відмов діодів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\phi K_{s1}$$

Де λ_0 взято з таблиці [табл. 3.1]

K_p коефіцієнт режиму роботи пристрою, що залежить від навколишньої температури та навантаження по струму; [табл 3.1]

K_ϕ - коефіцієнт, що враховує функціональне призначення пристрою, [табл. 3.1]

K_{s1} - коефіцієнт, що враховує відношення робочої напруги до максимально допустимої по ТУ [табл. 3.1]

Результати розрахунків зведено в таблицю.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

34

Таблиця 3.1. Надійність приладу

Назва і тип елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1/год,								$\lambda_p \cdot 10^6$, 1/год,	К-ть N
		Кф	Кр	Кс	Кs1	KR	Ккоп	КТ		
Конд-ри										
Ел-чні	0,19			1				3,63	0,69	2
Керамічні	0,019		0,18	0,53					0	2
Резистори до 50кОм	0,04					0,8			0,034	4

Назва і тип елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1/год,								$\lambda_p \cdot 10^6$, 1/год,	К-ть N
		Кф	Кр	Кс	Кs1	KR	Ккоп	КТ		
Мікросхеми	0,019								0,05	N
Транз-ри	0,06	0,7	0,22		0,5				0	2
Діод	0,1	1,5	0,09		0,7				0,01	2
СУМА									0,784	14

Висновок: Виходячи із підрахунків занесених в таблицю пристрій має 72,2% ймовірності безвідмовної роботи протягом 15 000 годин. Отже пристрій задовільняє умови ТЗ.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PT71.464113.001 ПЗ

Лист

35

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В дипломному проекті розроблений пристрій формування шумової завади. Такий пристрій потрібно застосовувати в системах радіо розвідки та локації, він генерує завади на обраній частоті та дає можливість забезпечити радіорозвідку. Було розглянуто багато різних проведено їхній аналіз, ми розглянули вимоги до станції активних шумових завад та провели аналіз технічного завдання що дало розуміння в створенні пристрою шумових завад. Вивчили техніку створення шумових завад розробили структурну схему пристрою формування шумових завад та на її основі розробили електричну схему. Пристрій задовольняє умови технічного завдання.

Прилад виготовляється з доступної елементної бази, в основному з елементів поверхневого монтажу. Корпус пристрою може бути роздрукованим на 3D принтері.

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба / Куприянов А.И. М.: Вузовская книга, 2013. — 360 с.
2. Леньшин А.В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления / Леньшин А.В. — Воронеж : Научная книга, 2014. — 590 с.
3. Атражев М. П., Ильин В. А., Марьин Н. П., Борьба с радиоэлектронными средствами, / Атражев М. П., Ильин В. А., Марьин Н. П. М.: Воениздат, 1972, 272 с.
4. Вакин С.А., Шустов Л.Н. / Вакин С.А., Шустов Л.Н Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки М.: Советское радио, 1968. — 448 с.
5. Палий А. И., Радиоэлектронная борьба, / Палий А. И. М.: Военное издательство, 1989. — 350 с.
6. Справочник по радиоэлектронным системам / под ред. Б.Х.Кривицкого М.: Энергия, 1979. — 368 с.
7. Цветнов В. В., Демин В. П., Куприянов А. И. Радиоэлектронная борьба. Радиоразведка и радиопротиводействие. / Цветнов В. В., Демин В. П., Куприянов А. И — М.: МАИ, 1998. — Т. 2. — 248 с.
8. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиоэлектронной борьбы. Часть 1. Учебное пособие, ч.1 Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, / Вакин С.А., Шустов Л.Н 1998 г. — 434с.
9. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте М.: / Куприянов А.И., Сахаров А.В. Вузовская книга, 2003. — 528 с.
10. Куприянов А.И., Сахаров А.В. / Куприянов А.И., Сахаров А.В. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. Учебное пособие. — М.: Вузовская книга, 2007. — 356 с.
11. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием Под ред.

Ю.М. Перунова. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. — М: Радиотехника, 2003. — 416 с.

12. Расчет надежности электрической принципиальной схемы. Расчет надежности электрической принципиальной схемы [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://studbooks.net/1444820/tovarovedenie/raschet_nadezhnosti_elektricheskoy_printsipialnoy_shemy.

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

ДОДАТОК А

**Технічне завдання
на розробку
пристрою формування
шумової завади**

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

Технічне завдання

1. Найменування та підстава для виконання розробки.

1.1 Найменування: розробка пристрою формування шумової завади.

1.2 Підстава для розробки: завдання на дипломне проектування затверджене рішенням кафедри РТПС.

2. Мета розробки та призначення пристрою. Метою розробки є утворення пристрою формування шумової завади, призначеного для зниження ефективності роботи та по давлення радіолокаційних станцій.

3. Технічні вимоги.

3.1 Склад пристрою:

- Генератор шуму;
- Гребінчасті фільтри;
- Детектори;
- Генератор імпульсів;
- Стробуючі каскади;

3.2 Загальні вимоги за призначенням:

- Формування шумової завади;
- Ширина спектру завадового сигналу 20 мГц на рівні 0.25 по потужності.
- Діапазон робочих частот станції активних завад 4 – 18 ГГц.

3.2 Вимоги до надійності:

- Середній час наробітку та відмову не менше 5000 годин;
- Ймовірність безвідмовної роботи за 2000 годин не менше 0,9;

3.4 Вимоги до умов експлуатації:

- Робочий діапазон температур від -60 C° до $+60\text{ C}^{\circ}$;
- Розміщення на борту безпілотного літального апарату;
- Забезпечення мінімального обсягу профілактичних робіт;

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

- Окремі вузли та деталі, що мають малий ресурс і належні заміні, повинні мати вільний до них доступ та забезпечувати малу трудомісткість ремонту, збірки та розбирання.

					<i>РТ71.464113.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

РТ71.464113.001 ПЗ

Лист

42

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			РТ71. 464113.001 СК	Складальний кресленник		
A3			РТ71. 464113.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A4			РТ71. 464113.001 ПЕ	Перелік елементів		
				<u>Деталі</u>		
		1	РТ71. 464113.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатор 0603 1 нФ 20В ±10%	1	С1
				Конденсатор 0603 47 нФ 20В ±10%	2	С2,С20
				Конденсатор 0603 100 нФ 20В ±10%	7	С3,С6,С7, С14,С15
				Конденсатор 1206_3216 100 мкФ 35В ± 10%	2	С4,С5
				Конденсатор 1206 56 нФ 20В ± 10%	3	С8,С13, С16
				Конденсатор 0603 100 нФ 20В ±10%	1	С9
				Конденсатор 0603 50 нФ 20В ± 10%	1	С10
				Конденсатор 0603 22 нФ 20В ± 10%	2	С11-С12
				Конденсатор 0603 27 нФ 20В ± 10%	1	С17
			РТ71. 464113.001			
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата		
Разраб.		Захарченко М.М.			Літ.	Арк.
Переві.		Бичковський				1
Т.конт					НТУУ "КПІ" РТФ	
Н.конт		Піддубний				
Утв						
Друкований вузол						

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим
				Мікросхема Lm386 SOIC-8 R8	1	DD1
				Індуктивність 100 мкФ ± 10% SRR1280	3	L1,L2,L5
				Індуктивність 3Т 20SWG	2	L3-L4
				Індуктивність 7Т 20SWG	2	L6-L7
				Резистор 0603 47 кОм 0,25 Вт ± 5%	1	R1
				Резистор 0603 120 Ом 0,25 Вт ± 5%	1	R2
				Резистор 0603 100 кОм 0,25 Вт ± 5%	1	R3
				Резистор 0603 10 кОм 0,25 Вт ± 5%	4	R4,R5, R8,R11
				Резистор 0603 470 Ом 0,25 Вт ± 5%	1	R6
				Резистор 0603 1.5 кОм 0,25 Вт ± 5%	2	R7,R9
				Резистор 0603 33 Ом 0,25 Вт ± 5%	1	R10
				Резистор 0603 100 Ом 0,25 Вт ± 5%	2	R12,R13
				Кнопка TE FSM6JSMA	1	SB1
				Діод 1N4007 SOD-123	1	VD1
				Діод 1N4148 DO214AA SMB	1	VD2
				Транзистор 2N3904 SOT-23-3	2	VT1,V T2
				Транзистор NZT900 SOT-223	1	VT3
				Роз'єм PJ-002AH-SMT-TR	2	X1,X3
				Роз'єм Jack 3,5 SJ-43514-SMT-TR	1	X2
				Роз'єм C-1909763	1	A
				Резонатор 24 МГц	2	ZQ1- ZQ2
				<u>Матеріалу</u>		
				Приніп SAC 305 ISO 9453:2014		
				PT71. 464113.001		2
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата		

