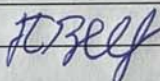


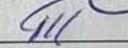
Бакалаврська дипломна робота на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ПЕРЕДАВАННЯ**

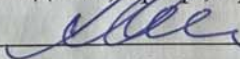
Виконав: студент 2-го курсу, групи ПЗТ-22мсз
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

 Проценко В.О.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ІКСТ

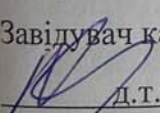
 Тромсюк В.Д.
« 12 » 06 2024 р.

Рецензент: д.т.н., проф., професор каф. ІРТС

 Осадчук О.В.
« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІКСТ

 д.т.н., проф. Кичак В.М.
« 12 » 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра інфокомунікаційних систем та технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

Освітня програма – Програмне забезпечення телекомунікаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКСТ

д.т.н., професор В.М. Кичак

«06» 05 2024 року

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Проценку Василю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі передавання

керівник роботи Тромсюк Володимир Дмитрович, канд. техн. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «11» березня 2024 року № 80

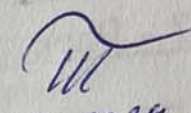
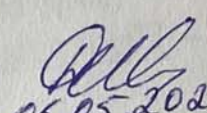
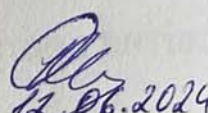
2. Строк подання студентом роботи: 07 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: діапазони частот 890 – 960 МГц, 1710 – 1785 МГц, 1850 – 1910 МГц; середня потужність на канал 300 мВт; дальність дії приладу (залежить від відстані до базової станції), 3 – 35 м; споживана потужність до 6 Вт; напруга живлення 5 В.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки роботи (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, аналіз методів захисту інформації, закони розподілу шумів та статистичні критерії виявлення сигналів у шумах, розробка генератора шуму, комп'ютерне моделювання генератора шуму, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): класифікація перешкод у лініях зв'язку; генератор шуму структурна схема; алгоритм програми генерації сигналів мікроконтролером; генератор шуму схема принципова; комп'ютерне моделювання

6. Консультанти розділів роботи

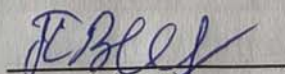
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Тромсюк В.Д., доцент кафедри ІКСТ	 06.05.2024	 12.06.2024
Охорона праці	Ясимбичона С.В. проф. каф. БЖД ІТБ	 06.05.2024	 12.06.2024

7. Дата видачі завдання «06» травня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми та індивідуального завдання бакалаврської дипломної роботи (БДР)	06.05.2024р.	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	20.05.2024р.	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	31.05.2024р.	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	04.06.2024р.	
5	Нормоконтроль БДР	05.06.2024р.	
6	Попередній захист БДР	06.06.2024р.	
7	Рецензування БДР	07.06.2024р.	
8	Захист БДР	12.06.2024р.	

Студент


(підпис)

Проценко В.О.

Керівник роботи


(підпис)

Тромсюк В.Д.

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 104 сторінок формату А4, на яких є 33 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

Метою бакалаврської дипломної роботи є Метою даної бакалаврської дипломної роботи є розробка пристрою захисту інформації на основі генератора зашумлення діапазону.

У даній бакалаврській роботі було проведено аналіз існуючих технічних каналів витоку інформації. Особливу увагу було приділено каналам витоку інформації радіодіапазону та електромагнітного побічного випромінювання. Проведено синтез та розрахунки основних параметрів і характеристик генератора зашумлення радіодіапазону. За допомогою середовища Multisim було проведено комп'ютерне моделювання Розробленого пристрою.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 104 pages of A4 format, which includes 33 figures, 6 tables, and a list of references containing 28 titles.

The purpose of this bachelor's thesis is to develop an information security device based on a band noise generator.

In this bachelor's thesis, an analysis of existing technical channels of information leakage was carried out. Particular attention was paid to the channels of information leakage of the radio range and electromagnetic side radiation. The synthesis and calculations of the main parameters and characteristics of the radio band noise generator were carried out. The computer modeling of the developed device was carried out using the Multisim environment.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз методів захисту інформації.....	8
1.1 Проблеми інформаційної безпеки	8
1.2 Класифікація методів захисту інформації.....	10
1.3 Особливості витоку інформації побічними каналами випромінювання	13
1.4 Активні і пасивні методи	15
1.5 Методи пасивного захисту.....	17
1.6 Методи активного захисту	27
2. Закони розподілу шумів та статистичні критерії виявлення сигналів у шумах	33
2.1 Шумові впливи в каналах зв'язку.....	33
2.2 Шуми та закони їх розподілу.....	36
2.3 Статистичні критерії виявлення сигналів у шумі.....	44
3. Розробка генератора шуму	51
3.1 Структура пристрою	51
3.2 Розробка генераторів аналогових сигналів	52
3.3 Розрахунок фільтра	54
3.4 Вибір модуля ВЧ.	57
3.5 Вибір ВЧ підсилювачів.....	58
3.6 Вибір стабілізатора напруги	60
3.7 Алгоритм генерації сигналів мікроконтролером.....	63
3.8 Розрахунок широкосмугових підсилювачів.....	65
4. Комп'ютерне моделювання Генератора шуму.....	72
4.1 Створення моделі генератора завад в Multisim	78
4.2 Результати моделювання генератора шуму	79

5.	Охорона праці	80
5.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	82
5.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	84
5.3	Пожежна безпека.....	89
	Висновки	92
	Список використаних джерел	93
	Додаток А.....	96
	Додаток Б	104

ВСТУП

Розвиток інфокомунікаційних систем не припиняється і повсякчас доповнюється новими технологіями, що в свою чергу потребує в свою чергу удосконалення чи створення нових методів та засобів захисту інформації.

Актуальність теми. Захист інформації від несанкціонованого доступу є одним з найбільш актуальних завдань в телекомунікаціях.

До недавнього часу комплексні системи захисту інформації були орієнтовані на захист інформації, яка створюється, редагується і передається безпосередньо в самій системі. Однак існування і функціонування будь-якої системи неможливо без зв'язку із зовнішнім середовищем та іншими системами. Таким чином, безпека інформації в самій системі буде залежати від достовірності і цілісності інформації, що надходить ззовні. До недавнього часу методи перевірки цілісності не враховувалися при побудові класифікації методів інформаційної безпеки.

У телекомунікаційних системах ми часто маємо справу з цифровими сигналами як носієм інформації, для яких вже існують ефективні методи захисту, засновані на алгоритмах криптографії. У випадку з аналоговими сигналами потрібні інші методи захисту інформації, одним з яких є метод маскування. Суть цього методу полягає в тому, що необхідно знайти певне джерело сигналу, що володіє тими ж спектральними властивостями, що і захищений інформаційний сигнал. Відповідно, якщо такий сигнал змішати з інформаційним, то результуючий сигнал виявляється неінформативним, і в результаті інформаційний сигнал виявляється захищеним.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження методів і засобів протидії витоку інформації по технічним каналам висвітлюється в роботах Гавриленко О.В. та Іванченко С.О. Зокрема у проведенні інженерно-технічних заходів, працюють сучасні українські дослідники, такі як О.В. Манжай, В.П. Коваль, Ю.М. Онищенко.

Над вивченням цих питань працюють також й інші дослідники як в Україні так і за її межами.

Аналіз робіт авторів [1-4] свідчить, що ними розглядаються окремі інженерно-технічні заходи і загальний порядок їх проведення при побудові системи технічного захисту інформації.

Мета та постановка задачі. Метою даної бакалаврської дипломної роботи є розробка пристрою захисту інформації на основі генератора зашумлення радіодіапазону.

Задачами бакалаврської дипломної роботи є:

- аналіз методів та засобів захисту інформації від витoku технічними каналами;
- синтез пристрою захисту інформації на основі генератора шуму (завад) в ВЧ діапазоні.

Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на науковій конференції ВНТУ у 2024 році.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Проблеми інформаційної безпеки

Процес впровадження нових інформаційних технологій у всі сфери життя суспільства немислимий без вирішення питань інформаційної безпеки, яка структурована в абсолютно різних, але взаємопов'язаних аспектах [1, 2] (рис. 1.1).

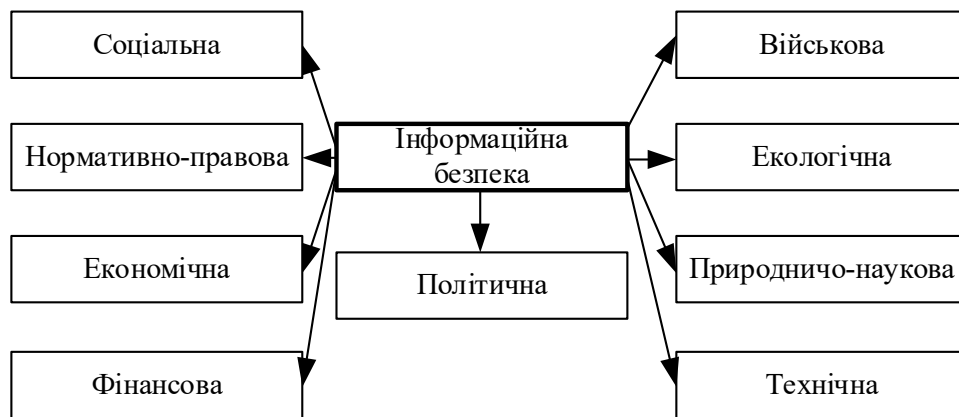


Рисунок 1.1 - Аспекти проблеми інформаційної безпеки

Широкомасштабне використання комп'ютерних технологій і телекомунікаційних систем, перехід на безпаперову технологію, збільшення обсягів оброблюваної інформації і розширення кола користувачів призводять до якісно нових можливостей несанкціонованого доступу до ресурсів і даних інформаційних систем, до їх високої вразливості. У сучасних умовах виникає необхідність захисту не тільки державної та військової, а й промислової, комерційної та фінансової таємниці. Захисту інформації в цілому, в тому числі і в автоматизованих системах, стає все більше.

Актуальна і комплексна проблема, вирішення якої вимагає побудови загального системного комплексного підходу до захисту інформації.

Сучасна концепція інтегрованого захисту узгоджується з ідеями, висловленими в 1986 р в [3], де вперше зачіпаються питання перспектив розвитку теорії захисту, основоположні положення якої були сформульовані

трохи пізніше в [4], де на перше місце строго обґрунтовано поставлена складність захисту інформації.

[1, 2] представлено систематизований огляд сучасного стану та шляхів розвитку методів і засобів захисту інформації. Використовуваний для цього уніфікований системно-концептуальний підхід, в рамках якого в предметній області захисту інформації виділяються три ієрархії: структурна, причинно-наслідкова і функціональна, що розглядає і аналізує всі значущі фактори не окремо, а як систему, призводить до вироблення комплексу поглядів і оцінок для загального випадку по суті проблем і загальним шляхам їх вирішення. Однією з системоутворюючих завдань є розумний вибір необхідного рівня захисту інформації, оскільки як зниження, так і завищення рівня неминуче призводить до втрат. У зв'язку з цим вкрай важливо систематизувати та обґрунтувати створення умов, необхідних для оптимальної реалізації концепції захисту [1, 2].

Системно-концептуальний підхід, що використовується в [1], отримав подальший розвиток в [5], де висувається єдина концепція захисту, заснована на комплексному застосуванні всіх доступних методів і засобів, визначаються основні вимоги до інтегрованих систем захисту інформації, в тому числі:

- використання комплексу програмно-апаратних засобів та організаційних заходів;
- надійність, продуктивність, конфігурованість;
- економічна доцільність;
- можливість поліпшення;
- забезпечення розмежування доступу до конфіденційної інформації з відволіканням правопорушника на недостовірну інформацію;
- взаємодія з незахищеними комп'ютерними мережами за встановленими для цього правилами контролю доступу;
- забезпечення проведення обліку і розслідування випадків порушення інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах тощо.

Подальше вдосконалення теорії захисту, очевидно, пов'язане з розглядом нових обставин, характерних для сучасного періоду розвитку інформатизації суспільства:

- тенденції, що спостерігаються в розвитку інформаційних технологій в останні роки, призвели до появи якісно нових (інформаційних) форм боротьби, в тому числі і на міждержавному рівні. У зв'язку з цим все більшої актуальності набуває не тільки захист інформації, а й захист людей і технічних (переважно електронних) систем від руйнівного впливу інформації, у зв'язку з чим формується завдання забезпечення інформаційної безпеки як органічної сукупності завдань захисту інформації та захисту від інформації;

- з самого початку регулярного використання автоматизованих технологій обробки інформації актуальним є завдання забезпечення необхідної якості інформації. Згодом актуальність цього завдання зростає, а сама задача ускладнюється;

- основна увага на новому етапі розвитку теорії інформаційної безпеки повинна бути приділена вдосконаленню науково-методичної бази та інструментарію, що забезпечують вирішення будь-яких виникаючих проблем на постійній основі.

Поглиблене вивчення проблеми вдосконалення науково-методологічних основ теорії захисту інформації дозволило зробити висновок, що вже в даний час і в майбутньому вирішення проблем захисту без органічного зв'язку з вирішенням більш загальних проблем (інформаційних технологій, інформатизації суспільства і т.д.) може привести до неадекватних результатів.

1.2 Класифікація методів захисту інформації

Для вирішення завдань захисту інформації існує ряд методів, які за способом їх реалізації були класифіковані наступним чином: організаційно-технічні, криптографічні та програмні [1,2].

Організаційні методи захисту інформації, в свою чергу, поділялися на законодавчі [5–7], адміністративні [8] та морально-етичні методи, які спрямовані на: використання законодавчих актів, що регулюють права та обов'язки фізичних та юридичних осіб, а також держави у сфері захисту інформації; організація належного режиму секретності, контролю доступу та внутрішнього режиму на об'єкті; створення та підтримання моральної атмосфери на об'єкті, в якому порушення регламентованих правил поведінки було б оцінено більшістю працівників різко негативно [1].

До технічних методів можна віднести використання електронних та інших пристроїв для захисту інформації [9].

Криптографічні методи використовують шифрування і кодування для приховування обробленої і переданої інформації від несанкціонованого доступу [10,11].

Програмні методи використовують програмні засоби розмежування доступу до інформації [5].

Представлені методи захисту інформації спрямовані на збереження основних категорій інформації - цілісності, доступності, конфіденційності, достовірності. Такі методи будуть називатися методами активного захисту інформації (МАЗІ).

В останні роки у зв'язку з широким застосуванням всіляких засобів (побутових і спеціальних) для запису і зберігання фото-, відео- та аудіо-інформації, в розпорядженні органів дізнання, слідства і суду часто опиняються фотографії, відео- та аудіозаписи, які можуть бути доказами у кримінальній справі.

Все частіше виникають слідчі ситуації, в яких виникає необхідність проведення експертизи наданих матеріалів [12].

Для вирішення таких завдань використовуються інші методи захисту інформації, метою яких (на відміну від МАЗІ) є обґрунтування факту наявності або відсутності порушення однієї або декількох категорій інформації,

найчастіше цілісності. Назвемо їх пасивними методами захисту інформації (МПЗІ).

За основу на першому рівні нової класифікації пропонується використовувати мету використання МЗІ, на другому рівні – метод реалізації (спосіб досягнення мети) МЗІ. Схематично запропонована класифікація методів захисту інформації представлена на рис. 2.1.

Методи захисту інформації спочатку можна класифікувати за метою їх використання на методи активного і пасивного захисту. Метою активних методів захисту інформації є збереження всіх категорій інформації. Методи пасивного захисту інформації спрямовані на те, щоб відповісти, чи було вчинено умисне порушення будь-якої категорії інформації.

За способом реалізації МАЗІ можна класифікувати відповідно до [1, 2] на організаційно-технічні, криптографічні та програмні. За способом їх реалізації МПЗІ можна розділити на методи експертної оцінки, програмно-апаратні та програмні.

У методах експертної оцінки використовується візуальна або акустична оцінка інформації фахівцем. Основним недоліком експертних методів оцінки є наявність людського фактора.

Програмно-апаратні засоби ґрунтуються на знанні специфіки пристроїв аудіо-, відео- або фотофіксації та (або) впливу будь-яких зовнішніх факторів на запис.

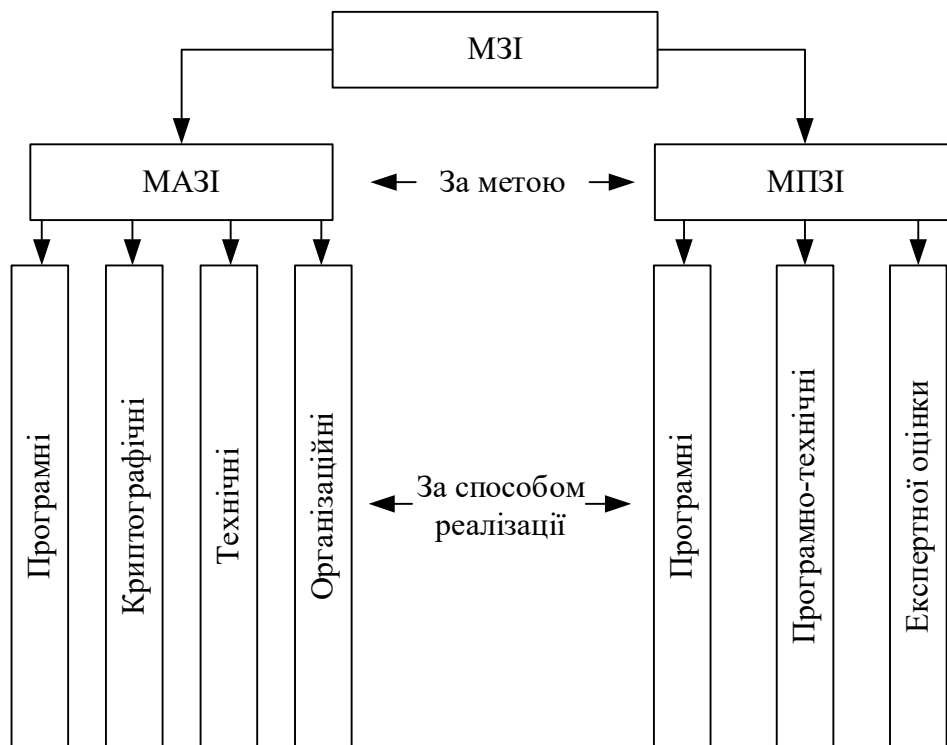


Рисунок 1.2 – Класифікація методів захисту інформації

Програмні методи захисту інформації аналізують тільки цифрову форму представлення самого сигналу [13, 14], а тому не залежать від технічних характеристик приладів або людського фактора, як в програмно-технічних методах і методах експертної оцінки.

1.3 Особливості витоку інформації побічними каналами випромінювання

ЕМВ - це електромагнітні випромінювання технічних засобів обробки, передачі, відображення і зберігання інформації, що виникають як побічне явище, викликане електричними сигналами, що діють в електричних і магнітних ланцюгах [3].

Компрометуючим є індукція електромагнітного випромінювання в структуру струмопровідних ліній зв'язку, силових ланцюгів і технічних засобів обробки, передачі, відображення і зберігання інформації.

До технічних засобів обробки, передачі, відображення і зберігання інформації відноситься комп'ютерна техніка (КПТ), обчислювальні системи, що входять до складу комплексу КПТ [3].

Нижче наведена класифікація [4] причин, що впливають на інформацію, що охороняється:

1. електромагнітне випромінювання і поля;
2. паразитне електромагнітне випромінювання (ЕМВ):
 - 1) ЕМС-сигнали від інформаційних кіл;
 - 2) ЕМСІ сигналів від електричних кіл ЦСОІ:
 - а) модуляція ЕМП електромагнітними сигналами з інформаційних кіл;
 - б) модуляція ЕМП акустичними сигналами;
3. Паразитне електромагнітне випромінювання:
 - 1) модуляція паразитного електромагнітного випромінювання інформаційними сигналами;
 - 2) модуляція паразитного електромагнітного випромінювання акустичними сигналами;
4. наводки:
 - 1) наводки в електричних колах технічних засобів, що мають вихід за межі об'єкта інформатизації:
 - а) наводки в лініях зв'язку:
 - наводки викликані побічними і (або) паразитними електромагнітними випромінюваннями, що несуть інформацію;
 - наводки викликані внутрішніми ємностями і (або) індуктивні зв'язки;
 - б) наводки в колах електроживлення:
 - наводки через побічних або паразитних електромагнітних випромінюваннях, що несе інформацію;
 - наводки за рахунок внутрішніх ємнісних або індуктивних зв'язків;
 - наводки в роботі блоків живлення ТСМ;
 - с) наводки в колах заземлення:

- наводки через побічні або паразитні електромагнітні випромінювання, що несуть інформацію;
- наводки за рахунок внутрішніх ємнісних та індуктивних зв'язків;
- наводки за рахунок гальванічного зв'язку «заземлення» вузлів і блоків технічних засобів обробки інформації;

2) наводки на технічні засоби, проводам, кабелям та іншим струмопровідним комунікаціям і спорудам, не пов'язаним гальванічним способом обробки інформації, викликані паразитним і (або) паразитним електромагнітним випромінюванням, що несе інформацію.

Згідно з [13], ЕМП виникають в наступних режимах обробки інформації КПТ:

- виведення інформації на екран монітора;
- введення з клавіатури;
- запис інформації на магнітних запам'ятовуючих пристроях;
- передача даних по каналах зв'язку;
- виведення даних на периферійні друкуючі пристрої - принтери, плоттери;
- запис даних зі сканера на магнітний носій (ОЗП)

1.4 Активні і пасивні методи

Захист інформації від витоку по каналах ЕМВ і ЕМВ здійснюється пасивними і активними методами і засобами захисту інформації.

Пасивні способи захисту мають на увазі використання захисних екранів, фільтрів і ізоляції уздовж силових і заземлюючих контурів. До них відносяться екранування приміщень, екранування технічних засобів, захисних фільтрів, застосування масок різного призначення, що знижують інтенсивність передачі інформаційного сигналу від електронних пристроїв і ліній зв'язку, ізоляція і заземлення приладів.

Метою пасивного методу є мінімізація рівня сигналу від джерела небезпечного інформаційного сигналу. Загасання сигналу має досягати тих значень, які забезпечать нездійсненність ізоляції сигналу засобами розвідки та збору інформації.

Активні методи захисту мають на увазі використання пристроїв, що створюють активні маскувальні завади для засобів технічної розвідки або перешкоджають роботі засобів прихованої зйомки.

Метою активного методу є підвищення рівня перешкод, що перешкоджають вилученню небезпечного сигналу засобами розвідки.

На рис. 1.3 нижче представлена класифікація методів захисту інформації:.



Рисунок 1.3 - Класифікація методів захисту інформації

Пасивні методи [5] захисту інформації мають ряд особливостей в захисту інформації. Вони спрямовані на:

- усунення або ослаблення проникнення небезпечного сигналу в кола заземлення і електропостачання, що виходять далеко за межі об'єкта контрольованої зони;
- ослаблення паразитного електромагнітного випромінювання в провідниках, колах електроживлення та заземлення, з'єднувальних лініях, що виходять за межі об'єкта контрольованої зони.
- ослаблення побічних електромагнітних випромінювань основних технічних засобів та систем, в межах контрольованої зони.

До пасивних методів захисту відносяться:

- екранування ЦСОІ та його компонентів;
- заземлення струмопровідних елементів ТЗОІ;
- використання шумопоглинаючих фільтрів;
- ізоляція електричних сигналів.

Активні методи захисту інформації відрізняються від інших способів захисту. Вони спрямовані на [5]:

- генерація маскуючих просторових електромагнітних завад;
- генерація маскувальних завад у провідниках, з'єднувальних лініях, колах живлення та заземлення.

До активних методів захисту відносять просторове і лінійне зашумлення.

1.5 Методи пасивного захисту

Як вже говорилося раніше, методи пасивного захисту включають в себе заходи по екрануванню окремих приміщень і провідників всередині нього і здійснення гальванічної розв'язки уздовж кіл електропостачання і заземлення.

Екранування - це захист одного кола від впливу іншого кола або впливу одного кола від іншого шляхом накладення металевих матеріалів, які замикають створювані електричні, магнітні та електромагнітні поля на поверхні.

Робота будь-якої ТСП безпосередньо пов'язана з протіканням електричного струму через її струмопроникні елементи і утвореною різницею потенціалів між усіма точками електричного кола, за допомогою якої створюються електричні і магнітні поля [6].

Характеристики генерованих полів визначаються фізичними параметрами електричних сигналів в ТСП і її провідниках. Отже, при малих струмах і високих напругах електричні компоненти домінують у полі, в якому вони були створені. Таке поле називається електричним. Коли по провіднику протікає великий струм при низькій напрузі, магнітна складова стає домінуючою в магнітному полі, то таке поле називається магнітним. Поля, в яких електрична і магнітна складові співмірні, називаються електромагнітними [6].

Відповідно до [6], екранування поділяється на такі види:

- електростатичне екранування (переважання електричної складової);
- магнітостатичне екранування (переважання магнітної складової);
- електромагнітне екранування (еквівалентні електричні та магнітні компоненти).

Електростатичний екран зменшує ємнісний зв'язок між елементами, що захищаються, накопичує на екрані велику кількість статичних зарядів і розряджає їх на землю [6]. Використання металевих екранів абсолютно виключає вплив електричного поля [6].

Практичність магнітостатичного екранування визначається частотою і електричними характеристиками екрану. Для середньохвильової смуги частот високоефективними є металеві екрани товщиною 0,5-1,5 мм, а для частот вище 10 МГц стандартний показник забезпечує металева плівка товщиною приблизно 0,1 мм [6]. Висока практичність магнітостатичного екранування не буде визначатися вибором типу заземлення[6].

Загасання ВЧ електромагнітних полів відбувається під впливом зворотних електромагнітних полів, створюваних вихровими струмами, спрямованими на суцільні металеві або сітчасті екрани [6]. Екран з мідної сітки з коміркою 2x2

сприяє загасанню сигналу на 20-30 дБ, подвійний шар екрану загасанню на 50-60 дБ [6].

Стандартний коефіцієнт екранування введений для визначення ефективності екранування електромагнітних полів електричними або магнітними складовими [7]:

$$A_E = 20 \lg(E_0/E_A), \quad (1)$$

$$A_H = 20 \lg(H_0/H_A), \quad (2)$$

де A_H – коефіцієнт екранування (загасання) по магнітній складовій електромагнітного випромінювання, дБ.

A_E – коефіцієнт екранування (загасання) по електричній складовій електромагнітного випромінювання, дБ.

E_0 – показник напруженості електричної складової в зоні вимірювання без екрану, В/м.

E_A – показник напруженості електричної складової в зоні вимірювання з екраном, В/м.

H_0 – індекс напруженості магнітної складової електромагнітного випромінювання в зоні вимірювання без екрана, А/м.

H_A – показник сили магнітної складової в зоні вимірювання з екраном, А/м.

Як правило, найкраще використовувати екранування приміщення, щоб запобігти витоку інформації через блукаюче випромінювання та перешкоди.

Екранування об'єкта захисту забезпечується покриттям діелектричною фольгою або металевими матеріалами, решітками, плити по периметру об'єкта, покриття поверхонь підлоги та стелі, а також введення екранованих матеріалів у двері та вікна.

Для захисту дверей встановлюється пружинний гребінь. До дверей прикріплений пружинний гребінь для приведення електричних контактів дверей в тісний контакт з огорожувальною (стіною) конструкцією приміщення. Периметр віконних рам покривають шаром мідної сітки (2x2), створюючи

надійний електричний контакт екранованої віконної рами з огорожувальними конструкціями приміщення [6].

Металеві сітки. Металева сітка складається з металевих прутів, які з'єднуються між собою під прямим кутом за допомогою технології прецизійного зварювання [8].

Основними параметрами металевої сітки є її крок, рівний відстані між сусідніми центрами дроту, радіус дроту і питома провідність матеріалу сітки [5].

Металеві пластини. Це металеві листи товщиною від 2,5 до 3 мм, що забезпечують високий захист від паразитарного випромінювання [8]. Металеві пластини широко використовуються для захисту поверхні стін і дверей.

Фольговані матеріали. Фольгований матеріал також використовується для виготовлення екранів. До них відносяться електротонкі матеріали товщиною 0,01-0,05 мм. До фольгованих матеріалів відносяться діамагнітні матеріали - латунь, алюміній, цинк. [8].

Скло. Екран для скла являє собою струмопровідну плівку, наклеєну по всій площі скла вікна і дверей [8]. Струмопровідна плівка дає високий рівень загасання сигналу, при цьому не позбавляючи оптичних властивостей скла. Для напилення плівки використовуються мідні та алюмінієві тканини [8].

Тканини. Спеціальна діелектрична тканина з тонким шаром металу, нанесена на поверхню або сплетена з металевих ниток. [8]. До ряду переваг можна віднести гнучкість, вентиляцію і легкість. Штори, міні-рулони, чохла, одяг і т.д. виготовляють з металевих тканин [8].

Панелі. Панелі являють собою металеві листи, що складаються з металевих пластин, поверх яких кріпляться ферит і діелектричний матеріал [8]. Панелі широко використовуються для виготовлення екранованих стінових, стельових і підлогових панелей. [8].

На рис 1.4 нижче стіни, стеля і підлога приміщення захищені мідною сіткою і фольгою, а вікна закриті алюмінієвими шторами. [9].

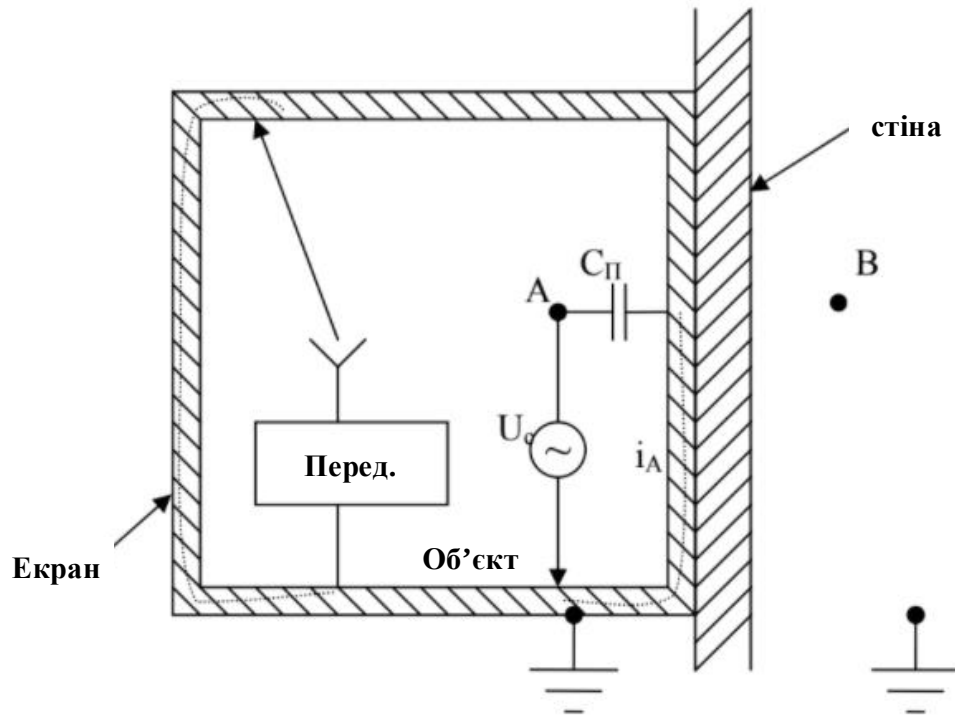


Рисунок 1.4 – Екранування приміщення

Наявність екрану забезпечує замикання небезпечного сигналу, що виходить з точки А через паразитну ємність S_p , від передавача сигнал також замикається на екрані [9]. Ефект поширення сигналу за межі об'єкта зменшується в 10-1000 разів [9].

Таким чином, вся інформація, що обробляється всередині приміщення, не виходить за межі контрольованої зони.

Для запобігання зв'язку з сусідніми проводами загального джгута слід помістити кабелі ліній зв'язку в екрановану коробку або використовувати екранований провід. [9].

Екранована коробка - це замкнутий металевий короб з екрануючими властивостями, який оточує провідники в колі.

У наведеному нижче прикладі на рис 1.5 (а) за рахунок паразитної ємності S_p або індуктивного зв'язку весь інформативний сигнал з одного (1) проводу, розташованого в загальному джгуті, передається на другий провід (2), з якого береться інформація [9]. З метою запобігання витіку інформації, кожен провід поміщений в щиток, як на рис. 1.5 (б), що унеможливорює витік інформативного

сигналу через СП, вся інформація замкнута на корпусі і нікуди не виходить за межі об'єкта [9].

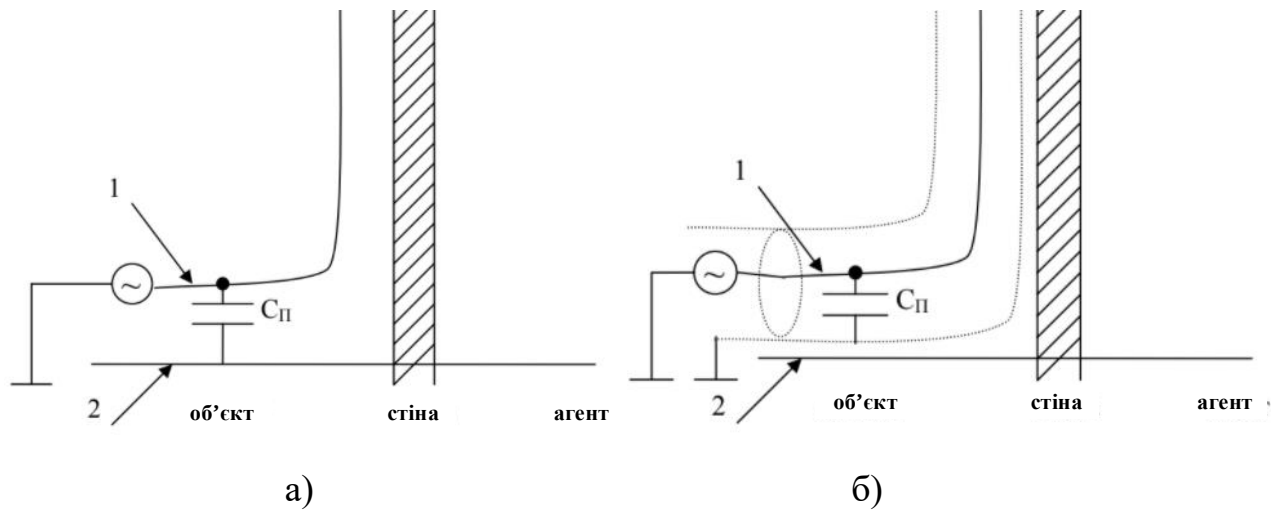


Рисунок 1.5 – Витік перехідні наводки

Для того щоб виключити можливість перехоплення інформації створюваним магнітним полем, існує метод захисту, званий скручуванням інформаційних проводів, показаний на рис. 1.6 [9].

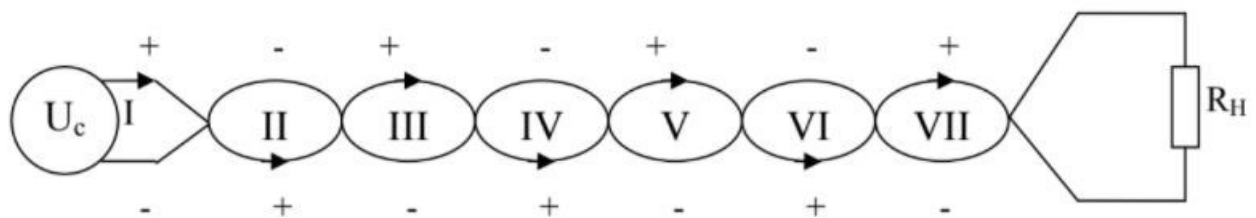


Рисунок 1.6 – Скручування проводів

Така практика пояснюється тим, що при скручуванні утворюються контури I, II, III, IV і т.д. [9] Магнітні потоки від сусідніх контурів спрямовані в різні боки, в результаті чого їх сумарний магнітний потік приблизно дорівнює нулю, отже, виключається витік інформації в простір [9].

Комбінація дроту витої пари і захисного екранування називається триаксіальним кабелем (екранованим коаксіальним кабелем) [9]. Кабелі Triax можуть ефективно зменшити витік як з магнітних, так і з електростатичних каналів. [9]. Крім використання коаксіальних кабелів, існує ще кілька варіантів ефективного захисту провідників від електричних і магнітних полів, таких як

біфілярні, трифілярні і ізольовані коаксіальні кабелі в електростатичному екрані і металізовані багатодротяні кабелі [6].

Фільтрація інформаційних сигналів в колах електроживлення і заземлення є одним з методів локалізації сигналів, що циркулюють ТСП, з метою виключення поширення електромагнітних коливань поза джерелом небезпечного сигналу [12]. Відповідно до [12], розділові трансформатори і фільтри завад ВЧ і НЧ застосовуються для фільтрації сигналів в колах живлення і заземлення ТСП.

Розділовий трансформатор призначений для з'єднання первинного і вторинного кіл відповідно до потрібного сигналу наводки. За допомогою небажаних резистивних і ємнісних кіл зв'язку між обмотками виключається проникнення завад в коло первинної обмотки [12].

Відповідно до [12], розділові трансформатори виконують наступні завдання:

- поділ приймачів джерела і наведення колами живлення, якщо вони підключені до одного кола змінного струму;
- усунення асиметричних завад;
- ослаблення симетричних завад на вторинній обмотці.

Для зменшення цих з'єднань часто використовують внутрішній екран із заземленої прокладки або фольги, який розміщують між первинною та вторинною обмотками. На цьому екрані основний датчик заземлений. Єдине, що потрібно знати, це те, що електромагнітне поле навколо екрану може служити джерелом наведення [12].

Фільтри придушення завад виробляють нелінійне загасання сигналу в низькочастотному і високочастотному діапазонах. Основним завданням фільтра є передача сигналів, частота яких знаходиться в межах робочого діапазону без сильного загасання і придушення позасмугових сигналів [12].

Очевидною великою перевагою фільтрів придушення завад є придушення кондуктивних завад в колах живлення, в інтерфейсних сигнальних колах і на

друкованих схемах, в проводах заземлення. За допомогою фільтрів зменшуються кондуктивні завади, як від зовнішніх, так і від внутрішніх джерел завад [12].

Залежно від смуги пропускання фільтра завад щодо смуги завад розрізняють чотири типи фільтрів в частотному спектрі [12]:

- фільтри низьких частот – ФНЧ, що передають сигнали в смузі частот від $\omega_1 = 0$ до ω_2 відповідно до рисунка 1.7, 1;
- фільтри високих частот (високих частот) – ФВЧ, що передають сигнали в смузі частот від ω_1 до $\omega_2 = \infty$ згідно з рисунком 1.7, 2;
- мугові фільтри (смуго пропускання) – СФ, що передають сигнали в смузі частот від ω_1 до ω_2 відповідно до рисунків 1.7, 3;
- загороджувальні або режекторні (смугово-сповільнювальні) ЗФ, що передають сигнали в діапазоні частот від 0 до ω_1 і від ω_2 до ∞ відповідно до рисунків 1.7, 4.

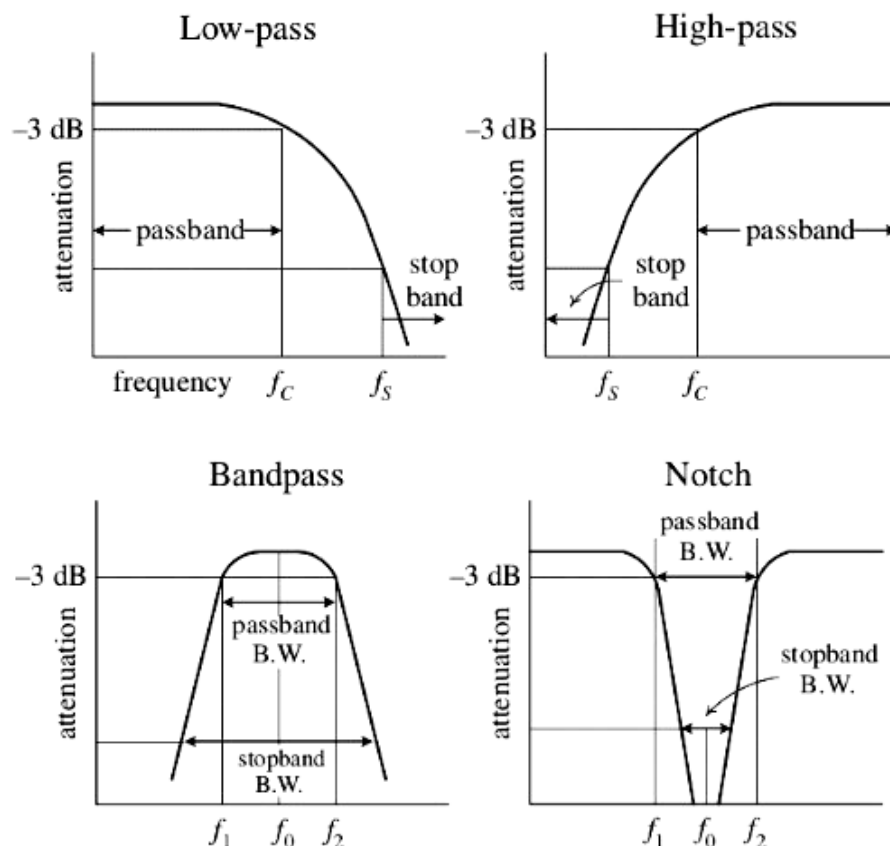


Рисунок 1.7 – Амплітудно-частотні характеристики фільтрів придушення завад
(1 – фільтр низьких частот (ФНЧ), 2 – фільтр високих частот (НПФ), 3-х
смуговий фільтр, 4-х режекторний фільтр)

Наступним етапом після нанесення металевого екрана є заземлення з'єднувальної лінії. Перед заземленням рекомендується перевірити опір контуру заземлення (показник повинен бути не більше 4 Ом). Після цього необхідно зробити паралельне з'єднання.

Згідно з [14], заземлення може бути:

- одноточкові;
- багатоточкові;
- змішані (гібридні).

Існує два типи одноточкових конструкцій заземлення: послідовні і паралельні. Обидві ці структури використовуються на низьких частотах (НЧ) [14].

Як показано на рисунку 1.8, одноточкова послідовна структура характеризується послідовним з'єднанням різних ланцюгів уздовж однієї загальної ділянки заземлення, в результаті чого формуються небезпечні сигнали [14].

В іншій паралельній структурі, зображеній на рисунку 1.9, за рахунок великої кількості протяжних заземлювачів, повністю забезпечується опір заземлюючих ділянок [14].

Багатоточкова схема заземлення характеризується підключенням заземлюючих провідників до кожного електронно-обчислювального пристрою окремо. Використовується на високих частотах (ВЧ) [14].

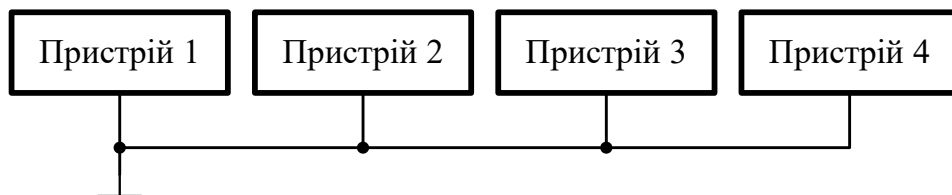


Рисунок 1.8 – Одноточкова послідовна структура ґрунту

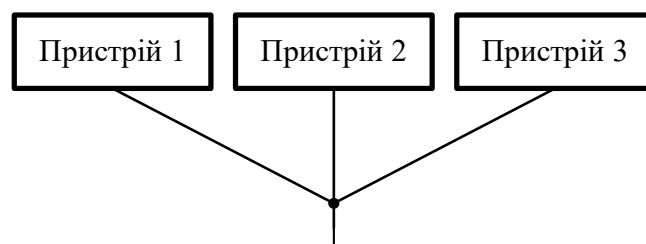


Рисунок 1.9 – Одноточкова паралельна наземна структура

Якість ґрунтового матеріалу безпосередньо пов'язана з якістю опору заземлення. Системи лінійного шуму використовуються для ефективного зниження рівня небезпечних сигналів в колах електроживлення і заземлення для зниження рівня завад.

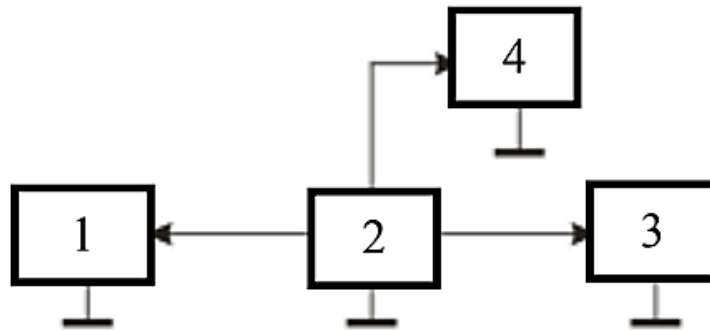


Рисунок 1.10 - Багатоточкова паралельна конструкція заземлення

Згідно з [14], змішані (гібридні) заземлювальні конструкції комбінують

До них висуваються такі вимоги:

- мінімальний опір контактних поверхонь проводки (контактів);
- конструкція заземлення повинна включати заземлювальний провідник, болтовий кабель, шини і струмопровідні жили;
- конструкція заземлення не повинна бути закритою;
- необхідно передбачити розгалужену конструкцію, що з'єднує окремі заземлюючі елементи з заземлюючим електродом.
- з'єднання контактів не повинно утворювати захисні плівки, що генерують нелінійні властивості;
- забороняється використовувати в якості заземлювача заземлювальні провідники з нульовою фазою, труби водопостачання і теплопостачання, металеву оболонку встановлених підземних кабелів;
- опір заземлених проводів і шин має приймати мінімальні значення.

На рис. 1.11 нижче представлена схема змішаної (гібридної) конструкції заземлення:

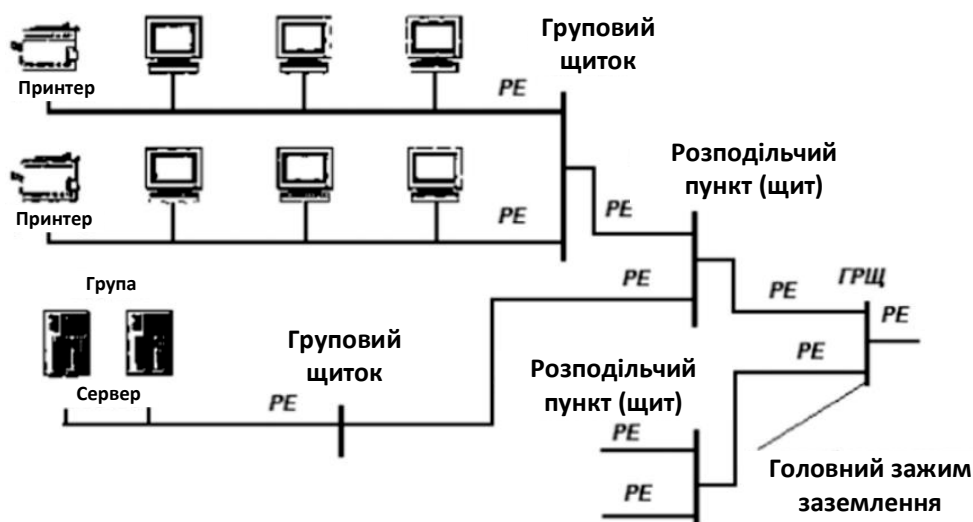


Рисунок 1.11 – Змішана (гібридна) конструкція заземлення

Згідно з [6], величина опору заземлення визначається питомим опором ґрунтового матеріалу. Враховуються такі фактори, як склад, вологість, щільність і температура ґрунту.

1.6 Методи активного захисту

Як зазначалося раніше, активні методи захисту забезпечують захист від витоку інформативних сигналів ЕМІ шляхом застосування просторового шуму, або створення маскуючої імітації завад на вході розвідувальної апаратури (СЗ), підключеної до ліній зв'язку.

Електромагнітний шум - це фізичне явище, при якому електромагнітні поля ненавмисно порушують стабільну роботу технічних засобів і оргтехніки, що випромінює електромагнітне випромінювання, що погіршує їх фізичні властивості і параметри.

Електромагнітний шум можна охарактеризувати як високочастотний, псевдовипадковий процес, подібний до процесу акустичного шуму. Коли псевдовипадковий процес проходить через НЧ-фільтр, він видає на виході небажаний сигнал, званий «білим шумом» або «шумом Гауса».

Основною характеристикою електромагнітного шуму є саме відношення сигнал/шум, що характеризує чутливість приймача. Це співвідношення визначає

рівень чутливості сигналів від самих різних пристроїв, від мобільних телефонів, телефонів і пристроїв бездротового зв'язку до супутникових і бездротових передавальних пристроїв.

Чутливість вищевказаних пристроїв визначається різницею між рівнем сигналу над шумом, чим вище відношення сигнал/шум, тим вище чутливість приймального пристрою. Ця аналогія представлена на малюнку 1.12.

Білий шум - це небажаний сигнал з завадами, спектральна складова якого рівномірно перекриває всі смуги частот. При цьому, якщо сигнал покривається шумом по всій ширині смуги частот і рівень шуму перевищує амплітуду сигналу, то витягти інформацію з цього сигналу стає неможливо. Звідси випливає, що електромагнітна складова білого шуму здатна охопити великі смуги частот і амплітуд, що істотно унеможливить отримання інформації розвідувальними засобами.

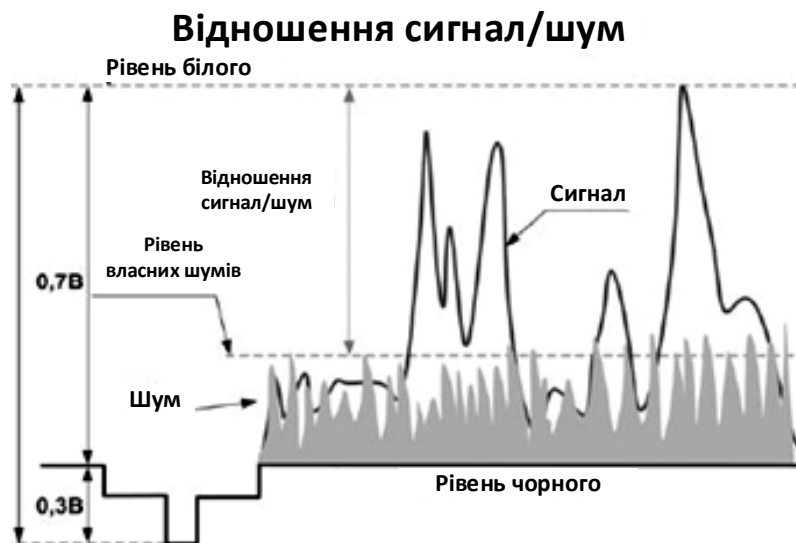


Рисунок 1.12 – Відношення сигнал/шум радіоприймача

Говорячи про самі приймачі, необхідно враховувати той факт, що кожного приймального пристрою індивідуальна характеристика пропускної здатності. Звідси випливає, що чим ширше смуга пропускання радіопристрою, тим вище рівень шуму.

Ефективність просторового шуму виражається співвідношенням сигнал/шум у зоні спостереження (ЗК). Ця характеристика не повинна перевищувати допустиме значення. Ця величина розраховується за окремими методиками для частот ЕМП технічних засобів обробки, передачі, відображення та зберігання конфіденційної інформації.

В тих же генераторів просторового шуму електромагнітних випромінювань має свої специфічні вимоги:

- створювані шумові завади не повинні мати лінійний характер виникнення;
- спектральна складова шуму повинна поширюватися по всій смузі, де можуть бути перехоплені небезпечні сигнали.
- коефіцієнт якості випадкових завад не повинен бути менше встановлених нормативів;
- висока спектральна щільність шуму.

Коефіцієнт якості перешкод – це фізичне значення шуму, близьке до ідеального показника білого шуму. Це не оптимальне значення рівня завад. Він розраховується за формулою:

$$K = 1 - K_{\text{кор}}, \quad (1.3)$$

де $K_{\text{кор}}$ - коефіцієнт подібності сигналу з завадами, створюваними генератором просторового шуму через різні проміжки часу.

Генератор просторового шуму - це пристрій захисту інформації, який створює активні маскуючі завади в просторі об'єкта інформатизації для приховування інформативних сигналів ЕМІ ЦОІ.

Основними функціями генераторів електромагнітного шуму (ГЕМШ) мають бути:

- електромагнітні завади в смузі частот ймовірних паразитних електромагнітних випромінювань;
- непостійна форма інтерференції;

- мінімальне значення "сигнал/шум" згенерованих завад за магнітною складовою електричного струму;
- вертикальний і горизонтальний режим роботи антени. Основні характеристики ГПЗ [10]:
 - діапазон створюваних шумових частот;
 - спектральна щільність потужності шуму (СЦП)
 - коефіцієнт придушення;
 - захисна позиція;
 - структура шуму (ентропійний коефіцієнт якості шуму, ентропійна щільність розподілу ймовірностей миттєвих значень амплітуд шуму, ентропійна сила реального шуму);
 - тип випромінюваних завад (шумові, імпульсні, синхронні, сигнальні, кодовані, широкосмугові, детерміновані та ін.);
 - рівень створюваного шуму (з точки зору електричної та магнітної складових електромагнітного поля);
 - динамічний діапазон регулювання вихідного сигналу;
 - тип антен (по електричному полю, по магнітному полю);
 - поляризація антени (вертикальна, горизонтальна);
 - параметри антени (коефіцієнт спрямованості, коефіцієнт підсилення, рівень бічної пелюстки або фоновий рівень);
 - відсутність сприйнятливості до акустоелектричних перетворень;
 - відповідність рівня шуму допустимим значенням, встановленим нормативними документами (електромагнітна сумісність або промислові радіозавади, санітарно-епідеміологічні вимоги тощо).

Лінійний генератор шуму - це пристрій захисту інформації, який створює активні маскувальні завади через мережі електропостачання з метою запобігання перехопленню інформації засобами технічної розвідки, які використовують провідний зв'язок як канал перехоплення інформації.

Основні вимоги, що пред'являються до ГПЗ відповідно до встановлених стандартів [10]:

- робочий діапазон частот, 0,1-1000 МГц;
- коефіцієнт якості електромагнітного шуму – 0,8;
- випромінювання в смузі частот 0–1 ГГц, Вт/МГц – 0,01;
- номінальна спектральна щільність напруженості магнітної та електричної складових нормованого електромагнітного поля шуму в дБ до 1 мкВ/(м/кГц), що формується генератором на відстані $d = 1$ м (представлено в табл. 2).

Таблиця 2 – Номінальна спектральна щільність інтенсивності електромагнітного шуму

Частота, МГц	0,1	0,5	1,0	5,0	10	20	30
Потужність, не менше, дБ	18	18	25	33	45	45	45
Частота, МГц	60	100	200	300	500	700	1000
Потужність, не менше, дБ	65	60	70	75	80	75	75

Як вже говорилося раніше, генератор шуму призначений для настройки активних імітованих шумових сигналів різного типу. Шум, створюваний приладом, маскує інформативний сигнал так, що його ізоляція від загального електричного середовища стає ледь здійсненим завданням [11].

Якщо сигнал, що генерується приладом, має постійну форму, то на спеціалізованих вимірювальних приладах, таких як аналізатор спектру, можна помітити провали в спектральному аналізі, що є слабким місцем ЕМС [11].

На рис. 1.12 нижче показана типова модель ГЕМШ:

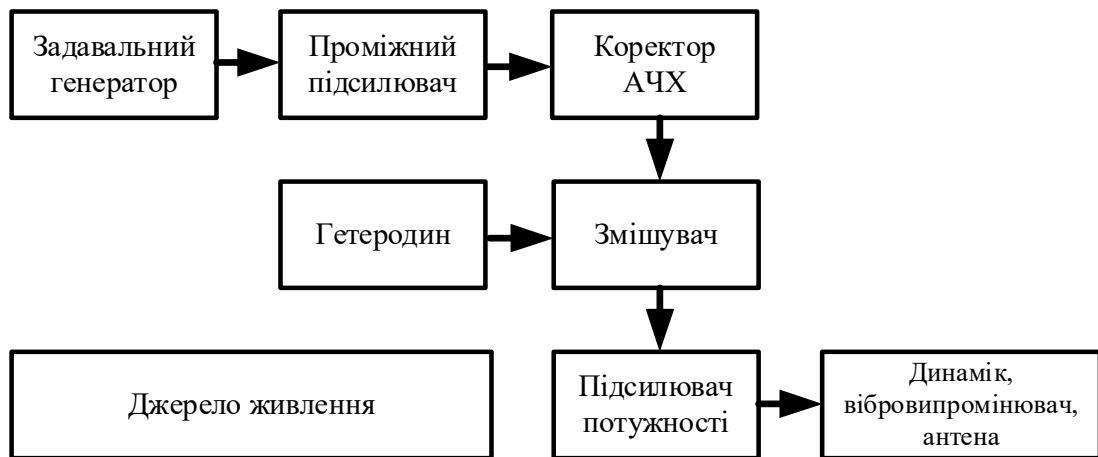


Рисунок – 1.12 Загальна структура генератора шуму

У наведеній вище схемі реалізовані основні елементи, включаючи задаючий генератор, проміжний підсилювач і блок живлення [11]:

Збуджувач. На даній схемі джерелом генерації шумового сигналу є задаючий генератор, детальна інформація наведена в додатку Б.

Проміжний підсилювач підсилює сигнали до максимального рівня напруги. Після цього посилений сигнал подається на динаміки, детальна інформація наведена в додатку Б.

Коректор потрібен для зміни і корекції спектральної потужності сигналу.

Гетеродин виступає джерелом основного сигналу для нарощування.

Мікшер модулює сигнали звукової частоти в радіочастотні сигнали.

Підсилювач потужності збільшує рівень потужності сигналів, що відтворюються на антені або будь-яких інших випромінювачах.

Блок живлення живить кожен вузол генератора шуму

2. ЗАКОНИ РОЗПОДІЛУ ШУМІВ ТА СТАТИСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ У ШУМАХ

2.1 Шумові впливи в каналах зв'язку

Впливи, що заважають у каналах зв'язку, розділяються на шуми, перешкоди, завмирання, перекручування та помилки. Шуми зазвичай мають природне походження; найбільший вплив має власний шум приймача. Перешкоди можуть бути як природного походження (грозові розряди, індустриальні перешкоди, вплив сусідніх радіосредств), так і навмисними. Різноманітність перешкод можна звести до шести основних типів: шумові, імпульсні, вузькосмугові (у межах синусоїдальні), внутрішньосистемні, ретрансльовані, імітаційні.

Шумова перешкода представляє собою зовнішній флуктуаційний шум, що збільшує інтенсивність шуму приймача.

Імпульсні перешкоди (ІП) діють протягом обмеженого часу; залежно від форми імпульсу розрізняють шумові (обмежені у часі шуми), відео- та синусоїдальні (вузькосмугові) ІП. Імпульс перешкоди може бути одиночним, але частіше впливає пакет ІП, що спотворює тимчасові характеристики сигналу.

Вузькосмугова перешкода покриває частину спектра переданого сигналу, спотворюючи його спектр і погіршуючи як спектральні, так і кореляційні властивості.

Внутрішньосистемні перешкоди характерні для асинхронно-адресних систем зв'язку, що працюють в одній смузі частот з розрізненням станцій за формою адресних сигналів (кодів). Вони виникають через неідеальність взаємкореляційних функцій адресних кодів.

Ретрансльована перешкода створюється в результаті посилення й перевипромінювання переданого сигналу однією-двома сусідніми станціями. Затриманий сигнал, потрапляючи в приймач станції, створює специфічну

перешкоду, яка впливає сильніше, якщо кореляційні властивості переданих сигналів гірші.

Імітаційна перешкода (ІМП) близька за формою до переданого сигналу; ступінь близькості визначається числом переданих сигналів та їх кореляційними властивостями. ІМП часто називають структурною або прицільною перешкодою. Назва "прицільна перешкода" є виправданою, коли фаза або середня частота ІМП збігається з фазою переданого сигналу або середньою частотою одного чи декількох частотних підканалів. В останньому випадку перешкоду іноді називають зосередженою.

У наземних радіолініях основними причинами завмирань, що становлять основну частину завад природного походження, є многолучевість, метеоумови та пора року. Многолучевість викликає швидкі завмирання, метеоумови та пора року - повільні. Частотну селективність завмирань визначають по зниженню коефіцієнта частотної кореляції до значення 0,5-0,6. Інтервал частот, що лежить у межах 1-0,5, називають смугою (інтервалом) когерентності каналу зв'язку.

Перекручування сигналу можуть викликатися як характеристиками тракту передачі, так і перешкодами. Однак поняття перекручування звичайно пов'язують із впливом на сигнал лінійних і нелінійних характеристик тракту. Вплив лінійних характеристик, зокрема нерівномірності амплітудно-частотної характеристики (АЧХ), призводить до появи міжсимвольних перекручувань (МСП). Обмеження амплітуди сигналу спричиняє появу небажаних частот у спектрі, що створює перешкоди нелінійних переходів. Помилки фіксуються на виході дискретного каналу; саме вони визначають вірність інформації. Розподіл помилок на незалежні й пакетні зумовлений головним чином специфікою завадостійкого коду, його здатністю виправляти або виявляти помилки.

Для апіорної оцінки ефективності коду проводять імітаційне моделювання, що вимагає знання статистичного розподілу завад. Зазвичай шум припускають нормально розподіленим (білим гауссовим шумом, БГШ). Рівні й тривалості імпульсних перешкод (ІП) зазвичай приймають розподіленими за

експонентним законом, а ймовірність появи m імпульсів на інтервалі часу - відповідно до розподілу Пуассона.

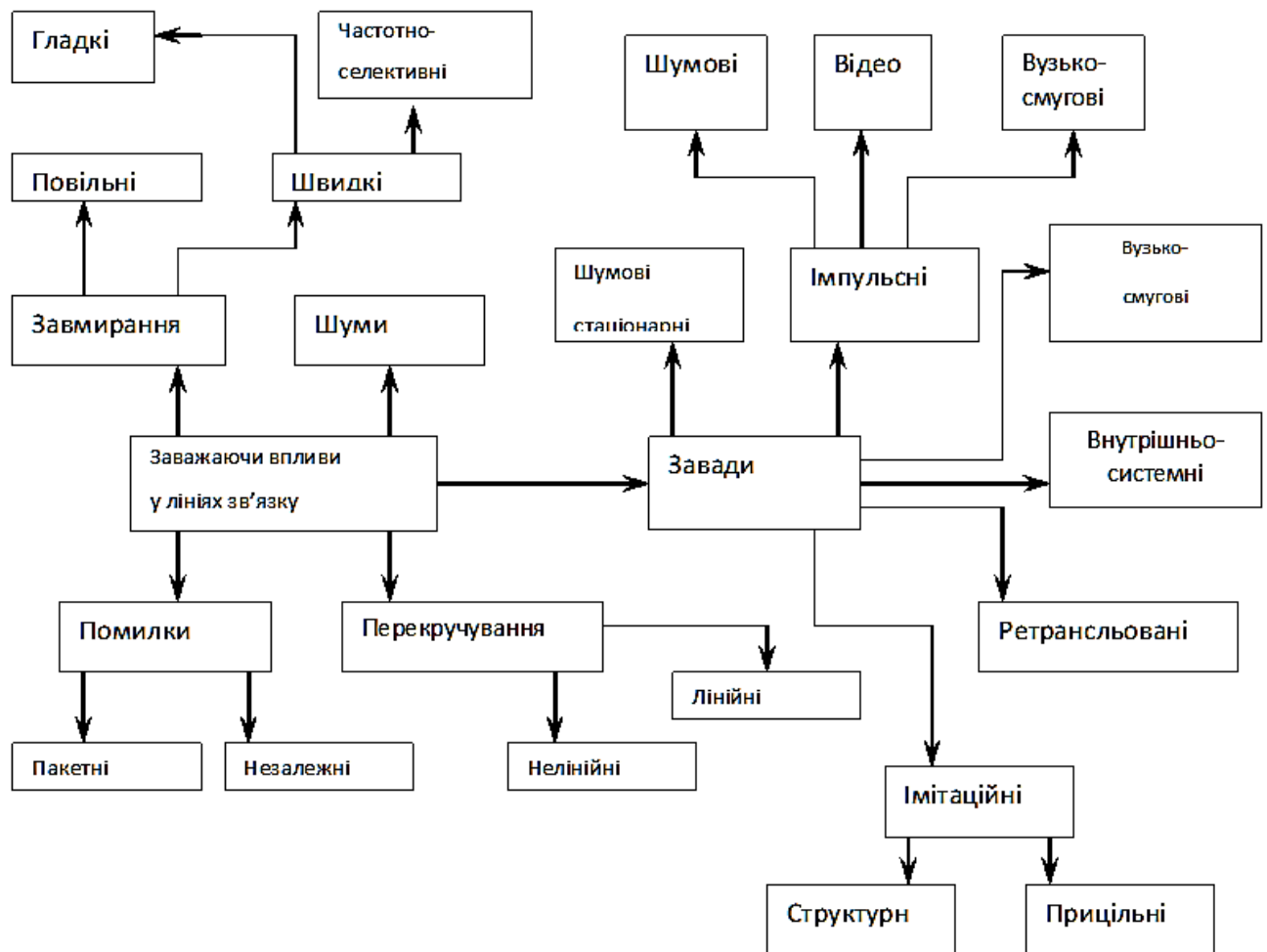


Рисунок 2.1- Класифікація перешкод у лініях зв'язку

Найважче змоделювати навмисні перешкоди, де чим менше визначена статистика, тим вища «якість». Однак кожна перешкода характеризується декількома параметрами, які можна встановити під час моделювання з діапазоном попередньо вибраних значень у вигляді випадкових чисел тощо.

Розподіл Релея та Різіана найчастіше використовуються для опису швидкого завмирання. Частотна вибірковість швидкого завмирання представлена експоненціальним розподілом.

Кореляційна функція частоти

$$R(f) = (\exp(-\frac{f}{df_0})) \cdot 2 \text{ або } R(f) = \exp(-\frac{f}{df_0}), \quad (2.1)$$

де df_0 - інтервал частотної кореляції.

Загальноприйнятим наближенням до повільного розпаду є логнормальний розподіл. Спотворення сигналу вважається нормальним розподілом під час моделювання та розглядається як додатковий коливальний шум. Через різноманіття конкретних причин і умов розподіл статистичних похибок неможливо описати однією моделлю. Найпростішою є модель незалежної помилки, яка описується біноміальним розподілом. Біноміальний розподіл добре описує помилки в дискретному каналі, викликані коливальним шумом. На різних шляхах передачі заважають впливи, навіть одного типу, мають різні параметри розподілу. Цю особливість слід враховувати при виборі протиперешкодного коду.

У системах зв'язку найбільш широко використовуються наступні компоненти: провідні лінії зв'язку - антени, магістральні кабелі (симетричні та коаксіальні), магістральні кабелі, а також лінії електропередач високої напруги; радіолінії - прямої видимості (RRL), тропосферної (TRL), космічної (через ISZ і з дальніми космічними апаратами), основних короткохвильових радіорелейних засобів LS (KB), а також лінії радіозв'язку рухомих наземних об'єктів (RLP); телефонних каналів різної довжини, прямих і комутованих, організованих в різних типах локальних мереж; Шлях зчитування внутрішнього магнітного запису матеріалу та шина обміну інформацією в комп'ютері.

2.2 Шуми та закони їх розподілу

Розподіл шуму

Адитивний шум: визначається співвідношенням $g(x, y) = F(x, y) + n(x, y)$, де $f(x, y)$ - вихідне зображення, $g(x, y)$ - шумне зображення, $n(x, y)$ -

довільно незалежне вихідне зображення та розподіл ймовірностей щільність він має функцію.

Гауссовий шум: Білий шум - це стаціонарний шум, спектральні компоненти якого рівномірно розподілені по всьому відповідного смуги частот. Прикладами білого кольору є шум водоспаду і шум пострілу на клемах з високим опором. Він названий на честь білого світла, який містить електромагнітні хвилі частот в смузі видимого електромагнітного випромінювання.

У природі та технологіях "чистий" білий шум (тобто білий шум з однаковою спектральною потужністю на всіх частотах) не виникає (через те, що такі сигнали мають нескінченну потужність), але якщо розглядати шум з однаковою спектральною інтенсивністю (або дещо іншою), це категорія білого шуму.

Термін "білий шум" зазвичай застосовується до сигналів з автокореляційними функціями, які математично визначаються функцією дельти дірки у всіх вимірах багатовимірного простору, в якому розглядається цей сигнал. Сигнали з цією властивістю можна розглядати як білий шум. Ця статистична властивість є основною властивістю цього типу сигналу.

Той факт, що білий шум не пов'язаний з часом (або будь-яким іншим аргументом), не визначає його значення в часі (або іншому розглянутому аргументі). Набір, що приймається сигналом, може бути довільним з точністю до основних статистичних властивостей (але постійна складова такого сигналу повинна бути дорівнює нулю). Наприклад, двійковий сигнал, який може приймати лише значення, рівне нулю або 1, може викликати білий шум лише в тому випадку, якщо послідовність нуля і 1 не пов'язана, а сигнал безперервного розподілу (наприклад, нормальний розподіл) також може викликати білий шум.

Можна припустити, що гауссовий шум (див Гауссовий Шум) Шум з гауссовим розподілом амплітуд-нормальним розподілом) іноді помилково вважається білим шумом. Однак ці поняття не еквівалентні. Гауссовий шум передбачає розподіл значень сигналу у вигляді нормального розподілу, але термін "білий" відноситься до кореляції сигналів у 2 різні моменти часу (ця

кореляція не залежить від розподілу амплітуди шуму). Білий шум відноситься як до розподілів Гаусса, так і до розподілів Пуассона, розподілів Коші і т.д. у нього може бути. Гауссовий білий шум як модель добре підходить для математичного пояснення багатьох природних процесів.

Гауссовий розподіл.

Особливістю математичної простоти роботи з моделями гауссового шуму (також його називають нормальним шумом) як у просторовій, так і в частотній областях насправді є широта цих моделей, насправді ця простота виявляється дуже привабливою, і гауссова модель найчастіше використовується, навіть якщо її використання лише частково виправдане.

Функція щільності розподілу ймовірностей гауссової випадкової величини z задається як:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2}, \quad (2.2).$$

де z - рівень яскравості із значень для даного типу зображень

μ - середнє значення (математичне очікування) випадкової величини z , середньоквадратичне відхилення.

Стандартне відхилення значення, рівне його потужності, називається дисперсією σ^2 , яка визначає потужність шуму, що виникає. Таким чином, $p(z)$ визначає значення ймовірності зчитування поточного шуму, Рівне яскравості. якщо випадкова величина z є гауссовим розподілом, то близько 70% її значення знаходиться в смузі $(\mu-\sigma), (\mu+\sigma)$], близько 95% діапазону знаходиться в діапазоні $(\mu-2\sigma), (\mu+2\sigma)$].

Якщо проводиться серія незалежних тестів, і кожна подія A може відбуватися з однаковою ймовірністю p , то кількість разів, коли подія відбувається, визначається Законом Бернуллі або біноміальною формулою.

$$P_n(m) = C_n^m p^m q^{n-m}, \quad (2.3)$$

де n -кількість тестів у серії;

m -випадкова величина (кількість входжень події a).;

$P_n(m)$ - ймовірність того, що A трапляється рівно m разів, дорівнює $q = 1 - p$ (ймовірність того, що a не з'явиться в тесті).

Розподіл Пуассона.

Розподіл Пуассона отримується в граничному випадку розподілу Бернуллі, якщо ми спрямовуємо p до нуля, а n до нескінченності, але його добуток є постійним: $pn = A$. Формально такий перетин межі призводить до наступного рівняння:

$$P(m) = \frac{a^m}{m!} e^{-a} \quad (2.4)$$

Параметри розподілу: a .

Багато випадкових величин, що зустрічаються в науці та практичному житті, слідує розподілу Пуассона.

Шум Релея

Розподіл розподіл Релея допомагає моделювати шум, створюваний на зображеннях, знятих на великі відстані. Функція щільності розподілу ймовірностей для релеєвського шуму має наступний вигляд:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-(z-a)^2/b}, & z \geq a, \\ 0, & z < a, \end{cases} \quad (2.5)$$

де a і b -деякі позитивні константи, що визначають статистичні властивості цього типу розподілу.

Математичне сподівання та дисперсія шуму визначаються наступним рівнянням:

$$\begin{aligned}\mu &= a + \sqrt{\pi b / 4}, \\ \sigma^2 &= \frac{b(4 - \pi)}{4}.\end{aligned}\tag{2.6}$$

Експоненціальний шум.

Експоненціальний розподіл.

Функція щільності розподілу ймовірностей експоненціального шуму визначається наступною формулою:

$$\begin{aligned}p(z) &= \begin{cases} ae^{-za}, & z \geq 0, \\ 0, & z < 0, \end{cases}\end{aligned}\tag{2.7}$$

Де a -параметр цього розподілу. Математичне сподівання та дисперсія шуму визначаються наступним рівнянням:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{a}, \\ \sigma^2 &= \frac{1}{a^2}.\end{aligned}\tag{2.8}$$

Рівномірний шум

Рівномірний розподіл

Рівномірна щільність розподілу ймовірностей виражається формулою

$$\begin{aligned}p(z) &= \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & z \in [a, b], \\ 0, & z \notin [a, b]. \end{cases}\end{aligned}\tag{2.9}$$

Математичне сподівання та дисперсія шуму визначаються наступним рівнянням

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{a+b}{2}, \\ \sigma^2 &= \frac{(b-a)^2}{12}.\end{aligned}\tag{2.10}$$

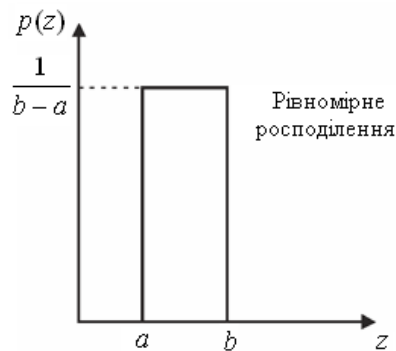


Рисунок 2.5 - Рівномірний розподіл

Огляд математики

Вектор випадкових чисел

Вектор випадкових чисел - це послідовність зразків білого шуму лише в тому випадку, якщо середня та автокореляційна матриці задовольняють наступним рівнянням відповідно і є:

$$\begin{aligned}\mu_w &= E\{w\} = 0, \\ R_{ww} &= E\{ww^T\} = \sigma^2 I.\end{aligned}\tag{2.11}$$

Тобто це вектор випадкових чисел з нульовим середнім значенням, а матриця автокореляції - це діагональна матриця з дисперсією по головній діагоналі.

Білий випадковий процес (білий шум)

Безперервний за часом випадковий процес являє собою білий шум тоді і тільки тоді, коли його математичне сподівання і автокореляційні функції задовольняють наступним рівнянням відповідно:

$$\begin{aligned}\mu_w(t) &= E\{w(t)\} = 0, \\ R_{ww}(t_1, t_2) &= E\{w(t_1)w(t_2)\} = \sigma^2 \delta(t_1 - t_2).\end{aligned}\tag{2.12}$$

Тобто це випадковий процес з нульовим математичним очікуванням, який має автокореляційну функцію, яка є функцією дельти діри. Такі автокореляційні функції передбачають наступні спектральні щільності потужності:

$$S_{xx}(w) = \sigma^2.\tag{2.13}$$

Оскільки перетворення Фур'є дельта-функції дорівнює 1 на всіх частотах. Він отримав назву Білий шум через те, що його спектральна щільність потужності однакова на всіх частотах (як частотний спектр білого світла).

Шум Джонсона

Будь-який резистор на платі створює деяку шумову напругу на клеммах, відому як "шум Джонсона" (тепловий шум). Він має горизонтальний частотний спектр, тобто однакову потужність шуму на всіх частотах (звичайно, до певної межі). Шум з горизонтальним спектром називається "білим шумом" [17].

Фактична шумова напруга розімкнутого ланцюга, що створюється опором R при температурі T :

$$U_{ШРЕАЛ} = U_{ШР} = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot R \cdot B},\tag{2.14}$$

де k - постійна Больцмана,

T - температура в градусах Кельвіна ($K = C + 273.16C$),

B - смуга частот у Гц.

Отже, якщо на вхід подається напруга, що створюється резистором при температурі T , це також досягається на виході повністю безшумного смугового фільтра B . наприклад, резистор 10K при кімнатній температурі має середньоквадратичне шумове напруга в розімкнутому ланцюзі близько 10 мВ , виміряне на частоті $1,3\text{ кГц}$. діапазон (наприклад, підключіть резистор до входу високоякісного підсилювача, резистор просто дорівнює R).

Постійна Больцмана і числове значення кімнатної температури ($68^\circ\text{F} = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$) рівні F . замінивши 1 на $b = 1\text{ Гц}$, ми отримаємо наступне рівняння для ефективного шумового напруги одного резистора в одній смузі частот:

$$U_{\text{шр.эф}} \left[B / \sqrt{T_n} \right] = 127 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{R}. \quad (2.15)$$

Для параметрів шуму часто використовується ефективна напруга однієї смуги частот. І якщо ви збираєтеся використовувати такі параметри в майбутньому, а формула не містить параметра b , то мова йде про ефективні параметри шуму однієї смуги частот ($b=1\text{ Гц}$). розмірність отриманого значення дорівнює F . будь ласка, зверніть увагу на номер 2.

Амплітуда шумової напруги Джонсона, загалом кажучи, є несподіваною в цей конкретний момент, але вона дотримується закону розподілу Гаусса. Шум Джонсона встановлює нижню межу шумової напруги будь-якого детектора, джерела сигналу або підсилювача з резистивними елементами. Активний компонент загального опору джерела створює шум Джонсона, а також впливає на опір ланцюга перемикання передач і навантаження підсилювача.

Цікаво відзначити, що фізичні аналоги опору (механізм втрат енергії у фізичних системах, наприклад, в'язке тертя дрібних частинок рідини) корелюють з відповідними коливаннями фізичного розміру (в даному прикладі це коливання швидкості частинок. з'являється як хаотичний Броунівський рух). Шум Джонсона є лише окремим випадком такого явища розподілу флуктуацій.

Шум Джонсона не слід плутати з додатковою шумовою напругою через флуктуаційний ефект зміни опору, коли через резистор проходить струм, що

подається ззовні. Цей " надлишковий шум " має спектр близько $1 / f$ і багато в чому залежить від конкретної конструкції резистора.

2.3 Статистичні критерії виявлення сигналів у шумі

Багато завдань прийому сигналу в присутності шуму не можуть обмежуватися одним загальним критерієм, таким як відношення сигнал / шум. Необхідно використовувати більш тонкі статистичні характеристики процесу, які дозволяють виміряти ймовірність отриманих даних. (Наприклад, координати об'єкта на основі сигналу RNS або координати цілі на основі радіолокаційних даних). Через випадкового характеру перешкод домогтися їх повного усунення в принципі неможливо. Використання вищевказаного " оптимального " фільтра змінить властивості випадкового процесу, але процес залишиться випадковим. Покращивши приймальний пристрій, ймовірність помилки може бути зменшена лише до певного рівня [18].

Цей посібник обмежений викладом класичної проблеми виявлення сигналів. Припустимо, у вас є якийсь сигнал на виході приймального пристрою-випадковий процес:

$$U(t) = V(t) + z(t). \quad (2.16)$$

Цей процес може представляти лише шум або може представляти суму детермінованих сигналів та шуму. Припустимо, що факт існування сигналу $V(t)$ також є випадковим.

Щоб вирішити проблему наявності сигналу на цьому етапі, ви можете прийняти правило: сигнал перевищує певний рівень, поріг, і навпаки, сигналу немає.

Ви можете відповісти неправильно у 2 несумісних випадках :

1) якщо немає сигналу, $V(t) = 0$, але шумова напруга перевищує рівень E .
(подія - ""помилкова тривога""

2) якщо сигнал присутній, $v(t)$ дорівнює 0, але сума сигналу і шуму не перевищує рівень $U(T) B$, "стрибок сигналу").

Імовірність уявного сигналу тривоги (подія A), тобто пов'язані 2 події - відсутність сигналу і перевищення рівня шуму E (при відсутності сигналу), дорівнює апіорній ймовірності відсутності сигналу. Зворотна ймовірність відсутності сигналу, що перевищує рівень E за відсутності сигналу, множиться на ймовірність відсутності сигналу. Якщо сигнал відсутній, корелюють наступні 2 події: встановить апіорну ймовірність Q за відсутності сигналу, а зворотна ймовірність шуму вище рівня E легко виводиться з одновимірної функції розподілу шуму .

$$P\{U > E\} = \int_E^{\infty} W(x)dx, \text{ тоді } P(A) = q \int_E^{\infty} W(x)dx. \quad (2.17)$$

Імовірність того, що дві події пов'язані - наявність сигналу і відсутність чіткого сумарного напруги рівня E (ймовірність події B), дорівнює апіорній ймовірності існування сигналу. сигнал присутній, якщо помножити його на нечітку задню ймовірність рівня E . апіорна ймовірність існування сигналу:

$$p = 1 - q. \quad (2.18)$$

Зворотні ймовірності, що не перевищують рівень E , можуть бути отримані з використанням 1-мірної функції розподілу суми сигналу і шуму.

$$P\{U \leq E\} = \int_{-\infty}^E W_1(x, V)dx, \text{ тоді } P(B) = p \int_{-\infty}^E W_1(x, V)dx. \quad (2.19)$$

Оскільки події А і В несумісні, ймовірність помилкової відповіді Р (А або В) є:

$$\begin{aligned} P(A \text{ або } B) &= P(A) + P(B) = q \int_E^{\infty} W(x) dx + p \int_{-\infty}^E W_1(x, V) dx = \\ &= 1 - \left[p \int_{-\infty}^E W_1(x, V) dx + q \int_E^{\infty} W(x) dx \right]. \end{aligned} \quad (2.20)$$

Тобто бажана ймовірність правильної відповіді:

$$P_0(E, V) = 1 - P(A \text{ або } B) = p \int_{-\infty}^E W_1(x, V) dx + q \int_E^{\infty} W(x) dx. \quad (2.21)$$

Якщо вибрано високий рівень, очевидно, що ймовірність р (а) - уявного сигналу тривоги буде невеликою, але ймовірність відсутності існуючого сигналу буде високою. І навпаки, при низьких рівнях Е ймовірність відсутності сигналів невелика, але ймовірність уявної тривоги Р (а) значна. Ці якісні міркування можуть бути віднесені до кількісних співвідношень залежно від конкретного завдання.

Завдання може бути поставлено так, щоб знайти оптимальне значення порогу Е, при якому ймовірність правильної відповіді (2.20) є максимальною для даної функції розподілу сигналу і шуму. Якщо ми обчислимо похідну рівняння з (2.20) і зробимо її рівною нулю, ми отримаємо рівняння для визначення оптимального рівня:

$$\frac{dP(E)}{dE} = 0 \text{ що дає } qW(E) = pW_1(EV). \quad (2.22)$$

Статистичний критерій (2.21), який гарантує максимальну ймовірність правильної відповіді для одного або декількох вимірів, називається критерієм "ідеального спостерігача".

З рівняння (2.21) умовний рівень залежить від типу функції розподілу.

Розглянемо рішення цього рівняння, використовуючи приклад, який виявляє позитивний телеграфний пакет (імпульс позитивної амплітуди V) на шумовому тлі, який відповідає закону нормального розподілу з дисперсією. Наявність або відсутність сигналу впливає тільки на середнє значення загального сигналу (3.15).

Отже, щільність дисперсії:

$$W(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{U^2}{2\sigma^2}\right), W_1(U, V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(U - V)^2}{2\sigma^2}\right). \quad (2.23)$$

Зміст вибору порогу. Рівняння 2.21 показано на малюнку 3.6 (б).

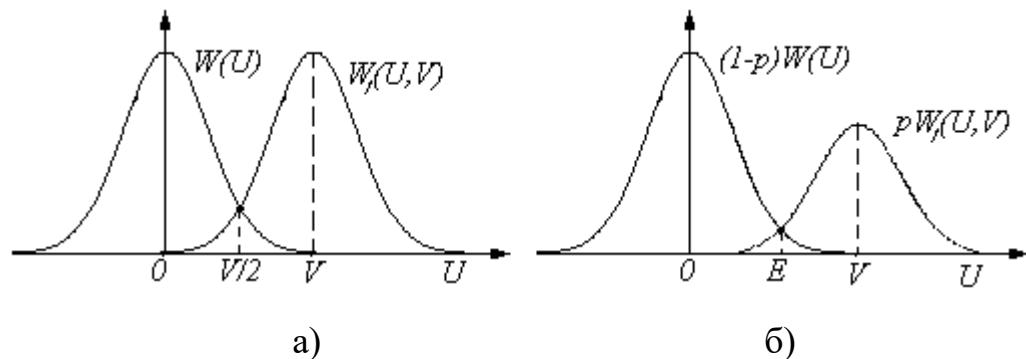


Рисунок 2.6 – Вибір порогів розподілу

Оптимальний рівень визначається перетином графіка (1) - розподілу шуму з графіком (2) - спільного розподілу сигналу і шуму. (Розглянемо коефіцієнти шкали Q , p). Як видно з рис. 2.7, для сильного сигналу виберіть високий рівень E , а для слабого сигналу встановіть цей рівень ближче до середньоквадратичної шумової напруги.

Коли апіорна ймовірність сигналу невідома, зазвичай враховується, враховуючи, що і наявність, і відсутність сигналу апіорі рівні. (Також будьте

обережні). Тоді ви можете побачити, що у випадку поділу (2.22) поріг дорівнює рис. 2.6 (а)).

Якщо вибрано рівень E , щільність ймовірності сигналу шуму та шуму визначається формулою (2.22) у розглянутій вибірці, формула отримується за допомогою (2.16) та (2.17) для уявної тривоги та ймовірності пропуску сигналу:

$$P_{ЛТ} = q \left[1 - \Phi \left(\frac{E}{\sigma} \right) \right], \quad P_{ПР} = p \left[1 - \Phi \left(\frac{U - E}{\sigma} \right) \right]. \quad (2.24)$$

На практиці їх зазвичай цікавить не ймовірність відсутності сигналу (якщо він вище рівня E), а ймовірність того, що D буде виявлено правильно.:

$$D = 1 - P_{ПР} = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{U - E}{\sigma} \right) \right] \quad (\text{при } p = 1/2). \quad (2.25)$$

Давайте наведемо ще один приклад. Визначається сигнал являє собою огибающую як шуму, так і загального частотного коливання, викликаного корисними високочастотними сигналами (радіоімпульсами).

При впливі одиночного шуму щільність дисперсії огибающей r описується функцією Релея (ат і ат r) високочастотних коливань. Дисперсійна щільність огибающей R високочастотних коливань визначається як функція Релея (ат і ат r). Дисперсійна щільність огибающей R високочастотних коливань визначається як функція Релея (ат і ат r).:

$$W(p) = \frac{p}{\sigma^2} \exp \left(-\frac{p^2}{2\sigma^2} \right), \quad (2.26)$$

де σ^2 – дисперсія шуму?

Коли шум і оболонка високочастотного сигналу поєднуються, вони мають щільність розсіювання, яка відповідає закону Релея-Райса:

$$W_1(a, p, \sigma) = \frac{p}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{p^2 + \sigma^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{ap}{\sigma^2}\right), \text{ якщо } r > 0. \quad (2.27)$$

Потім модифікована функція Бесселя для r .

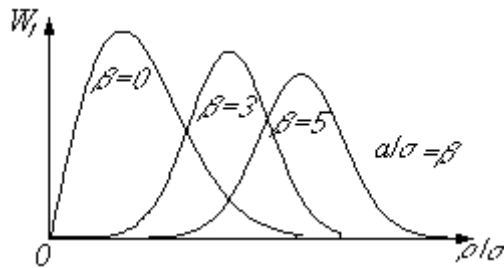


Рисунок 2.7- Графічне представлення функції

Якщо ми знову приймемо $p = q$. У цьому прикладі, оптимальний рівень знову визначається перетином кривої розподілу шуму з кривою розподілу перетину сигнал / шум. Як видно, виберіть високий рівень E для сильних сигналів і встановіть цей рівень ближче до середньоквадратичної шумової напруги для слабких сигналів. У $p = q$ масштаб графіка функцій (2.25) і (2.26) відповідно змінюється, але оптимальний рівень визначається рівнянням (2.21). Тобто перетин відповідних графіків.

Розглянуті критерії ідеального спостерігача, коли як помилкові спрацьовування, так і пропуск сигналу в однаковій мірі небажані, найбільш типові для систем бездротового зв'язку.

Система радіолокаційного виявлення використовує інший критерій, який називається критерієм Неймана-Пірсона. Використання іншого критерію пояснюється тим, що неправильне виявлення мети може привести до дуже небажаних наслідків. Тому ймовірність уявного сигналу тривоги повинна бути дуже мала і зазвичай - визначається значенням його порядку. Часто його значення не можна збільшити, так як це знижує ймовірність виявлення сигналу. Отже, при використанні критерію Неймана-Пірсона ймовірність уявної тривоги була постійною з незапам'ятних часів. Оскільки ймовірність уявного сигналу

тривоги функціонально пов'язана з відносним порогом, ми можемо бачити, що останній також встановлений

Насправді вони намагаються задовольнити 2 суперечливі вимоги одночасно: 1) щоб ймовірність відсутності сигналу $P(b)$ не перевищувала певного значення $[p(b)]$.

Діаграма зліва показує функцію, а діаграма праворуч показує функцію.

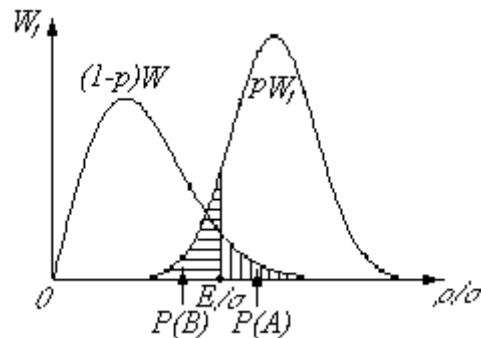


Рисунок 2.8 – Представлення функції $qW(p)$ та $pW_1(a, p)$

Вертикальна лінія, відтворена з точки відповідного значення відносного порогу (E/s), разом із графіком обмежує область, що відповідає ймовірностям $P(A)$ та $p(b)$. Вони відзначені різною штриховкою. Ці графіки дозволяють якісно аналізувати різні ситуації. Отже, зі збільшенням співвідношення сигнал / шум (A/S) графік функції зміщується вправо. Отже, можна збільшити відносний поріг E/S , щоб підтримувати допуск $p(b)$, що є ймовірністю відсутності сигналу. Вірно і зворотне.

Отже, єдиний спосіб збільшити ймовірність точного виявлення цілі-це збільшити відношення сигнал / шум на вході обмежувального пристрою, тобто на виході лінійного шляху приймаючого пристрою. Метод розрахунку конкретного радіотехнічного пристрою і кількісна оцінка стохастичних характеристик прийому реального змінного сигналу при наявності шуму досить складні і описані в спеціальній літературі.

3. РОЗРОБКА ГЕНЕРАТОРА ШУМУ

3.1 Структура пристрою

Найкраще, створити шумовий сигнал з обмеженою пропускнуою здатністю і передавати його змінним чином у необхідній смузі шуму стільникової мережі. Крім того, кожен піддіапазон, що цікавить, може бути заблокований шумовим сигналом, який регулює частоту якомога швидше, а не одночасно у всьому діапазоні частот.

Аналізуючи готові рішення, зокрема пристрої RNR-03, була запропонована наступна схема електричної структури, показана в додатку.

Генератор аналогових сигналів генерує цифровий сигнал для вибору робочого діапазону і піддіапазону високочастотного модуля. Генератор аналогових сигналів разом з цифровим сигналом генерує пилкоподібний сигнал і синусоїдальний сигнал для лінійної Настройки несучої частоти високочастотним модулем, і шум генерується після проходження через елемент з нелінійними вольт-амперними характеристиками. Шумоподібний сигнал був отриманий від синусоїдальної хвилі з використанням v_d діода, елемента з нелінійними вольт-амперними характеристиками. FZS-це центральний фільтр вибору, який використовується для обмеження максимальної смуги шуму. Підсилювач потужності використовується для збільшення амплітуди вихідного сигналу, що приймається від підсилювача потужності, і для узгодження вихідних активних і реактивних резисторів високочастотного модуля з активними і реактивними резисторами антеною системи. Потім сигнал надсилається на широкосмуговий підсилювач.

3.2 Розробка генераторів аналогових сигналів

В якості генератора аналогових сигналів пропонується використовувати Мікроконтролер PIC16F628, виконаний на мікросхемі. Використання мікроконтролерів в генераторах шуму стільникової мережі дозволяє скоротити кількість бездротових компонентів в пристрої, об'єднати функції генераторів пилоподібного і синусоїдального сигналів, а також сигналів зміни діапазону і піддіапазону в одному модулі. На рис. 3.1 показана одна з типових схем перемикавання для даного мікроконтролера, рекомендована виробником. І дане рішення відрізняється від аналогових генераторних схем простотою реалізації, високою стабільністю і, найголовніше, можливістю зміни режиму роботи і параметрів шляхом зміни вбудованого програмного забезпечення [14].

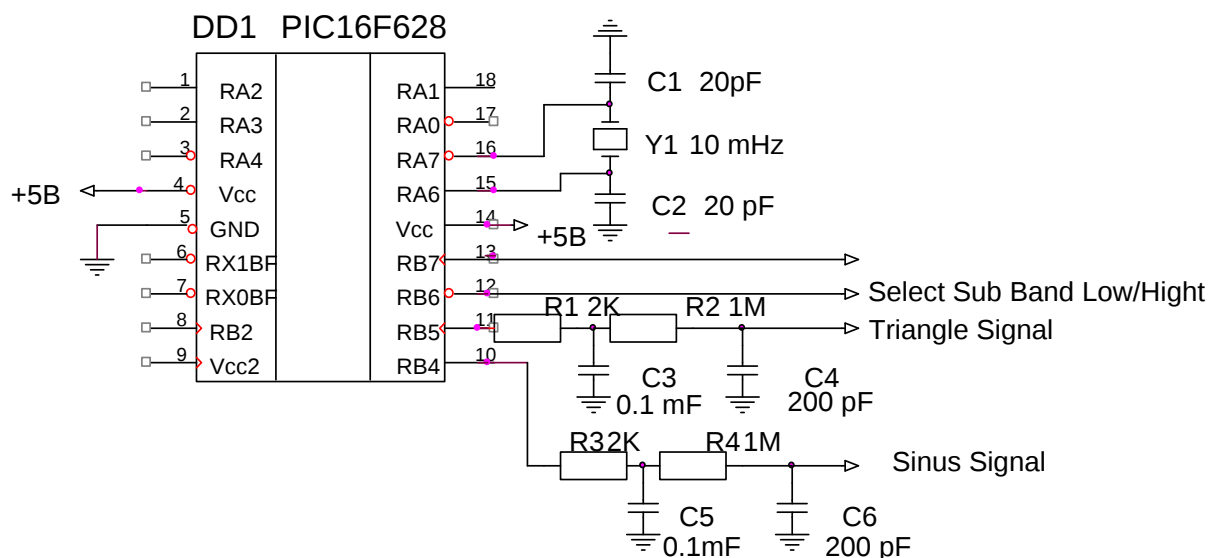


Рисунок 3.1 – Електрична схема генератора аналогових сигналів на мікроконтролері

Мікроконтролер генерує ШІМ-сигнали на виходах RB4 і RB5 відповідно до заданої програми. Сигнал, проходячи через відповідну інтегруючу схему, набуває форму, необхідну для подальшого перетворення. Сигнали про зміну діапазону і піддіапазону через високочастотного модуля знімаються з виходів RB6 і RB7.

ШІМ може використовуватися в поєднанні з аналоговим фільтром для отримання аналогового вихідного сигналу. Це означає, що його можна використовувати як цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП). В якості основи використовується послідовність прямокутних імпульсів з постійним періодом проходження (фіксованою частотою перетворення). Для формування різних аналогових рівнів регулюється заповнення імпульсів і, таким чином, змінюється тривалість імпульсу. Якщо необхідно сформувати високий Аналоговий рівень, тривалість імпульсу збільшується, і навпаки.

Таким чином, вибір елементів здійснюється відповідно до стандартного діапазону номіналів.

Усереднення аналогового сигналу за 1 період (з використанням аналогового фільтра) дозволяє отримати аналоговий сигнал.

Фільтр для взаємозамінних сигналів являє собою просту двопозиційну каскадну RC-схему. Цей вибір обумовлений простотою реалізації і небажаним використанням активних елементів в пристроях з низьким енергоспоживанням. Однак для цього потрібна більш висока частота дискретизації, ніж при використанні фільтра вищого порядку. Для фільтра, показаного на рис. 3.1, рекомендується повторно відібрати ЦАП у 16 разів або більше.

Частота зрізу фільтра розраховується наступним чином:

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.1)$$

де $R1C1=R2C2=RC$

Найкращі характеристики фільтра досягаються при $R2 \gg R1$. Крім того, вибір частоти зрізу, яка знаходиться занадто близько до межі смуги пропускання сигналу, призводить до значного ослаблення. Щоб зменшити це загасання, викликане фільтром, варто вибрати частоту зрізу вище межі смуги пропускання сигналу, але значно нижчу, ніж частота ШІМ-сигналу.

Якщо аналоговий сигнал повинен подаватися на вхід з низьким опором, буферний підсилювач повинен бути включений між виходом фільтра і

навантаженням. Це запобігає навантаженню конденсатора та створенню пульсуючої напруги.

Для отримання однорідного шумоподібного сигналу з синусоїдального сигналу можна використовувати елементи з нелінійними вольт-амперними характеристиками. Найпростішим і зручним рішенням є використання діодів.

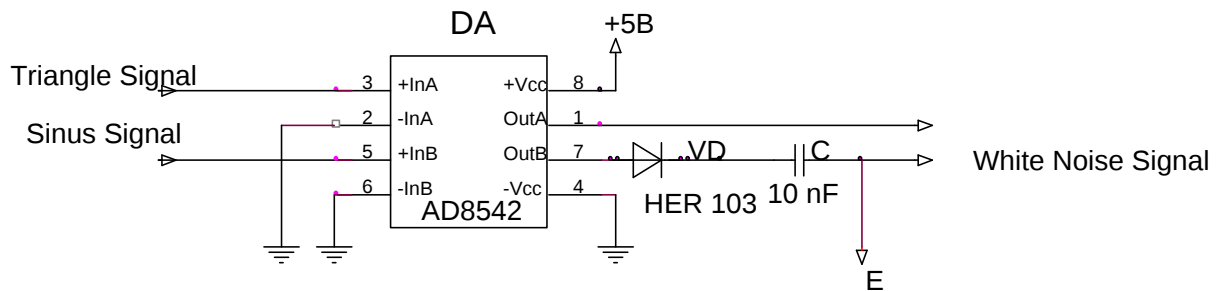


Рисунок 3.2 – Електрична схема 2-канального операційного підсилювача з нелінійним елементом.

Діод VD-це елемент з нелінійними вольт-амперними характеристиками, який перетворює синусоїдальний сигнал в сигнал з шумовим спектром. Конденсатор С фільтрує певні компоненти шумового сигналу.

Відповідно до стандартного діапазону номінальних значень, $C=10\text{pF}$, К10-17-10рФ $5\text{v}\pm 5\%$.

3.3 Розрахунок фільтра

Теоретично спектр шумового сигналу може нескінченно розширюватися вздовж осі частот, що є абсолютним плюсом шумів стільникової мережі, але абсолютно неприпустимо експлуатувати генератор шуму стільникової мережі разом з іншим обладнанням. Фільтр централізованого вибору використовується для обмеження смуги шумів. Щоб визначити необхідну смугу шумів, зверніться до таблиці 3.2 і виберіть необхідну максимальну смугу шумів. Максимальна необхідна смуга шумів становить 75 МГц. Ця вимога досягається за рахунок

установки фільтруючого пристрою на виході джерела шумового сигналу, яким найчастіше є фільтр Чебишева.

Фільтр Чебишева допускає нерівномірність смуги пропускання, але в той же час значно збільшує крутизну частотної характеристики в перехідній області. Тобто в перехідній області крутизна частотної характеристики максимальна, але є пульсації.

Тому в якості низькочастотного фільтра обраний активний фільтр Чебишева 2-го порядку. Це пов'язано з тим, що фільтр Чебишева має найкрутіший спад частотної характеристики в зоні загасання і має прийнятну неоднорідність в смузі пропускання. З фільтром Баттерворта таке зниження властивостей в зоні загасання досягається тільки на 4-й порядок [19].

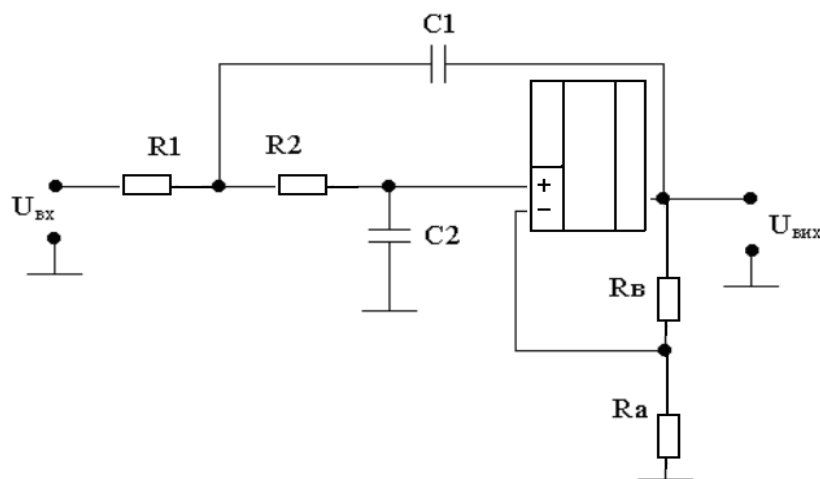


Рисунок 3.3 - Фільтр Чебишева на операційних підсилювачах

Частотна характеристика фільтра Чебишева показана на рис. 3.4

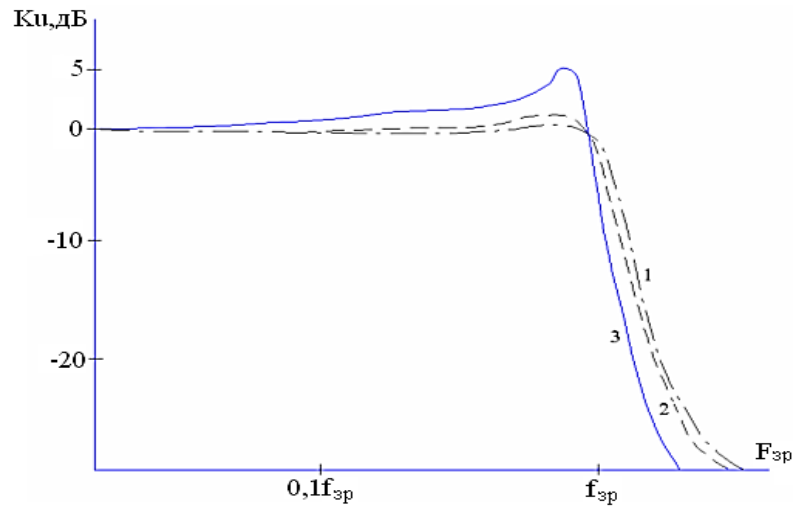


Рисунок 3.4 - Частотна характеристика фільтра Чебишева

Розрахунок фільтруючого елемента Чебишева виконаний з нерівномірністю частотної характеристики 0,5 дБ.

Для розрахунку потрібні наступні параметри:

Частота зрізу $f_{зр, дБ} = 75$ МГц;

Коефіцієнт загасання $\alpha = 1,578$;

Співвідношення $f_{зр, дБ} / f_{зр} = 1,390$.

Таким чином, із співвідношення $f_{зр, дБ} / f_{зр} = 1,390$ ми отримуємо $f_{зр, дБ}$:

$$f_{зр} = f_{зр, дБ} / 1,390.$$

$C = 0,01$ МКФ $= C1 = C2$ і $R1 = R2 = R$.

$C = 10$ нф, К10-17-10 нф $\times 16$ В $\pm 5\%$ [9].

З формули

$$f_{зр} = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (4.2)$$

Опір може бути розраховано:

$$R = \frac{1}{2\pi f_{зр} C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 54 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} \approx 0,3 \quad (\text{Ом}).$$

Необхідно вибрати елементи, розраховані відповідно до стандартної серії.

З огляду на відносно низький рівень вхідної напруги, ми приходимо до висновку, що потужності резистора потужністю 0,125 Вт цілком достатньо.

$R = 0,3 \text{ Ом}$, C2-10-20м×0,125 Вт, 5% [20].

Припускаючи, що $R_a = 10 \text{ К}$, кожен R_v :

$$R_v = R_a (2 - \alpha) = 10000 \cdot (2 - 1,578) = 4220 (\text{Ом}).$$

Таким чином:

$R_a = 10 \text{ кОм}$, C2. 6-10к × 0,125 Вт, 5% [8],

$R_v = 4,3 \text{ кОм}$, C2.6-4,3 кОм × 0,125 Вт, 5% [8].

Коефіцієнт посилення цього фільтра дорівнює:

$$K = R_v / R_a + 1 = (4300 / 10000) + 1 = 1,43.$$

Тоді коефіцієнт якості фільтра, тобто коефіцієнт якості активного фільтра, дорівнює:

$$Q = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{1,578} \approx 0,65. \quad (4.3)$$

Ця мікросхема має найвищу частоту одиничного посилення, що відповідає критеріям розрахунку, тому давайте виберемо мікросхему HA5190. Крім того, ця схема має найвищий коефіцієнт посилення по напрузі.

3.4 Вибір модуля ВЧ.

Для зменшення кількості бездротових компонентів пристрою для придушення шуму стільникового зв'язку і спрощення його електричної схеми рекомендується використовувати наявні у продажу блоки і модулі. 1. Однією з найбільш зручних мікросхем в даному випадку є вбудований приймач SI4210,

який використовується в системах зв'язку з мобільними об'єктами і системах глобального позиціонування.

Трансивер Aircraft II Si4210-це чотирьохдіапазонний GSM / GPRS однокристальний трансивер, призначений для мобільних телефонів і бездротових модемів. Портативна рація виготовлена в мініатюрному корпусі і володіє високою продуктивністю в своєму класі. Архітектура Si4210 дозволяє інтегрувати всі компоненти радіочастотного тракту в одну мікросхему (генератори, керовані напругою передавача і приймача (CNG), смугові фільтри, регульовані котушки індуктивності, варикапи і розв'язують конденсатори). У порівнянні з аналогічними продуктами інших виробників, приймачі Si4210 скорочують кількість зовнішніх компонентів і необхідну для них площу на 50% і дозволяють реалізувати повний 4-смуговий радіотрансляційний канал (за винятком антенних перемикачів підсилювача потужності). Забезпечуючи кращу в своєму класі продуктивність, трансивери Si4210 покращують якість зв'язку і полегшують розробку і виробництво кінцевих продуктів. У модулі передавача використовується система shift PLL, інтегрована в фірмову схему синтезатора Silicon Laboratories. Універсальний програмований інтерфейс з модулями обробки сигналів дозволяє розробникам мобільних телефонів впроваджувати приймачі, що підтримують всі основні вихідні частоти. Приймач Si4210 використовує надійний кварцовий генератор з цифровим управлінням і стандартний кварцовий резонатор частотою 26 МГц для генерації тактової частоти приймача.

3.5 Вибір ВЧ підсилювачів

На 1-й з виходів приймача 2-й приймає сигнали на частотах 1747 МГц і 1880 МГц з центральними частотами 460 МГц і 925 МГц. Давайте виберемо з каталогу пару підсилювачів з цими передбачуваними діапазонами частот. Цій вимозі відповідають мікросхеми підсилювача потужності MAX2640 (смуга

пропускання від 400 до 1500 МГц) і MAX2641 (смуга пропускання від 1400 до 2500 МГц). Ці мікросхеми є повноцінними малошумними високопотужними підсилювачами високої частоти і вимагають мінімального набору монтажних компонентів [12].

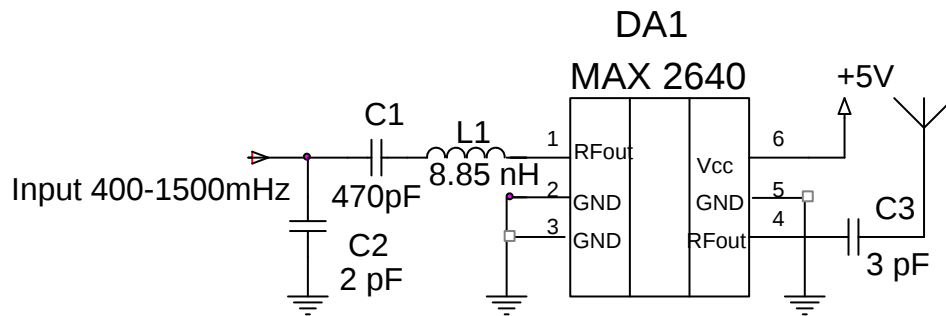


Рисунок 3.5 – Електрична схема підсилювача потужності 400-1500 МГц

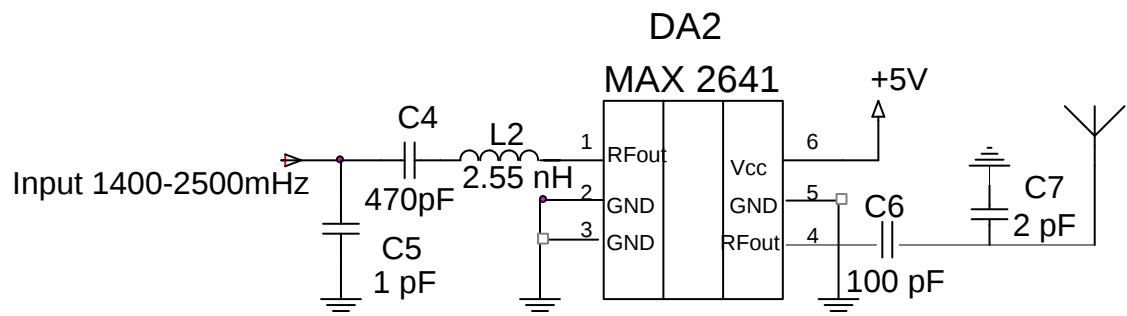


Рисунок 3.6 – Електрична схема підсилювача потужності 1400-2500 МГц

Таким чином, вибір елементів здійснюється відповідно до стандартного діапазону номіналів:

- C1, C4=470pF, K10-17-470 pF 5V±5%;
- C3=3pF, K10-17-3 pF 5V±5%;
- C5=1 pF, K10-17-1 pF 5v±5%;
- C6=100 pF, K10-17-1 pF 5v±5%;
- C7=2 pF, K10-17-1 pF 5V ±5%.

3.6 Вибір стабілізатора напруги

Аналіз причин виходу з ладу побутової техніки часто показує, що причиною несправності є не конструктивний дефект, а незадовільна якість напруги в мережі живлення (імпульсні перешкоди і відхилення робочої напруги).

Імпульсні перешкоди.

Найбільш очевидним і відомим джерелом імпульсних перешкод, що становлять небезпеку для електроприладів і обладнання, є місця, що знаходяться поблизу грозових розрядів. Величина перешкод, що виникають в електромережі при близькому Грозовому розряді, досягає 10 000 вольт. Це перевищує допустимі значення для побутових приладів в 10 разів. Так, потужний грозовий імпульс призводить до масового виходу з ладу електронного та електричного обладнання при такому впливі при відсутності захисту цього обладнання в електромережі.

Ще одним видом імпульсних перешкод є імпульс перемикання. Вони виникають при включенні і виключенні окремих ділянок електромережі, при відключенні потужних споживачів електроенергії та електроприладів з електродвигунами або вхідними трансформаторами. Таке аварійне відключення відбувається, наприклад, в разі збою напруги в будинку, при якому включається електродвигун холодильника або пральної машини.

Вплив комутаційних імпульсів менш руйнівний для обладнання, ніж грози, але їх також можна відключити. Крім того, комутаційні імпульси викликають порушення в роботі обчислювальних та інших електронних пристроїв, а їх тривалий вплив призводить до прискореного старіння електричної ізоляції.

Зміна напруги живлення.

Не менш небезпечним, ніж вплив імпульсних перешкод на обладнання, є підвищення або зниження напруги електромережі щодо нормального значення. На жаль, вітчизняна електромережа не завжди відповідає нормам і вимогам, що пред'являються до допустимих значень відхилень напруги.

Перевищення або зниження робочої напруги становить небезпеку для електроприладів і обладнання.

При перевищенні напруги найчастіше відбувається загоряння Джерела живлення електроприладів, а також напівпровідникових елементів і мікросхем. Електродвигун побутової техніки перегрівається і виходить з ладу.

Зниження робочої напруги особливо важливо для електроприладів (холодильників, пральних машин і т.д.) небезпечний для здоров'я. Зниження робочої напруги призводить до вигорання. При низькій напрузі джерело живлення аудіо-відео комп'ютерів та інших електронних пристроїв працює з перевантаженням. Це скорочує термін служби, а також може привести до поломки.

Висока стабільність електронного обладнання забезпечується стабільністю передавальних характеристик всіх частин обладнання, які в значній мірі залежать від стабільності напруги живлення. Стабілітрони і стабілізатори на їх основі використовуються для стабілізації напруги живлення. Найпростішим схематичним рішенням є стабілізатор, показаний на рис 4.7.

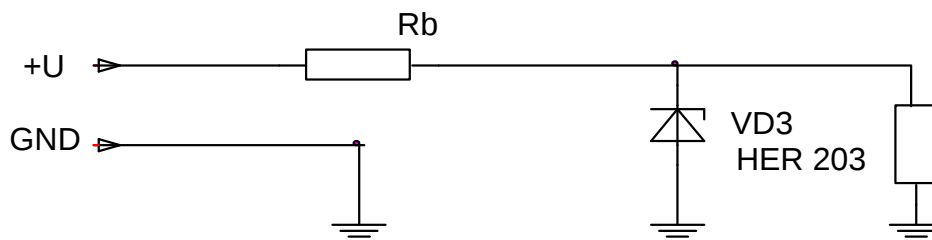


Рисунок 4.7- Параметричний регулятор напруги

Параметричний регулятор напруги має наступні недоліки-Максимальний струм навантаження залежить від типу використовуваного стабілітрона. Щоб забезпечити високий коефіцієнт стабілізації, необхідно забезпечити низький динамічний опір стабілітрона. Коефіцієнт стабілізації визначається рівнянням 3.4

$$K_{st} \leq 1 + 1/R_d (1/R_n + 1/R_b), \quad (3,4)$$

Де R_b -динамічний опір стабілітрона.

Як видно з рівняння 3.4, низький опір баласту обмежувального опору R і високий коефіцієнт стабілізації можливі при високих навантаженнях, що призводить до зниження ефективності.

Для усунення цього недоліку в ланцюзі стабілізатора можна використовувати операційний підсилювач.

Виходячи з вищесказаного, рекомендується використовувати вбудований стабілізатор напруги. У розробленому генераторі шуму стільникової мережі вузли та модулі використовують позитивні напруги 3 і 5 вольт.

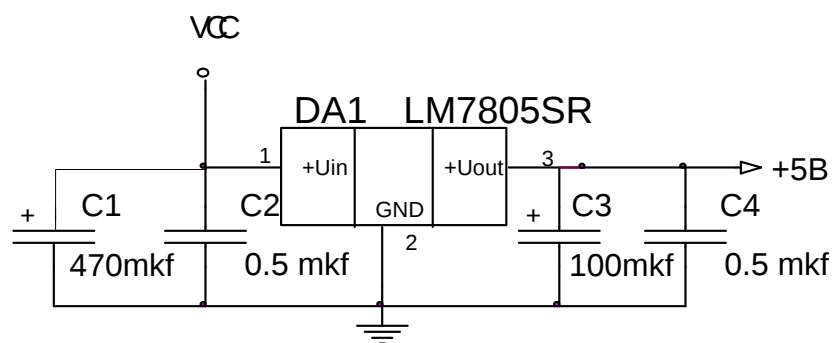


Рисунок 3.8 – 5 вольтовий вбудований стабілізатор

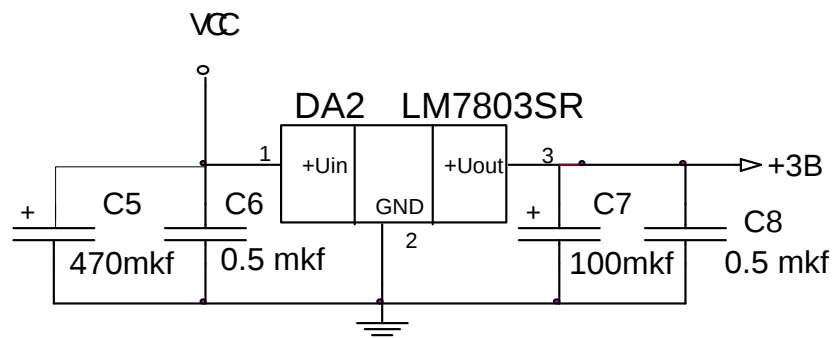


Рисунок 3.9 Вбудований стабілізатор напруги 3 В

Максимальний струм навантаження для кожного стабілізатора становить 750 мА.

Отже, вибір елементів відповідно до стандартного ряду найменування:

- K1, K5=470мкФ, K10-17-470 мкФ 6В±5%;
- C2, C5, C4, C8 = 0,5 мкФ, K50-35-0,5 мкФ 6В ±5%;
- C3, C7 = 100 мкФ, K10-17-100 мкФ 6В ±5%.

Давайте розрахуємо струм, споживаний генератором шуму в мережі від джерела живлення + 5 вольт:

$$I + 5 = I_{mk} + I_{oy} + I_{yvc} + I_{yvc2} = 452(\text{мА}), \quad (3.5)$$

I_{mk} – струм, споживаний мікроконтролером;

I_{oy} - струм, споживаний 2-канальними операційними підсилювачами;

I_{yvc} - струм, споживаний підсилювачем, становить 400-1500 МГц;

I_{yvc2} - струм, споживаний підсилювачем, становить 1400-2500 МГц.

Розрахуйте струм, споживаний генератором шуму в мережі від джерела живлення + 3 В:

$$I + 3 = I_{SI4210} = 300 (\text{мА}), \quad (3.6)$$

тут I_{SI4210} -це струм, що надходить від приймача SI4210 від джерела живлення.

Загальний струм, що споживається пристроєм шумозаглушення стільникового зв'язку від кожної напруги, не перевищує максимально допустимого струму внутрішнього стабілізатора, тому мікросхеми LM7805SR і LM7803SR підходять для живлення розробленого пристрою.

3.7 Алгоритм генерації сигналів мікроконтролером

Після скидання таймер сторожового таймера сторожового таймера зупиняється, і виконується настройка вихідного порту і системи синхронізації. Потім створюється програма затримки для стабілізації кварцового резонатора з частотою 10 МГц, необхідна для калібрування генератора dco. Потім викликається процедура стабілізації генератора DCO. Після завершення запису

таймера `TIMER_B`, `CCR1` і `CCR2` налаштовуються для генерації сигналу ШІМ, і таймер запускається.

Нарешті, `MSP430` переходить у режим низького енергоспоживання 0 (`LPM0`) для економії енергії. Ініціюється обробка кожного переривання `CCIFG0`, а потім повертається в режим `LPM0`.

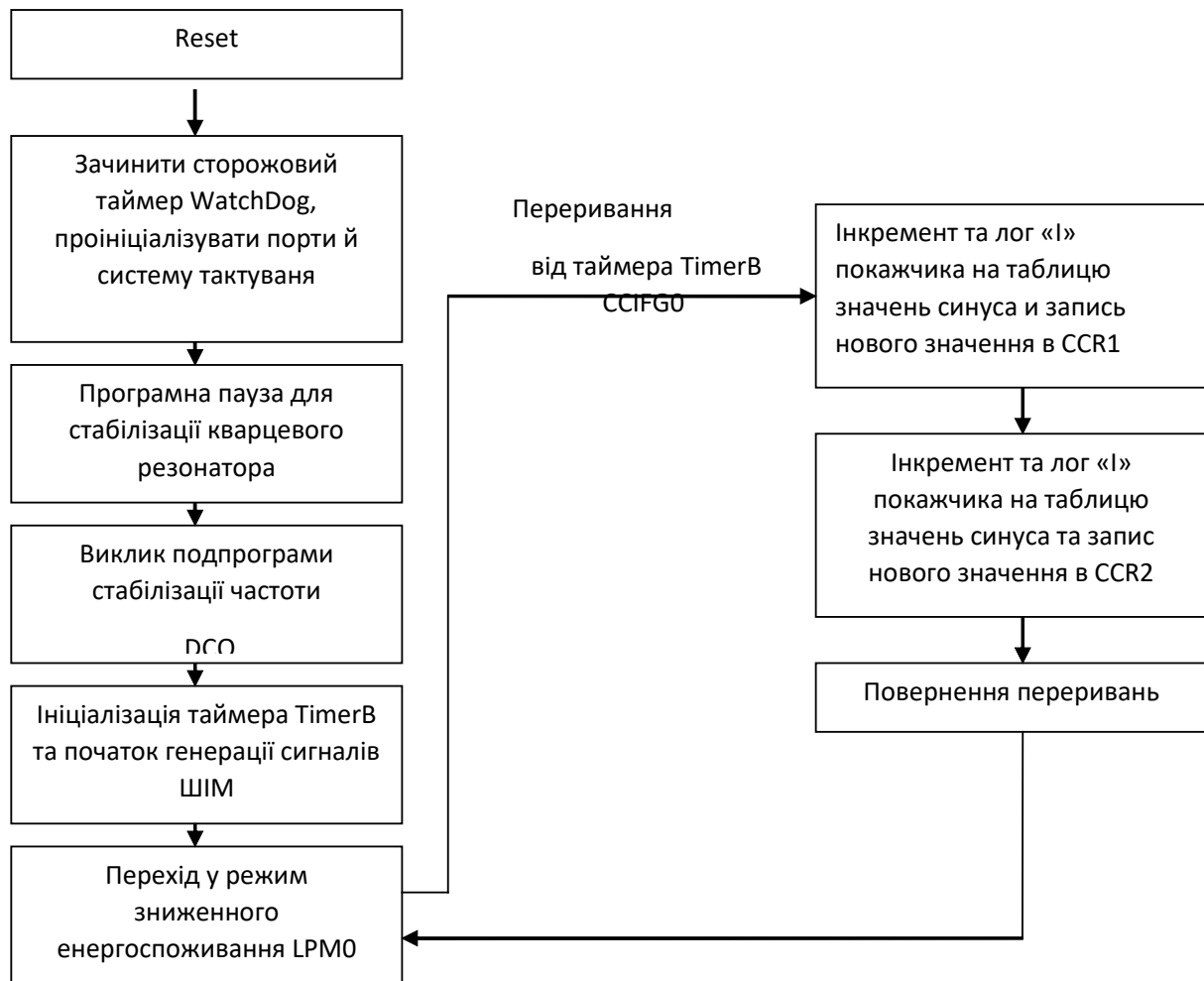


Рисунок 3.10 - Алгоритм програми генерації сигналів мікроконтролером

Результатом цього алгоритму є синусоїдальний сигнал на частоті $4/1$ частоти головного генератора:

$$F_{\sin} = F_{3\Gamma} : 4 = 10:4 = 2,5 \text{ (МГц)}. \quad (3.7)$$

Ця частота є пропускнуою здатністю шуму в якийсь момент, і цього недостатньо для створення необхідної смуги шуму. Для вирішення цієї проблеми

застосовується метод послідовного шумозаглушення необхідної смуги шляхом правильного налаштування несучої частоти шумового сигналу. Генератор зубчастих імпульсів використовується для послідовного зміни частот в піддіапазоні.

3.8 Розрахунок широкосмугових підсилювачів

Широкосмугові підсилювачі використовують високочастотні та надвисокочастотні транзистори з високими граничними частотами для посилення струму.

Транзистор вибирається так, щоб відповідало умові [12]:

$$f_B \leq 0,1 f_{cp}. \quad (3.8)$$

Потім визначте загальний опір колекторної ланцюга (без урахування падіння напруги на резисторі фільтра):

$$R_{K_{заг}} = \frac{(E_{\kappa} - U_{\kappa e_p})}{I_{\kappa_p}}, \quad (3.9)$$

Де знаходиться напруга джерела живлення і його значення залежить від типу використовуваного транзистора.

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.9) , воно виглядає наступним чином:

$$R_{K_{заг}} = \frac{(5 - 2,5)}{3 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ (кОм)}.$$

Знайдіть оптимальний допустимий опір навантаження колектора по відношенню до змінної складової струму колектора по відношенню до змінної складової навантаження колектора відповідно до наступного рівняння:

$$R_{K_{opt}} = \sqrt{\frac{r_{\bar{o}}}{2\pi f_{cp} C_K}}. \quad (3.10)$$

У рівнянні (3.10) він обчислюється наступним чином:

$$r_{\bar{o}} = \frac{\tau_K}{C_K}, \quad (3.11)$$

де τ_K - постійна часу контуру зворотного зв'язку на високій частоті транзистора.

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.11) , воно виглядає наступним чином:

$$r_{\bar{o}} = \frac{1 \cdot 10^{-12}}{0,210^{-12}} = 5.$$

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.10) , воно виглядає наступним чином:

$$R_{K_{opt}} = \sqrt{\frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 10^9 \cdot 0,2 \cdot 10^{-12}}} = 17,3 \text{ (Ом)}.$$

Тому що він представляє опір поточного навантаження колектора:

$$R_{K_{opt}} = \frac{R_K R_{вх.нас.}}{(R_K + R_{вх.нас.})}, \quad (3.12)$$

де R_K опір навантажувального резистора колекторної ланцюга;

$R_{вх.нас.}$ - вхідний імпеданс (0,8 ком) наступного етапу посилення.

Якщо ви вирішите рівняння (3.12) відносно R_K , ви отримаєте рівняння для обчислення підтримки навантажувального резистора колектора транзистора:

$$R_K = \frac{R_K^* \cdot R_{вх.нас.}}{(R_{вх.нас.} - R_K^*)}, \quad (3.13)$$

де R_K^* - опір навантаження, отриманий з рівняння $R_K^* = \frac{0,4E_K}{I_K} = 0,6 \text{ (кОм)}$.

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.13), воно виглядає наступним чином

$$R_K = \frac{0,6 \cdot 0,8}{(0,8 - 0,6)} = 2,4 \text{ (кОм)}.$$

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.12), ви отримуєте:

$$R_{K_{онт}} = \frac{2,4 \cdot 0,8}{(2,4 + 0,8)} = 0,6 \text{ (кОм)}.$$

Оскільки отримане значення дорівнює $R_{K_{онт}} < R_{K_{заг}}$, опір гасіння, в свою чергу, включається в окружність колектора. У нашому випадку цей опір дорівнює 6б, яке розраховується за такою формулою:

$$R5 = \left[\left(E_K - U_{ке_p} \right) / I_{к_p} \right] - R_K^*. \quad (3.14)$$

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.14), воно виглядає наступним чином

$$R5 = \left[(5 - 2,5) / 3 \right] - 0,6 = 230 \text{ (Ом)}.$$

Отже, $R5 = 270 \text{ Ом}$, $C2-6-270 \text{ Ом}$ при $0,125 \text{ Вт} \pm 5\%$.

У широкосмуговому каскаді транзисторів схема високочастотної емітерної кореляції найчастіше використовується для збільшення смуги пропускання високочастотного поля.

Знайдіть граничну частоту вхідного кола транзистора:

$$f_{зр.раб.} = \frac{1}{2\pi C_{бе} R_{екв.в.}}, \quad (3.15)$$

Тут $C_{бе}$ еквівалентна вхідна ємність транзистора, включаючи ємність зворотного зв'язку, дорівнює;

$R_{екв.в.}$ - еквівалентний опір на високих частотах.

Значення $C_{бе}$ задається наступним виразом:

$$C_{бе} = \frac{1}{2\pi f_{зр.} r_e} + C_{\kappa} \left(\frac{R_{\kappa}^*}{r_e} \right), \quad (3.16)$$

десь.

$$r_e = \frac{26}{I_{\kappa_p}}. \quad (3.17)$$

Коли ви присвоюєте значення виразу (3.17) , воно виглядає наступним чином

$$r_e = \frac{26}{3 \cdot 10^{-3}} = 8,6 \cdot 10^3.$$

Коли я призначаю дані виразу (3.16), це виглядає так C_{be} :

$$C_{be} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 10^9 \cdot 8,6 \cdot 10^3} + 0,2 \cdot 10^{-12} \left(\frac{0,6 \cdot 10^3}{8,6 \cdot 10^3} \right) = 0,015 \text{ (нФ)}.$$

Значення визначається співвідношенням:

$$R_{екв.в.} \approx \frac{[(R_u + r_{\delta})R_{вх.екв.в.}]}{(R_u + r_{\delta} + R_{вх.екв.в.})}, \quad (3.18)$$

де R_u - опір джерела вхідного сигналу (12,5 Ом);

$R_{вх.екв.в.}$ - вхідний опір транзистора на високій частоті (25 Ом).

Коли я призначаю дані виразу (3.18), це виглядає так $R_{екв.в.}$:

$$R_{екв.в.} \approx \frac{[(12,5 + 5)25]}{(12,5 + 5 + 25)} = 10 \text{ (Ом)}.$$

Коли я призначаю дані виразу (3.15), це виглядає так $f_{гр.раб.}$:

$$f_{гр.раб.} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,015 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 10,6 \text{ (ГГц)}.$$

Опір схеми випрямлення опору R3 визначається наступним рівнянням:

$$R3 = [R_u + r_{\delta} + r_e(1 + h_{21e})(A - 1)] / (1 + h_{21e}), \quad (3.19)$$

де h_{21e} - значення коефіцієнта передачі струму обраного транзистора (11);;

A-глибина зворотного зв'язку.

Коли я призначаю дані виразу (3.19), це виглядає так:

$$R3 = [12,5 + 5 + 8,6(1 + 6)(35 - 1)] / (1 + 6) = 380 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно до стандартної номінальної потужності, $R3 = 390 \text{ Ом}$, С2-6-390 Ом 0,125 в $\pm 5\%$.

Розрахунок сумарного опору резисторів $R4 + R5$ виконується виходячи з прийнятних умов падіння напруги цих резисторів:

$$R3 + R4 = \frac{U_e}{I_e} \approx (0,5..0,2) \frac{E_k}{(I_{k_p} + I_{\delta_p})}. \quad (3.20)$$

Коли я призначаю дані рівнянню (3.20), я знаходжу $R4 + R5$:

$$R3 + R4 = \frac{U_e}{I_e} \approx \frac{0,5 \cdot 5}{(3 + 0,3) \cdot 10^{-3}} = 757 \text{ (Ом)}.$$

Отже, $R4 = 377 \text{ (Ом)}$. У відповідності зі стандартним значенням номінальної потужності, $R4 = 390 \text{ Ом}$, С2-6-390 Ом 0,125 в $\pm 5\%$

Опір опору ділянки $R1$ визначається наступним рівнянням:

$$R1 = (U_{BE_p} + U_E) / I_D. \quad (3.21)$$

Коли я призначаю дані виразу (3.21), це виглядає так:

$$R1 = (0,5 + 2,5) / 1,5 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ (кОм)}.$$

Відповідно до стандартного номіналу класифікації, $R1 = 2 \text{ ком}$, К2-6-2кОм0.125в $\pm 5\%$.

Опір резистора в ділянці $R2$ визначається наступним рівнянням::

$$R2 = [E_{\kappa} - (U_{BE_p} + U_E)] / (I_{\mathcal{D}} + I_{B_p}), \quad (3.22)$$

де U_{BE_p} та I_{B_p} - це основні значення напруги і струму в робочій точці;

U_E - допустиме падіння напруги, але опір емітера сумара
 $U_E \approx (0,5..0,2)E_{\kappa} = 2,5 \text{ (В)}$;

$I_{\mathcal{D}}$ - дільник струму (прим.

Коли я призначаю дані виразу (3.22), це виглядає так:

$$R2 = [5 - (0,5 + 2,5)] / (1,5 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3}) = 0,4 \text{ (кОм)}.$$

Відповідно до стандартного ряду номінальної потужності $R2 = 430 \text{ Ом}$, С2-6-430 Ом 0,125 Вт $\pm 5\%$.

Ємність окремих конденсаторів (С1 і С3) розраховується виходячи з умов отримання прийняттого частотного вигину на низьких частотах:

$$C1(C2) = \frac{10^6}{2\pi f_n (R_{\kappa} + R_{ex.nac.}) \sqrt{M_n^2 - 1}}, \quad (3.23)$$

Де f_n нижча частота в смузі дорівнює Гц.

Коли я призначаю дані виразу (3.23), це виглядає так: :

$$C1(C2) = \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 452 \cdot 10^6 (2,4 \cdot 10^3 + 0,8 \cdot 10^3) \sqrt{1,41^2 - 1}} = 0,1 \text{ (нФ)}.$$

Згідно зі стандартним рядом ємностей, С1 (С2) = 0.1 пФ, К10-17-0.1пФ5в $\pm 5\%$.

Ємність С3 розраховується за такою формулою:

$$C3 = \left(\frac{1}{2\pi f_n R_5} \right) \sqrt{[(1 + SR_5)^2 - M_n^2] / (M_n^2 - 1)}, \quad (3.24)$$

З огляду на зворотний зв'язок, створювану резистором R4, крутизна наскрізних динамічних характеристик транзистора визначається наступним рівнянням:

$$S = \frac{1}{[R4 + r_e + (R_u + r_o) / (1 + h_{21e})]}. \quad (3.25)$$

Коли я призначаю дані виразу (3.25), це виглядає так: :

$$S = \frac{1}{[380 + 8,6 \cdot 10^3 + (12,5 + 5) / (1 + 6)]} = 0,001.$$

Якщо ви підставите значення в рівняння (3.24), ви дізнаєтеся ємність:

$$C3 = \left(\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 452 \cdot 10^6 \cdot 377} \right) \sqrt{[(1 + 0,001 \cdot 377)^2 - 1,99] / (1,99 - 1)} = 9 \text{ (нФ)}.$$

Згідно зі стандартним ряду номіналу, C4 = 9,1 пФ, К10-17-9,1 пФ5В±5%.

Електрична принципова схема генератора шуму зв'язку показана в графічній частині.

4. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ШУМУ

Перед побудовою дослідного зразка, а також для перевірки та уточнення результатів розрахунків та обраних схемних рішень, доцільно застосувати програму комп'ютерного моделювання. Для аналізу вибрано кілька програмних пакетів різних напрямків:

- Lab View;
- Matlab;
- Multisim;
- Microcap.

Для вибору певного програмного продукту розглянемо можливості окремої програми ефективність її застосування в даному конкретному випадку.

Переваги Matlab & Simulink при розробці телекомунікаційних систем:

Зручне моделювання: Simulink надає зручне графічне середовище для моделювання систем, що дозволяє візуально створювати та налагоджувати моделі радіотехнічних систем.

Швидке прототипування: Matlab дозволяє швидко створювати та тестувати алгоритми, що особливо корисно для розробки нових методів обробки сигналів.

Розширені бібліотеки: Matlab має багаті бібліотеки для обробки сигналів, фільтрації, спектрального аналізу, моделювання каналів та інших задач, важливих для радіотехніки.

Інструменти для аналізу: Matlab включає інструменти для аналізу та візуалізації даних, що дозволяє проводити детальний аналіз сигналів та систем.

Інтеграція з апаратним забезпеченням: Matlab & Simulink підтримують інтеграцію з різними типами апаратного забезпечення, включаючи осцилографи, генератори сигналів та радіоприймачі, що дозволяє проводити експерименти з реальними даними.

Автоматизація процесів: Matlab дозволяє автоматизувати рутинні завдання, що зменшує час на обробку даних та моделювання.

Оптимізація алгоритмів: Matlab має потужні інструменти для оптимізації алгоритмів, що допомагає підвищити ефективність радіотехнічних систем.

Активна спільнота: Matlab має велику спільноту користувачів, яка може допомогти з вирішенням проблем та обміном знань.

Документація та приклади: Matlab надає велику кількість документації та готових прикладів, що спрощує вивчення та застосування програмного забезпечення.

Недоліки Matlab & Simulink.

Дороге програмне забезпечення: Ліцензії на Matlab та Simulink можуть бути дорогими, що може бути недоступним для невеликих компаній або індивідуальних користувачів.

Складність у вивченні: Matlab та Simulink можуть мати круту криву навчання, особливо для новачків, які не мають досвіду роботи з цим програмним забезпеченням.

Високі вимоги до апаратного забезпечення: Matlab та Simulink можуть вимагати значних обчислювальних ресурсів, особливо для великих моделей та симуляцій, що може вимагати потужних комп'ютерів.

Залежність від платформи: Matlab та Simulink краще працюють на деяких платформах (наприклад, Windows), а їхня сумісність з іншими операційними системами (наприклад, Linux, macOS) може бути обмеженою.

Закрита екосистема: Matlab є пропрієтарним програмним забезпеченням, що може обмежувати можливості модифікації та адаптації програмного забезпечення під специфічні потреби.

Незважаючи на ці недоліки, Matlab та Simulink залишаються одними з найбільш популярних та потужних інструментів у радіотехніці завдяки своїм розширеним можливостям для моделювання, аналізу та симуляції.

Opti Net - програма, що дає змогу імітувати волоконно-оптичні лінії, широко використовується з навчальною метою і проектувальниками.

OptSim - використовують для аналізу даних в оптичних системах зв'язку зі спектральним поділом каналів, вона містить у собі сімейство програм OptSim і OptiSim, спільне моделювання з Matlab.

Для бакалаврської роботи було обрано програму OptSim. Оскільки ця програма має велику бібліотеку для моделювання окремих ліній (понад 600 оптичних компонентів) і систем з великою кількістю каналів.

Можливості програми використовують провідні лабораторії для проектування і дослідження оптичних ліній зв'язку різного призначення. Програма має доступний інтерфейс і дає змогу досить наочно аналізувати отримані результати.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) є потужною платформою для розробки візуальних програм і систем автоматизації, яка широко використовується в різних галузях, включаючи радіотехніку. Ось основні переваги та недоліки використання LabVIEW у радіотехніці:

Легкість створення інтерфейсів: LabVIEW пропонує інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс для розробки програм, що значно спрощує створення та налаштування користувацьких інтерфейсів.

Швидке прототипування: Завдяки візуальному програмуванню, розробники можуть швидко створювати прототипи систем і тестувати їх роботу.

Підтримка великої кількості пристроїв: LabVIEW підтримує широкий спектр апаратного забезпечення для вимірювань та управління, включаючи осцилографи, генератори сигналів, приймачі, та інші радіотехнічні прилади.

Проста інтеграція: Легко підключати та керувати різними типами апаратури через стандартні протоколи (GPIB, USB, RS-232, Ethernet тощо).

Модульна архітектура: Програми в LabVIEW можна розбити на окремі модулі, що спрощує їх розробку, тестування та обслуговування.

Масштабованість: LabVIEW дозволяє легко масштабувати рішення від простих лабораторних установок до складних виробничих систем.

Спеціалізовані бібліотеки: LabVIEW має вбудовані бібліотеки для обробки сигналів, аналізу даних, математичних обчислень, що полегшує розробку радіотехнічних систем.

Розширення функціональності: Можливість використовувати додаткові модулі та інструменти для розширення можливостей програмного забезпечення.

Потужні засоби візуалізації: LabVIEW дозволяє створювати складні графіки та діаграми для візуалізації даних у реальному часі, що важливо для аналізу сигналів та діагностики систем.

Недоліки LabVIEW в радіотехніці.

Дороге програмне забезпечення: Ліцензії на LabVIEW можуть бути дорогими, що може бути обмеженням для малих підприємств або індивідуальних користувачів.

Складність освоєння: Хоча LabVIEW має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, для повного освоєння всіх можливостей та ефективного використання програмного забезпечення може знадобитися значний час та зусилля.

Обмеження модифікації: LabVIEW є пропрієтарним програмним забезпеченням, що може обмежувати можливості користувачів у модифікації та адаптації програмного забезпечення під специфічні потреби.

Обмеження продуктивності: Для деяких задач з високими вимогами до продуктивності (наприклад, обробка великої кількості даних у реальному часі) LabVIEW може виявитися менш ефективним у порівнянні з іншими мовами програмування (наприклад, C/C++).

Переважаюча підтримка Windows: Хоча LabVIEW підтримує декілька платформ, найкраща підтримка та продуктивність зазвичай досягаються на Windows, що може бути обмеженням для користувачів інших операційних систем.

LabVIEW є потужним інструментом для розробки та тестування радіотехнічних систем завдяки своїм можливостям візуального програмування, інтеграції з апаратним забезпеченням та потужним засобам візуалізації. Проте його висока вартість, крива навчання та деякі обмеження продуктивності можуть бути недоліками для деяких користувачів та застосувань.

Multisim.

Зручність у використанні: Multisim має дружній користувацький інтерфейс, який дозволяє легко створювати та аналізувати схеми.

Графічне середовище: Графічне середовище спрощує процес розробки і дозволяє швидко візуалізувати схеми.

Велика бібліотека компонентів: Multisim містить велику бібліотеку електронних компонентів, включаючи транзистори, діоди, резистори та інтегральні схеми.

Можливість додавання нових компонентів: Користувачі можуть додавати власні компоненти або завантажувати додаткові бібліотеки.

Спільна робота з NI ELVIS та іншими інструментами: Multisim інтегрується з апаратними інструментами від National Instruments, що дозволяє проводити експерименти з реальними схемами.

Розширені можливості аналізу: Multisim надає потужні інструменти для аналізу сигналів, таких як частотний аналіз, аналіз часових залежностей та інші методи.

Візуалізація результатів: Результати симуляції можна легко візуалізувати за допомогою графіків та осцилограм.

Висока вартість ліцензії: Ліцензії на Multisim можуть бути дорогими, особливо для комерційного використання.

Менше можливостей для складних систем: Для дуже складних і великих схем Multisim може бути менш ефективним у порівнянні з іншими програмами.

Переважає підтримка Windows: Multisim в основному підтримується на Windows, що може бути незручно для користувачів інших операційних систем.

Micro-Cap

Розширені можливості симуляції: Micro-Cap надає широкий спектр інструментів для різних типів аналізу, таких як DC, AC, транзисторний, шумовий аналіз та інші.

Точність симуляцій: Висока точність симуляцій дозволяє отримати достовірні результати для складних схем.

Широкий вибір компонентів: Micro-Cap включає велику кількість моделей компонентів, що дозволяє користувачам моделювати майже будь-яку схему.

Можливість імпорту моделей: Користувачі можуть імпортувати моделі з інших джерел, що розширює можливості симуляції.

Зручність використання: Інтерфейс Micro-Cap є досить інтуїтивно зрозумілим, що спрощує процес створення та редагування схем.

Гнучкість налаштувань: Користувачі можуть налаштовувати інтерфейс та параметри симуляції відповідно до своїх потреб.

Інтерактивний аналіз: Micro-Cap дозволяє виконувати інтерактивний аналіз схем, що спрощує виявлення та виправлення помилок.

Графічні можливості: Потужні графічні інструменти для візуалізації результатів симуляції.

Висока вартість ліцензії: Ліцензії на Micro-Cap також можуть бути дорогими, що може бути обмеженням для деяких користувачів.

Складність у освоєнні: Незважаючи на інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, для повного освоєння всіх можливостей програми може знадобитися певний час.

Обмежена підтримка інших ОС: Як і Multisim, Micro-Cap краще працює на Windows, що може бути незручним для користувачів інших операційних систем.

Multisim та Micro-Cap є потужними інструментами для моделювання електронних схем в радіотехніці. Multisim відомий своєю зручністю у використанні та інтеграцією з апаратними інструментами, тоді як Micro-Cap пропонує розширені можливості симуляції та аналізу. Обидві програми мають високу вартість і певні обмеження щодо підтримки платформ, що може бути враховано при виборі відповідного інструменту для конкретних задач

4.1 Створення моделі генератора завад в Multisim

Побудуємо модель генератора шуму в програмі моделювання Multisim 14, яка є більш зручною у використанні та задовольняє вимоги що до використання аналогової та цифрової схемотехніки.

Модель генератора наведена на рис 4.1.

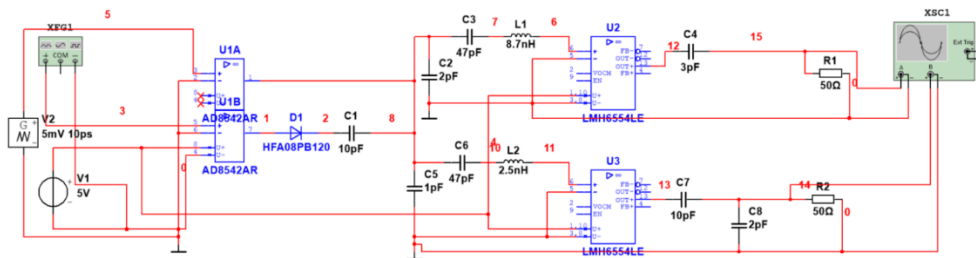


Рисунок 4.1 – Модель генератора завад в програмі Multisim

Модель містить аналогову частину схеми. Роль мікроконтролера виконують блоки генераторів відповідних коливань. Всі інші елементи відповідають схемі принципів.

4.2 Результати моделювання генератора шуму

На рис. 4.2 наведено вікно осцилографа.

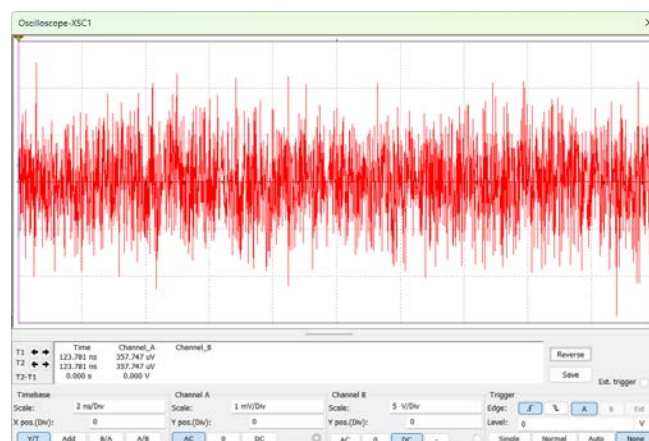


Рисунок 4.2 – Часова діаграма сигналу на виході пристрою

Як видно з осцилограми, отриманий сигнал знаходиться в робочій смузі, має відповідну інтенсивність, а також амплітуда змінюється випадковим чином.

На рис. 4.3 наведений спектр сигналу на виході генератора шуму.



Рисунок 4.3 – Спектр сигналу на виході пристрою

Як видно з рис. 4.3 спектр сигналу рівномірний у всій смузі робочих частот, що відповідає гаусовому (білому) шуму, а отже забезпечить необхідне маскування небезпечного сигналу.

Отже в ході моделювання було виявлено, що джерело завад на основі нелінійного елементу та радіо-підсилювачі працюють відповідним чином, а смуга зашумлення навіть дещо перевищує необхідний діапазон. Це можна використати також для зашумлення діапазону Wi-Fi або обмежити за допомогою смугових фільтрів або направленої антени.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Створення культури безпеки є вирішальною складовою успішної системи охорони праці. Свідоме ставлення до безпеки, підтримка безпечних практик та обмін досвідом відіграють важливу роль у формуванні безпечного робочого оточення. Відтак, охорона праці на підприємстві є не лише етичним та правовим обов'язком, але й важливою стратегічною складовою його успішності. Забезпечення безпеки та здоров'я працівників формує основу для високої продуктивності та оптимального функціонування бізнесу. Це впливає на загальний корпоративний клімат, підвищує робочий дух та мотивацію працівників. В сучасному світі, де конкуренція на ринку та рівень вимог до якості праці постійно зростають, організації, які надають пріоритет охороні праці, мають більше шансів зберегти талановитих співробітників, забезпечити стабільність та здобути довіру клієнтів та партнерів. Таким чином, інвестування у безпеку та здоров'я на робочому місці визначає не тільки успіх підприємства, а й його стійкість у довгостроковій перспективі.

На працівника під час дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори (згідно Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»):

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

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

Відповідно до визначених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

– Заходи з охорони праці під час дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі доцільно розглянути в трьох аспектах: соціальному, психологічному та медичному. У соціальному контексті вирішення цих проблем пов'язане з оптимізацією умов життя, праці, відпочинку, харчування, побуту тощо. Важливу роль у профілактиці захворювань користувачів ПК відіграє медицина. Існує перелік профілактичних заходів для користувачів ПК, який включає складові первинної профілактики здоров'я (професійний відбір) та вторинної профілактики, спрямованої на зниження ймовірності розвитку перевтоми та перенапруження. Ці комплексні заходи спрямовані на відновлення функціонального стану зорового та опорно-рухового апарату.

– Основні вимоги до виробничого приміщення під час виконання роботи такі:

– Приміщення не може бути розміщено у підвалах та цокольних поверхах;

– площа на одне робоче місце в такому приміщенні повинна становити не менше 6,0м², а об'єм не менше 20,0 м³;

– наявність природного та штучного освітлення;

– в ньому мають бути шафи для зберігання документів, полиці, стелажі, тумби тощо, з урахуванням вимог до площі приміщення;

– наявність побутової кімнати для відпочинку під час роботи, кімнати для психологічного розвантаження.

– Конструкція робочого місця користувача ВДТ має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця з ВДТ слід так розташувати відносно вікон, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Робочі місця з ВДТ повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менше 1,5м, від інших стін – на відстані 1 м, відстань між собою – не менше ніж 1,5 м. Для забезпечення точного та швидкого зчитування інформації в зоні найкращого

бачення площина екрана монітора повинна бути перпендикулярною нормальній лінії зору. При цьому повинна бути передбачена можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ (справа наліво) та нахилу вперед до 85° і назад до 105° з фіксацією в цьому положенні.

– Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ПК за 8-годинної денної робочої зміни залежно від характеру праці. У випадках, коли виробничі обставини не дозволяють здійснювати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 годин. Для зниження нервово-емоційного напруження, втомленості зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ.

– На робочих місцях в досліджуваному приміщенні знаходиться 3 комп'ютери. Напруга джерела живлення комп'ютерів – 220 В. За безпекою ураження електричним струмом, відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01, таке приміщення належить до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом працюючих. НПАОП 0.00-7.15-18 не вимагає присвоєння кваліфікаційної групи з електробезпеки користувачам комп'ютерної техніки. Сучасний комп'ютер не є електроустановкою, і вимоги ПУЕ можуть бути правомірні тільки для мережі його електроживлення, тобто на саму комп'ютерну техніку не поширюються.

– Для запобігання електротравм в приміщенні передбачено такі заходи:

– Ізолюють струмоведучі елементи електроустаткування відповідно до нормативів, що передбачають використання ізоляційних матеріалів та методів для запобігання проникненню струму.

– Забезпечують захисне заземлення за допомогою природних заземлювачів, що сприяє відведенню струму в землю та запобігає статичному заряду.

– Регулярно проводять інструктаж з питань електробезпеки для працівників, що включає в себе правила безпечного поводження з електричним обладнанням та діями у випадку аварійних ситуацій.

– Суворо дотримуються правил електробезпеки на робочих місцях, включаючи носіння відповідного захисного спецодягу та використання засобів індивідуального захисту для запобігання потенційно небезпечним ситуаціям з електроенергією.

– Не допускається розмішувати будь-які предмети на комп'ютерній апаратурі, оскільки це може призвести до її пошкодження або некоректної роботи. Також не слід блокувати вентиляційні отвори будь-якими об'єктами, оскільки це може спричинити перегрівання і відмову пристрою. Ці обмеження спрямовані на забезпечення нормального функціонування комп'ютерної техніки та запобігання можливим пошкодженням чи несправностям через недоцільний вплив з боку користувачів. Дотримання цих правил важливо для збереження працездатності обладнання та інформації, що зберігається на комп'ютерах..

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат визначається такими факторами, як температура, вологість, швидкість повітряного руху та температура внутрішніх поверхонь приміщення, таких як стіни, стеля, підлога і технічне обладнання. Він впливає на теплообмін між людиною і оточуючим середовищем, її тепловий стан, самопочуття, працездатність і здоров'я. Особливо чутливі до дискомфортного мікроклімату такі системи організму, як серцево-судинна, центральна нервова і дихальна системи. Нормується мікроклімат на робочому місці розробника згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі за енерговитратами відноситься до категорії І б. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.5.2.1.

Таблиця 5.2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3

Холодний	20-24	75	0,2
----------	-------	----	-----

Для забезпечення необхідних мікрокліматичних умов у приміщенні використовуються централізована парова система опалення, механічна система вентиляції, регулярне провітрювання та вологе прибирання, яке проводиться один раз за зміну. Ці заходи спрямовані на підтримання оптимальних умов для працівників та дотримання встановлених стандартів мікроклімату.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Повітряне середовище, в якому відбувається діяльність людини, має специфічний хімічний склад, фізичні параметри та інші характеристики, що впливають на здоров'я працівників, їх фізичний та психологічний стан і працездатність. Під час роботи в робочій зоні можуть з'являтися шкідливі речовини різного походження, такі як гази, пари та аерозолі, що можуть викликати захворювання або порушення здоров'я працівників. Забруднення повітряного середовища, зміни в його газовому складі та фізичних характеристиках можуть бути спричинені різними факторами, зокрема викидами шкідливих речовин від промислових підприємств та автотранспорту, що діють у навколишньому середовищі робочих зон.

В приміщенні, де здійснюється дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі можливими шкідливими речовинами у повітрі є вуглекислий газ, пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.2.

Таблиця 5.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		

Вуглекислий газ	3	1	4
Пил нетоксичний	10	4	4
Озон	0,16	0,03	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.2.3).

Таблиця 5.2.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату та відповідної якості повітря у виробничих приміщеннях використовується система вентиляції. Ця система включає в себе комплекс пристроїв і механізмів для транспортування, подачі та видалення повітря. Також здійснюється вологе прибирання та за необхідності провітрювання приміщення.

5.2.3 Виробниче освітлення

Виконання роботи за несприятливого освітлення призводить до зниження працездатності. Зорова втома прискорює розвиток загальної втоми у працівника і значно впливає на якісні та кількісні виробничі показники. Найважливішими факторами, що спричиняють зниження зорової працездатності, є недостатні рівні освітленості, нерівномірний розподіл яскравості на робочому місці та в приміщенні загалом, а також наявність у полі зору сліпучої яскравості. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.2.4:

Таблиця 5.2.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характ	Найменши	Розмір	Підроз	Контраст	Характерис	Освітленість, лк	КПО, %
--------	----------	--------	--------	----------	------------	------------------	--------

						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення оптимальної освітленості в приміщенні необхідно уникати прямої блискості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому, яскравість світлих поверхонь, таких як вікна і джерела штучного освітлення, що знаходяться в полі зору працівників, повинна бути обмежена і не перевищувати 200 кд/м². Крім того, важливо контролювати відбиту блискість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення.

5.2.4 Виробничий шум

Виробничий шум – це хаотична колекція різноманітних звуків за своєю природою, що розповсюджуються в повітряному середовищі та мають різний рівень гучності та частоти. Він виникає в результаті різних процесів та операцій і безпосередньо впливає на працездатність працівників. Його джерелами можуть бути транспортні засоби, насоси, промислові установки, пневматичні та електричні інструменти, верстати, будівельна техніка та інше. Шум також пов'язаний з проведенням певних технологічних процесів, таких як клепання, карбування, обрубка, вибивка лиття, штампування, шліфування, робота на ткацьких верстатах, випробування двигунів та їхніх агрегатів, стендові випробування на вібростійкість виробів та інші виробничі операції.

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на місцях праці встановлені санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, витяг з яких подано в табл. 5.2.5

Таблиця 5.2.5 – Допустимі еквівалентні рівні шуму на робочих місцях

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні
---	--------------

	рівні шуму, дБ
Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; місця праці у приміщеннях – дирекції, проектно-конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, у лабораторіях для теоретичних робіт та опрацювання даних, прийому хворих у медпунктах	50
Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії; місця праці в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій	60

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно забезпечити звукоізоляцію з вулиці (встановленням метало-пластикових вікон). В цілому, рівень шуму в досліджуваному приміщенні відповідає встановленим нормам.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Вплив електромагнітного поля на організм людини залежить від декількох факторів, включаючи напруженість поля, потік енергії, частоту коливань, і параметри контакту поверхні тіла з полем. Взаємодія електромагнітного поля з організмом людини включає такі аспекти:

Поляризація атомів і молекул: електричне поле здатне впливати на атоми і молекули, з яких складається тіло людини, і викликати їх поляризацію. Це означає, що полярні молекули можуть орієнтуватися в напрямку поширення електромагнітного поля, особливо у рідких компонентах тканин і крові.

Нагрівання тканин: змінне електричне поле може призводити до нагрівання тканин людини через поляризацію діелектрика. Чим вища напруженість поля і тривалість впливу, тим більш інтенсивним є нагрівання. Процеси нагрівання в тканинах можуть відбуватися внаслідок ефектів поляризації та дисипації енергії.

Терморегуляція. Щоб видалити надлишок тепла, організм спрямовує додаткові зусилля в систему терморегуляції. Проте, при дуже високих значеннях густини енергії, яка перевищує поріг теплового впливу, температура тіла може підвищуватися, що може завдати шкоди організму.

Вплив постійних магнітних полів залежить від напруженості і часу впливу. При напруженості вище гранично допустимої відбувається порушення нервової серцево-судинної системи, органів дихання, травлення та біохімічного показника крові. Гранично допустимі значення характеристик ЕМП для умов праці, в яких знаходиться розробник, вказана в таблиці 5.2.6

Таблиця 5.2.6 - Гранично допустимі значення характеристик ЕМП

Найменування параметрів	Допустиме Значення
Напруженість електромагнітного поля по електричній складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	10 В / м
Напруженість електромагнітного поля по магнітній складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати для дорослих користувачів	20 кВ / м
Напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см навколо ВДТ по електричній складовій повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	25 В / м
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	2,5 В / м
Щільність магнітного потоку повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	250нТл
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати	500 В

Для забезпечення безпеки в процесі виконання роботи необхідно дотримуватися вимог НПАОП 0.00-7.15-18 та встановленого режиму часу під час роботи з ПК.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека – це стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвитку пожежі, а також впливу на людей її небезпечних факторів, і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення, де здійснювалося дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі, належить до категорії вибухопожежонебезпеки В (тверді горючі та важкогорючі речовини

і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, не відносяться до категорій А, Б, і питоме пожежне навантаження для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна перевищує 180 МДж/м²). Клас приміщення і зон з вибухо- і пожежонебезпеки – П-Па (приміщення, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали).

Забезпечення пожежної безпеки в таких приміщеннях вимагає особливої уваги до розробки та впровадження протипожежних заходів. Важливо також проводити регулярні інструктажі для працівників з метою підвищення їх обізнаності щодо правил безпеки. Систематичний контроль за станом пожежної безпеки допомагає мінімізувати ризики та гарантувати захист життя та майна.

5.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система запобігання пожежі в досліджуваному приміщенні складається з чотирьох основних груп заходів:

1. Організаційні заходи: створення та організація роботи пожежної охорони на об'єкті, проведення регулярних навчань з питань пожежної безпеки для персоналу, включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми, застосування наочних засобів протипожежної агітації, регулярні перевірки та огляди стану пожежної безпеки приміщень, будівель та об'єкта в цілому.

2. Технічні заходи: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами, при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, а також технічне переоснащення виробництва, експлуатація та можливе переобладнання електромереж, опалення, вентиляції, освітлення та інших систем з дотриманням вимог пожежної безпеки.

3. Заходи режимного характеру: заборона куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, обмеження доступу сторонніх осіб до вибухонебезпечних приміщень, а також регламентація пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт.

4. Експлуатаційні заходи: своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань та ремонтів технологічного та допоміжного обладнання, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

Всі ці заходи спрямовані на запобігання виникненню пожеж, а також на мінімізацію їхніх наслідків у разі виникнення.

5.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту – це комплекс заходів і технічних пристроїв, спрямованих на захист людей від шкідливого впливу пожежі та мінімізацію збитків, які вона може завдати. Основними елементами системи протипожежного захисту є:

- організаційні заходи: інструктажі з пожежної безпеки, навчання персоналу, евакуаційні плани, наявність пожежної сигналізації тощо;
- технічні засоби: вогнегасники, пожежні крани, спринклерні системи, системи оповіщення про пожежу тощо.

В даному приміщенні використовуються вогнегасники: 2 порошкових або вуглекислотних вогнегасники з зарядом від 3 до 5 кг. Їх розміщення в приміщенні позначається спеціальними знаками. Важливо зазначити, що кількість та тип вогнегасників, а також інші засоби протипожежного захисту повинні відповідати категорії пожежовибухонебезпеки будівлі, класу приміщення та нормам чинного законодавства (Наказ МВС України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»). Всі засоби протипожежного захисту повинні бути в справному стані та регулярно перевірятися. У разі виявлення несправності пожежної техніки необхідно негайно повідомити про це до пожежної охорони. Для забезпечення максимальної ефективності системи протипожежного захисту важливо регулярно проводити навчання персоналу з питань пожежної безпеки та відпрацьовувати дії у разі виникнення пожежі.

В цілому, дане приміщення відповідає нормам пожежної безпеки, але важливо постійно дбати про справність засобів протипожежного захисту та своєчасне інформування про несправності. Дотримання цих заходів допоможе запобігти можливим інцидентам та забезпечити безпечні умови праці. Крім того, постійний моніторинг та вдосконалення системи пожежної безпеки є ключовими факторами для підтримання високого рівня захисту.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі була обґрунтована доцільність розробки пристрою зашумлення, так як нова розробка має вдосконалені технічні характеристики, а саме збільшення радіусу дії, зменшення габаритів, простота реалізації.

Також був зроблений аналіз існуючих технічних рішень блокування небажаної роботи стільникових телефонів, на основі чого були спроектовані структурна й принципова схеми. Наведені радіоелектронні канали витоку інформації та методи захисту. Представлені закони розподілу шумів та статистичні критерії виявлення сигналів у шумах.

У результаті проектування був розроблений пристрій захисту від прослуховування в радіодіапазонах для стандартів GSM-900, GSM-1800, GSM-1900 побудований на сучасній елементарній базі, низьким енергоспоживанням. Даний пристрій допускає подальшу модернізацію програмним способом, шляхом зміни програми роботи мікроконтролера, що робить дану розробку актуальною не тільки на дійсний момент, але й у майбутньому, у випадку появи нових або зміни поточних параметрів мереж стільникового зв'язку.

У бакалаврській дипломній роботі було наведено моделювання генератора шуму яке проводилося у програмі Multisim, тобто представлений сигнал на виході пристрою, також представлений спектральний аналіз, згідно якого активна смуга частот складає 700 – 3000 МГц.

Також був проведений огляд охорони праці пов'язаний із розробкою даного пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Build Cell Phone Signal Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/build-cell-phone-jammer>.
2. Design and Testing of a Mobile-Phone-Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.researchgate.net/publication/305730682_Design_and_Testing_of_a_Mobile-Phone-Jammer
3. Design and Implementation of a GSM Mobile Detector and Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.academia.edu/38804531/Design_and_Implementation_of_a_GSM_Mobile_Detector_and_Jammer
4. Development of Frequency GSM Signal Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.researchgate.net/publication/342427971_Development_of_Frequency_GSM_Signal_Jammer
5. Mobile Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.ijert.org/research/mobile-jammer-IJERTCONV3IS28040.pdf>
6. Cell Phone Jammer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.researchgate.net/publication/337656318_Cell_Phone_Jammer
7. DESIGN AND CONSTRUCTION OF MOBILE PHONE JAMMER USING EXTRINSIC NOISE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.academia.edu/6926582/DESIGN_AND_CONSTRUCTION_OF_MOBILE_PHONE_JAMMER_USING_EXTRINSIC_NOISE
8. Communication System Security: Stavroulakis, Lidong Chen, Guang Gong - Chapman and Hall/CRC – p. 750.
9. Handbook of Information and Communication Security: Peter Stavroulakis, Mark Stamp – Springer Berlin, Heidelberg, 2010 – p. 867
10. Security and Privacy in Communication Networks: Noseong Park, Kun Sun, Sara Foresti, Kevin Butler, Nitesh Saxena – SecureComm, 2021 – p. 335
11. The Handbook of Communication and Security: Bryan C. Taylor and Hamilton Bean – Routledge, 2019 – p. 364.
12. Security in Wireless Communication Networks: Yi Qian, Feng Ye, Hsiao-Hwa Chen – John Wiley & Sons, Ltd, 2021 – p. 349.

13. Гончарова Л.Л., Возненко А.Д., Стасюк О.І., Коваль Ю.О. Основи захисту інформації в телекомунікаційних та комп'ютерних мережах. – К., 2013. – 435 с., іл.160.

14. Конахович Г.Ф., Климчук В.П., Паук С.М., Потапов В.Г., Чуприн В.М., Горбунов О.О. Захист інформації в телекомунікаційних системах: Навчальний посібник.(лист МОНУ №1.4/18 – Г – 183 від 02.06.2009р.). – К.: НАУ,2009. – 380с..

15. Комплексні системи захисту інформації : навчальний посібник / [Яремчук Ю. Є., Павловський П. В., Катаєв В. С., Сінюгін В. В.] – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 118 с..

16. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

17. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

18. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

19. ДСан ПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>

20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс] – Режим доступу до сторінки: http://hrliga.com/index.php?module=norm_base&op=view&id=819

22. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

23. СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>

24. СанПіН 2.2.4.1191-03 «Електромагнітні поля у виробничих умовах» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.vrednost.ru/2241191-03.php>

25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

27. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

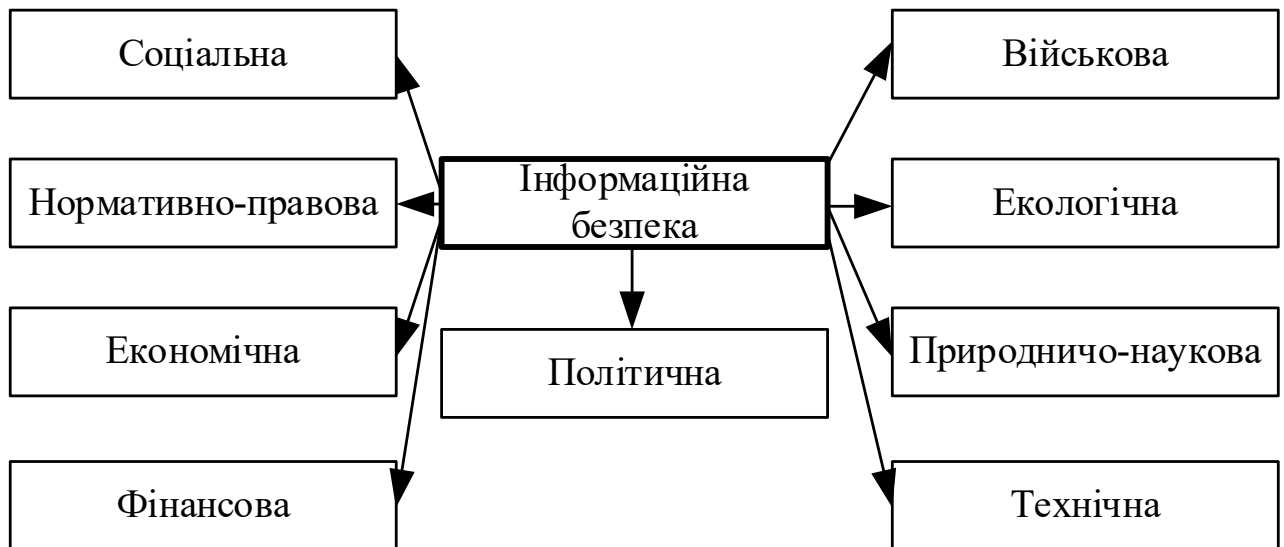
28. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 15.01.2018 № 25 «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

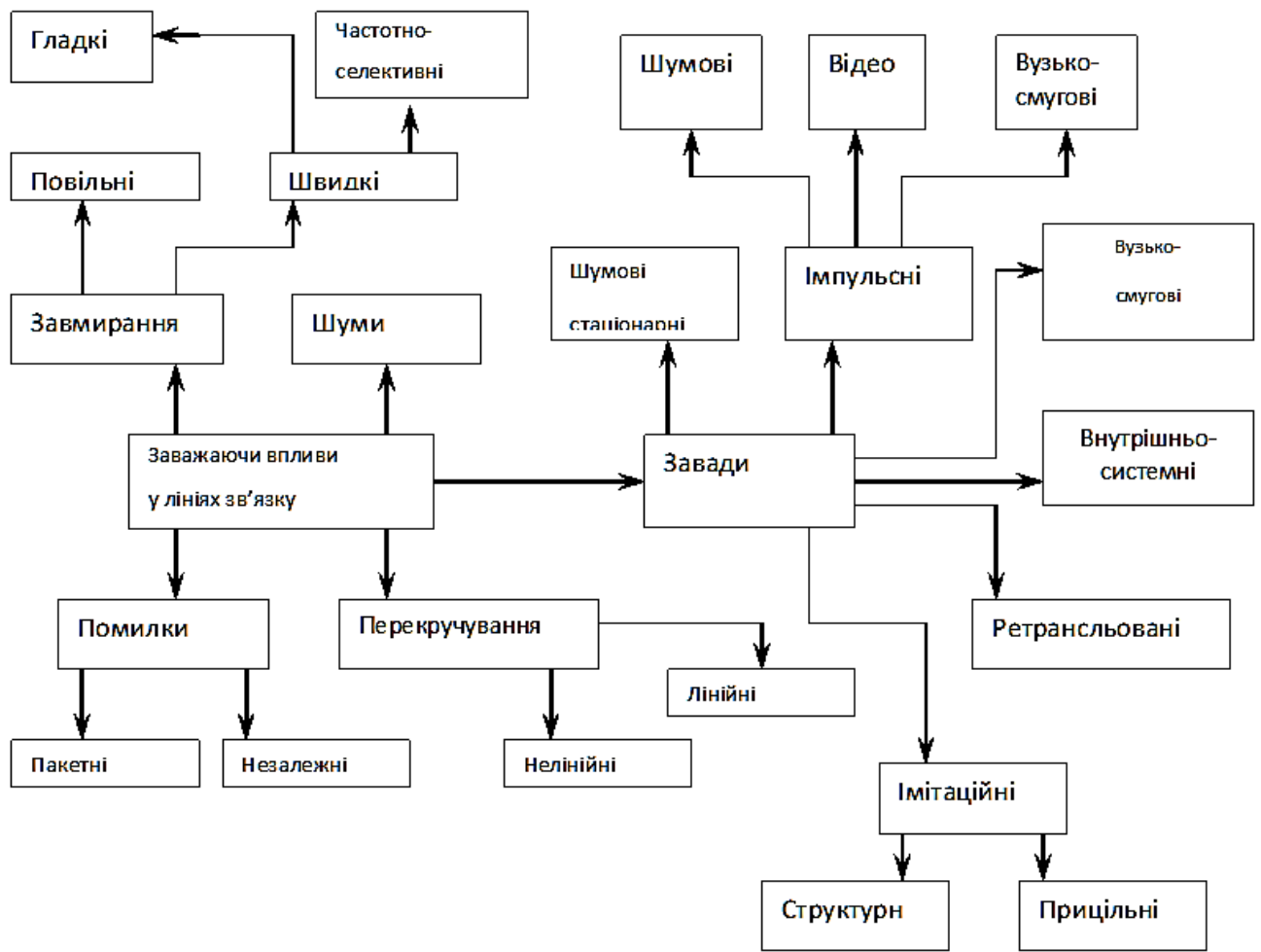
ДОДАТОК А

(обов'язковий)

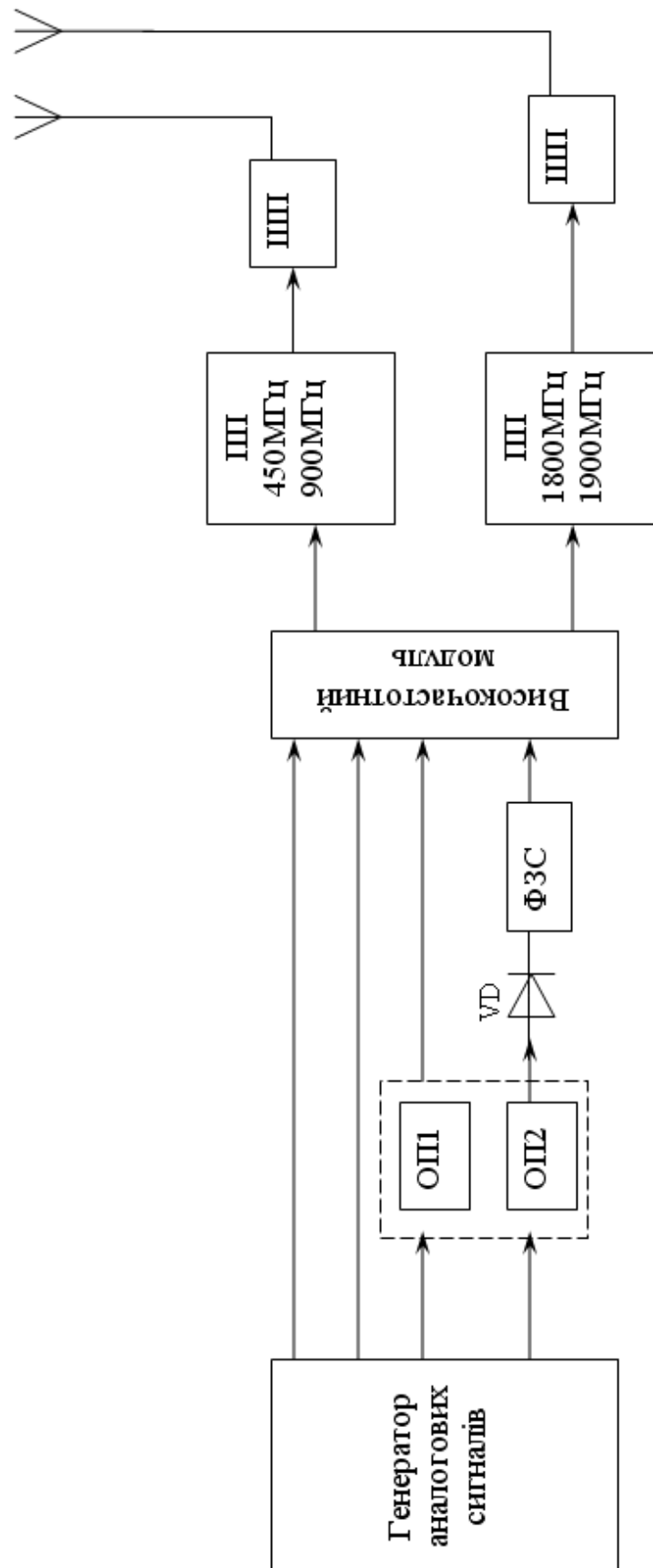
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

назва бакалаврської дипломної роботи

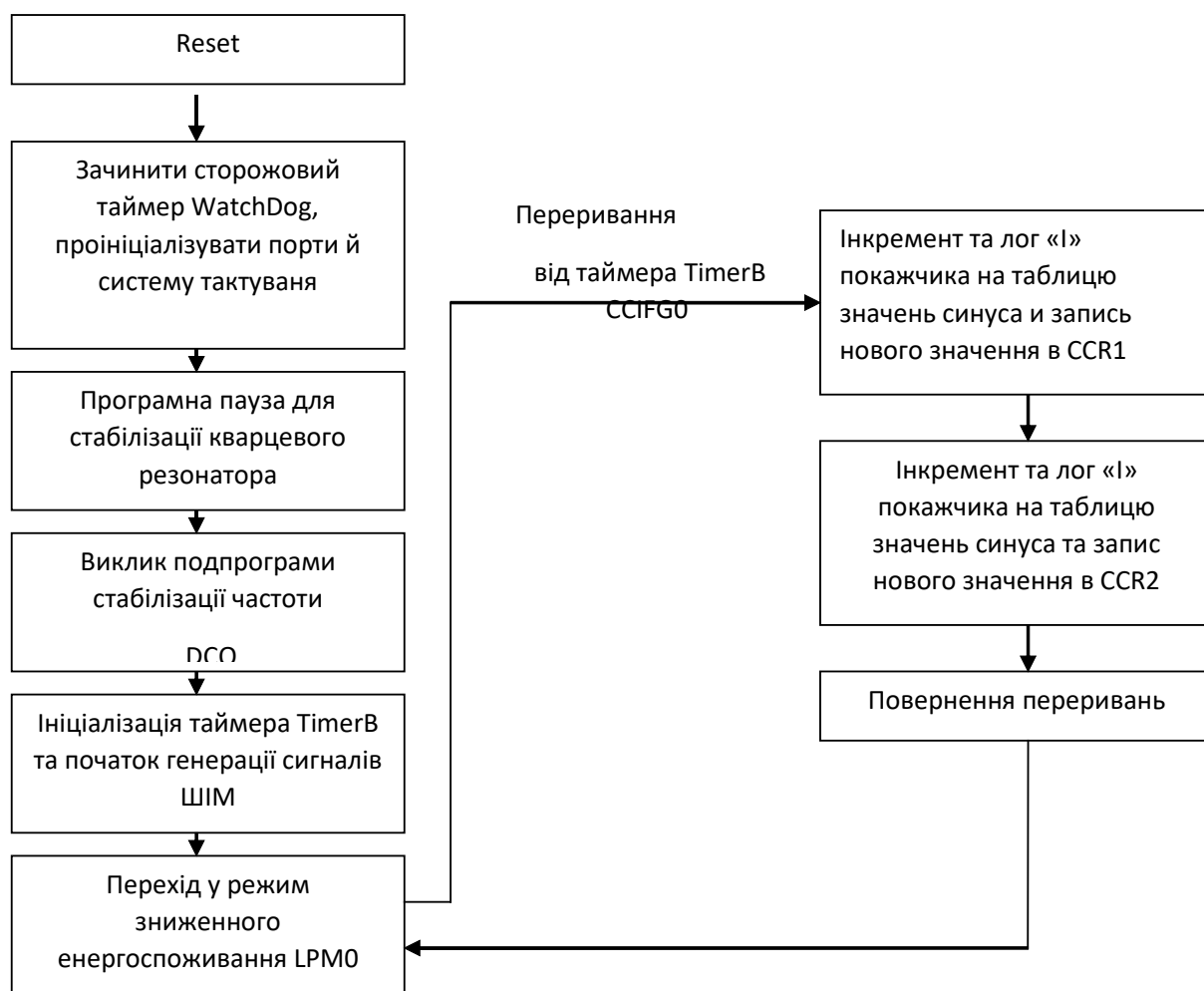




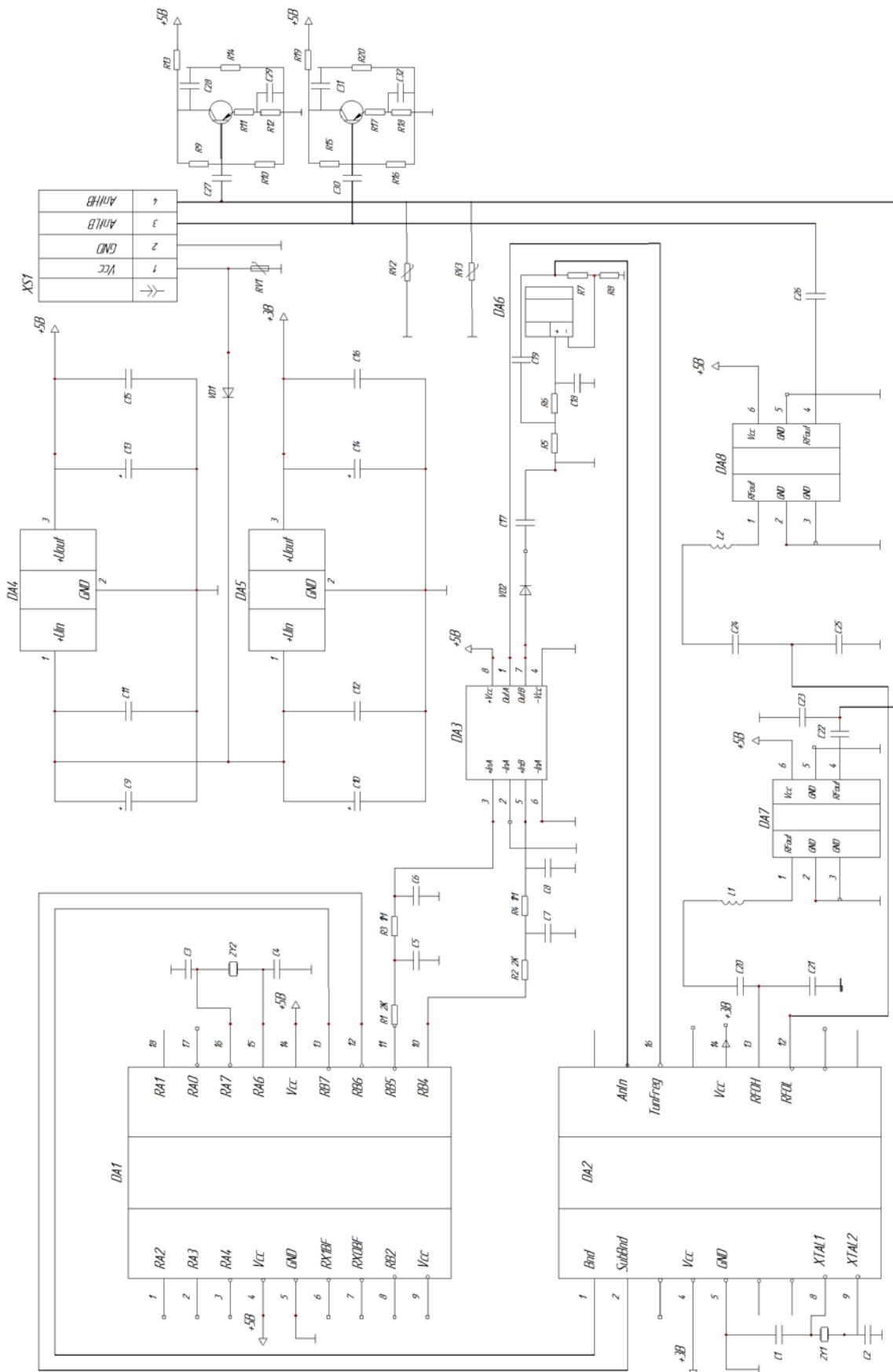
Класифікація перешкод у лініях зв'язку



Генератор шуму структурна схема

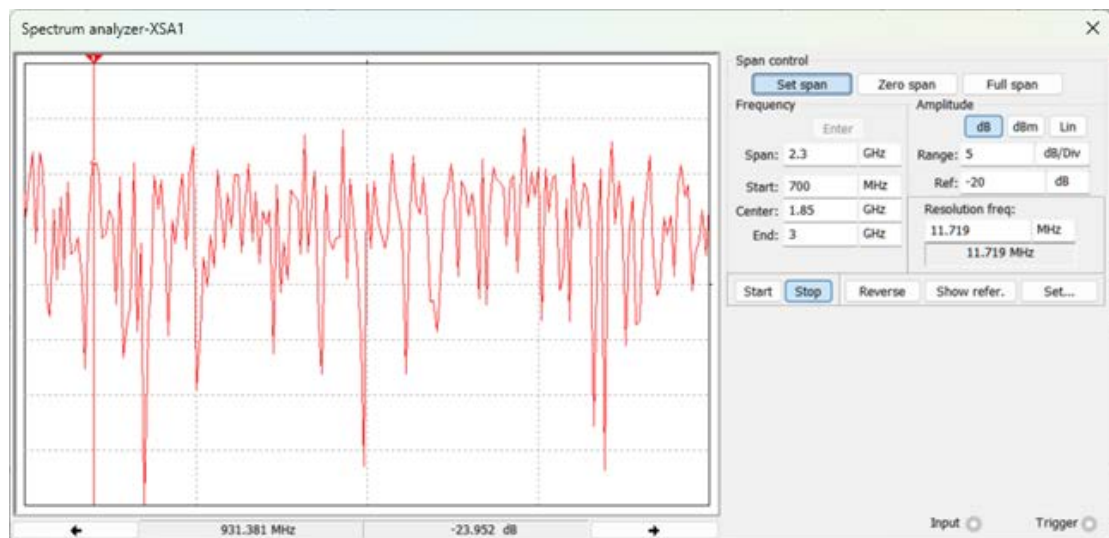
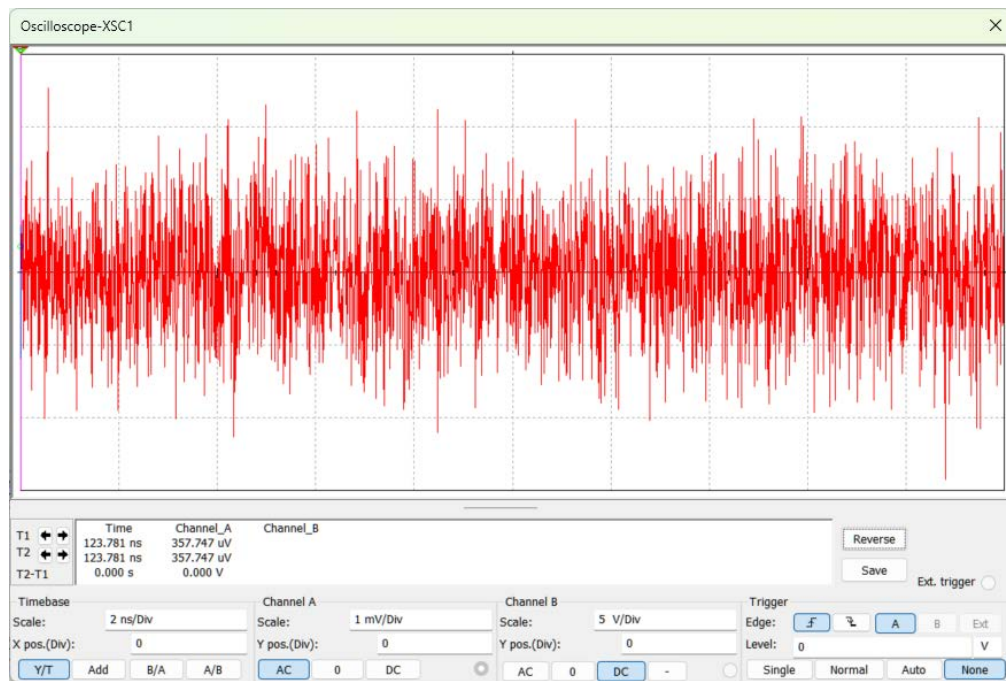
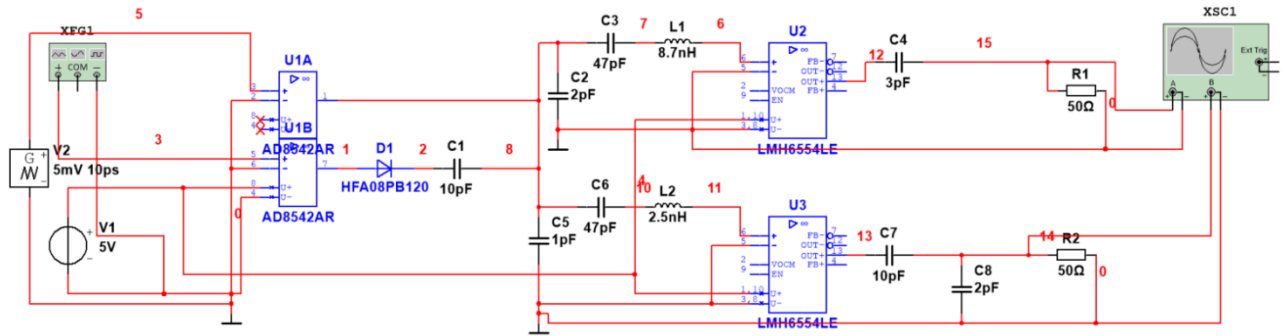


Алгоритм програми генерації сигналів мікроконтролером



Генератор шуму схема принципова

Комп'ютерне моделювання



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження методів захисту інформації в телекомунікаційній системі

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра Інфокомунікаційних систем і технологій, факультет Інформаційних електронних систем
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 94,37 % Схожість 5,63 %

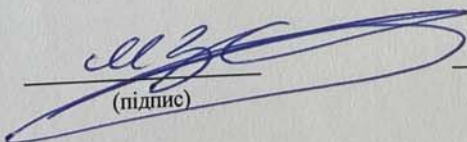
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

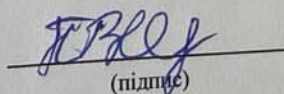
Особа відповідальна за перевірку


(підпис)

Васильківський М.В.
(прізвище, ініціали)

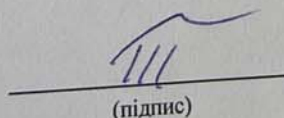
Ознайомлені з повним звітом, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Проценко В. О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Тромсюк В.Д.
(прізвище, ініціали)