

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних систем**

«На правах рукопису»
УДК 691.518

До захисту допущено:
В.о.завідувача кафедри
_____ Сергій ЖУК
«___» _____ 2021 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»

зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Алгоритми цифрової обробки радіолокаційних сигналів на
основі ортогональних поліномів»**

Виконав (-ла):
студент (-ка) II курсу, групи РТ-01мп
Гуліч Єгор Дмитрович _____

Керівник:
Доцент кафедри радіотехнічних систем
к.т.н., доцент
Чмельов Вячеслав Орійович _____

Рецензент:
Доцент кафедри прикладної радіоелектроніки, к.т.н.
Лашевська Наталія Олександрівна _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіотехнічних систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__»_____ 20 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Гуліч Єгор Дмитрович**

1. Тема дисертації: « Алгоритми цифрової обробки радіолокаційних сигналів на основі ортогональних поліномів»,

науковий керівник дисертації Чмельов Вячеслав Орійович, доцент кафедри радіотехнічних наук.,

затверджені наказом по університету від «__15__» _____ листопада 2021 р.
№ __3744-с__

2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2021р

3. Об'єкт дослідження: Виявлення та ідентифікація джерел електромагнітного випромінювання.

4. Вихідні дані: типові радіосигнали у вигляді ЛЧМ, радіомовлення, прямокутний радіоімпульс, комплексний гармонійних складових.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) Розглянути досвід побудови системи використання радіочастотного діапазону та виявлення. 2) Проаналізувати технічні рішення забезпечення високої ефективності систем радіоелектронної розвідки, підвищення чутливості приймача та застосування цифрової обробки сигналів.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація магістерської дисертації

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези доповіді на науково-технічній конференції.

8. Дата видачі завдання 02.09.2021р..

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз завдання на магістерську дисертацію	12.09.2021	
2	Вивчення теоретичних основ розробки радіотехнічних систем моніторингу радіочастотного ресурсу	29.09.2021	
3	Розробка алгоритму ЦОС	05.10.2021	
4	Моделювання роботи алгоритму	25.11.2021	
5	Оформлення дисертаційної роботи та подання її на рецензію	10.12.2021	

Студент

Єгор ГУЛІЧ

Науковий керівник

Вячеслав ЧМЕЛЬОВ

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки магістерської дисертації становить 65 сторінок, які включають в себе 4 розділів, 31 ілюстрацію, 13 таблиць, 24 бібліографічних найменувань за переліком джерел посилань.

Ключові слова: перетворення Фур'є, перетворення Гільберта-Хуанга, радіоелектронна розвідка, радіолокація.

Актуальність теми дослідження. Системи цифрової обробки сигналів відіграє важливу роль у нашому житті. Так як використовується у майже у всіх галузях життя, від мобільного телефону до військової радіоелектронної розвідки. Однією з етапів ідентифікації є порівняння спектральних портретів, що дає змогу визначити тип об'єкту.

Мета та завдання. Підвищення радіорозвідки та контроль використання радіо-частотного ресурсу.

Об'єкт дослідження. Виявлення та ідентифікація джерел електромагнітного випромінювання.

Предмет дослідження. Розрізнення джерел електромагнітного випромінювання на основі цифрової роботи системи виявлення радіосигналу.

Методи дослідження. В цій роботі використовується методи ЦОС, радіолокації.

Наукова новизна одержаних результатів: Розроблено рекурентний алгоритм оцінювання спектральних портретів, в якому використовується ортогональні поліноми, на відміну від існуючих. Використовується розкладення на емпіричні моди та перетворення Гільберта, що дає змогу отримати більш якісніші результати.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблений алгоритм на основі ортогональних поліномів, дозволяє зменшити час обробки інформації, та отримати більш якісніші характеристики об'єкту.

2. При порівнянні двох перетворень, було визначено, що перетворення Гільбрта-Хуанга є більш доцільним.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації та основні положення, отримані в роботі, представлялися на: X міжнародній науково-технічній конференції «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» 2021.

Публікації. За результатом дисертаційної роботи опубліковано 1 тез доповіді.

ABSTRACT

The volume of the explanatory note of the master's dissertation is 65 pages, which include 4 chapters, 31 illustrations, 13 tables, 14 bibliographic titles according to the list of reference sources.

Keywords: Fourier transform, Hilbert-Huang transform, electronic reconnaissance, radar.

Relevance of the research topic. Digital signal processing systems play an important role in our lives. As it is used in almost all spheres of life, from mobile phones to military electronic intelligence. One of the stages of identification is the comparison of spectral portraits, which allows to determine the type of object.

Purpose and objectives. Improving radio intelligence and control of the use of radio frequency resources.

Object of study. Detection and identification of a source of electromagnetic radiation.

Subject of study. Distinguishing sources of electromagnetic radiation based on digital operation of the radio signal detection system.

Scientific novelty of the obtained results: A recurrent algorithm for estimating spectral portraits has been developed, in which orthogonal polynomials are used, in contrast to the existing ones. Decomposition into empirical modes and Hilbert transformations are used, which allows to obtain better results.

Practical significance of the obtained results:

1. Developed algorithm based on orthogonal polynomials, reduces information processing time, and get better characteristics of the object.
2. Comparing the two transformations, it was determined that the Hilbert-Huang transformation is more appropriate.

Approbation of dissertation results. The materials of the dissertation and the main provisions obtained in the work were presented at: X International Scientific and Technical Conference "Radio Fields, Signals, Apparatus and Systems" 2021.

Publications. As a result of the dissertation 1 thesis of the report was published.

ВСТУП

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РАДІОМОНІТОРИНГУ ТА РАДІОЛОКАЦІЇ	5
1.1 Класифікація джерел радіомоніторингу.	6
1.2. Системи визначення місцезнаходження ІРІ та радіомоніторингу.	11
1.3. Переносні засоби автоматичного радіомоніторингу.	13
1.4. Методи радіолокації.....	14
1.5. Основні принципи радіолокації.	19
Висновки	25
ГЛАВА 2. ПІДХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ.	26
2.1. Перспективи розвитку радіолокації.....	26
2.2. Аналіз сигналу на основі вейвлет-перетворення та Фур'є перетворення.	35
Висновки.	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ СПЕКТРАЛЬНОГО ПОРТРЕТУ ДЖЕРЕЛА ЕМІ.....	42
3.1. Перетворення Гільберта-Хуанга.	42
3.2. Розробка загального алгоритму порівняння двох спектральних портретів сигналу.....	47
3.3. Порівняльний аналіз різних методів спектральних портретів.....	49
Висновки	56
ГЛАВА 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	57
Опис ідеї проекту	57
Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.....	57
Технологічний аудит ідеї проекту	59
<i>Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту</i>	59
Визначення потенційних клієнтів.....	60

Аналіз ринкового середовища	61
Аналіз сильних та слабких сторін.....	62
Висновки до розділу	64
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИНАЛЬ	66

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АРМ – Автоматизовані робочі місця.

ДРВ – Джерела радіовипромінювання.

ТТК – Тактико-технічні характеристик.

РЕЗ – Радіоелектронні засоби.

ЦРПП – цифрове радіоприймальний пристрій.

РЛС – Радіолокаційна станція.

ФАР – Фазована антена решітка.

ШПФ – Швидке перетворення Фур'є.

ПФ – Перетворення Фур'є

ВСТУП

Під час отримання сигналів, важливою функцією є ідентифікація фізичних об'єктів. Використовується ідентифікація частіше у військовій справі, а саме у радіоелектронній розвідці. Тому для отримання більш якісної інформації має бути створений алгоритм, який буде чіткіше і якісніше. Для цього буде проведено аналіз двох спектральних портретів, а саме перетворення Фур'є та перетворення Гільберта-Хуанга.

Мета та завдання. Підвищення радіорозвідки та контроль використання радіо-частотного ресурсу.

Об'єкт дослідження. Виявлення та ідентифікація джерел електромагнітного випромінювання.

Предмет дослідження. Розрізнення джерел електромагнітного випромінювання на основі цифрової роботи системи виявлення радіосигналу.

Методи дослідження. В цій роботі використовується методи ЦОС, радіолокації.

Проведення аналізу методів цифрових сигналів, методи визначення характерних особливостей сигналів, у тому числі і схованих, отримані необхідні більш поглибленні аналіз структур сигналів, як у часовій осі, так і у відношенні компонент формуючих сигнал. Для рішення задач було обрано метод частото-часового аналізу сигналів на основі перетворення Гільберта. Перевагою перетворення Гільберта-Хуанга є висока адаптивність.

Під перетворенням Гільберта-Хуанга розуміється емпірична модова декомпозиція нелінійних і нестанціонарних сигналів і Гільбертів спектральний аналіз. Функція базису отримується адаптивно із вихідних даних процедурами відсіювання декомпозиції. Метод був запропонований Норденом Хуангом у 1995 році для спрощення аналізу часових рядів.

Матеріали дисертації та основні положення, отримані в роботі, представлялися на: X міжнародній науково-технічній конференції «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» 2021.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РАДІОМОНІТОРИНГУ ТА РАДІОЛОКАЦІЇ

Основною задачею радіомоніторингу – є постійний чи періодичний контроль завантаження ефіру в широкому діапазоні частот, виявлення та наліз нових джерел випромінювання.

Ці задачі є багатоетапні та вирішуються в складній електромагнітній обстановці. Ці функції поділяються на наступні групи [1].

1. Універсальні функції, виконання яких, як правило, забезпечує сучасні системи АРМ (АРМ - Автоматизовані робочі місця)
2. Допоміжні функції для рішення задач радіомоніторингу в контрольованому приміщенні.
3. Допоміжні функції для рішення задач в місцевості.

До універсальних функцій відносяться радіомоніторингу відносяться:

- Панорамний спектральний аналіз в часі з максимальною швидкістю.
- Швидкий пошук «нових» випромінювань та випромінювання з динамічною частотою.

До допоміжних функціям до місцевості відносяться:

- Вимірювання напруженості поля чи густини потоку потужності
- Пеленгація джерел радіовипромінювання (ДРВ) з довільними видами модуляції по куту місця та азимуту.

До функцій в приміщеннях відносяться:

- Пошук та виявлення технічних каналів втрати інформації.
- Локалізація місцезнаходження ДРВ.

1.1 Класифікація джерел радіомоніторингу.

Перш за все, треба класифікувати радіохвилі. Радіохвилі – це електромагнітні хвилі, які досягають до 3 ТГц, яка поширюється без допомоги хвилеводу.

Для прикладу наведемо таблицю 1 довжин радіохвилі [24].

Таблиця 1. Діапазони радіочастот і довжин радіохвилі.

Назва	Діапазон хвилі, м	Діапазон частот	Назва діапазон частот	Застосування
Довгі хвилі	10^4 - 10^3	3 – 30 кГц	Дуже низькі частоти	Радіозв'язок з підводними човни
Середні хвилі	10^3 - 10^2	30 - 300 кГц	Низькі частоти	Радіонавігація, радіозв'язок земної хвилі
Короткі хвилі	10^2 -10	300 - 3000 кГц	Середні частоти	Радіозв'язок земної хвилі та іоносферної
Метрові хвилі	10 - 1	3 - 30 МГц	Високі частоти	Загоризонтна радіолокація, рації
Дециметрові хвилі	1 - 10^1	300 - 3000 МГц	Дуже високі частоти	Телебачення
Сантиметрові хвилі	10^{-1} - 10^{-2}	3 – 30 ГГц	Ультрависокі частоти	Радіолокація, Інтернет
Міліметрові хвилі	10^{-2} - 10^{-3}	30 – 300 ГГц	Надвисокі частоти	Радіоастрономія, радіолокація

Класифікація виконується по таким критеріям як:

- Розмір зони дії.
- Характер використання.
- Виконувannya функції.
- Продуктивність обладнання.

Розмірами зони дії. До засобів входять рішення задач радіомоніторингу на місцевості та пеленгації ДРВ. Це дає можливість охоплювати значні території для виявлення ДРВ на в'їзді до зони. Також, є засоби з максимальним швидкодією, яка забезпечує рішення задач радіомоніторингу з ціллю виявлення, локалізації та ідентифікації ДРВ[1]. Дані задачі повинні виконуватись у спеціальних приміщеннях.

Характер використання. По характеру використання джерел радіомоніторингу можна поділити на три групи:

- 1) Засоби для використання на часових та стаціонарних постах, а також на в'їзді з використанням транспортної бази.
- 2) Засоби для прихованого використання с розміщенням апаратури радіомоніторингу в кейсі, в сумці чи на тілі оператора.
- 3) Засоби, що допускають комбінований вид (відкритий та прихований) використання апаратури радіомоніторингу.

Виконуючи функції. Обладнання для радіомоніторингу можуть виконувати універсальні функції, допоміжні для місцевості або приміщенні[1].

Продуктивність обладнання. Класифікується на:

- Низька продуктивність (10...100 МГц/с)
- Середня продуктивність (100... 1000 МГц/с)
- Висока продуктивність (1000 ... 10 000 МГц/с)
- Надвисока продуктивність (більше ніж 10 ГГц/с)

Сучасні обладнання радіомоніторингу створюються з позиції системного підходу та представлення собою систему апаратно-програмного засобу, об'єднаним спільною ідеєю. Із-за цього створюються такі проблеми як: електромагнітну сумісність, розв'язку електроживлення, узгодження с параметрами носія, на яких вони використовуються.

Тому для рішення таких задач є поділ засобів на групи, характеризуючи виконання кожного чи декількох на виконання поставлених умов. Це можна поділити на такі сімейства як: мобільні, портативні, стаціонарні. При цьому у кожній сімействі при розробленні апаратури є пріоритети, в кому у першу чергу – виконання тактико-технічні характеристики (ТТХ), а в другу – мінімальні габаритні показники.

Для стаціонарних засобів, зображено на рис.1.1, АРМ практично відсутні габаритні та енергетичні обмеження та в них можуть бути реалізовані найкращі параметри, які можна зробити [3]. Так, отримання великої зони дії постів стаціонарного базування забезпечує розміщення антенних систем на будівлях, чи в інших високих місцях.



Рис.1.1. Стаціонарна станція радіомоніторингу.

Для мобільного засобу, зображено на рис.1.2, котрі розміщені на транспорті або іншому рухомому об'єкті, є обмеження по розміру, енергоспоживанню та вазі. Це зв'язано із самими носіями та енергоемність джерел, розміщених на транспорті.



Рис.1.2. Мобільна станція радіомоніторингу.

Оскільки указані обмеження не є суворими, в апаратурі даного сімейства, як і в стаціонарних засобів, можуть бути застосовані багатоканальні цифрові панорамні радіоприймач та отримані високі показники по динамічному діапазону, швидкості панорамного аналізу та обробки інформації яка надходить.

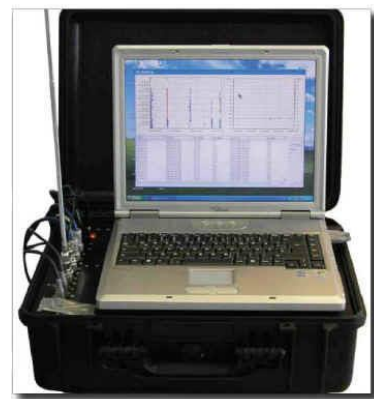
Портативні засоби, що зображені на рис.1.3(а), радіомоніторингу розраховані на перенос одним або декількома операторами та використання стаціонарних і тимчасових постах, які мають живлення або не мають, а також можуть знаходитись у відкритій місцевості [4]. Таким чином є вже декілька сурових обмеження по масі, споживанні та габаритам розмірам антенної системи пеленгації. Також для портативного засобу необхідне наявність акумулятору, або іншого джерела енергії.

Переносні засоби, зображено на рис.1.3(б), радіомоніторингу призначені для роботи під час руху оператора, коли засіб знаходиться на цьому самому операторі. Крім цього, дані джерела можуть використовувати для виконання

задач радіомоніторингу на часових чи стаціонарних постах. По характеру застосування, відносяться до універсальних, використання яких виправдано для визначення місцезнаходження об'єкту в тяжко доступних місцях чи там де необхідна прихована робота [1]. Обмеження для такого типу апарату є найжорсткіші, ніж для інших. У зв'язку з серйозними обмеженнями по споживанню і масо-габаритними параметрами.



а



б

Рис.1.3. а) Портативний засіб радіомоніторингу. б) переносний засіб радіомоніторингу

Вимірювання радіоприймальні засоби і антени пристрою необхідні для вимірювання параметрів штатних РЕЗ (Радіоелектронний засіб) при контролі випромінювані зареєстрованих державними органами, відповідаючи за засоби зв'язку, а також при оцінці ефективності мір по запобіганню витоку інформації на кордонах контрольованих об'єктів. Використання для проведення вимірів, повинна підтверджуватися відповідно зі сертифікатами, наприклад, Держстандарту.

Таким чином, усі засоби радіомоніторингу діляться на групи:

- Сімейство стаціонарних засобів радіомоніторингу
- Сімейство мобільних засобів радіомоніторингу наземного, повітряного, морського базування

- Сімейство портативних засобів радіомоніторингу, які необхідно встановити на постах тимчасового розміщення для їх роботи.
- Сімейство переносних засобів радіомоніторингу для прихованого застосування, які призначені для використання під час руху оператора.

1.2. Системи визначення місцезнаходження ІРІ та радіомоніторингу.

Необхідні параметри території та визначення місцезнаходження ІРІ досягається використанням систем станцій пеленгації та радіомоніторингу, які забезпечують прийом та виявлення радіосигналів на центральному посту, вирахування місцезнаходження ІРІ та одночасне пеленгування по команді з центральної станції.

Визначення місцезнаходження ІРІ та стаціонарні системи пеленгування, повинні бути додатково додані мобільні станції радіомоніторингу, які повинні «слідкувати» виявленні ІРІ в місцях або місцевості, звідки прийом сигналу стаціонарними станціями ускладнений [5]. Також, повинно бути наявність апаратури ручного пеленгування та переносних засобів радіомоніторингу, за допомогою яких можна локалізувати ІРІ в місцях недоступних для мобільних засобів.

Для визначення місцезнаходження та мобільних систем пеленгування ІРІ, такі ж самі закономірності як для стаціонарних, але з умовою що система встановлюється на виносній «мачті» меншій довжині на рівній поверхні.

Портативна система, має більш жорсткіші обмеження, із-за чого позначається на продуктивності та функціональних можливостях. Необхідність роботи в польових умовах, вимагає наявності системи автономних засобів енергозабезпечення.

Стаціонарні та мобільні станції радіомоніторингу. Для таких станцій необхідні пости, а також ручний пеленгатор чи переносний комплекс радіомоніторингу.

До складу входить:

- Широкодіапазонна антенна для радіомоніторингу
- Блок АЦ обробки
- Перетворювач радіосигналів.
- Широкодіапазонна антена
- Пристрій управління с пакетом програм.

Портативні засоби радіомоніторингу. Для портативних засобів основною задачею є радіомоніторинг на тимчасових постах, тяжко доступних місцях та на відкритій місцевості в яких використання мобільних і стаціонарних засобів неможлива [5]. Функції портативного засобу для виконання задач радіомоніторингу на місцевості, повинні бути відповідними функціям стаціонарного та мобільного засобу радіомоніторингу. Для реалізації пеленгаторної антенної системи портативними засобами, достатньо тяжко.

До складу системи радіомоніторингу входить:

- Більш ніж три портативні станції (центральна та декілька периферійних)
- Апаратура ручного пеленгування на відкритого або прихованого використання.

Для цілі багатофункціональності на портативні засоби можуть бути вкладені додаткові задачі.

В сімейство пошукових засобів повинні входити апаратура для контролю декількох або одного приміщення та мобільні станції радіомоніторингу, виміру параметрів випромінювання та пеленгування на кордоні контрольованої зони.

Сертифіковані засоби АРМ с вимірювальними антенами при наявності ПО, можуть бути використані для проведення спеціальних досліджень.

1.3. Переносні засоби автоматичного радіомоніторингу.

До переносних засобів відносяться вимоги для відкритого чи для прихованого використання. На основі структур надзору за зв'язком та силових відомств, бажані наступні варіанти розміщення засобів.

Засоби повинні бути по можливості мати функцію мобільного чи стаціонарного засобу моніторингу.

Також треба мати на увазі необхідність мінімізації маси та габаритів апаратури, відсутність жорстоких умов по точності пеленгування, в переносних пеленгаторів оправданими є амплітудний метод пеленгування на основі направлених антен. Пеленгатори можуть бути як прихований та відкритий метод використання.

Процес пошуку ІРІ за допомогою ручних пеленгаторів може забезпечуватися шляхом проведення ряду етапів:

- Швидкий панорамний спектральний аналіз в діапазоні та виявлення «нових» сигналів.
- Кількісна або якісна оцінка параметрів випромінювання.
- Панорамне цифрове РПП.

Задача вимірювання напруженості поля переносними засобами вирішується тільки при використанні вимірювальних антен, які потребують для свого розміщення «мачт» чи штативів.

Забезпечення та уніфікація якісного радіомоніторингу основними технічними вимогами до всіх засобів, не повинні відрізнятися від вимог к стаціонарним та мобільним засобам [1]. Виключення є вимоги, зв'язані с габаритами та масою. Для реалізації такого принципу одно канальним та

багатоканальні ЦРПП (ЦРПП – цифрове радіоприймальний пристрій), повинно формувати із нецифрованих моделей, поміщувати їх у кейси при збереженні основних умов к тактико-технічним характеристикам (ТТХ). Крім цього, бажано забезпечити повномасштабним радіомоніторингом засоби при роботі на тимчасових та стаціонарних постах. Такій підхід до розробки засобів, дозволяє полегшити взаємодії технічним засобів з різними сімействами, забезпечує інформаційну, електричну сумісність.

1.4. Методи радіолокації

Класифікації методів радіолокації по способу утворення радіолокаційних сигналів[5].

Активна радіолокація (рис.1.4). Радіохвилі, випромінюванні антеною передавального пристрою РЛС, яка направлена на ціль. Пристрій який приймає сигнал тої ж самою РЛС приймає відбиту хвилю і перетворює їх так, що вихідний пристрій за допомогою сигналів(опорних), витягує зміст в відбитому сигналі інформацію: дальність, швидкість, напрямлення, дальність. Цей метод радіолокації є активним, тому що передбачає випромінювання цілі антеною РЛС.

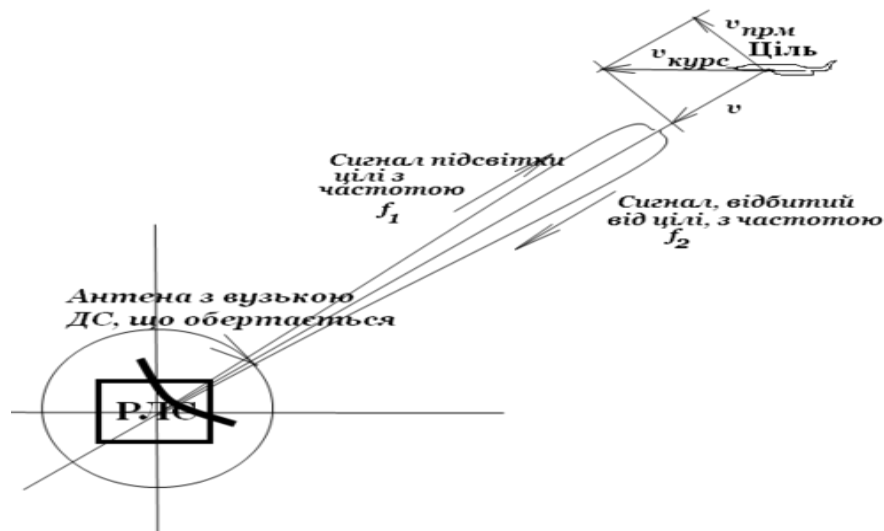


Рис.1.4. Схема роботи активного радіолокатора.

Активна радіолокація з активною відповіддю є наявність на об'єкті відповідача(ретранслятора), який складається з приймального пристрою, для посилення та приймання прямого сигналу, який поступає від РЛС і передаючого пристрою – для створення сигналу у відповідь.

Пасивна радіолокація виникає, коли сама ціль і є джерелом електромагнітного випромінювання, а РЛС виконує функцію приймального пристрою, який призначений для визначення напрямлення цього джерела (рис.1.5)

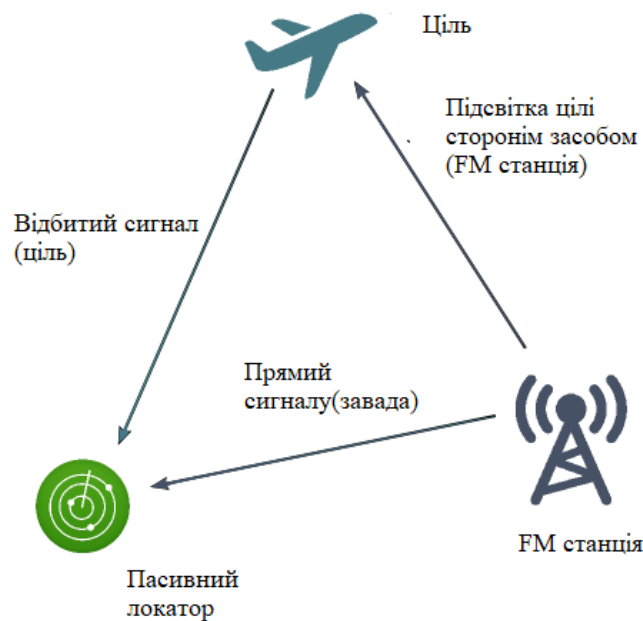


Рис.1.5. Схема роботи пасивного радіолокатора.

Рознесена система – різновид радіолокації по пасивним цілям. Її особливість: приймальні та передаючі пристрої рознесені на значні відстані. Призначення для прийому відбитих від цілі сигналів, та для прийому від передатчика опорних сигналів [3]. Вихідні пристрої, використовують такі сигнали для наведення на ціль.

Також є рознесена система пасивної радіолокації, де ціль не випромінюється від РЛС, а навпаки, сама випромінює хвилі за допомогою маяку. РЛС тільки обробляє сигнал та приймає його. Зрозуміло, що обидва варіанти системи та її частина, де виконується радіолокаційні виміри, у випромінюванні цілі не приймають участь. Тому такі системи називають напівактивна радіолокація.

Активна радіолокація, дозволяє визначати усі координати цілі, на відміну від пасивної. Але пасивна радіолокація має прихований характер (від РЛС немає випромінювання).

На пів активний радіолокації з активною відповіддю має функції кодування сигнал, щоб по коду можна було визначити чи є ціль союзна чи ворожа («свій- чужий») та отримати допоміжну інформацію[8]. Такий метод ефективний як навігаційна система. Наприклад, якщо сигнал посиляється від морського корабля або літака, а відповідачем є наземний передавач – маяк, то останній є чудовим навігаційним орієнтиром для штурмана літака та корабля. Також не менш важливим плюсом цієї системи є в дальності дії, який обґрунтований великою потужністю від сигналу що відповідає, на відміну відбитого від цілі [1].

Але таку апаратуру можна встановити тільки на «своєму» об'єкті. Тому популярний тип є активна радіолокація по пасивним цілям, яку називають активна.

Методи визначення місцезнаходження цілей. Спільним фізичні основи радіодальнометрії та радіопеленгації є в тому що місцезнаходження цілі можна встановити не тільки по куту та дальності з точки O , також можна і шляхом вимірювання чи кутів, чи дальності від рознесених опорних точок O_1 , O_2, O_3 . Найбільш популярним став далекомірний, кутомірний (пеленгаційний), різницево-далекомірний, далекомірний-кутомірний (комбінований) метод знаходження місцезнаходження точок.

Геометричне місце точок вимірюється с однаковою координатою відносно опорного пункту називається - поверхневим положенням. Дві

поверхневі положення, при пересіченні, утворюють лінію положення, а щоб визначити точку у просторі, повинно бути пересічення трьох поверхонь положення чи лінії і поверхні положення. Якщо цілі та опорні пункти знаходяться в одній площині, достатньо визначення двох координат цілі, за рахунок чого число станції (опорних), зменшується [1].

Далекомірний метод має задачу визначення місцезнаходження цілі M (рис.1.6), вимірювання відстані між ціллю та опорним пунктом O_1, O_2 . Кожна поверхня є сфера з центром в опорному пункті та радіусом(дальності від цілі). Так як точки M, O_1, O_2 , є в одній площині то поверхня положення переходить в коло. Також є ще одна точка пересічення, але її можна виключити.

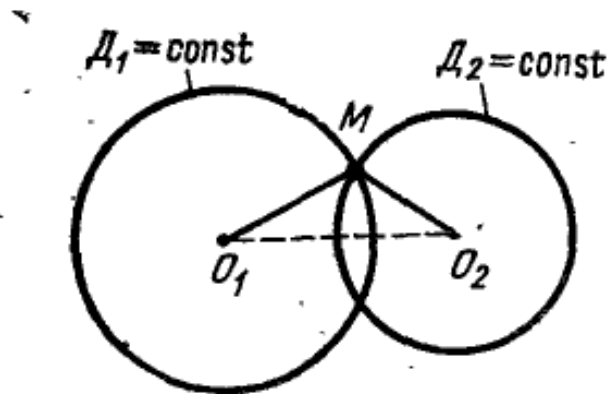


Рис.1.6. Далекомірний метод місцезнаходження цілі.

Різницево-далекомірний метод (рис1.7) має у площині двох пар опорних пунктів O_1, O_2, O_2, O_3 . Одним із них є один спільний (O_2). Кожна пара станцій використовується для отримання лінії положення у вигляді гіпербола та с фокусами в опорних пунктах.

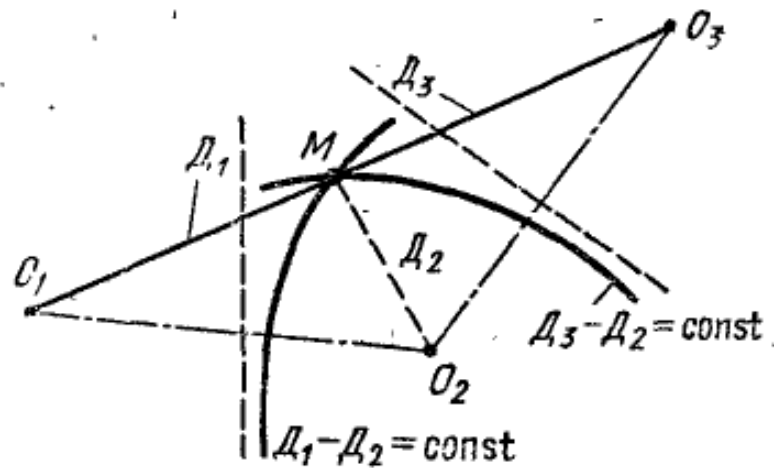


Рис.1.7. Різницево-daleкомірний метод.

Кутомірний (пеленгаційний) метод базується на використанні направлених антен. Такий метод використовує принцип радіопеленгатора, встановленого на об'єкті M , та двох радіомаяків, які базуються в опорних пунктах O_1 , O_2 (Рис.1.8.)

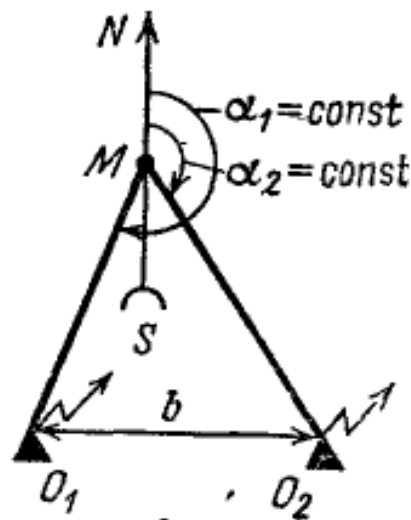


Рис.1.8. Пеленгаційний метод місцезнаходження.

Радіопеленгатор являє собою приймальний пристрій з направленою антеною, передавальним пристроєм є – радіомаяк. Пеленгатор вимірює

азимуту двох маяків (які є прямими), що мають одну точку пересічення, тобто співпадають із ціллю.

Далекомірний-кутомірний метод використовує тільки одну станцію, яка має радіодальномір та радіопеленгатор. Від точки стояння станції *O* далекомір визначає дальність цілі, а пеленгатор встановлює напрямлення на ціль, тобто її азимут. Ціль знаходиться на перетині двох поверхонь положення пеленгатора та положення далекоміру [9].

Цей метод кращий ніж інші для радіолокації, але інші кращі для радіонавігації. Також в радіолокації місцезнаходження цілі визначають іноді з двох або більше точок. Наприклад, якщо звичайний РЛС пеленгує с великими похибками, то використовують далекомірний метод. При виникненні проблем, наприклад, якщо далекомірну частину РЛС неможна використовувати через завади або через пасивну радіолокацію, то використовують пеленгаційний метод.

1.5. Основні принципи радіолокації.

Відображення радіохвиль – перша основа, перший принцип радіолокації. Якби не було відображення радіохвиль, не було б і радіолокації [10].

Виявлена за допомогою радіолокації ціль, виділяється тим що відображає напрямлення на неї радіохвилі. Поки ніяких об'єктів у воді чи повітрі немає, радіохвилі не відбиваються із-за чого сигналу немає. Як тільки ціль увійде у кордон, хвиля відіб'ється від неї та засоби прийому сигналу виявлять ціль.

Властивість відбиття радіохвилі мають не тільки метали, але і взагалі усі тіла, які можуть проводити електричний струм. Земля, гори пагорби. Також будівлі, залізні дорожні мости, вежі, ангари та інш.

Якщо радіохвиля випромінюється на всі сторони рівномірно, не направлено, то і відбиття може бути отримані зі всіх сторін. Ціллю можуть бути найближчі об'єкти які можуть знаходитись у будь-якій стороні. Для того щоб знайти де знаходиться ціль, потрібно знати направлення та азимут (пеленг).

Визначення координат цілі радаром проводиться від вибраної системи координат. Вибір системи координат зв'язаний зі направленням застосування радіолокаційної засобу. Наприклад, радіолокаційна станція (РЛС), може спостерігати за повітряним простором за допомогою трьох координат цілі, кут місця, азимут, нахильна дальність.

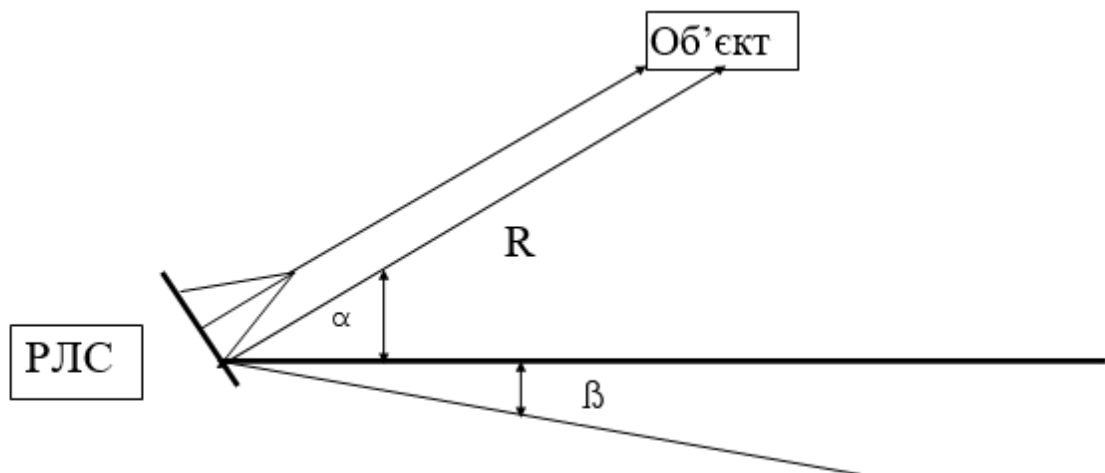


Рис.1.8. Система координат РЛС.
 α - азимут; β - кут місця; R – нахильна здатність.

РЛС такого типу використовують на аеродромах. Працює така система у сферичній системі координат [10].

Є два основних системи роботи РЛС. Перший, режим спостерігання (сканування) простору та режим слідкування за ціллю. В режимі спостерігання, луч РЛС по системі спостерігається увесь простір чи заданий сектор. Антена, наприклад, може повільно повертатися по азимуту і у той же час швидко нахилитися угору чи вниз, скануючи по куту місця. У режимі

слідкування, антена увесь час направлена на ціль і спеціальні слідкуючі системи повертаються у бік за рухомою ціллю.

Дистанція об'єкта визначається по запізненню відбитого сигналу від самого об'єкта. Запізнення сигналу дуже мало, оскільки радіохвилі розповсюджуються зі швидкістю, близько до швидкості світла. Дійсно, для літака який знаходиться на відстані 3 км від РЛС, запізнення сигналу є близько 20 мкс. Такий результат із-за того що радіохвиля проходить шлях в обох напрямленнях, к цілі та назад, так що відстань що проходить хвиля 6 км. Але, при радіолокації Марса, наприклад, затримка сигналу близько 11 хвилин. Сучасна обчислювальна техніка може з високою точністю, опрацьовувати сигнали з високою швидкістю, тому за допомогою радарів можна реєструвати об'єкти, які знаходяться на великій дистанції від спостерігача. Якщо сигнал проходить велику дистанцію, то сигнал частково розсіюється, ослаблюється та спотворюється і виділити його в приймачі із-за власних та зовнішніх шумів, дуже тяжко [1]. Для збільшення дальності дії РЛС, збільшують потужність передатчика.

В радіолокації використовуються радіохвилі с довжиною хвилі в сантиметровому (інколи дециметрові) та міліметрові діапазони. Сам же вид випромінювального сигналу є достатньо простий [4]. Як правило, це послідовність коротких по часу імпульсів, які чергуються один за іншим по часу, та тривалість яких значно більше ніж тривалість цих імпульсів. Ширина спектра таких сигналів в більшості випадків є у багато разів менше несучої частоти випромінювального сигналу, тобто у радіолокаційних сигналів (за виключенням особливих випадків) відношення цих показників набагато менше ніж одиниця.

Випромінюються також усі інші цілі та ті котрі знаходяться на тій самій відстані від радіолокаційний станції. Це означає, що незалежно від ситуації, наявність чи відсутність цілі в загалом на вході радіолокаційному приймачі завжди існує сигнал одного того ж виду – квазі-гармонічні коливання.

Активні та пасивні системи радіолокації. Активна радіолокація може помітити ціль навіть якщо вона буде притримуватися радіомовчанню, так як вона опромінюється потужним зондуючим імпульсом радара. Але по зондуючим імпульсам можна виявити і сам радар [5].

Тому разом з активною радіолокацією створена і успішно розвивається пасивна радіолокація, котра не випромінює ніякі хвилі. Важливою причиною чому це направлення успішно розвивається є те що навіть відсутність працюючого радіопередавача, будь-який об'єкт є джерелом радіохвиль внаслідок нагрівання. Справа в тому що спектр теплового випромінювання – дуже широкополосний і включає в себе також діапазон радіохвиль. Тому в пасивній радіолокації можна виділити радіо-тепло локацію.

Потужність теплового випромінювання в радіодіапазоні умовлена температурою тіла, тим самим менша довжина хвилі. Тобто в сантиметровому діапазоні випромінюється більша потужність, ніж в дециметровому і т.д. Тому в більш короткохвильовому діапазоні радіо теплолокатор є більш дистанційним. Основною частиною радіо теплолокатора є приймач, який називається радіометр. По властивостям радіотеплові сигнали не відрізняються від внутрішніх шумів приймача і про їх наявність можна судити тільки при збільшенні потужності шуму при відсутності сигналу. Це і призводить к необхідним застосуванням специфічних схем для знаходження таких сигналів, які відрізняються від звичайних радіолокаційних приймачів.

Задачі, які вирішує радіолокація. Деяке уявлення про області застосування РЛС можна записати так:

- Сільське та лісове господарство. Розподілення лісних масивів, полей. Визначення виду ґрунту, їх температуру та вологість.
- Геофізика і географія. Визначення структури використання землі, розподілення і стан транспорту та систем зв'язку, розвиток систем переробки природних ресурсів, топографія та геоморфологія.
- Гідрологія. Вивчення процесів випаровування вологи.

- Океанографія. Визначення рельєфу поверхні морей та океанів, картографікування берегової лінії.
- Військове призначення, авіація та космічні дослідження. Метеорологічні забезпечення польотів, контроль над повітряним простором, радіонавігація, радіолокація, ідентифікація.

Системи радіорозвідки. Радіоелектронна розвідка – це вид технічної розвідки. Які може добувати розвідувальні відомості про противника, як правило, за допомогою аналізу і перехоплення випромінювання його радіоелектронних засобів з застосуванням спеціальних технічних пристроїв [6].

Радіоелектронна розвідка поділяється на такі види:

- За цільовим призначенням і характером інформації.
- За використанням принципами та засобами радіорозвідки.

До цільовим призначенням відноситься стратегічна радіоелектронна і тактична радіоелектронна розвідка. До стратегічної радіоелектронної розвідки відноситься розвідка яка в інтересах урядових органів та вищого військового командування, виконує добування інформації про розвідування в країні через випромінювання радіоелектронних засобів різних відомств та служб. До тактичної розвідки відноситься яка притаманна до воєнної розвідки та є одним із видів бойового забезпечення військ інформацією.

Радіорозвідка – є однією з поширеним видом пасивної радіолокації. Принцип роботи є перехоплення сигналу радіозв'язку. Задача радіорозвідки є: перехоплення передач (відкритих, кодованих) радіостанції.

Розвідка фізичних полів – вимірювання фізичних полів, наприклад параметрів, акустичних полів підводних човнів, параметри ядерного вибуху.

Для прикладу системи радіорозвідки можна взяти українську систему «ПЛАСТУН» РП-3000, [7] яка зображена на рис.1.9.



Рис.1.9. Система радіорозвідки «ПЛАСТУН» РП-3000

Така система може виконувати виявлення радіомереж, синхронну пеленгації та демодуляцію частотно-модульованих сигналів, придушення GPS-сигналів та інше.

Основними перевагами такої системи є:

- Висока мобільність та мала вага – 28 кг, дає можливість транспортувати будь-яким видом транспорту.
- Висока точність пеленгації. 1.5 градуси для 25-525 МГц, та 1 градус для 525-3000 МГц.
- Швидкість сканування 1 ГГц/с.

- Є можливість надати технічну допомогу (ремонтно здатність) на місці.

Висновки

Дано визначення що таке радіомоніторинг та радіолокація. Класифіковані джерела радіомоніторингу та поділені на групи. Визначено де використовуються та характер використання. Зроблені висновки щодо використання та типів станцій радіомоніторингу. Визначені для яких ситуацій який тип, кращий. Записані умови використання цих станцій та показані на малюнках.

Зроблені висновки що до радіомоніторингу. Визначені типи радіомоніторингу, а саме види активної та пасивної радіолокації. Дані поняття що таке радіолокація, що таке активна та пасивна радіолокація. Розглянуті методи визначення місцезнаходження цілі, а саме чотири методи:

- Далекомірний метод
- Різницево-daleкомірний метод
- Кутомірний (пеленгаційний) метод
- Далекомірний-кутомірний метод.

Розглянуті основні принципи радіолокації. Пояснений принцип роботи радіолокації та його дія. Визначені підходи для підвищенні ефективності роботи систем радіомоніторингу. Дані приклади використання радіомоніторингу у житті.

Дано визначення радіоелектронної розвідки та наведені класифікації. Наведено приклад системи радіорозвідки «ПЛАСТУН» РП-3000 [7].

ГЛАВА 2. ПІДХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ.

Сучасна радіоелектронна розвідка у країнах ведеться в діапазоні електромагнітних хвиль довжиною від одиниці мікрометрів до десятків тисяч кілометрів. Вона націлена на усі види інформації розвідувальних країн, за допомогою різних джерел випромінювання радіохвиль.

Основою радіоелектронної розвідки є багаточисельні технічні засоби пошуку, аналізу, перехвату та пеленгування радіопередач, а також обробка та передача інформації яка добувається.

Радіоелектронна розвідка – це така область діяльності, де поєднуються і використовуються принципи розвідки і військової радіоелектроніки.

Діяльність сучасних радіоелектронної розвідки країн в більшості підвищилась з тими що було раніше(друга світова війна). Служби радіоелектронної розвідки в стані самостійно вирішувати складні задачі по здобуванню розвідувальної інформації.

2.1. Перспективи розвитку радіолокації

У наш час радіолокація отримала широке застосування. Її методи і засоби використовуються для знаходження об'єктів та контролю повітряного, космічного, наземного та надводного простору [10]. Сучасна техніка дозволяє з великою точністю вимірювати координати положення літака чи ракети, слідкувати за їх рухом, визначати не тільки форми об'єктів, але і структуру їх поверхонь. Радіолокаційні методи відкриваються можливість вивчення надер Землі та внутрішні неоднорідності поверхонь на інших планетах. Але, якщо казати про застосування на самій Землі – цивільні та військові застосування

радіолокації, то її методи незамінні, наприклад, в організації керування повітряним рухом, наведенням, розпізнавання об'єктів, визначення їх до типу.

В залежності від конкретного призначення сучасні радіолокаційні станції (РЛС), мають характерні особливості. Із усього різноманіття значну долю складає РЛС виявлення. Пов'язано це з тим, що радіолокаційні методи виявлення є основним як на Землі, так і у повітрі, на морі та в космосі. За допомогою радіолокації проводиться, так звана, просторова селекція – виявлення об'єкта по відбитому сигналу, часова селекція, коли по затримці повернення відбитого сигналу встановлюється дальність до цілі. Існує ще поняття частотної селекції, яка дозволяє відслідковувати по зміні частотного спектру сигналу радіальну швидкість об'єкта.

Сучасні РЛС[2], як правило, трьох координатні. Вони визначаються дальністю, куту місця та азимуту. При цьому застосування антени, які мають вузькі діаграми направленості в вертикальній і горизонтальній площині. Щоб забезпечити дані точності визначення кутових координат і не збільшити час обзору, застосовується метод паралельного послідовного обзору простору, коли одночасного використовується декілька променів, а зона перекривається послідовним переміщенням цих променів, що дозволяє зменшити кількість приймальних каналів. Для того щоб уникнути від відбитих від місцевості предметів та неоднорідності в атмосфері, які заважають, в арсеналі радіолокації є режим селекції по частоті. Мета такого режиму, щоб рухома відносно РЛС об'єкт, відбивав сигнал зі зсувом сигналу по частоті (ефект Доплера). Якщо цей зсув є навіть 10^{-7} від значення несучої частоти, то сучасні методи обробки виділяють різницю та радіолокатор «побачить» ціль. Це забезпечується завдяки підтриманню необхідних стабільних сигналів (збереженню їх когерентності). Це важливо, тому що об'єкт, яких заважає, часто не є нерухомим (дерева які гойдаються, переміщення хмари та інше). Такі відбиті сигнали також мають зсув по частоті. Щоб розширити можливості РЛС, застосовується різні режими роботи станції та їх поєднання. При амплітудному режимі вдається добитися більшої дальності дії РЛС та

застосувати цілі, які рухаються з нульовою радіальною швидкістю. Зазвичай, такий метод використовується для обзору в дальній зоні, де немає поверхонь що заважають. Когерентний режим застосовують у ближній зоні обзору, де багато заважаючих поверхонь.

Для зниження пікової потужності передавачів РЛС використовуються складні сигнали, які забезпечують достатню точність і роздільну здатність. Але при цьому доведеться ускладнити апаратуру. Але у цьому випадку, ускладнення є виправданою, так як дозволяє забезпечити дальність виявлення яка потрібна та не мати високого значення пікової потужності.

У багатьох сучасних РЛС використовується фазована антенна решітка (ФАР) [2], яка зображена на рис 2.1., в тому числі активного типу, в кожному осередок якого вбудований свій передавач та вхідні ланцюги приймача.

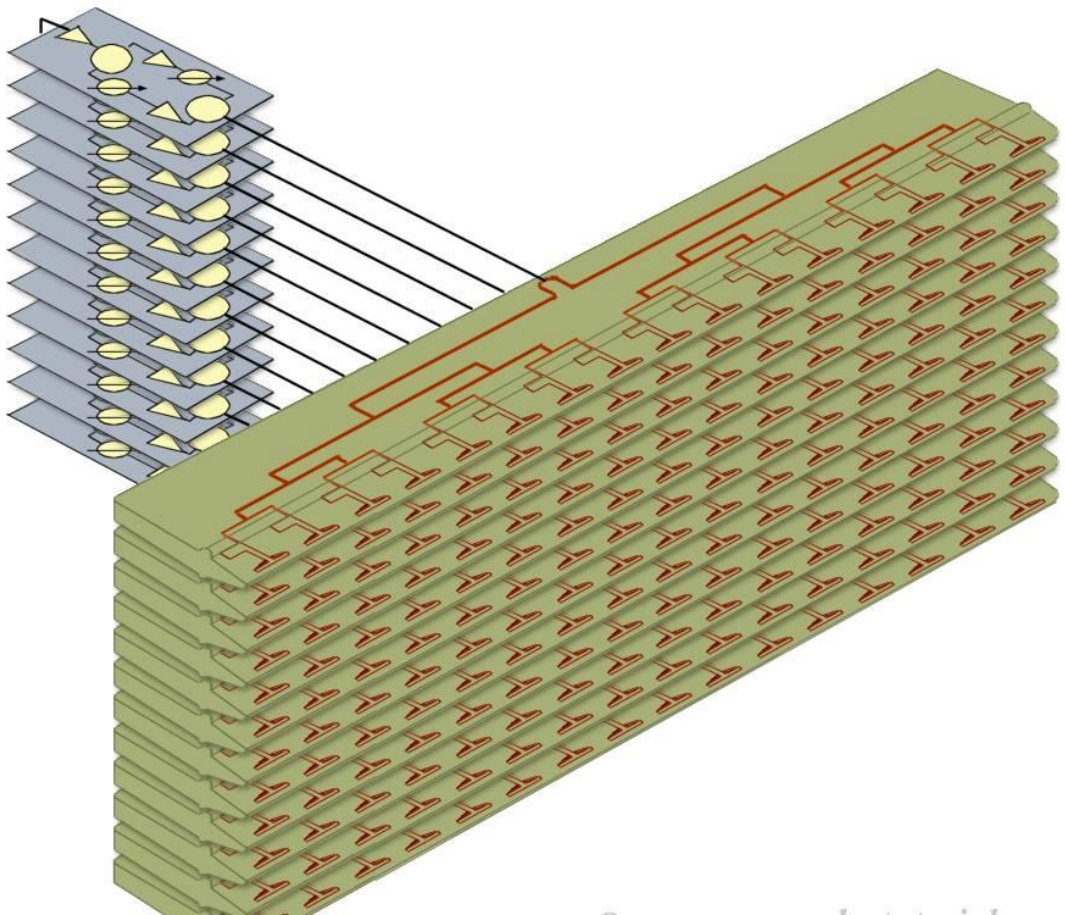


Рис.2.1. Активна фазована антенна решітка.

Авжеж це ускладнює конструкцію станції та її обслуговування, але дозволяє знизити втрати при передачі та прийомі, збільшити можливість роботи станції у складній обстановці, у тому числі в умовах штучних завад. Із цим включення в ФАР прийомних передавачів – є одним із важливих способів збільшення надійності РЛС. Навіть, якщо при виході із ладу декількох модулів передавачів та приймачів РЛС продовжує роботу.

Неодмінною якістю сучасних РЛС є збереження протягом достатньо довгого часу і в різних погодних умов стабільності функціонування приймальної апаратури. Допомагає такій задачі використання в радіолокацію пристроїв цифрової обробки сигналу.

Важливою вимогою до сучасних РЛС виявлення є їх мобільність. Вони розраховані на рух по різних дорогам. Для їх згортання та розгортання витрачається від 5 до 15 хвилин. Конструктори змушені були піти на зменшення маси та габаритів РЛС. Вирішити таку задачу вдалося без погіршення основних параметрів (по точності, дальності, тему обзору). На рис.2.2. зображена сучасна радіолокаційна станція виявлення.



Трикоординатна оглядова радіолокаційна станція 80К6К1

Мобільна РЛС 80К6К1 призначена для використання в складі радіотехнічних та зенітно-ракетних підрозділів військ ППО, видачі цілевказівки зенітно-ракетним військам, і забезпечує виявлення, супровід і вимір трьох координат повітряних об'єктів та їхню шляхову швидкість. Також радіолокаційна станція визначає державну належність повітряних об'єктів, забезпечує видачу інформації на робочі місця. РЛС розміщується на 2-х транспортних одиницях.

Робочий діапазон частот – S

Максимальні межі роботи радіолокатора:

- дальність – 400 км
- за азимутом – 360°
- за кутом місця – 0°...35°, 55°
- за висотою – 40 км

Період огляду – 5, 10 с

Кількість супроводжуваних цілей – більше 300

Дальність виявлення цілей типу «тактичний винищувач» – 200-250 км

Час розгортання/згортання – 6 хв

Подавлення пасивних завад – 50 дБ

Подавлення активних завад – 20 дБ

Число променів у вертикальній площині – 12

Рис.2.2. Мобільна РЛС кругового обзору з фазованою антенною решіткою.

Вона повертається і формує зазвичай декілька променів на прийом і один промінь на передачу. Приймальні сигнали посилюються, а потім перетворюються у цифрову форму. Наступна обробка інформація іде у цифровому вигляді за допомогою елементів обчислювальної техніки. РЛС фактично в автоматичному режимі знаходить цілі, вимірює координати, визначає параметри руху. Оператор майже повністю вільний від роботи. Його функція є в тому щоб в необхідних випадках обрати необхідний режим роботи РЛС, тобто допомогти в адаптації до обставин та підтримати працездатність РЛС. Незважаючи на загальні закономірності побудування радіолокаційних станцій по призначенню, вони різноманітні. Наприклад, сучасні РЛС виявлення є великої, середньої та малої дальності; Двух- трьохкоординатні; мобільні, рухомі, стаціонарні і для знаходження на малих та великих висотах.

До поняття сучасні РЛС вкладають критерій «ефективність – вартість», де у відношенні, у чисельнику знаходиться загальні тактико-технічні

характеристики станції, а в знаменнику – її вартість. Якщо відбиватися від такої «системи» оцінювання, то спрощені РЛС будуть мати невеликий показник за рахунок малого чисельника, а складні – невеликий показник за рахунок великого знаменника. Оптимальне відношення для сучасних РЛС є певна сукупність застосовуваних при її створенні науково-технічних досягнень, які дозволяють збільшити її можливості, при цьому досягнення технологічних освоєні в процесі і які допустимі в економічному плані. І треба відмітити, що «сучасна РЛС» не обов'язково має бути з найкращими показниками, досягнутими у світовій радіолокації. В кожную конструкцію станції повинен включатися набір технічних новинок, які як можна краще забезпечує необхідну сукупність характеристик. Разом з цим необхідно відмітити, що при функціональній схожості та схожим характері, сучасні РЛС, як правило, значно різні один від одного. В РЛС виявлення, в залежності від їх призначення, застосовується до сотні квадратних метрів, середня потужність випромінювання має від сотні до одиниць мегават.

Авжеж, проблеми удосконалення радіолокаційних систем сьогодні вирішується на базі останніх досягнень механіки та електроніки та ін. Все це говорить про створення сучасних РЛС є складною науково-технічною та інженерною задачею. Серед радіолокаційної техніки яка з'являється в останній час, особливо виділяється своєю надійністю та високим функціональними характеристиками радіолокатора військового призначення. До них можна віднести РЛС для знаходження засобів нападу, багато яких характеризується малою відбитою поверхнею, виконаною по так названим технологіям «Стелс» («Невидимка»). Напад виконується на фоні штучно активних і пасивних шумів, радіолокаційному виявлення. При цій атаці піддається і сама РЛС: по сигналам, котрі вона випромінює, на неї наводять, противорадіолокаційні ракети (ПРР). Звісно, тому що радіолокаційний комплекс, вирішує свої основні бойові задачі, має мати і засоби захисту від ПРР.

Ознайомимося з РЛС метрового діапазону хвиль, у тому числі двохкоординатних станцій. Авжеж, більш детально потрібно познайомитися з можливостями двохкоординатних станцій, яка працює у метровому діапазоні, для прикладу візьмемо вітчизняний П-180У (рис.2.3)



Рис.2.3. Рухома РЛС дальнього виявлення метрового діапазону П-180У.

До антенної системи встановлюється новий асинхронний двигун обертання, керуючий за допомогою частотного перетворення. П-180У є двохкоординатним, використовує для автоматичного визначення азимуту і дальності. Третя координата забезпечується за допомогою підключення модернізованих радіовисотомірів. В цій РЛС велика завадостійкість від імпульсних та активних шумових завад.

До трихкоординатної РЛС можна віднести і 80К6 (рис.2.4.). Це рухома трьохкоординатна РЛС кругового огляду для малих, середніх та великих висот з аналоговим, координатним і трасовим виходом, може працювати як автономного так і в складі регіональних, національних автоматизованих систем керування.



Рис.2.4. Рухома трикоординатна радіолокаційна станція кругового огляду
80К6

І це не все. Обчислювальний комплекс узагальнить отримані данні, встановить зв'язок з споживачем і зможе передати йому повну інформацію у готовому вигляді. Сьогоднішні досягнення науки і техніки дозволяють прогнозувати саме такий вид РЛС найближчого майбутнього. Але вважається не можливим створення універсального локатора, який може вирішувати будь-яку задачу з виявленням. Акцент робиться на комплекси різних РЛС, об'єднанні в систему виявлення. При цьому отримає розвиток нетрадиційного побудування систем – багатопозиційних радіолокаційних комплексів, у тому числі пасивні та активнопасивні, сховані від розвідки.

Ідентифікація радіолокаційних цілей. Також важливим етапом для РЛС є ідентифікації цілей, за допомогою якої можна виявити тип техніки. Таку систему називають радіолокаційне розпізнавання [6]. Призначення такої система для автоматичного розпізнавання класів та типів

повітряних(наземних, надводних) цілей по характерним особливостям відбитих сигналів.

Застосування таких систем розпізнавання значно полегшує ефективність бойової роботи, оскільки дозволяє

- Завчасно виявляти хід противника
- Виключити стрільбу по хибним цілям
- Оцінити загрозу цілі
- Своєчасно проводити адаптацію засобів ураження до властивості цілі
- Оперативно визначати факт ураження цілі.

Для розпізнавання цілей, використовуються радіолокаційні портрети. Портрети ділять на типи, які зображені на рис.2.5.



Рис.2.5. Типи радіолокаційних портретів.

Для прикладу можна показати як виглядає спектральний портрет цілі, рис.2.6.

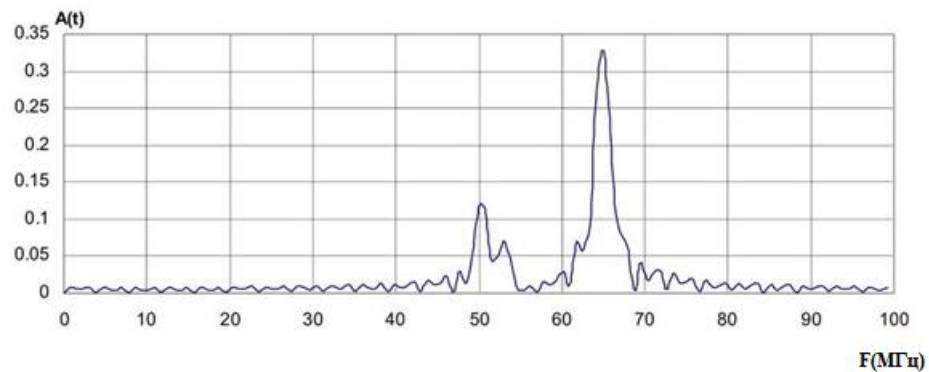


Рис.2.6. Спектральний портрет джерела електромагнітного випромінювання

Одною із основних задач радіорозвідки, радіолокації та державної служби моніторингу використання радіочастотного ресурсу це гарантована ідентифікація джерела електромагнітного випромінювання на основі його унікальних ознак в спектральному портреті сигналів.

Для вирішення цієї задачі застосовуються різноманітні методи перетворення прийнятого сигналу та форми його представлення.

2.2. Аналіз сигналу на основі вейвлет-перетворення та Фур'є перетворення.

Для створення радіолокаційних портретів які ми розглянули вище, потрібно використовувати перетворення[14].

Вейвлет – перетворення сигналу яким є узагальненим спектральним аналізом, представник якого є класичне перетворення Фур'є. Вейвлет перетворення розглядають аналізовані часові функції в межах коливань, локалізованих по часу та частоті. Як правило, вейвлет-перетворення(WT) поділяють на дискретне(DWT) та неперервне(CWT).

DWT використовують для перетворення і кодування сигналу, CWT – для аналізу сигналу. У наш час, нерідко коли вейвлет-перетворення

використовують замість звичайного перетворення Фур'є. Це спостерігається у багатьох областях, включаючи молекулярну динаміку, квантову механіку, загальну обробку сигналів.

Теорія вейвлет не є фундаментальною теорією, но вона дає змогу зручний та ефективний інструмент для рішення багатьох практичних задач. Основною областю застосування – є аналіз та обробка сигналів і функцій. У порівнянні з розкладанням сигналів на ряди Фур'є, вейвлеті здатні з більш високою точністю представляти локальні особливості сигналів. На відміну від Фур'є, вейвлет перетворення одомірних сигналів забезпечує двовимірну розгортку, при цьому частота і координата розглядається як незалежна змінна, що дає можливість аналізувати сигнал одразу у двох просторах.

Вейвлет перетворення сигналу – це його уявлення у вигляді узагальненого ряду чи інтегралу Фур'є по системі базисних функцій, отриманих із вейвлету(2.1) [14]:

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.1)$$

Де $\psi(t)$ - материнський вейвлет, b – зсув по часу, a – зміна часового масштабу.

На рис.2.5. його зображення у часовому та частотному діапазоні.

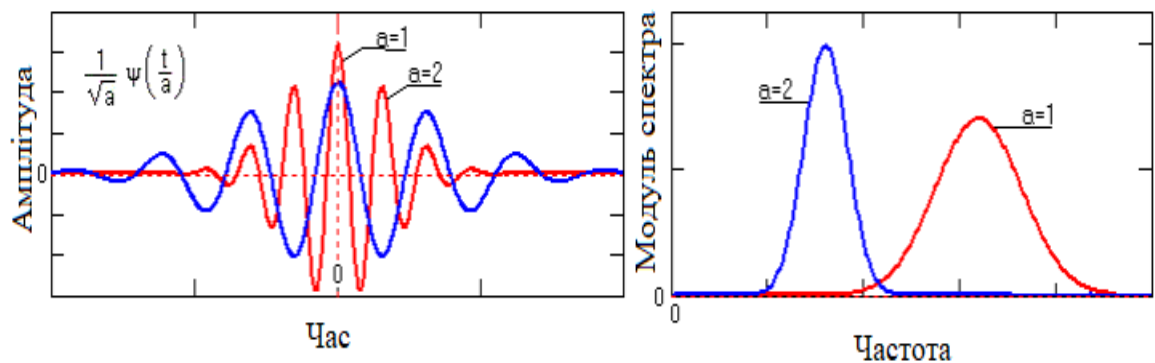


Рис.2.5. Вейвлет функції у двох масштабах.

Множник $1/\sqrt{a}$ забезпечує незалежність норми цих функцій від масштабованого числа a . Для заданих значень параметрів a і b функція $\psi_{ab}(t)$ і є вейвлет.

Спектральний уявлення вейвлет аналогічно завданню вікну у віконному перетворенні Фур'є. Але властивість вікна (його ширина та переміщення по частоті) відноситься самим вейвлетам. Це є адаптацією до сигналу, уявленим сукупністю вейвлетів.

Недоліком вейвлет перетворення є їх складність.

Пряме та зворотне неперервне вейвлет перетворення визначається по формулам (2.2) і (2.3):

$$W_s(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (2.2)$$

$$s(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_s(a, b) \psi_{ab}(t) \frac{da db}{a^2} \quad (2.3)$$

де C_ψ - нормуючий коефіцієнт, який визначається по формулі (2.4):

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty \quad (2.4)$$

де $\Psi(\omega)$ - це Фур'є перетворення вейвлета $\psi(t)$, на рис 2.6. зображено модельний сигнал і спектру неперервного вейвлет перетворення

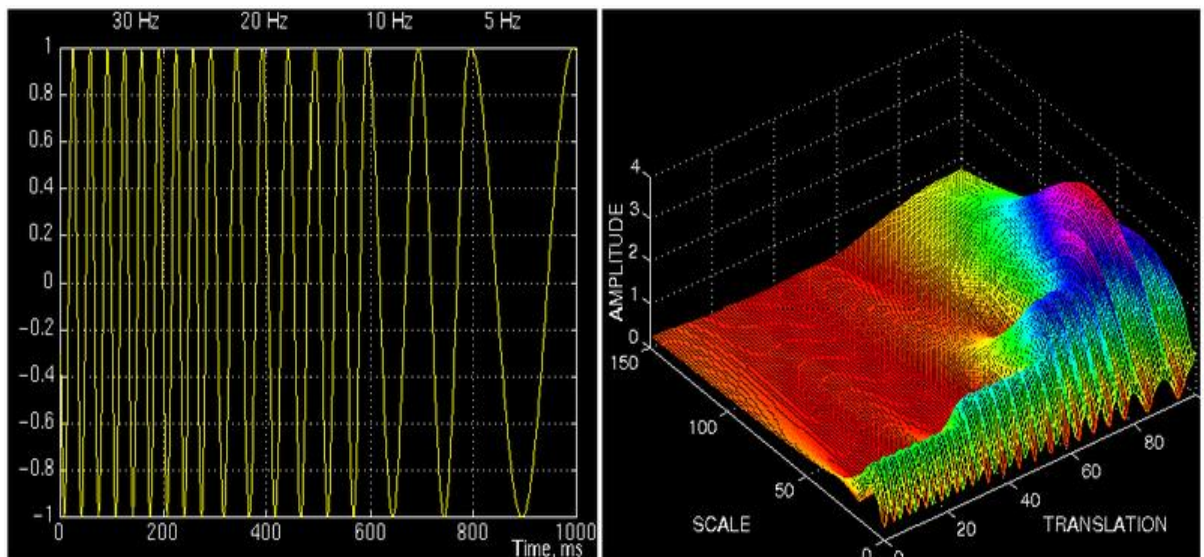


Рис.2.6. Неперервного вейвлет перетворення модельного сигналу та спектру

Недоліки та переваги вейвлет-аналізу:

- Появлення інтерференцій, які можуть бути помилково прийняті за частотну модуляцію
- Проблема вибору базису.
- Вейвлет перетворення мають практично усі переваги перетворення Фур'є
- Вейвлет базиси можуть бути добре локалізовані як по частоті та і по часу.

Ортогональні поліноми і узагальнений ряд Фур'є. Перетворення Фур'є.

Два полінома, задані на інтервалі $[a,b]$, є ортогональними, якщо виконується умова (2.5):

$$\int_a^b p(x)q(x) dx = 0 \quad (2.5)$$

Безліч поліномів $p_n(x)$, $n = 0, 1, 2, \dots$, де n – степінь полінома $p_n(x)$, утворюють систему ортогональних поліномів, якщо виконується умова(2.6):

$$\int_a^b p_m(x)p_n(x) dx = c_n \delta_{mn} \quad (2.6)$$

Узагальненим рядом Фур'є для деякої функції називають її розкладення у ряд на основі систем ортогональних поліномів. Будь-яка частина неперервної функції може бути уявлена у вигляді узагальненого ряду Фур'є(2.7):

$$\sum_{n=0}^{\infty} c_n P_n(x) = \begin{cases} f(x) & , \text{якщо } f(x) \text{ неперервна} \\ \frac{f(x-0) + f(x+0)}{2} & , \text{в точці розриву 2-го роду} \end{cases} \quad (2.7)$$

Перетворення Фур'є – це розкладання сигналу у ряд Фур'є по базису простору ортонормованих гармонічних функцій з змінною частоти, яка кратна частоті першої гармоніки.

Розповсюдження такої типу перетворення пояснюється наступним:

- При проходженні через лінійну стаціонарний ланцюг гармонічні коливання не змінюють форми (змінюється тільки амплітуда і фазовий зсув)
- Можливість використання в подальших розрахунків методу комплексних амплітуд.

Пряме перетворення Фур'є (2.8) [19] використовується для перетворення сигналу в частотну область:

$$F \{s(t)\} = \dot{S}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{(-j\omega t)} dt = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) [\cos(\omega t) - i \sin(\omega t)] dt \quad (2.8)$$

Зворотне перетворення Фур'є (2.9) виконує операцію перетворення сигналу із частотного в часову область:

$$F \left\{ \dot{S}(\omega) \right\} = s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (2.9)$$

де, $s(t)$ – комбінація базисних лінійних функцій (2.10) [20].

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \varphi_n(t) \quad (2.10)$$

де, $\varphi_n(t)$ - ортогональний базис, а C_n - коефіцієнт який знаходиться за формулою (2.11)

$$C_n = \frac{1}{\|\varphi_n\|^2} \int_{t_1}^{t_2} s(t) \varphi_n(t) dt \quad (2.11)$$

Перевагою такого типу спектрального аналізу є його простота і те, що для застосування перетворення існує ефективні обчислювальні процедури типу швидкого перетворення Фур'є. Даний тип перетворення входить до складу усіх пакетів прикладних математичних програм.

Недоліками цього методу є:

- Застосування перетворення Фур'є до аналізу нестационарних процесів має невелику інформативність, вона не може їх аналізувати так як в частотній області проходить «розмивання» особливостей сигналу по всьому частотному діапазоні спектра.
- Перетворення Фур'є відображає глобальні відомості о частоті досліджуваного сигналу та не дає представлення о локальних властивостях сигналу при швидких змінах його спектральної частини, так як спектральні коефіцієнти обчислюють інтегруванням по всьому інтервалу заданого сигналу. Перетворення Фур'є не дає змогу досліджувати довільні моменти часу сигналу.

Частковим вирішенням цієї проблеми є віконе перетворення Фур'є з віконною функцією що рухається по сигналу.

Висновки.

У цій главі було дано визначення радіоелектронної розвідки та її застосування. А саме визначення підходів до підвищення ефективності роботи систем радіоелектронної розвідки, проаналізовано технічні рішення забезпечення ефективності систем радіорозвідки. Наведені приклади, вітчизняної техніки та її характеристики. Дано визначення ідентифікації і її типів.

Також дано визначення підходів для формування спектру електромагнітного випромінювання. А саме вельвет перетворення, визначення та основні формули. Зазначені недоліки та переваги такого типу перетворення.

Дано визначення перетворення Фур'є та записані формули, та визначені переваги та недоліки цього перетворення.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ СПЕКТРАЛЬНОГО ПОРТРЕТУ ДЖЕРЕЛА ЕМІ.

Як було сказано раніше для ідентифікації цілі розробляється її портрет на базі отриманих даних від відбитого сигналу від цілі. Для розроблення цих портретів будемо розробляти спектральний портрет на базі перетворення Гільберта-Хуанга та порівняймо його з перетворенням Фур'є. Метою цього розділу є – порівняння цих перетворень та виведення найкращого з них для створення спектрального портрету.

3.1. Перетворення Гільберта-Хуанга.

Для формування адаптивного базису, які відповідають реальним змінам сигналу у часі, найбільш практичний інтерес представляє точки екстремумів, розривів, порушення монотонності. В 1995 році Н. Хуанг запропонував метод аналізу нелінійних і нестационарних сигналів, який називається «перетворення Гільберта-Хуанга». Це перетворення включає два основні етапи:

- Розкладення сигналу на компоненти, чи декомпозиція на емпіричні моди(ДЕМ).
- Формування по отриманим емпіричним модам (ЕМ) спектра Гільберта.

Основною перевагою ДЕМ є висока адаптивність [15], зв'язано це з тим, що базисні функції, які використовують для розкладення сигналу, конструюються на основі самого сигналу що вивчається, що дозволяє брати на увагу усі його локальні особливості, внутрішню структуру, наявність різних завад. Окрім адаптивності ДЕМ має і інші практичні властивості, до яких відноситься:

- Локальність, тобто можливість урахування локальних особливостей сигналу;
- Ортогональність, забезпечує відновлення сигналу з певною точністю;
- Повнота, гарантуюча кінцевість числа базисних функцій при кінцевій тривалості сигналу.

Емпіричні моди – це багатокomпонентна складова сигналу, але замість постійної амплітуди і частоти, як у звичайній гармонії, вони мають амплітуду що змінюється у часі і частоту. У ЕМ нема суворого аналітичного опису, але вони повинні задовольняти дві умови, гарантуючими певну симетрію та вузькосмуговість базисних функцій [13]:

Загальна кількість екстремумів дорівнює загальній кількості нулів з точністю до одиниці;

Середнє значення двох огинаючих – верхньої, інтерпольованою локальних максимумів, та нижньої, інтерпольованою локальними мінімумами – повинні бути рівні нулю.

Ортогональність базису може бути перевірена скалярним добутком будь-яких пар компонентів IMF. Сума всіх компонентів IMF, включаючи залишок, має реконструювати вхідний сигнал та може використовуватись для визначення помилки декомпозиції. Як правило, найбільші локальні помилки декомпозиції спостерігаються кінцевих ділянках вхідного масиву даних. Для виключення помилок рекомендується задавати інтервали початкових і кінцевих умов, а сигнал цих інтервалах формувати будь-якої функцією прогнозування, або продовжувати (парно чи непарною) функцією самого сигналу [13].

Н. Хуанг стверджує також, що базис розкладання є єдиним. Але це твердження можна вважати спірним. Емпіричний процес розкладання сигналу через свою адаптивність некерований, принаймні, у цій формі. Навіть монотональні складові багатокomпонентного сигналу при певному впливі

дестабілізуючих факторів (шумів, імпульсних перешкод тощо) та близьких за частотою сусідніх компонентів можуть при декомпозиції «перетікати» на окремих часових інтервалах модові функції сусідніх IMF

Ідея методу ДЕМ полягає у тому, що на кожному рівні декомпозиції сигнал уявляється у вигляді двох компонент. Перша компонента – витягнута емпірична мода, які відповідає за передачу високих частот, відбиваючи локальні особливості і тонкі деталі сигналу. Друга компонента – повільно апроксимуюча мода яка відповідає за передачу низьких частот.

Прикладом ортогональних поліномів для формування спектру(3.1),(3.2),(3.3):

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots + \frac{(-1)^{n-1} \cdot x^{2n-1}}{(2n-1)!} + \dots, \quad (3.1)$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots + \frac{(-1)^{n-1} \cdot x^{2n-2}}{(2n-2)!} + \dots, \quad (3.2)$$

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots, \quad (3.3)$$

Залишок, далі розкладається, якщо в нього є хоч один екстремум кожного типу. На рис.3.1. показано спрощену схему алгоритму декомпозиції сигналу.

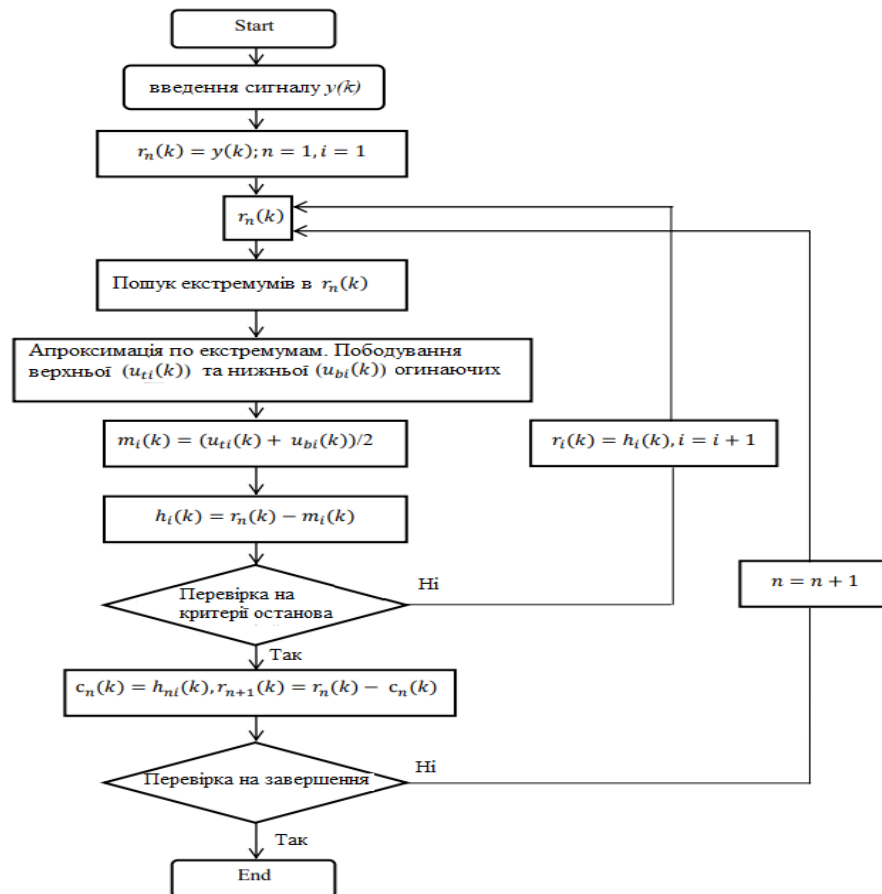


Рис.3.1. Схема алгоритму декомпозиції сигналу.

Декомпозиція по емпіричним модам достатньо проста в реалізації, та вимагає порівняно невелику кількість об'єму вираховування і виконує наступні дії [15]:

- Визначення локальних екстремумів (максимумів і мінімумів) вхідного сигналу $y(k)$;
- Вираховування верхньої огинаючої по знайденим локальним максимумів та нижньої огинаючої по локальним мінімумів;
- Вираховування середнього значення огинаючих.
- Отримання приближення до ЕМ.
- Повторення минулих дій і отримання нових приближень та нових локальних трендів. Ітерація продовжується до тих пір поки приближення не стануть задовольняти умові зупинення(поріг по середньоквадратичному різності між двома результатами

послідовних операцій приближення). При виконнанні умови ітерація зупиняється та рахує приближення ЕМ.

- Розрахунок залишку – різниця між сигналом і ЕМ.

Уся процедура зупиняється коли в реалізації залишається мало екстремумів. В результаті декомпозиція із сигналу $f(k)$ витягується кінцева кількість ЕМ і залишок який представляє собою або постійну величину, або повільно змінючий тренд у подальшому розкладенню не підлягає, оскільки відсутні екстремуми, які використовуються при конструюванні огибаючих.

На другому етапі перетворення Гільбера-Хуанга при отриманні ЕМ формується частотно-часове уявлення сигналу – перетворення Гільберта(3.4) [18] .

$$H[c_i(t)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{c_i(\tau)}{t - \tau} d\tau \quad (3.4)$$

Де, c_i - є емпірична мода.

Так як $c_i(t)$ і $H[c_i(t)]$ утворюються комплексно-спряжену пару аналітичного сигналу $z_i(t)$, його можна представити у вигляді(3.5):

$$z_i(t) = c_i(t) + jH[c_i(t)] = A_i(t) * e^{j\phi(t)} \quad (3.5)$$

Амплітуду сигналу можна уявити у вигляді(3.6):

$$A(t) = \sqrt{c_i^2 + H^2[c_i(t)]} \quad (3.6)$$

Фаза сигналу визначають за формулою(3.7):

$$A(t) = \sqrt{c_i^2 + H^2[c_i(t)]} \quad (3.7)$$

Миттєва частота може бути визначена як(3.8):

$$f_i(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi(t)}{dt} \quad (3.8)$$

Для кожного ЕМ розраховується миттєва частота за допомогою перетворення Гільберта, потім миттєві частоти нормуються і наносять на діаграму. Спектр Гільберта дозволяє визначити наявність і характер амплітудних і частотних модуляцій в сигналі, ідентифікує часові і частотні діапазони концентрації енергії.

Подібні діаграми можна побудувати і на основі інших частотно-часових перетворень, но використання адаптивного базису, сконцентрованого на основі досліджуваного сигналу, дозволяє на більш точні результати при подальшому аналізі.

3.2. Розробка загального алгоритму порівняння двох спектральних портретів сигналу

Для порівняння візьмемо такі перетворення які були розглянуті в цій дипломній дисертації, а саме:

- Перетворення Фур'є;
- Перетворення Гільберта-Хуанга;

Загальний вигляд алгоритму виконання порівняння зображено на рис.3.2.

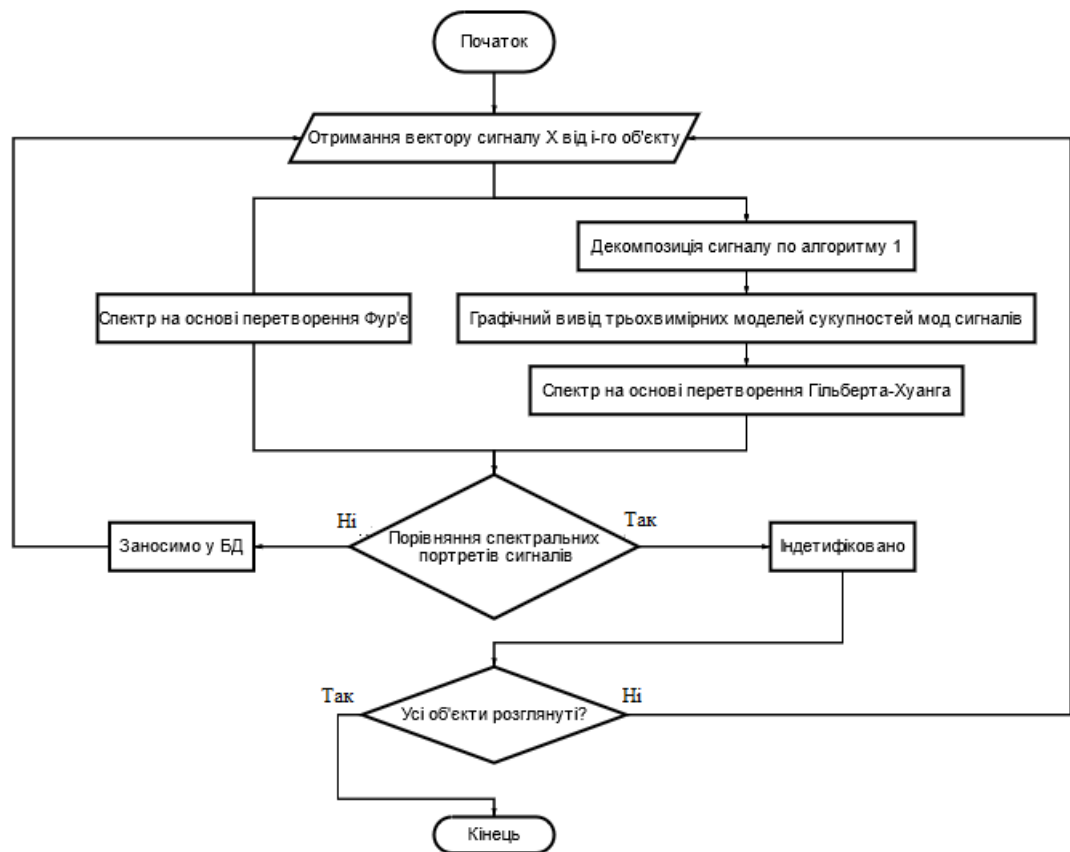


Рис.3.2. Загальна схема порівняння спектральних портретів.

В загальній схемі на вхід поступає сигнал який оброблюється і паралельно виконується дві операції для отримання спектру. Для отримання перетворення Гільберта-Хунга використовується алгоритм ДЕМ, для отримання емпіричних мод, після цього застосовується перетворення Гільберта. Більш детально з алгоритмом ДЕМ можна ознайомитись на рис.3.1. Після виконання процесу, ми отримаємо два спектральних портрета. Один за перетворенням Фур'є, інший за перетворення Гільберта-Хуанга. Після цього, виконується перевірка даних з базою даних для отримання підтвердження про ідентифікацію, якщо об'єкт не є у БД, то він записується у БД та повертається у початок. Після отримання підтвердження, останнім етапом є підтвердження чи є ще сигнали. Якщо більше немає, то алгоритм завершує роботу.

Основною роботою є порівняння двох перетворень, та знайдення більш доцільного для ідентифікації зображення.

3.3. Порівняльний аналіз різних методів спектральних портретів.

В роботі були розглянуті такі методи аналізу, як ШПФ та перетворення Гільберта-Хуанга. Ці перетворення були промодельовані у програмному середовищі MATLAB.

Одним із критеріїв порівняння є використовуваний в аналізі базис розкладення. У цьому питанні перетворення Гільберта-Хуанга виграє, так як не вимагає будь-яких допоміжних налаштувань параметрів, а також в даному методі не потребується обирати базисні функції. Отже, перетворення Гільберта-Хуанга є більш простішим. Но якщо не можна змінювати параметри, отже не можна і вдосконалювати характеристики метода. Цей недолік відсутній у ШПФ.

Важливою перевагою перетворення Гільберта-Хуанга є відсутність віконної обробки, що не вносить додаткові спотворення у сигнал, на від мінну від ШПФ, котрий використовує вікна.

Для прикладу розглянемо дію перетворення Гільберта-Хуанга та порівняємо його з ШПФ. На рис.3.3. зображено перший досліджуваний сигнал.

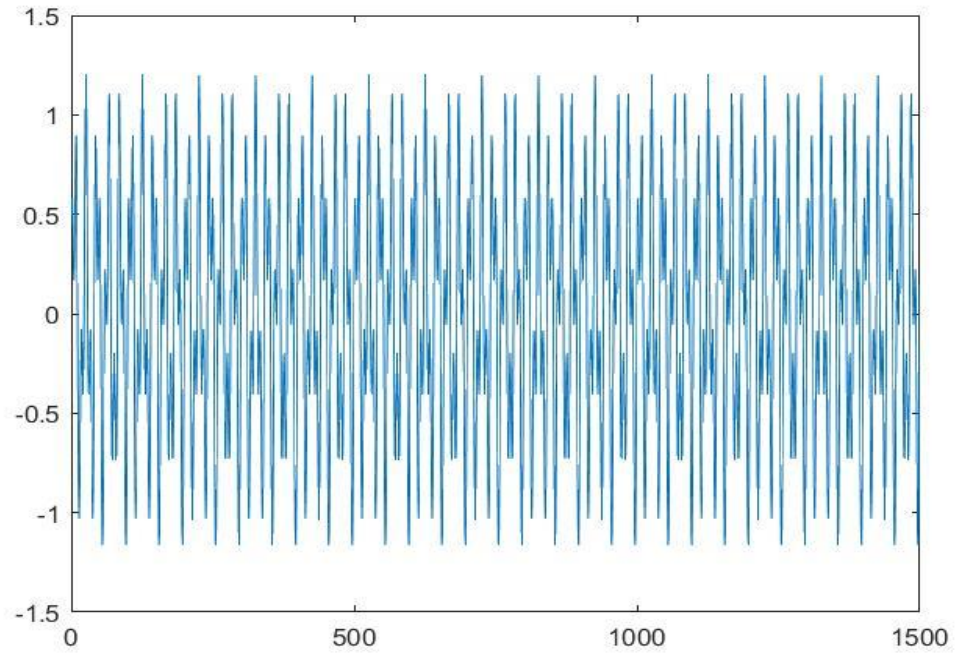


Рис.3.3. Досліджуваний сигнал №1.

ЕМД цього сигналу зображено на рис 3.4.

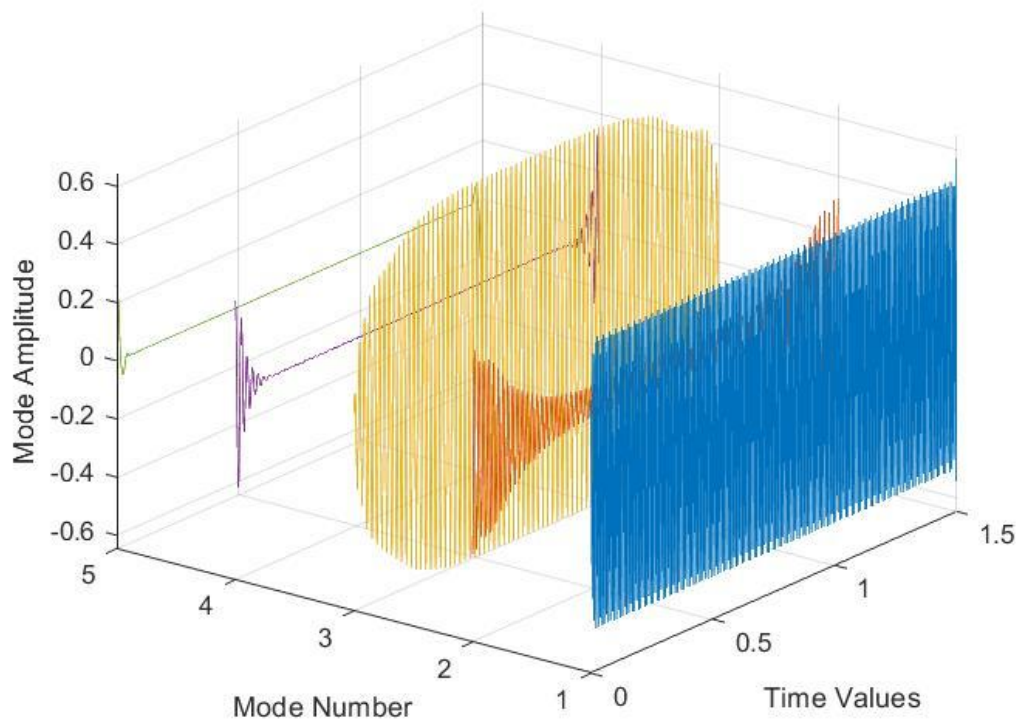


Рис.3.5. ДЕМ сигналу

Та роздивимося перетворення Фур'є та перетворення Гільберта-Хуанга на рис.3.6.

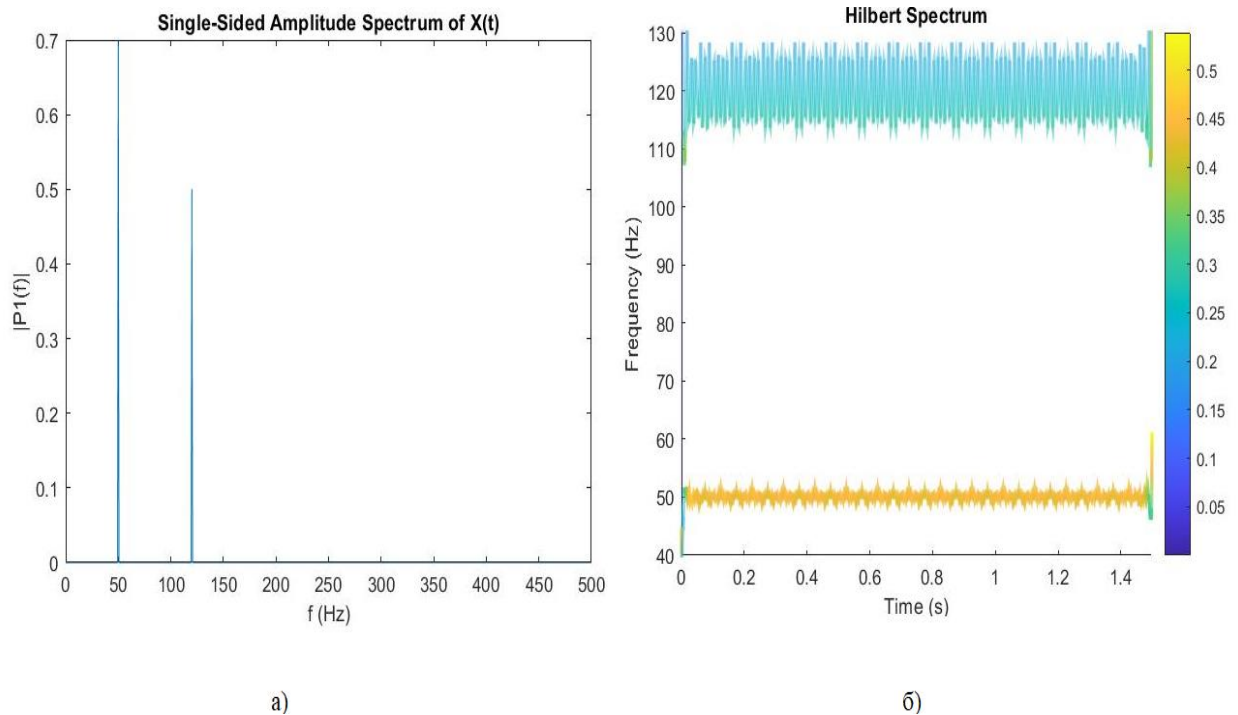


Рис.3.6. а) Перетворення Фур'є, б) перетворення Гільберта-Хуанга

На рисунку чітко зображені дві «робочі» частоти а саме 120 Гц та 50 Гц. Перетворення Гільберта-Хуанга, рис.3.6.(б), зображено відліки, частота та амплітуда. Плюсом перетворення Гільберта-Хуанга є спостерігати спектр у 3 «осях», що не дозволяє перетворення Фур'є. Якщо аналізувати рис.3.6. в цілому то інформацію про сигнал що надає пертвоєрння. Фур'є, передає і перетворення Гільберта-Хуанга.

Розглянемо інший приклад виконання цих перетворень. На рис.3.7. зображено інший досліджуваний сигнал.

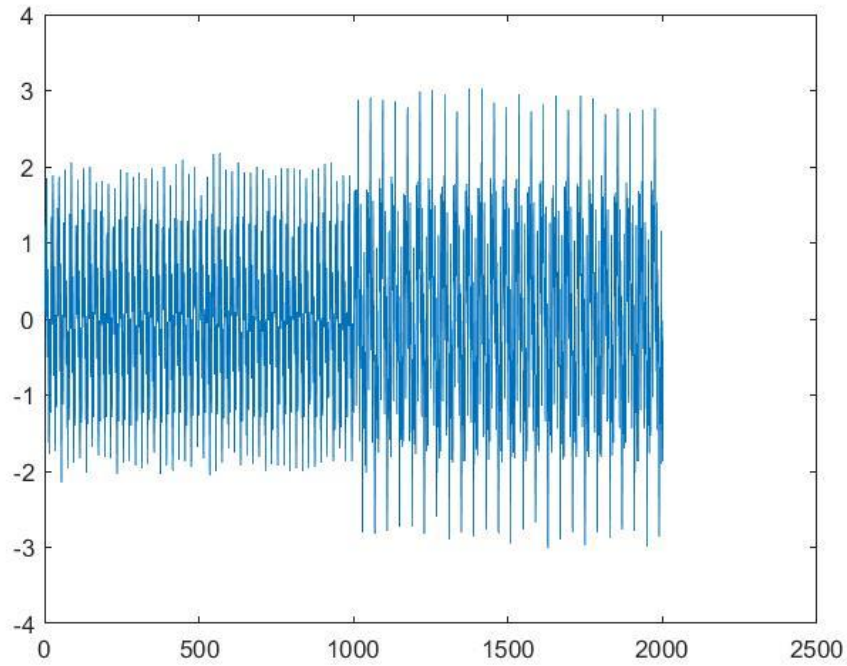


Рис.3.7. Досліджуваний сигнал №2

ЕМД цього сигналу зображено на рис 3.8.

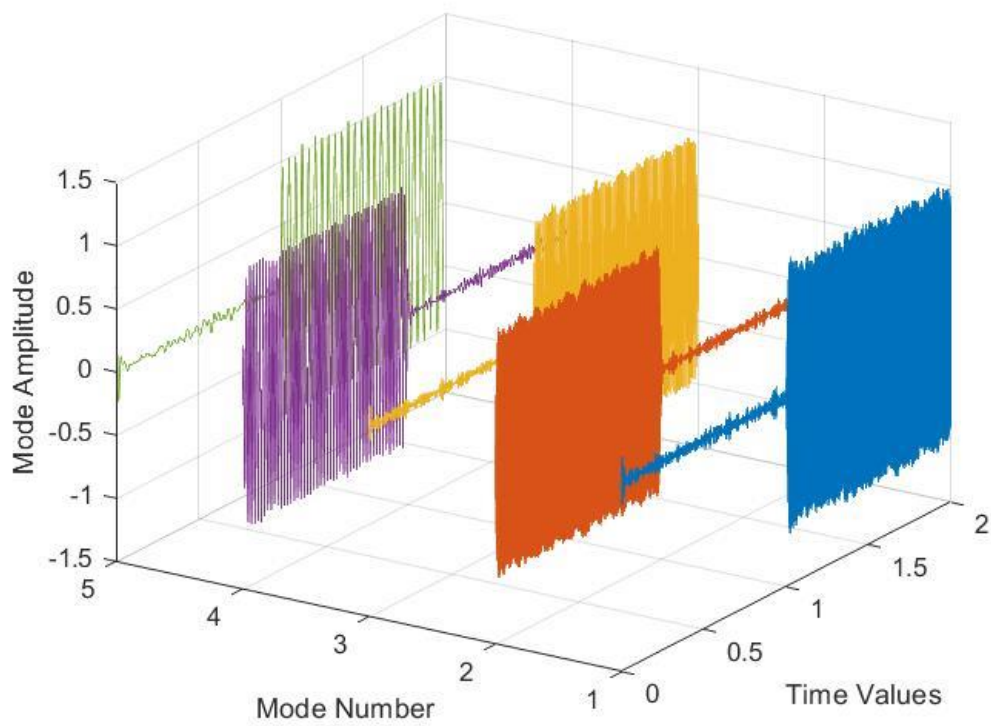


Рис.3.8. ДЕМ сигналу №2.

Та роздивимося перетворення Фур'є та перетворення Гільберта-Хуанга на рис.3.9.

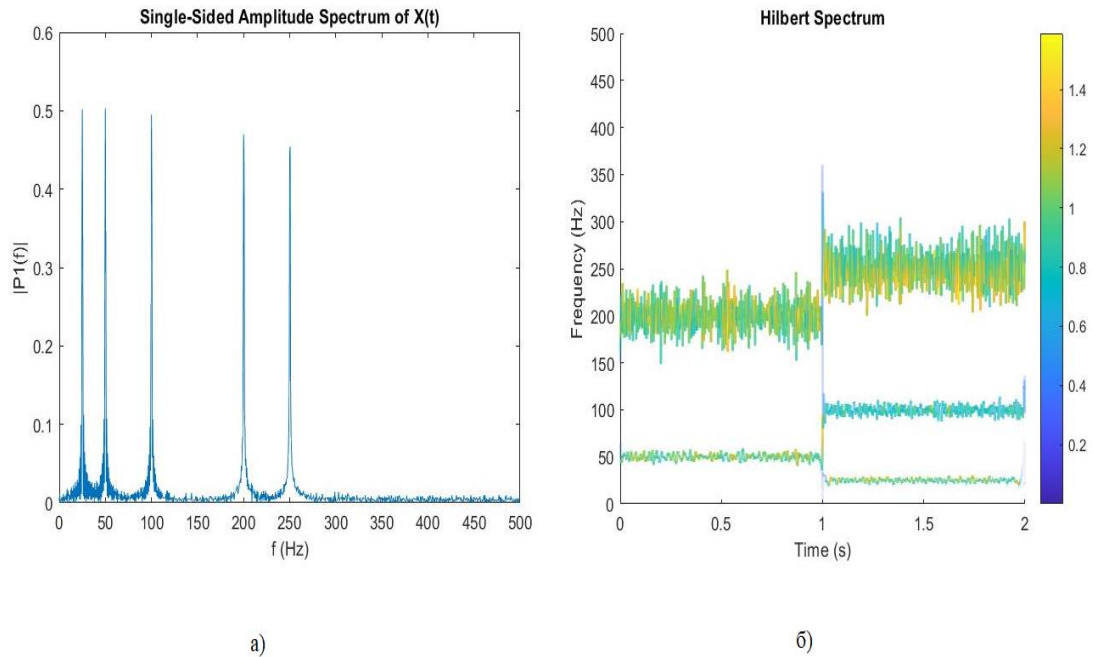


Рис.3.9. а) Перетворення Фур'є, б) перетворення Гільберта-Хуанга сигналу №2

На рис.3.9. можна спостерігати за зображенням п'яти «робочих» частот, а саме 25, 50, 100, 200, 250 Гц. На обох зображень, ці частоти відображаються. Але є і недолік, а саме розподілення Амплітуди, можна побачити що вони різні.

А тепер розглянемо останній приклад, а саме ЛЧМ сигнал, що зображено на рис.3.10.

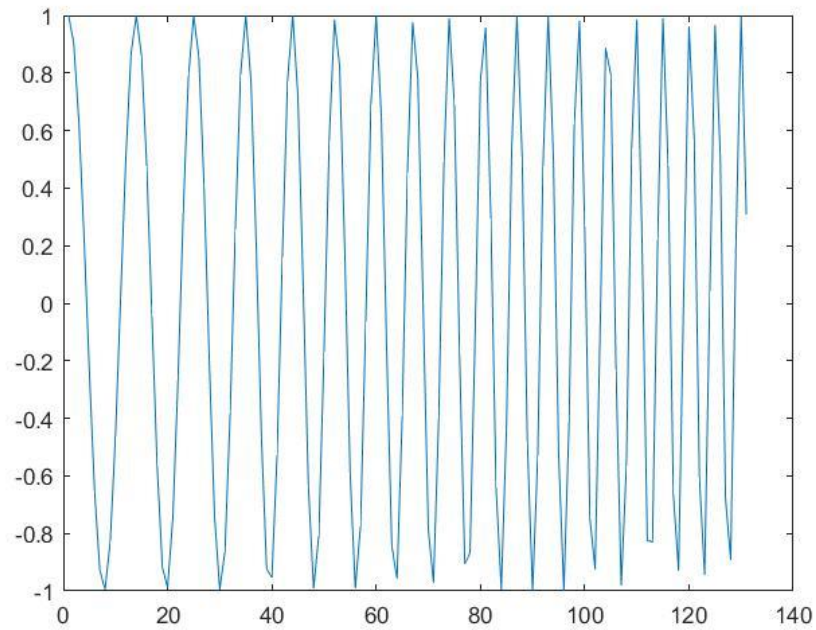


Рис.3.10. ЛЧМ сигнал.

ЕМД ЛЧМ сигналу зображено на рис 3.11.

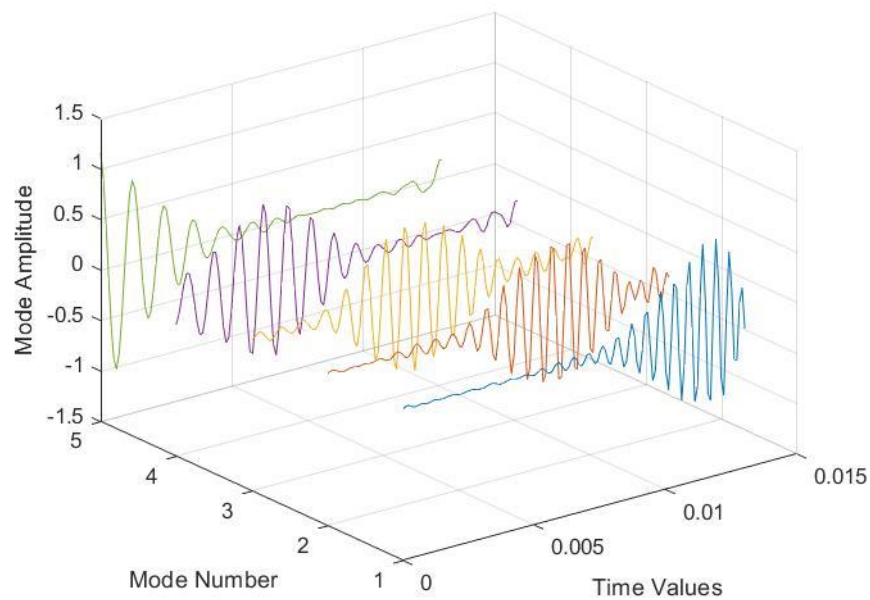


Рис.3.11. ДЕМ ЛЧМ сигналу.

Та роздивимося перетворення Фур'є та перетворення Гільберта-Хуанга на рис.3.12.

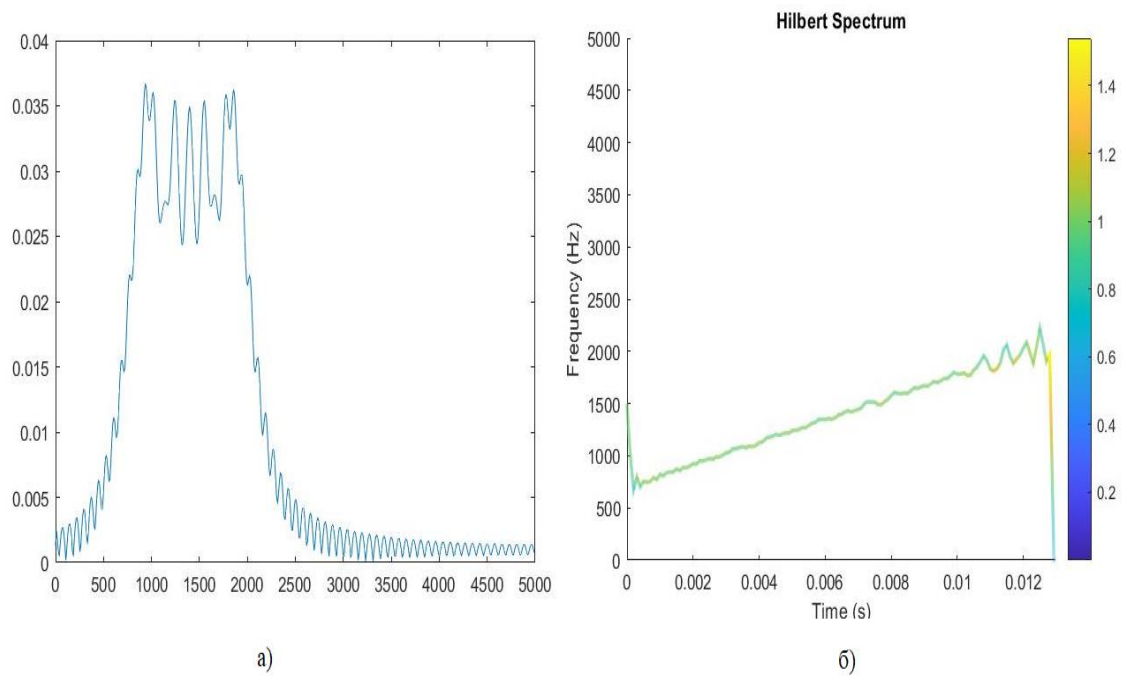


Рис.3.12. а) Перетворення Фур’є, б) перетворення Гільберта-Хуанга ЛЧМ сигналу

Особливістю перетворення Гільберта-Хуанга є те що, це перетворення має змогу наглядно показати постійне зростання частоти ЛЧМ сигналу, що не можна спостерігати у перетворенні Фур’є.

А тепер порівняльна таблиця між цими двома перетвореннями табл.3.1.

Табл.3.1. Порівняння перетворень.

Перетворення	Фур’є	Гільберт-Хуанг
Базис	Апріорі	Адаптивна
Частота	Згортка; глобальна, невизначеність	Диференціація; локальна, достовірна
Презентація	Енергія-частота	Енергія-час-частота
Нелінійна	ні	так
Нестаціонарна	ні	так
Вилучення ознак	ні	так
Теоретична база	Теорія завершена	Емпірична

Висновки

Отже, у цій главі було розглянуто більш детально перетворення Гільберта-Хуанга. Надано алгоритм для розкладання на емпіричні моди, ДЕМ.

Розглянуто та надано алгоритм для порівняння спектральних портретів. Розглянуті приклади спектральних портретів різних сигналів, а також ДЕМ. Зроблені висновки щодо перетворень, та визначені як недоліки так і переваги перетворення Гільберта-Хуанга, у порівнянні з перетворенням Фур'є. Було визначено що процес є менш затратним ніж перетворення Фур'є. На відміну від більшості класичних підходів цифрової обробки сигналів, перетворення Гільберта-Хуанга формується із самих даних. Треба відмити що це перетворення може бути використано для аналізу вібраційних сигналів різної природи. Також, перетворення Гільберта-Хуанга має гарний дозвіл за частотою і часом. Після, всього було складена таблиця із порівнянням обох перетворень.

ГЛАВА 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

Мета розділу — проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

Опис ідеї проекту

Основна ідея проекту та напрямки застосування наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Ідея проекту	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Розроблення алгоритму цифрової обробки радіолокаційних сигналів на основі ортогональних полівномів	Системи безпеки та ідентифікації	Краща якість ідентифікації об'єктів
		Отримання більш чіткішої інформації

Якість та швидкість оброблення сигналів(інформації) є важливою частиною у нашому світі.

Особливістю алгоритму є те що якість та швидкість отриманих даних після обробленням цього алгоритму є кращим.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Щоб проаналізувати потенційні техніко-економічні переваги ідеї скористаємося моделлю М.Портера, яка вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції.

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 3			
1	Розмір капіталовкладень	Невеликі	Великі	Великі	+		
2	Точність	Висока	Помірна	Помірна			+
3	Швидкодія	Висока	Низька	Помірна		+	
4	Контроль якості	Поки що немає відповідного контролю	Високий	Високий	+		
5	Постійні витрати	Низькі	Дуже високі	Високі			+
6	Переваги у затратах виробництва	Низькі	Високі	Високі			+

Технологічний аудит ідеї проекту

Необхідно проаналізувати аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових табл. 4.3

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/ п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Алгоритм цифрової обробки сигналів на основі ортогональних поліномів	Перетворення Фур'є	Наявна	Так
2		Перетворення Гільберта-Хуанга	Наявна	Так
3				
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Застосування розробленого алгоритму				

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В межах даного підрозділу проводиться визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Визначення цих можливостей дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Аналіз попиту проводиться в табл. 4.4

Таблиця 4.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	невідомо
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідні ліцензії, дозволи
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідно дотримуватись якості продукції
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Невідомо

Попит є, оскільки ринок систем безпеки потребує покращення якості та швидкості отримання даних. Використовуватися може у будь-якій промисловості. Прикладом може буде безпека території, або радіолокації. Адже, алгоритм дозволяє покращити засоби ідентифікування та отримати більш кращі результати.

Визначення потенційних клієнтів

Цільовою групою по збуту готової продукції будуть заводи, склади, закриті території, військові. Характеристика потенційних клієнтів наведена в табл. 4.5

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
----------	--------------------------	--	---	-----------------------------

1	Якісна система ідентифікування об'єкта	Будівельні заводи Склади Приватні підприємці	Якість продукції, об'єми продукції,	Продукція має відповідати нормам, Компанія-постачальник повинна представити дозволи та ліцензію на виробництво
---	--	--	-------------------------------------	--

Аналіз ринкового середовища

Для аналізу скористаємося даними представленими в табл. 4.6-4.7

Таблиця 4.6- Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Якість сировини	Датчики та мітки не відповідатимуть заявленим вимогам та характеристикам	Додаткова перевірка сировини
2	Оборот сировини	Якщо не буде достатньої кількості сировини, то прибутковість зменшиться	Знаходження нових постачальників,

3	Не відповідність нормам	Продукція може бути нижчої якості ніж у конкурентів, що призведе до не конкурентноспроможності	Проведення досліджень і виявлення причини
---	-------------------------	--	---

Таблиця 4.7 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Більша якість обробок сигналу	Покращення технології, що призведе до збільшення якості та ефективності	Дослідження і вдосконалення цього алгоритму

Аналіз сильних та слабких сторін

Для аналізу сильних та слабких сторін системи потрібно провести SWOT-аналіз, що показує, які потенційні можливості матиме система. Аналіз проведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 — SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Легка у виготовленні, більш якісна, можливість ідентифікування цілей на відстані.	Слабкі сторони: Розмір капіталовкладень Невідома компанія
Можливості: Розширення функціоналу Нові технології	Загрози: Не відповідність нормам Не стабільність системи

Збільшення конкуренції призводить до зниження цінності продукту, що негативно може відобразитись на малих підприємствах, таких як наш проект. Низькі витрати на виробництво дозволяють отримати максимальний прибуток. Для поширення продукту він повинен володіти рядом факторів, які відрізняють його від існуючого конкурента. З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що немає потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту. Розробимо три-рівневу маркетингову модель товару з метою уточнення ідеї продукту, його фізичних складових, особливостей його надання табл. 4.9.

Таблиця 4.9—Три-рівнева маркетингова модель

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Нові способи відтворення результатів.
	Зниження вартості більш точного виміру відстані
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо
	Пакування
III. Товар із підкріпленням	Марка: назва організації-розробника + назва товару
	До продажу — рівень розробки
	Після продажу — система із розробленим алгоритмом
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Захист інтелектуальної власності	

Висновки до розділу

Даний алгоритм має змогу отримання більш якісної та швидкої інформації про об'єкт за допомогою радіолокації, але є і ряд факторів, які негативно можуть вплинути на вихід на ринок. Компанії які можуть витіснити бізнес більш менший ніж вони. Спроможність запропонованого алгоритму дозволяє показувати кращі характеристики, ніж конкуренти, а отже можливе подальше зростання бізнесу і залучення нових інвесторів.

ВИСНОВКИ

Розглянуто методи побудови систем виявлення ЕМВ (радіоелектронна розвідка)

Записані теоретичні основи розробки систем моніторингу ЕМ (пасивна радіолокація)

Визначені підходи до підвищення ефективності роботи систем радіоелектронного моніторингу.

Проаналізовано технічні рішення забезпечення високої ефективності системи радіоелектронної розвідки та підвищення чутливості приймача та застосування ЦОС

Було досліджені підходи до формування спектрального портрету джерела електромагнітного випромінювання (Фур'є перетворення, вейвлет-перетворення)

В даній магістерській дисертації було розроблено алгоритм цифрових сигналів на основі ортогональних поліномів.

На першому етапі роботи було розглянуті загальні визначення радіолокації, застосування їх. Проаналізовано загальне положення радіоелектронної розвідки, в чому полягає її сенс та використання її у житті. Наведені приклади застосування приладів радіолокації та визначенні їх характеристики. В третьому етапі було наведено декілька прикладів реалізації спектрів, та визначенні їх сильні та слабкі сторони. Також була проведена демонстрація спектрів при використанні цих реалізацій.

Основною роботою було розглянуто два перетворення, для визначення недоліків та переваг методів та визначення найкращого для застосування у системи радіо ідентифікації.

Дано визначення перетворенню Гільберта-Хуанга, отримання спектрального портрету за допомогою цього перетворення, та було проведено аналіз цих портретів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИНАЛЬ

1. Радиомониторинг и распознавание радиоизлучений: учебное пособие для вузов. / [О. Ю. Перфилов, Д. Н. Киселев]- Москва: Горячая линия - Телеком, 2015. - 90 с.
2. Теоретические основы радиолокации / [Коростелев А. А., Ключев Н. Ф, Мельник Ю. А.]. — М., Советское радио, 1978.
3. Справочник по радиолокации / [Сколник М.И..] — М., 2014. — 1352 с.
4. Теорія радіолокаційних систем: підручник / [Б. Ф. Бондаренко, В. В. Вишнівський, В. П. Долгушин та ін.]; за заг. ред. С. В. Ленкова ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. — 2-ге вид., доп. — К.: ВПЦ «Київ. ун-т», 2011. — 384 с
5. Основи теорії радіотехнічних систем: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Радіотехніка» / [М. М. Сумик]; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л. : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2005.
6. Радіoeлектронна розвідка [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Радіoeлектронна_розвідка
7. Українську систему радіорозвідки «пластун» РП-3000 представлено на IDEX-2019 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://opk.com.ua/українську-систему-радіорозвідки-п/>
8. Радіoeлектронна розвідка Збройних Сил України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mil.in.ua/uk/articles/137316/>
9. Хортиця-М. Мобільний комплекс радіорозвідки [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://infozahyst.com/product/khorthytsia-m-ua/>
10. Радиомоніторинг та радіопротидія на об'єктах інформаційної діяльності / [Брайловський В.В., Гресь О.В., Косован Г.В.]; Чернівецький національний університет імені Юрія Дедьковича. — 2016. — 125 с

11. Спектральный анализ Гильберта при исследовании частотно-временных характеристик пульсограмм / [В.В. Боронев, В.Д. Омпоков.]
12. Возможности преобразования Гильберта-Хуанга в задаче выделения мод сигнала. / [В.Д. Омпоков, В.В. Бороноев.]
13. Подавление помех в электрокардиосигналах на основе разложения по эмпирическим модам / [Л.Ю. Кривоногов, А.Ю. Тычков]
14. Анализ сигналов на основе вейвлет-преобразований [Электронный ресурс]. Режим доступа:
https://ru.bmstu.wiki/Анализ_сигналов_на_основе_вейвлет-преобразования/
15. Принцип преобразования Гильберта-Хуанга (Гильберта-Хуанга), временной спектр ННТ, маргинальный спектр и реализация MATLAB (2018rb) [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<https://russianblogs.com/article/33631246898/>
16. Преобразование Гильберта-Хуанга [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://mathenglish.ru/hht/davydov1.htm>
17. MATLAB и быстрое преобразование Фурье [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<https://hub.exponenta.ru/post/matlab-i-bystroe-preobrazovanie-fure356>
18. Спектр Гильберта – Hilbert spectrum [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://avtowikia.ru/wiki/Hilbert_spectrum
19. Преобразование Фурье [Электронный ресурс]. Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование_Фурье
20. Ряд Фурье [Электронный ресурс]. Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Ряд_Фурье
21. Ортогональные полиномы и обобщённый ряд Фурье [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.math24.ru/ортогональные-полиномы.html>
22. Экспресс-анализ сигналов в инженерных задачах / [Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, Б.В. Цыпин, М.Г. Мясникова] – 2016 – 174

23. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / [Блейхут Р.] / Перевод с англ. – М.: Мир, 1989. – 448 с
24. Радіочастота [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Радіочастота>