

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Синфазний засіб детектування радіосигналів в завадних
телекомунікаціях

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РРм-61
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Ремез А.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Дунець В.Л. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Дедів Л.Є. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ремезу Андрію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Синфазний засіб детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від « 06 » грудня 2022 року № 4/7-989

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: Процес синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях. Предмет дослідження: Метод та засіб синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Актуальність роботи

2. Математична модель радіосигналів в в завадних телекомунікаціях

3. Синфазний метод детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

4. Алгоритм синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

5. Програмний засіб синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

6. Результати синфазного детектування радіосигналів

7. Наукова новизна

8. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та			
безпека в надзвичайних			
ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 06.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Ремез А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Синфазний засіб детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях» // Кваліфікаційна робота // Ремез Андрій Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РРм-61 // Тернопіль, 2022 // с. – 74, рис. – 21, табл. – 0, додат. – 4, бібліогр. – 51.

Ключові слова: СИНФАЗНИЙ ЗАСІБ ДЕТЕКТУВАННЯ, РАДІОСИГНАЛИ, ЗАВАДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ.

В роботі реалізовано математичне забезпечення та засіб детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях, які базовані на моделі ПКВП, синфазному методі та інструментарії MATLAB.

На основі математичного забезпечення ПКВП та синфазного методу реалізовано алгоритм детектування корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях через процедуру обчислення компонент спектральних як індикаторів детектування.

Реалізовано синфазний засіб детектування корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях через програмне забезпечення в середовищі MATLAB.

Проведено ряд експериментальних досліджень процесу детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях, які констатували факт працездатності реалізованого синфазного засобу детектування корисної складової радіосигналів.

ANNOTATION

Theme of qualification work: "Synphase device of detecting radiosignals in interfering telecommunications " // Qualification work // Remez Andriy // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RRM-61 // Ternopil, 2022 // p. – 74, fig. – 21, tab. – 0, Add – 4, Ref. – 51.

Key words: SYNPHASE DETECTION DEVICE, RADIOSIGNALS, INTERFERENCE ENVIRONMENT, TELECOMMUNICATIONS.

The work implements mathematical support and a means of detecting radiosignals in interfering telecommunications, which are based on the PCRP model, the synphase method, and the MATLAB toolkit.

Based on the mathematical support of PCRP and the synphase method, an algorithm for detecting useful radiosignals in interfering telecommunications is implemented through the procedure of calculating spectral components as detection indicators.

An synphase means of detecting useful radiosignals in interfering telecommunications using software in the MATLAB environment has been implemented.

A number of experimental studies of the process of detecting radiosignals in interfering telecommunications were carried out, which established the fact that the implemented synphase means of detecting the useful component of radiosignals is functional.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1. Основні причини зниження достовірності детектування радіосигналів.....	10
1.2. Шляхи збільшення якості передавання радіосигналів.....	13
1.3. Методи детектування радіосигналів в телекомунікаційних мережах.....	15
1.3.1. Аналогова та цифрова узгоджена фільтрація радіосигналів.....	16
1.3.2. Компонентне детектування радіосигналів.....	23
1.4. Висновки до розділу 2.....	26
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	27
2.1. Радіосигнали в каналах зв'язку телекомунікацій.....	27
2.2. Модель радіосигналів в завадних телекомунікаціях.....	28
2.3. Синфазний метод детектування радіосигналів.....	31
2.4. Алгоритм детектування радіосигналів.....	34
2.5. Висновки до розділу 3.....	37
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	38
3.1. Блок-схема програмного синфазного засобу детектування радіосигналів.....	38
3.2. Програмна реалізація синфазного засобу детектування радіосигналів.....	40
3.3. Результати синфазного детектування радіосигналів.....	41
3.4. Оцінювання результатів детектування радіосигналів.....	44
3.5. Програмний засіб детектування радіосигналів з інтерфейсом.....	48
3.6. Висновки до розділу 3.....	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
4.1. Охорона праці.....	51
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.3. Висновки до розділу 4.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57

	7
ДОДАТКИ.....	62
ДОДАТОК А. Копія тези конференції.....	63
ДОДАТОК Б. Програмний код синфазної обробки радіосигналу.....	67
ДОДАТОК В. Програмний код детектування радіосигналів.....	68
ДОДАТОК Г. Програмний код засобу детектування радіосигналів із інтерфейсом.....	69

ВСТУП

Актуальність роботи. Процедура ефективного детектування корисної складової радіосигналів у завадних телекомунікаціях є основним завдання попередньої обробки радіосигналів (РС) у сфері телекомунікацій та радіотехніки. Базовими напрацюваннями у цьому напрямку є роботи Котельникова В.А., Рабінера Л., Тихонова В.І., Левіна Б.Р. та інших науковців.

Відомі алгоритми обробки РС для їх детектування корисної складової у завадних телекомунікаціях реалізовані на методах фільтрації ядром яких є математичні моделі видів випадкового стаціонарного процесу та суми корисних сигналів і шуму. Зазначений ряд моделей є ідеалізованими через конструктивне врахування у них тільки випадкових складових без поєднання із періодичною складовою як головної ознаки реальних радіосигналів при різних видах модуляції в телекомунікаціях. У працях Хвостівської Л.В., Хвостівського М.О., Дунця В.Л., Дедів І.Ю. та Коваль Л.М. запропоновано модель РС виду ПКВП для опису таких сигналів у завадних телекомунікаціях. Зазначеними авторами не використано увесь наявний арсенал моделей ПКВП щодо розробки програмного засобу обробки РС, а обмежившись лише компонентним методом при детектуванні РС.

Тому використання усього арсеналу ПКВП для розробки нового програмного засобу обробки РС для їх детектування в завадних телекомунікаціях є актуальною задачею.

Метою дослідження є розробка синфазного засобу детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Завдання дослідження:

1. Здійснити аналітичний аналіз існуючих моделей радіосигналів та методів їх детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.
2. Обґрунтувати модель радіосигналів для їх ефективного детектування в завадних телекомунікаціях.
3. Реалізувати метод/алгоритм детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.
4. Розробити програмний засіб синфазного детектування радіосигналів в

завадних телекомунікаціях.

5. Дослідити процес синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Об'єкт дослідження.

Процес синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Предмет дослідження.

Метод та засіб синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях

Наукова новизна.

Вперше реалізовано програмний засіб детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях на підґрунті моделі виду ПКВП та синфазного методу чим забезпечено розширення показників процесу детектування радіосигналів.

Практичне значення.

Програмний засіб дає змогу дослідити процеси синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях (провідні, безпровідні).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Основні причини зниження достовірності детектування радіосигналів

Корисний інформаційний сигнал у реалізації радіосигналу спотворюється через вплив шумів, перешкод, нестачі у системи зв'язку енергетичного потенціалу, зміни властивостей каналу, багатопроменеві при поширенні сигналу і по ряду інших причин, що чинять впливання на сигнал і на обладнання системи передачі інформації.

Однією з основних причин зниження показника достовірності прийому радіосигналів є зменшення відношення сигналу до (шум+перешкода) на вході приймального пристрою. Інша причина - це спотворення сигналу, через завмирання радіосигналу в каналах зв'язку та міжсимвольної інтерференції.

Ці причини зниження достовірності прийому цифрової інформації призводять до двох різних типів помилок:

- стирання сигналу (пропадання посилок на виході детектора ПЗМ),
- помилковий прийом посилок (прийом замість одиничної послідовності нульової та навпаки).

В свою чергу помилковий прийом посилок поділяють на одиничні (незалежні) та пакетні помилки. При пакетних помилках спотворені кілька послідовностей послань, що йдуть у цифровому потоці.

Різні канали зв'язку характеризуються своїми особливостями, але найбільш складними є багатопроменеві радіоканали зв'язку і зв'язкові канали з мобільними системами. У таких каналах зв'язку, крім ослаблення сигналів при поширенні, через флуктуації параметрів атмосфери, багатопроменевості, зміни кліматичних та погодних умов та інших причин виникають спотворення передавальної функції каналу, звані завмираннями.

Процес замирань багатofакторний та принципово нестаціонарний. Однак експериментальні дослідження показують, що для діапазонів КХ, УКХ та НВЧ у

радіоканалах можна виділити два інтервали локальної стаціонарності передавальної функції $T'_{л.з} < 5$ хв. та $T''_{л.з} < 3$ год. Ці інтервали стали називати інтервалами швидких і повільних замирань передавальної функції радіоканалу і з певним припущенням вважати процеси замирань на таких часових інтервалах стаціонарними.

Передатна функція каналу зв'язку є величиною $H(f, t, R, D, \{\Phi\})$, яка випадково змінюється, і залежить від частоти f , часу спостереження t , протяжності інтервалу зв'язку R , обсягу перевипромінювання сигналу D , затримки сигналу в часі та складного функціоналу $\{\Phi\}$, що сумарно враховує клімат, погоду, що підстилає поверхню на лінії зв'язку та інші параметри каналу зв'язку. Математичний опис передавальної функції та визначення одномірних щільностей розподілу ймовірностей та кореляційних функцій швидких замирань, стаціонарних на інтервалі $T'_{л.з} < 5$ хв. та повільних замирань, стаціонарних на інтервалі $T''_{л.з} < 3$ год..

Флуктуації огиноючої сигналу, що приймаються, викликані повільними завмираннями, всі дослідники описують логарифмічно-нормальним законом розподілу ймовірностей:

$$w(x) = \frac{1}{\sigma_m x \sqrt{2}} \exp\left(-\frac{(\ln x - m_m)^2}{2\sigma_m^2}\right), \quad (1.1)$$

де m_m та σ_m - параметри розподілу.

Присутність в радіоканалах перешкодових сигналів обумовлена як неперервно ускладнюючою електромагнітною ситуацією через неухильне зростання кількості промислових ВЧ електричних пристроїв і радіозасобів різного призначення, так і тим фактом, що приймальні пристрої комплексів телеметрії зазвичай територіально розташовуються поруч з виконавчими пристроями, що мають потужний електропривід, який на малих відстанях є джерелом інтенсивних перешкод.

На рис. 1.1 наведено класифікацію впливів на якість передачі радіосигналів

спотворень і перешкод, що призводять до одиночних і пакетних помилок при прийомі та передачі.

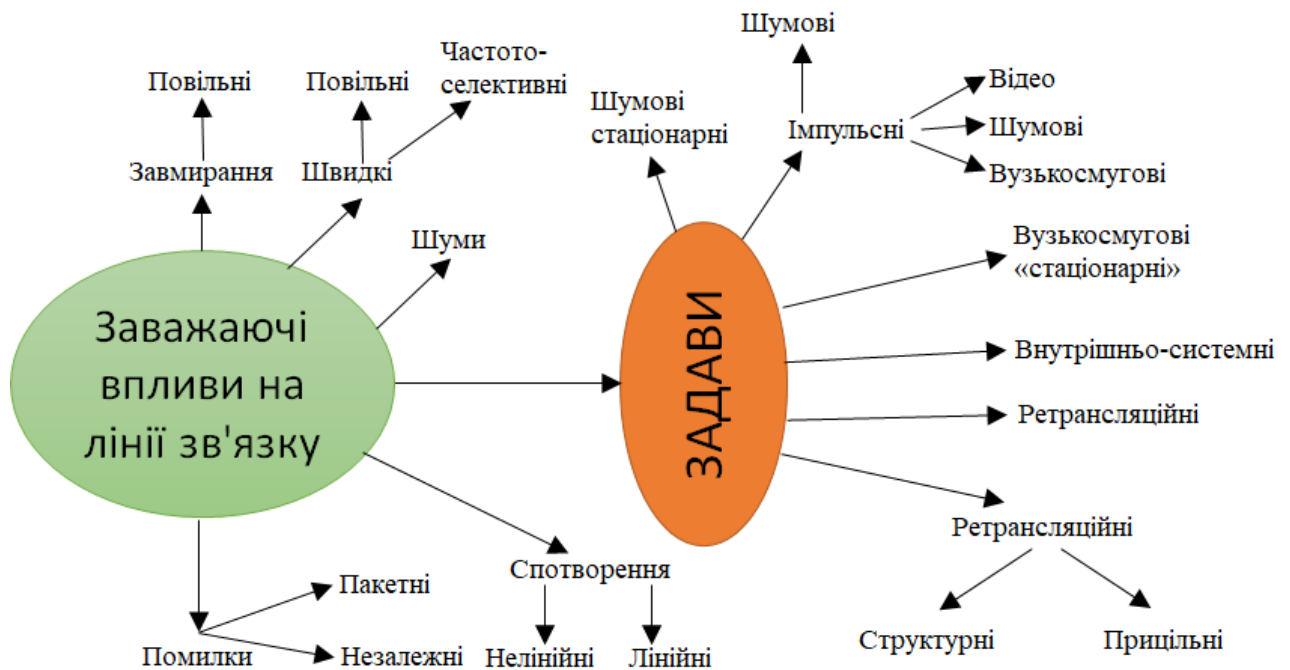


Рис.1.1. Класифікація причин, що викликають одиночні та групові помилки у цифрових телекомунікаційних каналах

В результаті замирань сигналу, перешкод у каналах зв'язку, теплових та перехідних шумів на виході ПЗМ виникають як поодинокі, так і групові помилки. І якщо вхідне відношення сигналу до шуму ПЗМ можливо збільшити, підвищуючи енергопотенціал системи зв'язку, то для протидії негативному впливу перешкодових сигналів цього часто недостатньо і без застосування надлишкових коригувальних кодів у таких випадках не обійтися.

Застосування надлишкових коригувальних кодів технічно та економічно вигідніше [41-43] для телекомунікаційних систем зв'язку порівняно з такими методами як збільшення потужності передавачів, збільшення спрямованості антен або підвищення чутливості приймальних пристроїв. Більшість алгоритмів виправлення помилок вимагає внесення надмірності в цифровий інформаційний потік, і платою за підвищення достовірності передачі стає збільшення смуги пропускання, тобто зниження пропускної спроможності каналу. Застосування ж методів гратчастого кодування, що не вимагають розширення смуги частот,

пов'язане зі значним ускладненням коригувальних алгоритмів і самої кодуючої апаратури [41,13].

1.2. Шляхи збільшення якості передавання радіосигналів

При передаванні радіосигналів по каналах зв'язку корисний сигнал спотворюється через вплив шумів, перешкод, недоліки системи зв'язку енергетичного потенціалу, зміни властивостей каналу, багатопроменевості при поширенні сигналу і по цілій низці інших причин, які чинять вплив на радіосигнал і обладнання системи передачі радіосигналів. Основною проблемою для розробників телекомунікаційних систем є забезпечення високої якості передачі інформаційних потоків з мінімально допустимими спотвореннями за малих витрат енергії, низької вартості обладнання та при використанні у його виробництві простих конструкторських та технологічних рішень.

Критерії якості під час передачі радіосигналів для аналогових і цифрових телекомунікаційних систем різні [41]. Для аналогових систем загальновизнаним критерієм якості приймальної інформації є відношення потужності корисного сигналу до сумарної потужності шуму і перешкодових сигналів. Для цифрових систем основним критерієм якості прийому радіосигналів є можливість бітової помилки. Ці критерії є близьким один до одного, тому що обидва залежать від енергії корисного сигналу і від сукупної потужності заважаючих сигналів.

Тому забезпечення високої якості передачі інформаційних потоків із мінімально допустимими спотвореннями безпосередньо пов'язане із збільшенням енергопотенціалу систем радіозв'язку. Зростання енергопотенціалу систем радіозв'язку дозволяє забезпечити значне збільшення показника зв'язкової дальності. При цьому, наприклад, при стільниковому зв'язку скорочується загальна кількість базових станцій, а для радіорелейних систем скорочується кількість проміжних станцій і відповідно різко знижуються економічні витрати на розширення мереж зв'язку.

Основні напрями підвищення енергопотенціалу систем радіозв'язку можна визначити наступним чином:

- Збільшення потужності радіопередаючих пристроїв,
- Зростання посилення використовуваних антен,
- Підвищення чутливості радіоприймальних пристроїв,
- Застосування методів захисту сигналів від замирань при поширенні,
- Захист інформаційних потоків від перешкодових сигналів.

Збільшення потужності радіопередаючих пристроїв, крім суттєвих витрат на електроенергію, веде до зростання негативного впливу електромагнітного випромінювання на біологічні об'єкти, у тому числі на людину. У різних країнах прийняті стандарти на рівні безпечного для людини електромагнітного випромінювання дуже відрізняються. Це, наприклад, призводить до обмежень вихідної потужності передавачів стільникового зв'язку, розташованих у межах міста до 20 Вт. Відповідно до норм інтенсивність впливу електромагнітного випромінювання на людину незалежно від режиму та часу опромінення не повинна перевищувати гранично допустимі рівні (ГДР). Для діапазону частот нижче 300 МГц визначаються напруженості електричного та магнітного полів, а для діапазону частот вище 300 МГц регламентується густина потоку енергії (ГПЕ) на одиницю площі.

ГДР в діапазоні частот 30...300 МГц відповідно до норм [45] становить $E_{\text{ГДР}}=3\text{В/м}$ для житлових та адміністративних будівель при цілодобовому неперервному опроміненні. У діапазоні частот від 300 МГц до 300 ГГц щільність потоку енергії від систем, що випромінюють електромагнітне поле, згідно норм [45], не повинна перевищувати величини $2 \text{ ГДР ГПЕ } 10\text{мкВт см}$. Ці жорсткі вимоги обмежують можливості значного збільшення енергопотенціалу систем передачі в населених пунктах шляхом збільшення потужності радіопередаючих пристроїв.

Збільшення підсилення використовуваних передачі інформації антен теж має обмеження, оскільки забезпечується в основному за рахунок збільшення розмірів апертур розкриття антен, а зі зростанням маси і габаритів антен зростають витрати на їх виготовлення та встановлення, а також з'являються додаткові проблеми протидії парусності антен. Для мобільних систем передачі цього шлях збільшення енергопотенціалу зовсім не прийнятний.

Збільшення чутливості радіоприймальних пристроїв (РПП) як напрямок збільшення енергопотенціалу систем зв'язку практично вже вичерпало свої можливості, оскільки зростання чутливості РПП обмежено рівнем шуму в каналах передачі інформації та технології побудови підсилювачів малошумливих досягли цих меж.

Захист передаючих сигналів від замирань і перешкод шляхом застосування різних форм рознесеного прийому [46] використовується досить активно, але в основному на магістральних і на радіорелейних лініях передачі інформації, оскільки такий метод захисту від замирань є витратним, оскільки вимагає додаткових комплектів антенного та приймального обладнання.

Обмеження на потужність випромінювання радіопередаючих пристроїв у населених пунктах, прагнення розробників зменшити масу і габарити антенних пристроїв, а також завантаженість радіочастотного спектра висунули на передові позиції щодо забезпечення високої якості інформаційного обміну методи завадостійкого кодування цифрової передаючої інформації.

Застосування завадостійкого кодування передаючої інформації в даний час є найбільш результативним шляхом підвищення достовірності передачі цифрових даних через канали зв'язку і розробники телекомунікаційного обладнання зараз активно застосовують завадостійке кодування інформаційних потоків, що дозволяє корегувати помилки, що утворюються у каналах зв'язку. Питанням дослідження цього напрямку та розвитку методів завадостійкого кодування завжди приділено велику увагу в роботах вчених усього світу, таких як Ю.Б. Зубарєв, В.В. Золотарьов, Е.М. Габідулін, Г.В. Овечкін, Р. Блейхут, Б. Скляр, Д.Ж. Прокіс, I.S. Reed, G. Solomon, A.J. Viterbi, E.R. Berlekamp, R.E. Blahut, S. Lin, D.J. Castello та багатьох інших.

1.3. Методи детектування радіосигналів в телекомунікаційних мережах

1.3.1. Аналогова та цифрова узгоджена фільтрація радіосигналів

Процес вибору узгодженої фільтрації (УФ) при детектуванні забезпечує використання її для вирішення завдання детектування структурно відомих на

при вагомих рівнях шумів, які в сумарному можуть перевищити показник енергії радіосигналу. Під час фільтрації стоїть задача фіксування наявності корисного радіосигналу в загальному потоці даних, при умові його присутності (буває випадок відсутності корисного радіосигналу, а констатується присутність його). При такій задачі збереженість форми радіосигналу не є необхідною. Структура та параметри корисного (відомого) радіосигналу є відомою або згідно статистичних даних, або згідно даних попередніх вимірювань в моделях.

В процесі коректного детектування радіосигналів УФ має забезпечуватися максимум можливої амплітуди сигналу на виході по відношенню до амплітуди шумів у відповідності до критерію \max відношення сигналу до шуму

Аналогова фільтрація

Припустимо, що до входу фільтру лінійного виду при імпульсній його характеристиці або комплексній частотній характеристиці поступає сумований сигнал з детермінованої складової корисного радіосигналу скінченого за тривалістю та стаціонарного шуму (завади) при відомій спектральній щільності:

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad s(t) \neq 0 \text{ при } 0 \leq t \leq T. \quad (1.1)$$

При такому поданні, оптимальний фільтр лінійного виду на своєму виході повинен формувати \max відношення енергетичного піку радіосигналу до шумового середньоквадратичного показника.

Позначено вихідний корисний радіосигнал з фільтру як $\tilde{s}(t)$ та заваду як $n(t)$. Є Відомим те, що коли до входу системи лінійного типу при її комплексній частотній характеристиці $K(j\omega)$ відбувається вплив сигналу $s(t)$ з комплексним спектром:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \exp(-j\omega t) dt, \quad (1.2)$$

тоді спектр комплексного виду радіосигналу на виході системи буде визначено

через добуток $S(j\omega) \cdot K(j\omega)$, а сигнал на виході – через вираз:

$$\tilde{s}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) K(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega, \quad (1.3)$$

Щільність спектральна завадна на фільтровому виході є рівною $S_n(\omega) \cdot |K(j\omega)|^2$, а рівень дисперсії обчислюється з виразу:

$$D = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega) |K(j\omega)|^2 d\omega, \quad (1.4)$$

При врахуванні виразів (1.4) та (1.5) отримано відношення сигналу до шуму за показником потужності на фільтровому виході в конкретний часовий момент t_0 :

$$Q = \frac{|\tilde{s}(t_0)|^2}{D} = \frac{1}{2\pi} \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} S_n(j\omega) K(j\omega) \exp(j\omega t_0) d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega) |K(j\omega)|^2 d\omega}. \quad (1.5)$$

Тут задача спрямована на пошук такої функції $K(j\omega)$ за якої відношення (1.5) в конкретний часовий момент t_0 досягне max. Ця задача розв'язується при застосуванні методу числення варіаційного або при використанні нерівності Шварца-Бундовського. При використанні нерівності записано відношення (1.5) через відношення:

$$\frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\omega) g(\omega) d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} |g(\omega)|^2 d\omega} \leq \int_{-\infty}^{\infty} |f(\omega)|^2 d\omega.$$

Припущено, що

$$f^*(\omega) = S(j\omega)\exp(j\omega t_0)/\sqrt{2\pi S_n(\omega)}, \quad g(\omega) = K(j\omega)\sqrt{S_n(\omega)},$$

тоді

$$Q = \frac{1}{2\pi} \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega)K(j\omega)\exp(j\omega t_0)d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega)|K(j\omega)|^2 d\omega} \leq \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|S(\omega)|^2}{S_n(\omega)} d\omega. \quad (1.6)$$

З отриманого випливає, що \max значення відношення сигналу до шуму буде визначатися з правої частини співвідношення (1.6), а саме:

$$Q = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|S(j\omega)|^2}{S_n(\omega)} d\omega. \quad (1.7)$$

Цього значення буде досягнуто тільки за умови:

$$K(j\omega)\sqrt{S_n(\omega)} = c_0 S^*(j\omega)\exp(-j\omega t_0)/\sqrt{2\pi S_n(\omega)},$$

або

$$K(j\omega) = c_0 [S^*(j\omega)/S_n(\omega)]\exp(-j\omega t_0), \quad (1.8)$$

де t_0 – часовий момент, при якому буде найбільше відношення \max значення радіосигналу до шумового значення середньоквадратичного.

c – постійна;

При врахуванні того, що дисперсія шуму на виході (1.7) не є залежною від часу, тоді t_0 варто вважається рівним часовому моменту, що рівний моменту кінця сигналу $s(t)$ імпульсного виду або інтервалу часового спостереження T . При відомій комплексній частотній характеристиці фільтру оптимального (1.8) за відомим варто можна відзначити характеристику імпульсну. Для виявлення

принципових можливостей реалізації одержаного фільтру оптимального варто здійснити процес перевірки умови фізичних можливостей фільтру. При невиконанні цієї умови варто використати методи фізичної реалізації можливих фільтрів.

Отже, характеристика комплексно-частотна лінійного оптимального фільтру є визначеною з виразу (1.8), а \max відношення сигналу до шуму – виразом (1.7).

При деяких використаннях є необхідним процес отримання на фільтровому виході не \max відношення сигналу до шуму, а величина відношення крутості радіосигналу до шумового значення середньоквадратичного. Тепер в такій ситуації на заміну самого радіосигналу $s(t)$ необхідно розглядати похідну його за часом $s'(t)$.

Варіюючи радіосигнальним спектром $S(j\omega)$ та шуму $S_n(\omega)$ в виразі (1.7) при умов додаткових (на прикладі постійності потужності або енергії радіосигналу та інші), які накладено на систему, відзняти найоптимальнішу спектральну форму радіосигналу (за якої максимізується Q) та найоптимальнішу густину спектральну шуму (за якої мінімізується Q).

Розглянемо частково вигляд оптимального фільтру лінійного типу у випадку, коли завада $n(t)$ є типу БГШ, у вигляді узгодженого лінійного фільтру. По іншому, фільтр узгоджений є лінійним фільтром, який своєму виході формує \max пік відношення сигналу до шуму при отриманні цілком відомого радіосигналу в завадному середовищі з білим гаусівським шумом.

Застосовано вирази (1.7) и (1.8) в даній ситуації, де покладено в них $S_n(\omega) = N/2$. Тоді відношення рівне:

$$Q = \frac{2E}{N_0}, \quad (1.9)$$

$$K_0(j\omega) = cS^*(j\omega)\exp(-j\omega t_0), \quad (1.10)$$

де c – постійна величина, яка відповідає підсиленню фільтру;

E – показник енергії радіосигналу:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega. \quad (1.11)$$

Записано вираз обчислення спектру вхідного радіосигналу та комплексний вид частотної характеристики фільтру через вираз:

$$S(j\omega) = |S(j\omega)| \exp(j\varphi_s(\omega)), \quad K(j\omega) = |K_0(j\omega)| \exp(j\varphi_s(\omega)). \quad (1.12)$$

У випадку фільтру узгодженого з виразу (1.10) отримано вираз АЧХ:

$$|K_0(j\omega)| = k|S(j\omega)|, \quad \varphi(\omega) = -(\varphi_s(\omega) + \omega t_0). \quad (1.13)$$

АЧХ фільтру узгодженого є пропорційною АЧХ вхідного радіосигналу (АЧХ є «узгоджена» зі сигнальним спектром), а ФЧХ рівна сумі ФЧХ спектру радіосигналу протилежного за величиною «-» та фазовій спектральній затримці $(-\omega t_0)$.

Підставлення в вираз (3.2) частотної характеристики (1.11) забезпечило отримання виразу сигналу, який формується на виході УФ:

$$\begin{aligned} \tilde{s}(t) &= \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 \exp[j\omega(t - t_0)] d\omega = \\ &= \frac{K}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 \cos \omega(t - t_0) d\omega. \end{aligned} \quad (1.14)$$

Вихідний сигнал УФ може визначатися лише через амплітудно-частотний спектр вхідного радіосигналу і не є залежним від його спектру фазово-частотного. Зазначене пояснюється взаємними фазовими зсувами складових спектральними радіосигналу на вході $\varphi_s(\omega)$, які компенсуються характеристикою фільтру, а саме фазово-частотною. В такому випадку всі

складові гармонічні синхронно отримують амплітудні значення в часовий момент $t = t_0$ і, в сумарному формують max пік сигналу на виході:

$$\tilde{s}_{\max}(t_0) = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega = kE. \quad (1.15)$$

УФ, який описано виразом (1.10), можна використати під час реєстрації цілком відомого радіосигналу в середовищі завадному з будь якою густиною спектральною $S_n(\omega)$. При цьому достатньо лише пропустити зареєстровану реалізацію радіосигналу (1.1) крізь додатковий фільтр лінійного типу, який трансформу заваду $n(t)$ до виду білого шуму. ФЧХ фільтру може бути довільною, а АЧХ фільтру додаткового матиме вигляд:

$$|\tilde{K}(j\omega)| = \tilde{k} / \sqrt{S_n(\omega)}, \quad (1.16)$$

де \tilde{k} – деяка постійна.

На фільтровому виході завада трансформується на шум білого типу з незмінною густиною спектральною $S_n(\omega)\tilde{K}(j\omega) = \tilde{k}^2 = const$, а спектр сигналу комплексного виду буде $\tilde{S}(j\omega) = \tilde{k}S(j\omega)/\sqrt{S_n(\omega)}$.

В подальшому можна використати вище наведені вирази. На підґрунті (1.10) частотну характеристику комплексного виду записано для фільтру узгодженого:

$$K_0(j\omega) = cS^*(j\omega)\exp(-j\omega t_0)/\sqrt{S_n(\omega)}.$$

Фільтр оптимальний є реалізацією послідовно з'єднані два фільтри: обіляючий $\tilde{K}(j\omega)$ і узгоджений $K_0(j\omega)$. В нього частотна характеристика комплексного виду $K(j\omega) = \tilde{K}(j\omega)K_0(j\omega)$ визначається згідно виразу (1.8). При використанні допустимої свободи вибору характеристики фазової обіляючого

фільтру, можна обрати її з врахуванням того, щоб фільтр оптимальний був фізично реалізований. Коли здійснити апроксимацію густини спектральної завади $S_n(\omega)$ раціональною частотною функцією (не має практичного обмеження), тоді при отриманні фізичного оптимального фільтру лінійного типу часто використовують відоме положення факторизації – розкладу $S_n(\omega)$ на 2 співмножники, які зв'язані комплексно.

Імпульсна характеристика УФ (3.15) задається згідно виразу:

$$\begin{aligned} h_0(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K_0(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega = \\ &= \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(-j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega \end{aligned}$$

При врахуванні виразу для радіосигналу на вході

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega,$$

отримано характеристику імпульсну УФ:

$$h_0(t) = cs(t_0 - t). \quad (1.17)$$

Загалом, характеристика імпульсна УФ повністю є визначеною формою корисного радіосигналу, тобто є узгодженою з радіосигналом. Повний радіосигнал на виході УФ визначається через інтеграл згортки виразом:

$$\eta(t) = \int_0^t h(t_0 - t + u) \xi(u) du = c \int_0^t s(t_0 - t + u) \xi(u) du, \quad (1.18)$$

а значення його в часовий момент $t = t_0 = \tau_n$, відповідно при кінцевому часу корисного імпульсу $s(t)$ є рівне:

$$\eta(\tau_n) = c \int_0^{\tau_n} s(u) \xi(u) du. \quad (1.19)$$

Слабкий корисний імпульсний сигнал $s(t)$, який складовою $\xi(t)$, є додатково ослабленим через ваговий множник $s(u)$ і, навпаки, великі показники сигналу корисного підсилюється через цей множник.

Варто відзначити, що всі відомі УФ лінійного типу забезпечують отримання на виході тах відношення піку значень радіосигналу до шумового значення середньоквадратичного, що є рівне $\sqrt{2E/N_0}$ та не залежним від форми радіосигналу.

У праці [40] на базі УФ реалізовано програмне забезпечення для автоматизованого детектування корисних радіосигналів на фоні завад, яке зображено на рис.1.2.

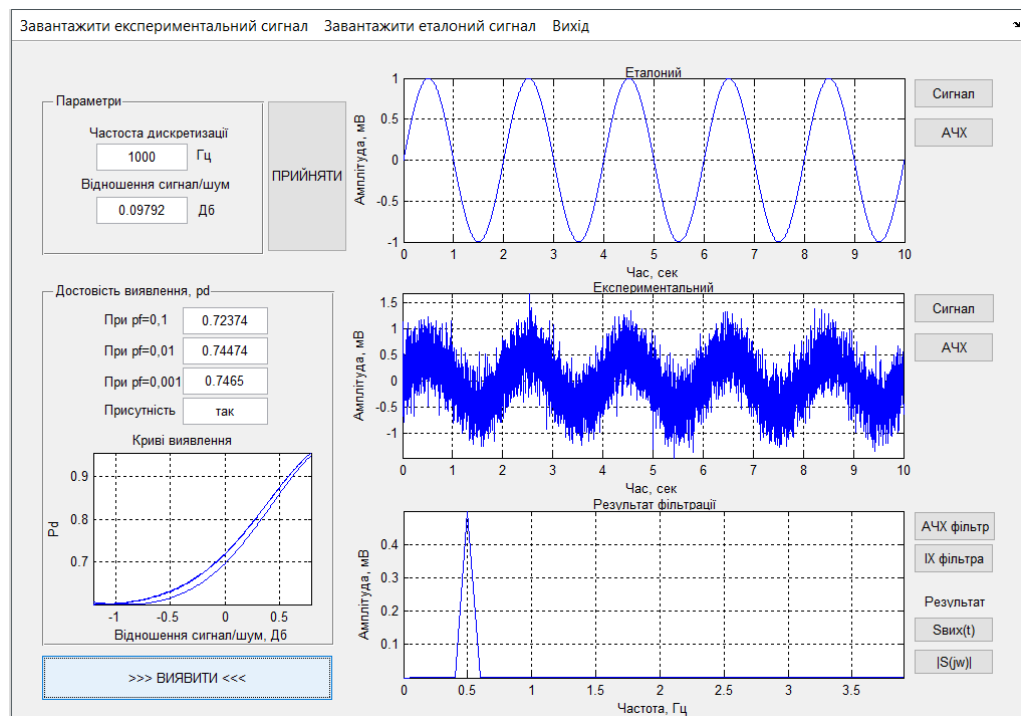


Рис. 1.2. Програмна реалізація УФ для детектування радіосигналів [40]

1.3.2 Компонентне детектування радіосигналів

У працях [38,39] для розробки методу детектування застосовано ЕТСС, зокрема спотворені радіосигнали завадами подано математично через вираз

ПКВП:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \xi_k(t) e^{ik\Lambda t}, \quad (1.20)$$

де $\xi_k(t)$ - радіосигнальні компоненти, $\Lambda = 2\pi/T$,

а як метод детектування таких сигналів застосовано компонентний метод згідно виразу:

$$\hat{b}(t, u) = \sum_{l=-N_2}^{N_2} \hat{B}_k(u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T} t\right), \quad (1.21)$$

та його інтегральну характеристику:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \xi(t+u) \xi^*(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt, \quad (1.22)$$

На рис.1.4 відображено алгоритм детектування корисних радіосигналів.

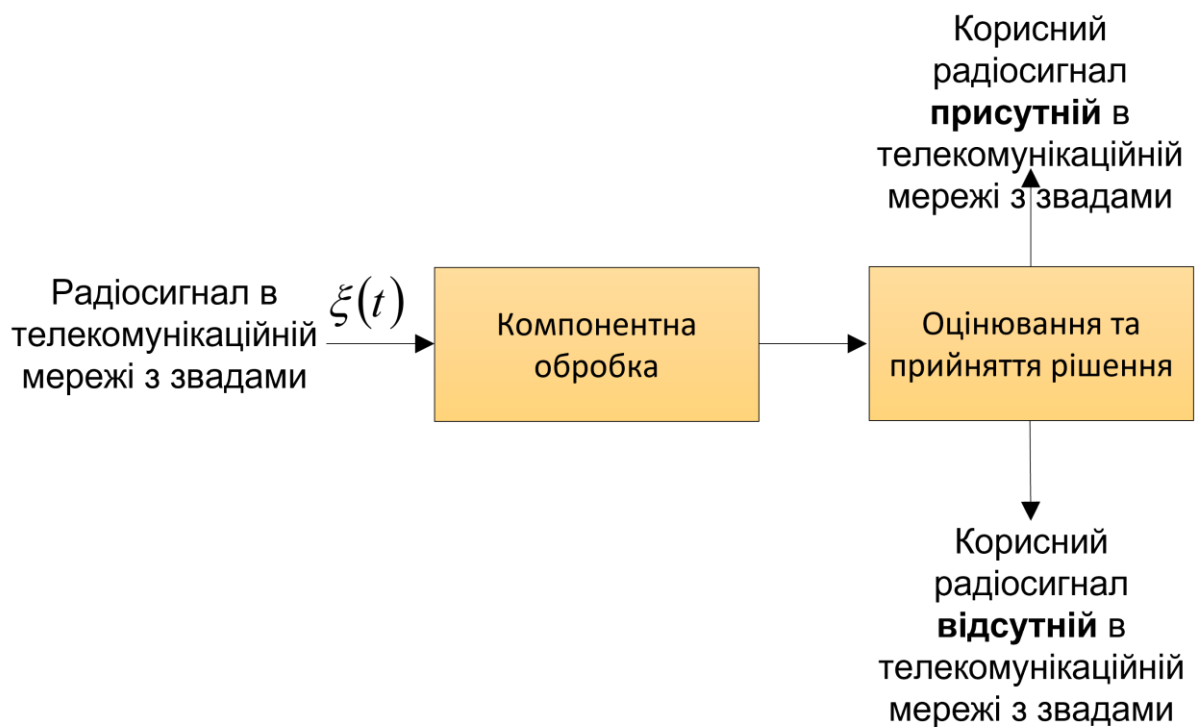
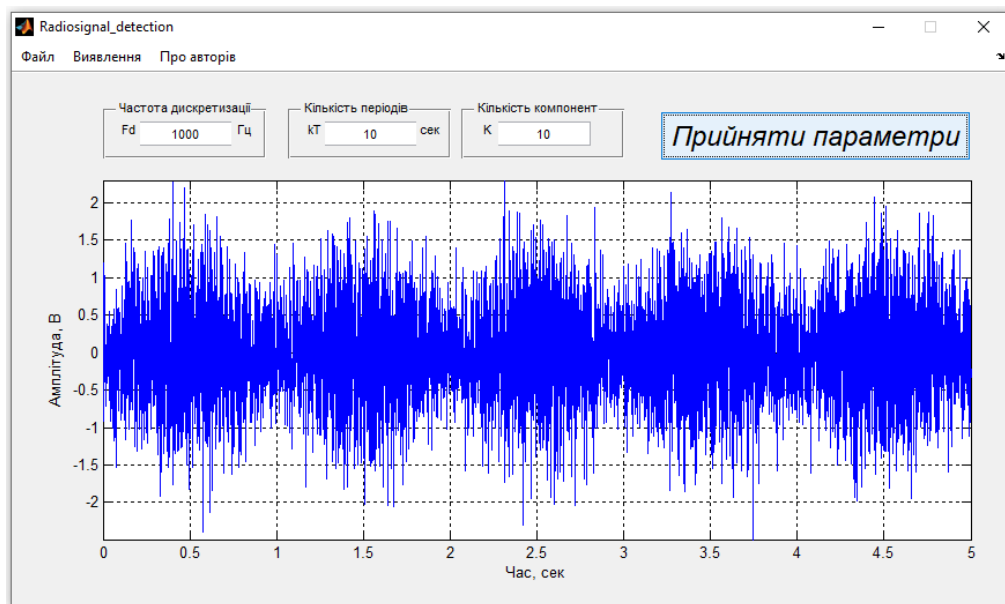
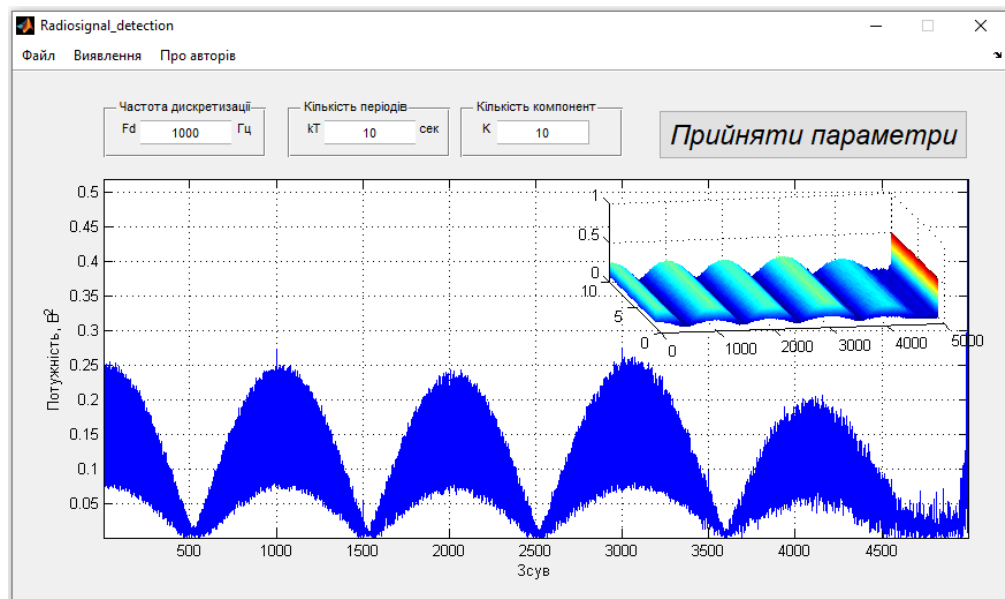


Рис.1.4. Структура алгоритму детектування радіосигналів [39]

Структура (рис. 1.4) забезпечила авторам розробити алгоритм виявлення та відповідне програмне забезпечення, результати роботи якого зображено на рис.1.5.



(a)



(б)

Рис.1.5. Результат детектування (компоненти (а)) радіосигналів (б) із дисперсією завади $0,5 \text{ мВ}^2$ [39]

Результати детектування за компонентами (рис.1.5,б) чітко відображають локалізації корисного радіосигналу, що не скажеш про сам радіосигнал (рис.1.5,а)

Автор у праці [39] не використали увесь арсенал ПКВП при реалізації програмного засобу обробки РС, а обмежившись лише компонентним методом при детектуванні РС.

1.4. Висновки до розділу 1

Більшість методів детектування корисних радіосигналів у завадних телекомунікаціях реалізовані на методах фільтрації, зокрема узгодженої. Основою такого методу є модель радіосигналів у вигляді випадкового стаціонарного процесу та суми корисних сигналів і шуму. Оскільки радіосигнали конструктивно враховують не тільки випадкову складову, але і періодичну складову, яка задається при модуляціях в процесі передавання сигналів.

Тому, у працях Хвостівської Л.В. та Коваль Л.М. [38, 39] запропоновано модель радіосигналів виду ПКВП, яка описує сигналу зі сторони випадковості та періодичності. Проте авторами не використано увесь потужний арсенал моделі ПКВП для розробки програмного засобу обробки радіосигналів, а обмежившись лише компонентним методом при детектуванні радіосигналів.

Тому використання усього арсеналу ПКВП для розробки нового програмного засобу обробки РС для їх детектування в завадних телекомунікаціях є актуальною задачею.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Радіосигнали в каналах зв'язку телекомунікацій

В процесі розроблення телекомунікацій канал зв'язку є найбільш вразливою ланкою на яку впливають завади різного рівня (рис.2.1).

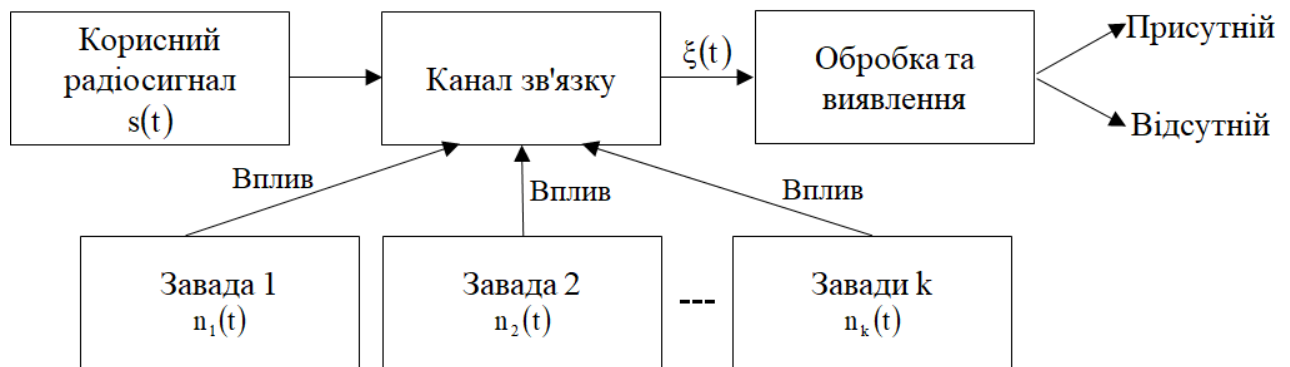


Рис. 2.1. Модель радіосигналів в каналі зв'язку телекомунікацій

Математичне подання моделі радіосигналів спрямоване на опис реальних сигналів при врахуванні усіх особливостей впливу різного роду завад на сам канал зв'язку. При такому представленні зв'язком між вхідним та вихідним сигналом має математичне подання у вигляді виразу:

$$\xi(t) = s(t) + \sum_{k=1}^K n_k(t), \quad t \in \mathbb{R}. \quad (2.1)$$

де $n_k(t)$ - k -та адитивна завада впливу на канал зв'язку, зокрема на вхідний радіосигнал $s(t)$ впродовж усього часу спостереження.

Зі сторони фізика розглядає завади $n_k(t)$ формують через вплив завад електричних, електромагнітних, радіокомпонентних системи телекомунікацій та інших.

Експериментальну реалізацію радіосигналу, зокрема на прикладі амплітудо-модульованого, зображено на рис.2.2.

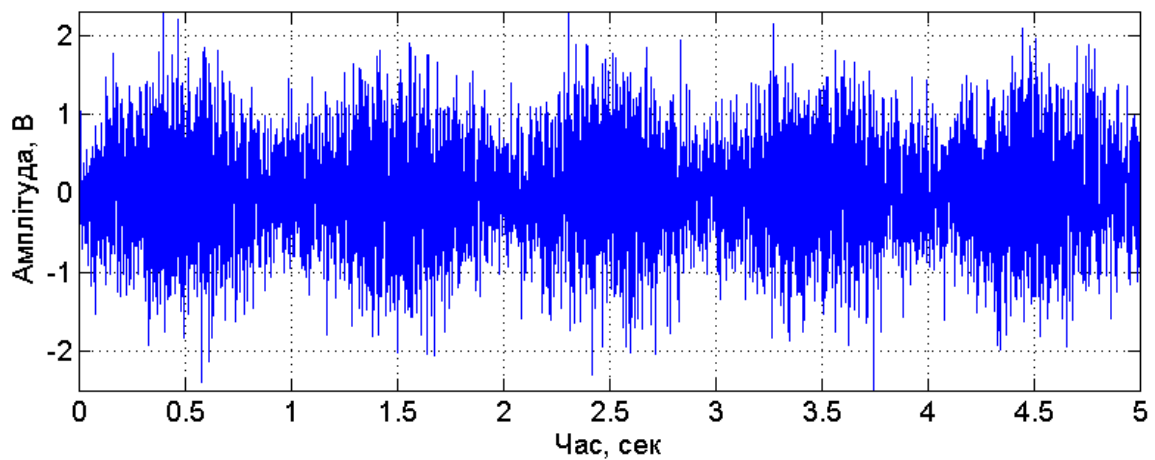


Рис. 2.2. Амплітудо-модульований радіосигнал

Усім радіосигналам модульованим для подальшої передачі властиві показники випадковості та періодичності, яка зумовлена процесом модуляції гармонічною компонентною.

Тому при реалізації методу обробки радіосигналів в заводних телекомунікаціях необхідно адекватно побудувати модель їх, яка є визначальним фактором ефективності роботи розробляючих методів детектування корисних сигналів.

2.2. Модель радіосигналів в заводних телекомунікаціях

Модель радіосигналів має забезпечити конструктивне поєднання періодичності та випадковості. Цим вимогам задовольняє модель виду ПКВП та має потужний арсенал щодо обробки радіосигналів та є придатною для детектування корисних сигналів в заводних телекомунікаціях. Такий довід обґрунтовано у праці Хвостівської Л.В. та Коваль Л.М. [38].

Оскільки показник потужності радіосигналу є обмежений та є скінченним в часових інтервалах одного періоду модуляції, можна констатувати факт приналежності радіосигналу в заводних телекомунікаціях до π^T класу з

ЕТСС [33].

ЕТСС дає змогу опису такого зображення радіосигналу в завадних телекомунікаціях через значення середньої потужності при вказанні типу їх часової корельованості або просторі часових повторень статистик поданих при використанні стаціонарних та послідовних компонент [33].

ЕТСС забезпечує адекватність математичного подання моделі радіосигналів в завадних телекомунікаціях при використанні образу ПКВП з класу π^T , де найзагальнішим чином спотерігається корельованість випадковості та періодичності трактованої як статистична.

ПКВП як математичний образ радіосигналів в завадних телекомунікаціях як випадково-корельованих коливань за присутності періодичних статистичних варіацій, які забезпечують формування підкласу π^T [33]. Зображення ПКВП здійснює опис радіосигналів як стохастичних, які відповідають вимогам існування середньої статистики та коваріації в часових інтервалах T відміного від нуля та з періодичними статистиками [33]:

$$m_{\xi}(t+T)=m_{\xi}(t), r_{\xi}(t+T, s+T)=r_{\xi}(t, s), \forall t, s \in R, \quad (2.2)$$

де $m_{\xi}(t)$ - середня статистика радіосигналу,

$r_{\xi}(t, s)$ - кореляційна функція радіосигналу в завадних телекомунікаціях.

При такому поданні статистики середня статистика та коваріація є періодичним з показником T :

$$m_{\xi}(t+T)=m_{\xi}(t), b_{\xi}(t+T, s+T)=b_{\xi}(t, s), \forall t, s \in R. \quad (2.3)$$

Через незсувність усереднення та при умовах виразу (2.2) процедура усереднення статистик середніх зведена до усереднення вздовж осі часу на часовому інтервалі часу $[0, T)$ згідно виразу:

$$m_{\xi} = M_t \{m(t)\} = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) dt, \quad (2.4)$$

$$B(u) \stackrel{\Delta}{=} M_t \{r(t+u, t)\} = \frac{1}{T} \int_0^T r(t+u, t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T b(t, u) dt, \quad (2.5)$$

де M_t - оператор усереднення в часі.

Статистики при такому поданні описують Фур'є поданням:

$$m(t) = \sum_{k \in Z} m_k e^{ik\Lambda t}, \quad (2.6)$$

$$b(t, u) = \sum_{t \in Z} B_k(u) e^{ik\Lambda t}, \quad (2.7)$$

де $\Lambda = \frac{2\pi}{T}$ - базова частоти компоненти;

Усереднений показник потужності радіосигналу поданого через ПКВП визначається шляхом усереднення в межах періоду $[0, T]$:

$$P_{\xi}^T = \frac{1}{T} \int_0^T |E^0 \xi(t)|^2 dt = \frac{1}{T} \int_0^T r(t, t) dt, \quad (2.8)$$

Умова належності радіосигналу буде наступною:

$$P_{\xi}^T = \frac{1}{T} \int_0^T r(t, t) dt < \infty. \quad (2.9)$$

Показники детектування радіосигналу виду ПКВП мають вигляд:

$$B_k(u) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{T} \int_0^T r(t+u, t) e^{-ik\Lambda t} dt, \quad (2.10)$$

Функція коваріації радіосигналу в завадних телекомунікаціях при

використані зображення ПКВП описується через вираз:

$$r(t, s) = \iint_{R^2} e^{i(d\lambda, d\mu)} F(d\lambda, d\mu), \quad (2.11)$$

де $F(d\lambda, d\mu)$ - подвійна міра спектру.

Коваріаційні властивості радіосигналів в завадних телекомунікаціях зображених через ПКВП призводять до виводу виразу процесу таких сигналів при застосуванні стаціонарних складових та визначають їх структуру [33].

Радіосигнали в завадних телекомунікаціях представлені як ПКВП належать до класу π^T коли вони подані виразом [38]:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \xi_k(t) e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, \quad t \in \mathbb{R} \quad (2.12)$$

де $\xi_k(t)$ - випадкова компонента радіосигналу в завадних телекомунікаціях;

$e^{ik \frac{2\pi}{T} t}$ - періодична компонента радіосигналу в завадних телекомунікаціях з показником періоду T .

Математичне подання моделі радіосигналу в завадних телекомунікаціях через ПКВП згідно теорії ЕТСС уможлиблює реалізацію засобів детектування корисних сигналів на базі синфазної обробки як методу числення показника детектування, а саме компонент спектральних $B_k(u)$ (2.10).

2.3. Синфазний метод детектування радіосигналів

При аналізі статистичних характеристик радіосигналу в завадних телекомунікаціях відбувається процес побудови множин співпадаючих за фазою значень радіосигналу через усереднення за кожною множиною. Цей процес забезпечує за 1-єю реалізацією \hbar -ергодичного радіосигналу здійснити оцінювання фазової коваріаційної та середньостатистичної структури, зокрема

часові варіації, а не тільки середні показники.

Значення радіосигналу в часі через проміжок часового періоду T є стаціонарно-пов'язаними та характеризуються властивістю ергодичності, їх пов'язаності.

Ядром синфазного детектування є синфазна обробка радіосигналу як ПКВП при якій його значення через часовий проміжок періоду «корельованості» $\{\xi(t_0 + kT)\}$, де $t_0 \in [0, T)$ – фаза початку відліків, формують послідовність стаціонарну [52]:

$$\xi_c(t_0) = \{\xi(t_0 + kT) | k \in \mathbb{Z}\}, \quad t_0 \in [0, T). \quad (2.13)$$

Середні статистики і функція кореляційна відповідають умовам за фіксованої початкової фази t_0 , які є справедливими у випадку характеристик статичних випадкової послідовності стаціонарного типу: середня статистика $M_k(t_0)$ є константою, а кореляція $b_{k-1}(t_0)$ є залежною тільки від індексної різниці $k - 1$ [52]:

$$M_k(t_0) = E\xi(t_0 + kT) = m_\xi(t_0 + kT) = m_\xi(t_0), \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} b_{k-1}(t_0) &= E\xi(t_0 + kT)\xi(t_0 + 1T) = \\ &= b_\xi(t_0 + kT, t_0 + kT - [t_0 + 1T]) = b_\xi(t_0, [k - 1]T). \end{aligned} \quad (2.15)$$

Є аналогічним, що значення часових відліки радіосигналів як ПКВП за різних значень фаз початків, на прикладі $\{\xi(t_0 + kT)\}$ та $\{\xi(t_0 + 1T)\}$, формують пов'язані послідовності стаціонарного вид аналогічно до функції їх взаємкореляції за фіксованих часових значень t_0 і t_1 є залежні тільки від індексної різниці $(k - 1)$:

$$\begin{aligned} E\xi(t_0 + kT)\xi(t_1 + 1T) &= b_\xi(t_1 + 1T, t_1 - t_0 + [k - 1]T) = \\ &= b_\xi(t_1, t_1 - t_0 + [k - 1]T). \end{aligned} \quad (2.16)$$

Обробка емпіричного радіосигналу виду ПКВП буде синфазного за умови описаних вище властивостей.

В якості показників виявлення радіосигналів як ПКВП взято статистичні показники:

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t_0 + kT), \quad (2.17)$$

$$\hat{b}_{\xi}(t, u) = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t + u + kT) \xi(t + kT). \quad (2.18)$$

Зі сторони практики є спостереження на інтервалах цілочисельної множини тривалістю $\theta = NT$, тоді вирази показників виявлення описуються виразом:

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t + kT), \quad (2.19)$$

$$\hat{b}_{\xi}(t, u) = \sum_{k=0}^{N-1} [\xi(t + kT) - m_{\xi} \xi(t + kT)] \times [\xi(t + u + kT) - m_{\xi} \xi(t + u + kT)] \quad (2.20)$$

де T – період радіосигналу;

N – загальне число періодів радіосигналів.

Синфазна обробка має радіосигналу за мету процес оцінювання компонент спектральних відбувається з врахуванням статистики коваріації $\hat{b}(t, u)$:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{b}(t, u) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt. \quad (2.21)$$

Співвідношення радіосигналу як ПКВП на підставі синфазної обробки забезпечують формулювання висновків про статистик властивості компонент спектральних при детектуванні радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

2.4. Алгоритм детектування радіосигналів

На рис.2.4 відображено структурну послідовність процесу дослідження детектування корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

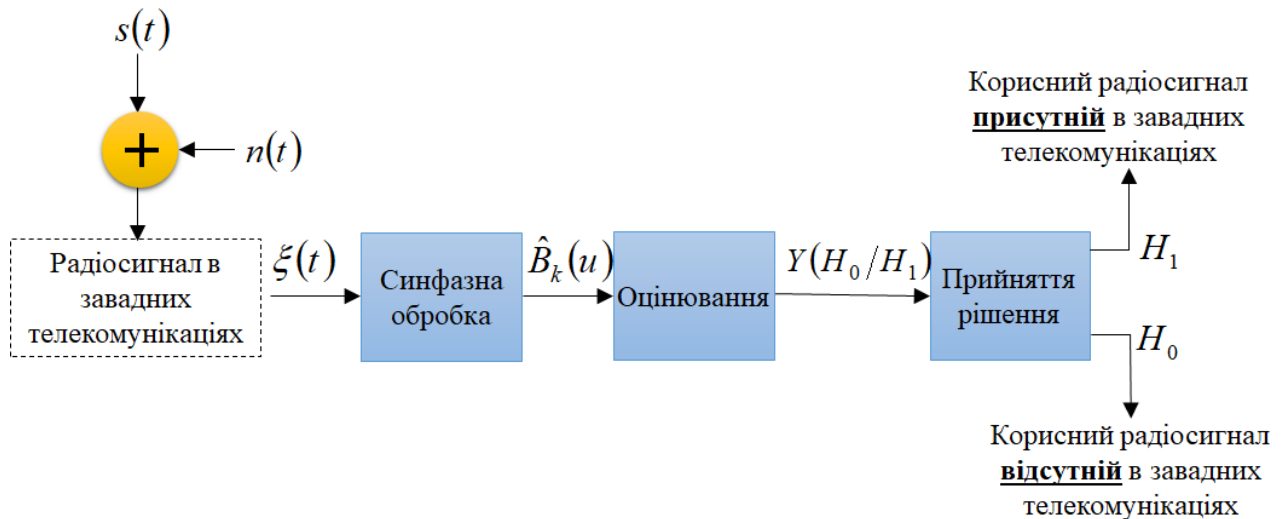


Рис.2.4. Послідовність детектування радіосигналів

Структурні елементи послідовності такі:

- Синфазна обробка радіосигналів в завадних телекомунікаціях згідно виразу (2.21), який обчислює показник детектування у вигляді компонент спектральних.
- Процедура оцінювання обчислених компонент спектральних за формою та значеннями яких буде змога детектувати радіосигнали;
- Приймання рішення за формою та показниками оцінених компонент спектральних про присутність/відсутність корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Основою синфазної обробки є операції центрування, утворення компонент стаціонарних, обчислення кореляції компонент стаціонарних та Фур'є трансформація. Зазначені операції синфазної обробки радіосигналів в завадних телекомунікаціях формують певну обчислювальну складність операцій, які неведено на рис.2.5.

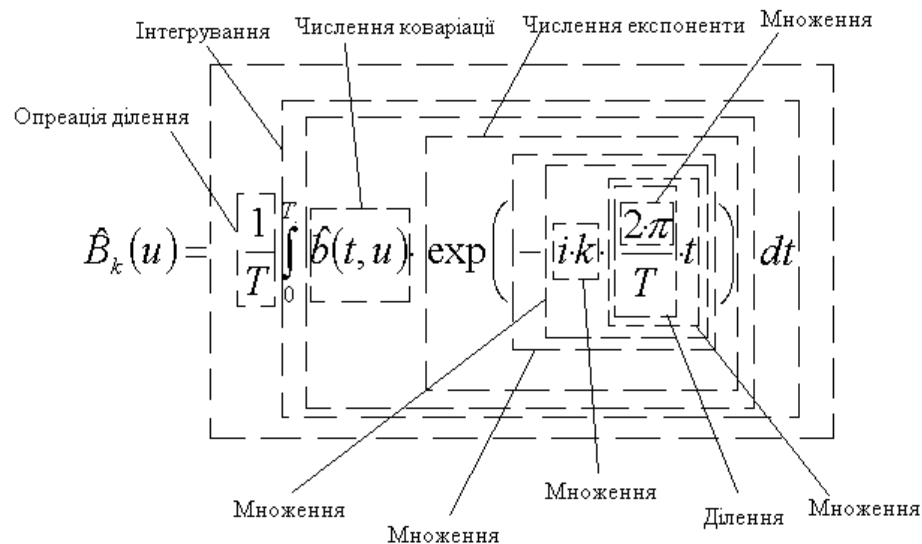


Рис. 2.5. Складність виразу (2.21)

Враховуючи складність виразів синфазного методу опрацювання ЕГЕС розроблено структуру алгоритму його опрацювання, яка зображена на рис.3.6.

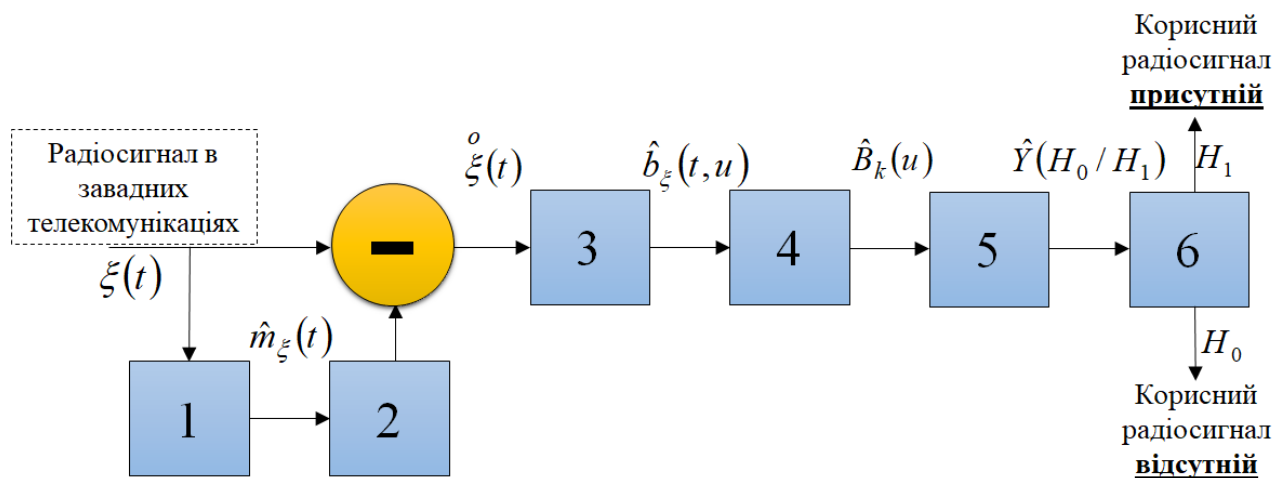


Рис. 2.5. Структура алгоритму синфазної обробки як основи синфазного детектування радіосигналів

Позначено на рис.2.5:

1 – обчислення середньої статистики $m_\xi(t)$;

2 – утворення послідовності періодичної $[m_\xi(t) \ m_\xi(t) \ m_\xi(t) \ \dots \ m_\xi(t)]$;

— – віднімання від випадкового процесу $\xi(t)$ середньої статистики для

отримання центрованого радіосигналу $\xi^0(t)$;

- 3 – обчислення коваріації радіосигналу $\hat{b}_\xi(t, u)$;
- 4 – обчислення компонент спектральних $B_k(u)$ через трансформацію Фур'є коваріації радіосигналу $\hat{b}_\xi(t, u)$;
- 5 – оцінка компонент спектральних як показника детектування $B_k(u)$;
- 6 – прийняття рішення про присутність або відсутність корисного радіосигналу в в завадних телекомунікаціях.

Реалізована структура алгоритму синфазної обробки (рис.2.5) забезпечує розробку засобу детектування у вигляді програмного забезпечення автоматизованих телекомукаційних систем через процедуру розробки відповідного алгоритму синфазної обробки радіосигналу (синфазне детектування радіосигналу) в завадних телекомунікаціях.

Алгоритм обробки радіосигналу в завадних телекомунікаціях зображено на рис.2.6.

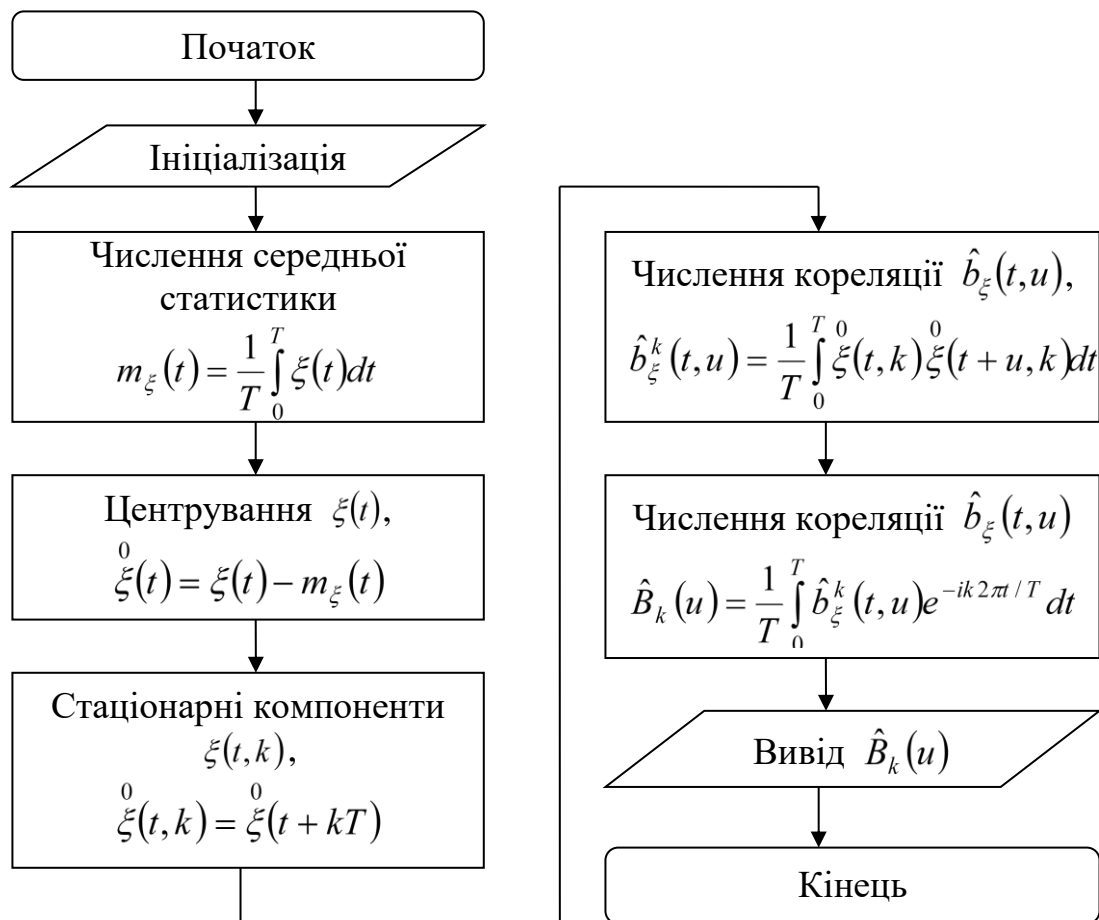


Рис. 2.6. Алгоритм синфазної обробки радіосигналу як ядро детектування

Розроблений алгоритм створив передумови щодо програмної реалізації синфазного обробки як основи методу синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

2.5. Висновки до розділу 2

Обґрунтовано модель радіосигналів в завадних телекомунікаціях у виді ПКВП для реалізації ефективного методу та засобу (програмного забезпечення) детектування корисних радіосигналів у мережі телекомунікацій.

Застосовано синфазний метод для реалізації синфазного детектування корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях при його математичному образі як ПКВП.

Реалізовано метод синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях у вигляді алгоритму для подальшої реалізації програмного забезпечення автоматизованих телекомукаційних систем.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Блок-схема програмного синфазного засобу детектування радіосигналів

У відповідності до алгоритму синфазної обробки радіосигналу як ядра детектування, який відображено на рис. 2.6 реалізовано блок-схему програмного засобу для обчислення показників детектування (рис. 3.1).

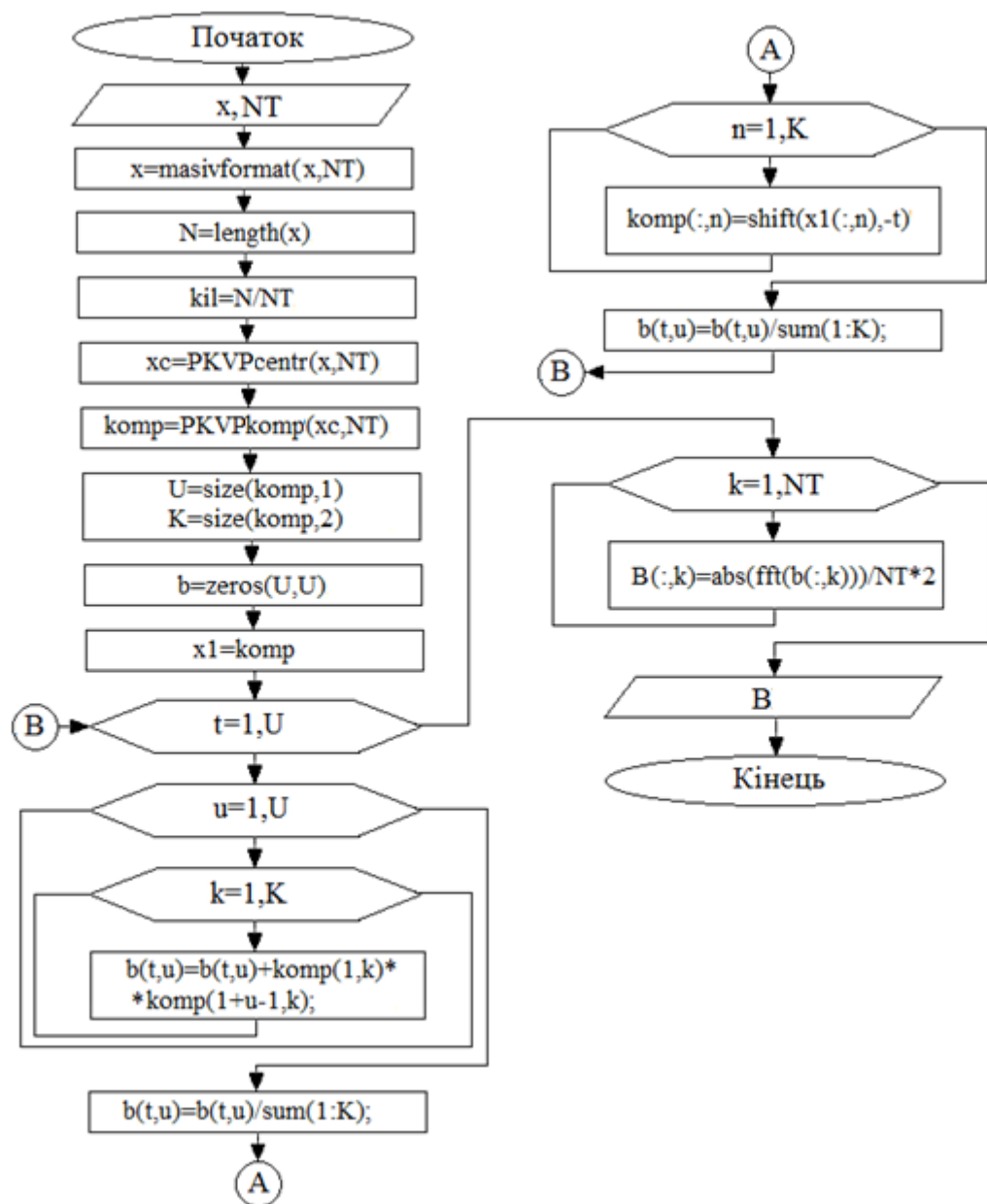


Рис. 3.1. Блок-схема програмного засобу синфазного детектування радіосигналів через обчислення показників детектування

В блок-схемі на рис.3.1 здійснюється завантаження даних радіосигналу під локальну зміну x та її показник інтервалу періодичності під зміну локальну NT . При синфазному методі накладена умова того, що тривалість радіосигналу має бути кратною інтервалу періодичності сигналу. В такій ситуації кратність довжини сформовано при використанні програмної функції `masivformat` довжини x кратно періоду NT ($x = \text{masivformat}(x, NT)$). При синфазній обробці є передбаченим процес обробки радіосигналів сигналів, які чисельно відображають варіації його значень відносно центральної статистики, тому забезпечено цей процес при використанні коду $xc = \text{PKVPcentr}(x, NT)$ (`PKVPcentr` – код центрування).

Зміна `komr` зберігає компоненти стаціонарні згідно запису `komr = PKVPkomr(xc, NT)` при аргументах центрованих значень радіосигналу xc та його тривалості періоду.

Ініціалізовано формування масиву даних змінної b при використанні функції `zeros(U, U)` для зберігання коваріаційних даних з матрицею $U \times U$, де U – max зсув. Масив змінної $b(t, u)$ в циклі $k=1, K$ (компонента), $u=1, U$ (зсув), $t=1, U$ (час), зберігає значення коваріації даних радіосигналу.

В подальшому після обчислення коваріації параметричної відбувається зсув даних радіосигналу з кроком t при використанні `shift` функції та обчислення його компонент `komr(:, n)`, зокрема `komr(:, n) = shift(x1(:, n), -t)`. Напрямок зсуву значень радіосигналу – з права на ліво.

В внутрішньому циклі U разів ($t=1, U$) обчислюється параметрична коваріація та результат обчислення збережиться в масив змінної $b(t, u)$.

Потім обчислюються компоненти спектральні $B(:, k) = \text{abs}(\text{fft}(b(:, k))) / NT * 2$ від коваріаційної матриці $b(:, k)$ при використанні функції Фур'є трансформації `fft`.

Код програмного забезпечення синфазної обробки радіосигналу наведено в додатку Б.

3.2. Програмна реалізація синфазного засобу детектування радіосигналів

При застосуванні блок-схеми, який наведено на рис.3.1, програмно реалізовано засіб синфазного детектування радіосигналів в завадних в програмі Matlab у вигляді програмної функції `function B=synphase(radiosig,Tradio)` (додаток Б), де `radiosig` - досліджуваний радіосигнал, `Tradio` – періодова тривалість радіосигналу.

Аби забезпечити процес вводу усіх аргументів `radiosig` та `Tradio` програмної функції реалізовано захист у вигляді коду:

```
if nargin<2, error('Введіть 2 аргументи'); % Попередження про аргументи
end;
```

Оскільки введене користувачем значення тривалості періоду може бути не цілочисельне, тому передбачено процес округлення цілого нижчого при використанні функції `fix` та коду:

```
Tradio=fix(Tradio); % Округлення тривалості періоду до цілого числа
```

Оскільки синфазна обробка оперує з центрованими даними досліджуваних радіосигналів `radiosig`, тому здійснено процес їх центрування при використанні функції `PKVPcentr` та коду:

```
radiosigc=PKVPcentr(radiosig,Tradio); % Центрування даних радіосигналу
```

Процедуру обчислення компонент стаціонарних досліджуваного центрованого радіосигналу `radiosigc` забезпечено використанням програмної функції `PKVPkomp` та відповідного коду:

```
komp=PKVPkomp(radiosigc,Tradio); % Компоненти радіосигналу
```

Зміна величини k дискретного зсуву даних радіосигналу з кроком 1

забезпечено при використанні циклічного оператора згідно коду:

```
for k=1:Tradio                                % Діапазон зміни зсувів
    %Тіло в циклі, де відбуваються обробка радіосигналів
end;
```

В тілі циклу обчислюються коваріаційні компоненти та компоненти спектральні даних досліджуваного радіосигнал згідно коду при використанні програмних функцій PKVPcor та dft:

```
kompcor(k,1:n)=PKVPcor(komp(k,1:n));    % Компоненти коваріаційні
[B(k,:) f(k,:)]=dft(kompcor(k,1:n),1,n); % Компоненти спектральні
```

Програмна функція dft здійснює Фур'є трансформації від коваріаційних компонент та віднаходить їх модуль.

Наведений вище код програмний забезпечує реалізацію синфазної обробки радіосигналів як ядра синфазного детектування корисної складової у завадних телекомунікаціях.

3.3. Результати синфазного детектування радіосигналів

Результат синфазного детектування спектральних в завадних телекомунікаціях у вигляді обчислених компонент з рівнем завадної дисперсії 0 В^2 наведено графічно у вигляді 3D-реалізації на рис.3.2.

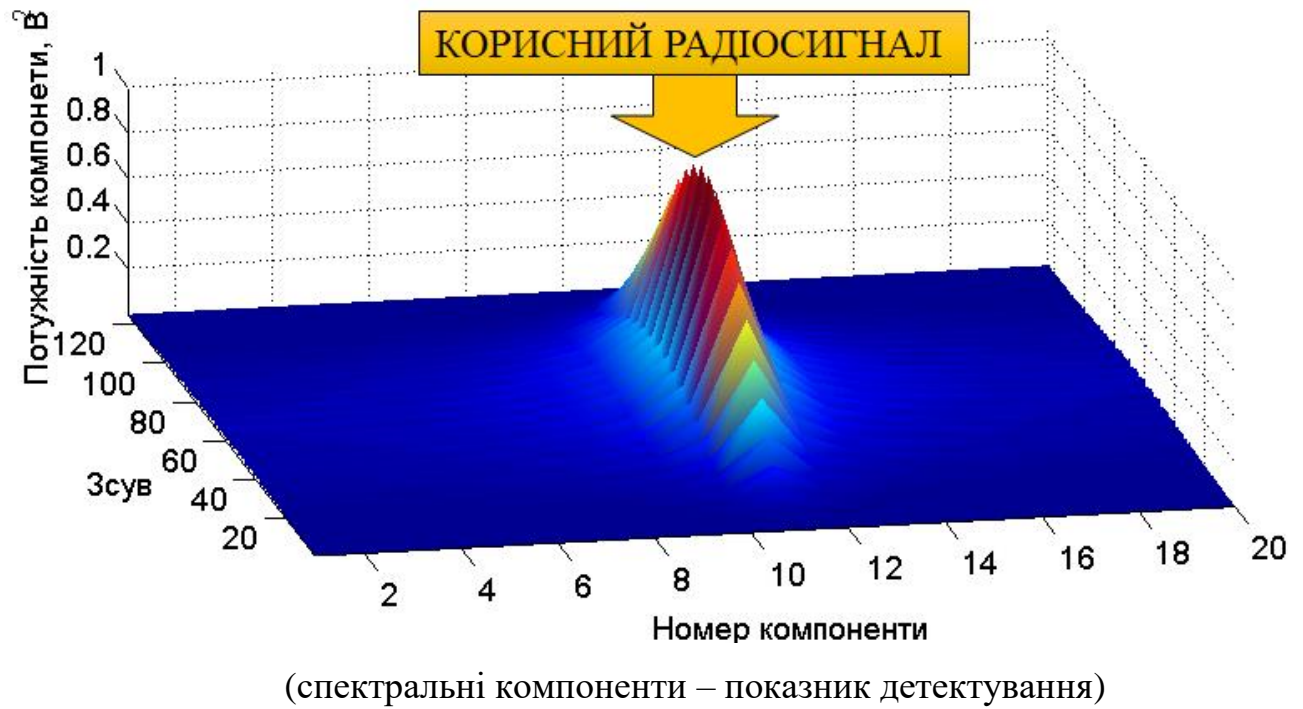
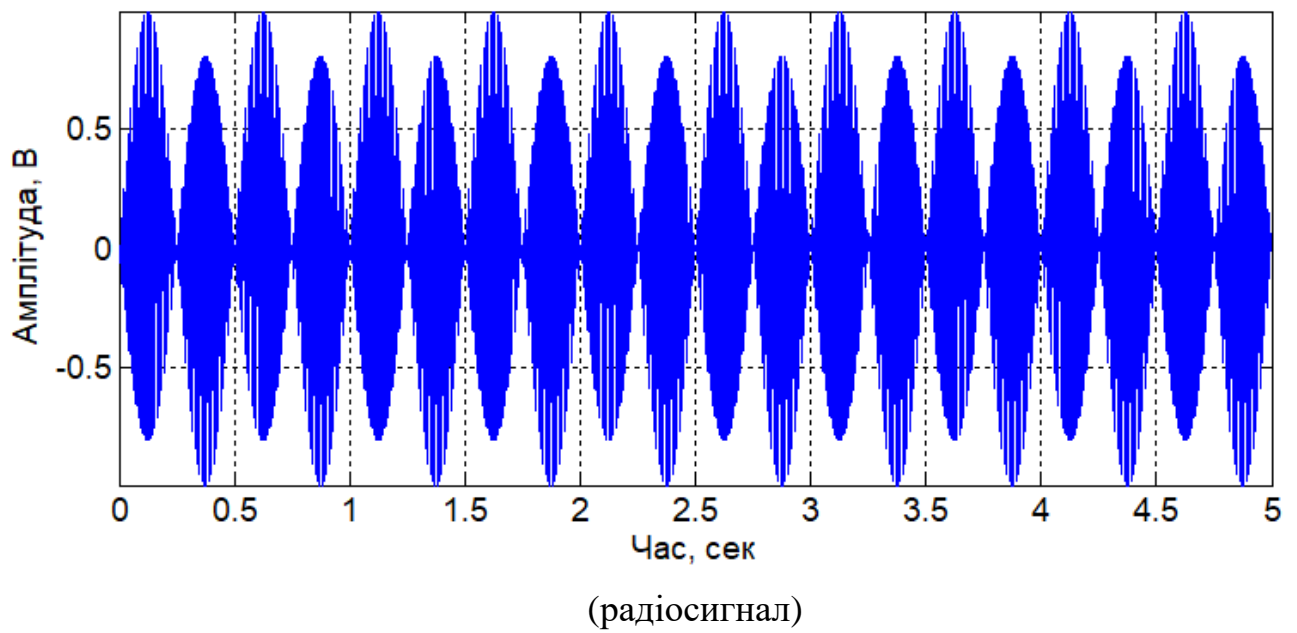
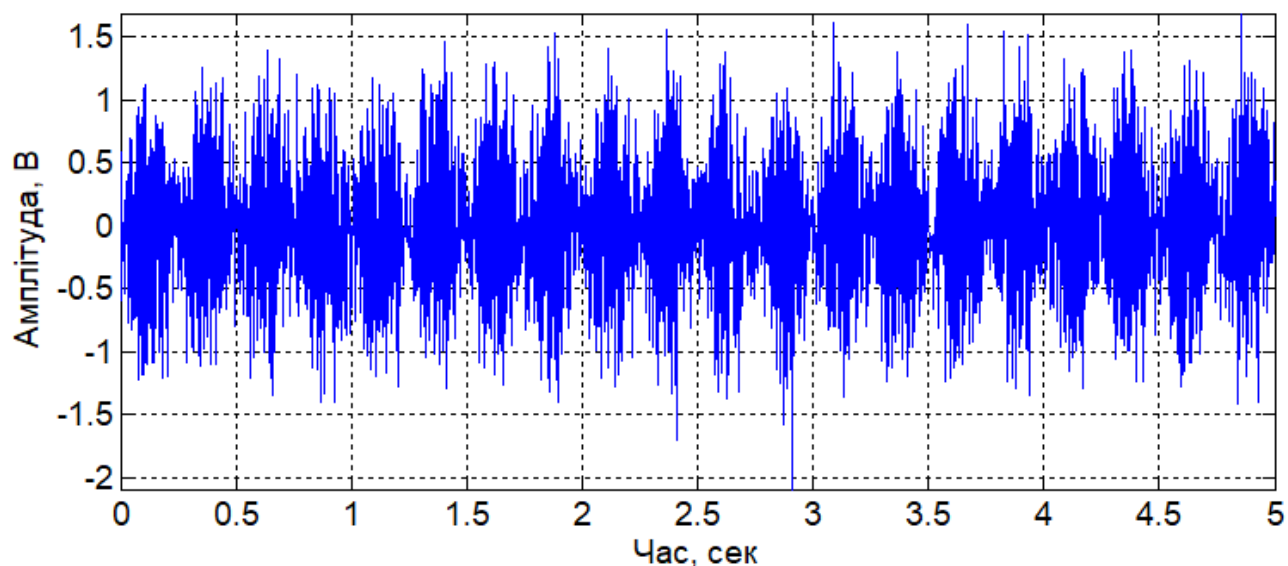
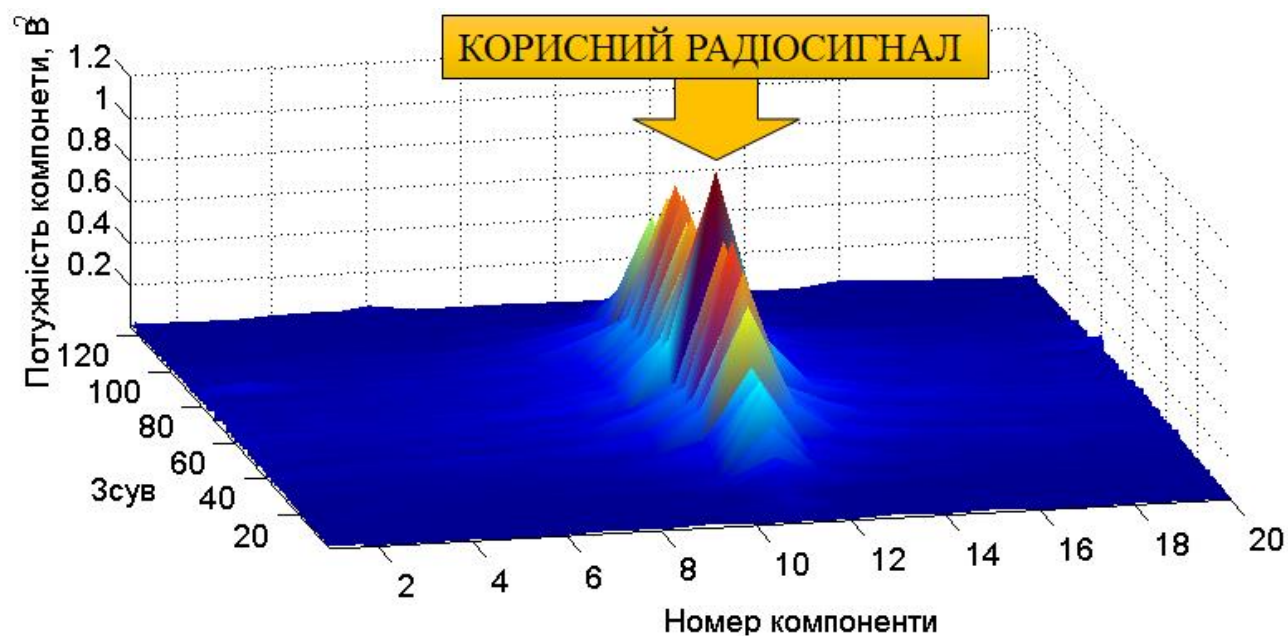


Рис.3.2. Результат синфазного детектування радіосигналу при рівні завадної дисперсії 0 В^2

Рівень дисперсії завади підвищено на $0,3 \text{ В}^2$, а сам результат обчислених компонент радіосигналу за такого рівня завади відображено на рис.3.3. В такому випадку корисна складова є чітко локалізована, як і випадку без завади на рис.3.2.



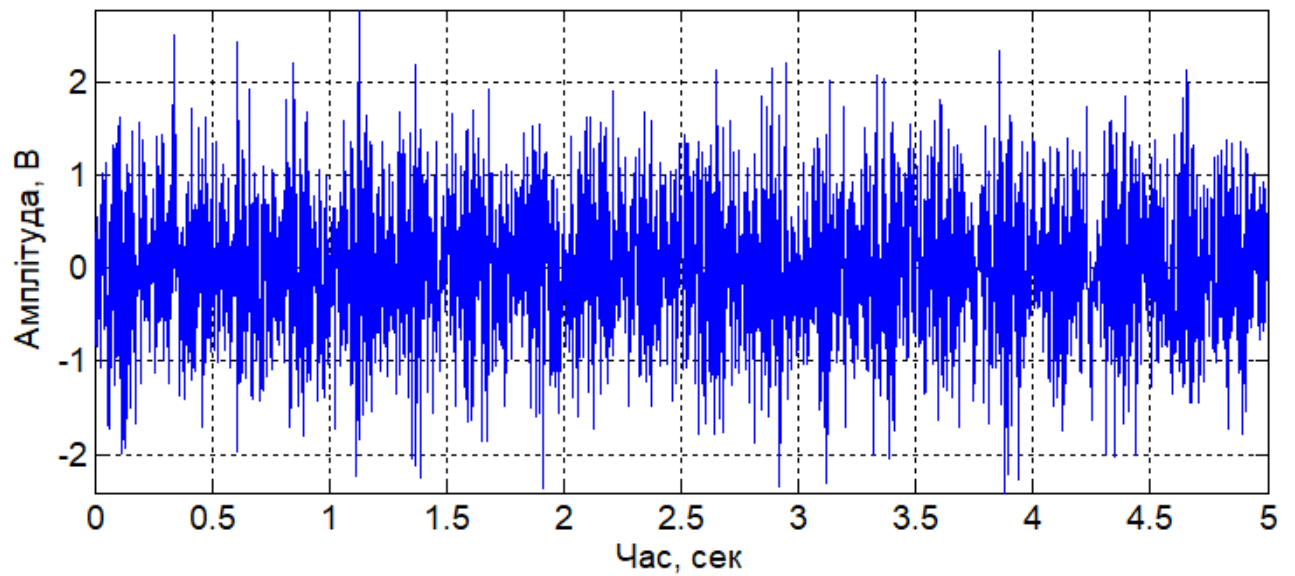
(радіосигнал)



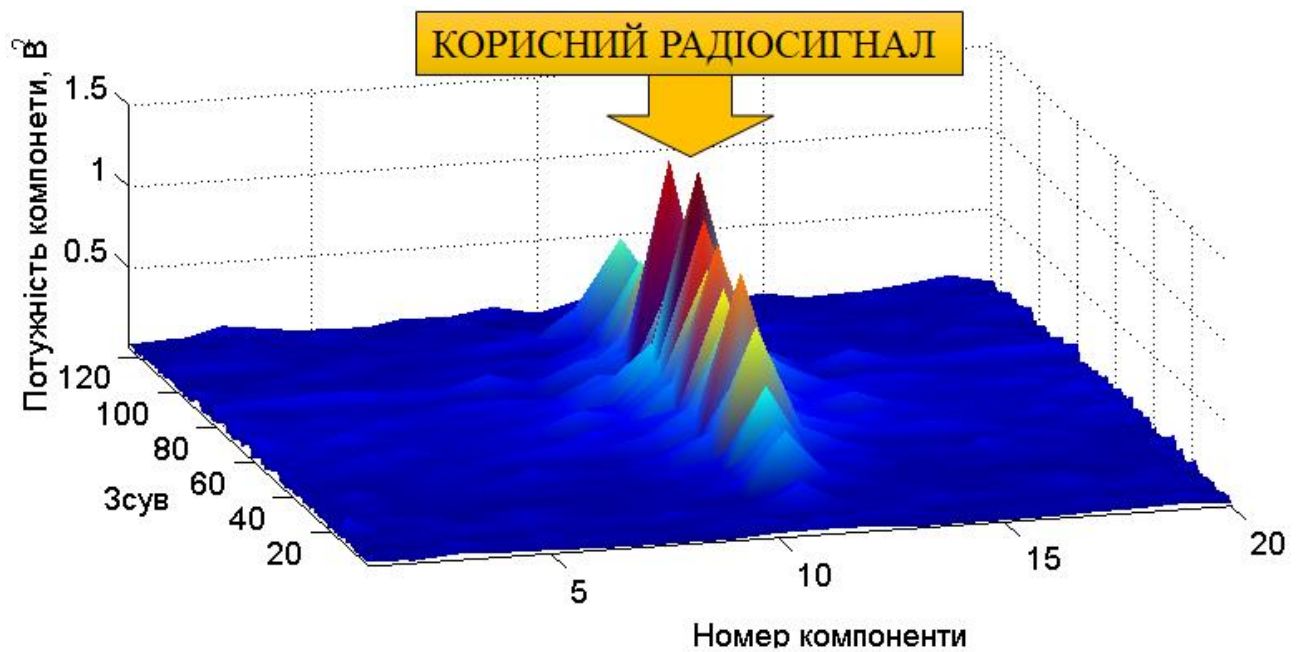
(спектральні компоненти – показник детектування)

Рис.3.3. Результат синфазного детектування радіосигналу при рівні завадної дисперсії $0,3 \text{ В}^2$

Збільшуючи знову рівень дисперсії до $0,6 \text{ В}^2$ обчислено компоненти спектральні радіосигналу, які чітко локалізуються при відображенні корисної складової, зображено на рис.3.4. Результат локалізації ідентичний до локалізації на рис.3.2.



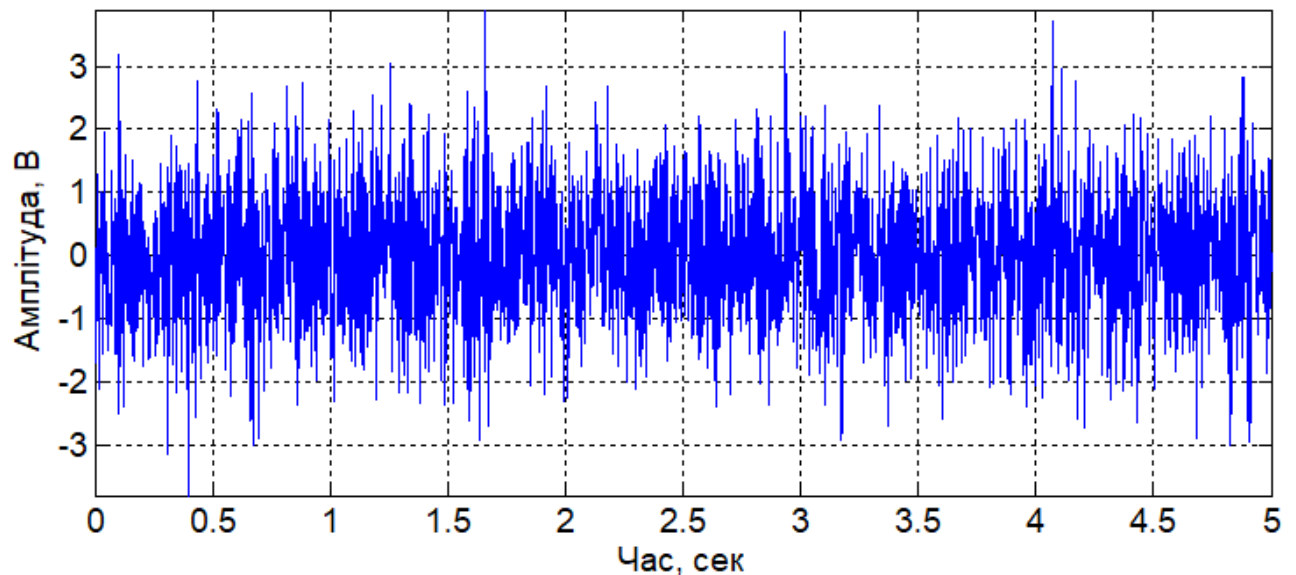
(радіосигнал)



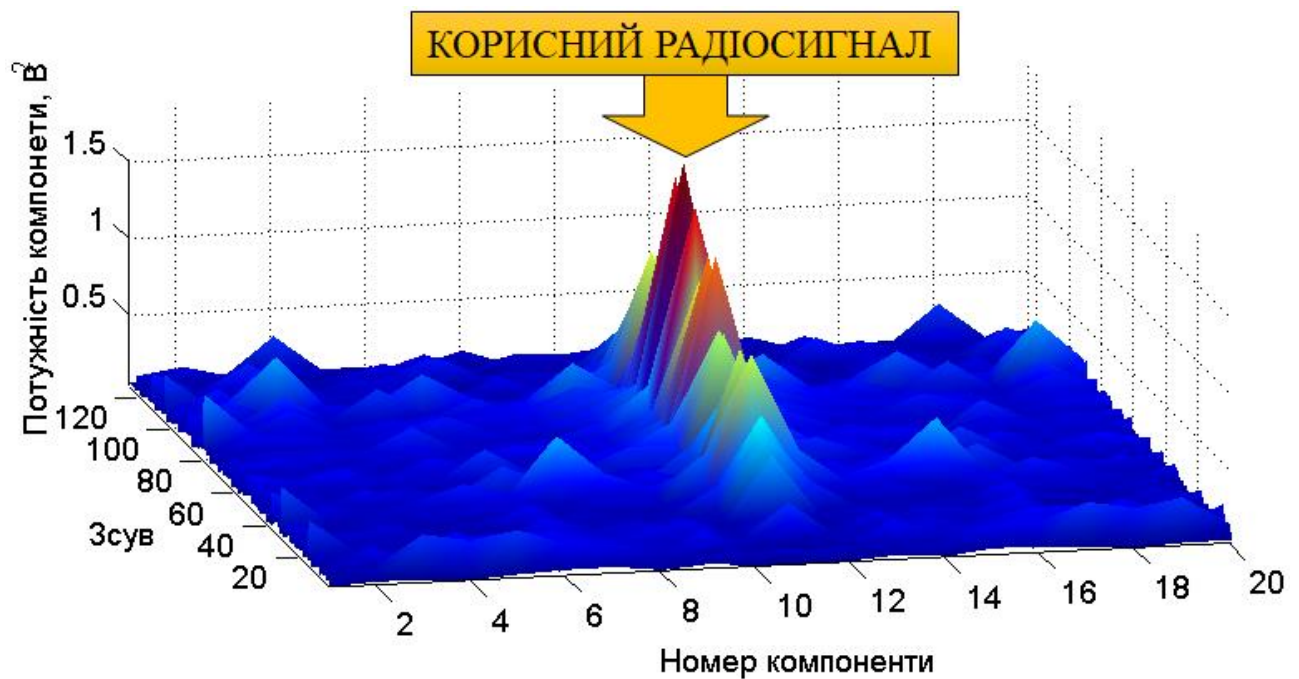
(спектральні компоненти – показник детектування)

Рис.3.4. Результат синфазного детектування радіосигналу при рівні завадної дисперсії $0,6 \text{ В}^2$

Підвищивши рівень дисперсії завади до $0,9 \text{ В}^2$ отримано обчислені чергові компоненти радіосигналу на рис.3.5, які відображають знову чіткість наявності корисної складової серед завад.



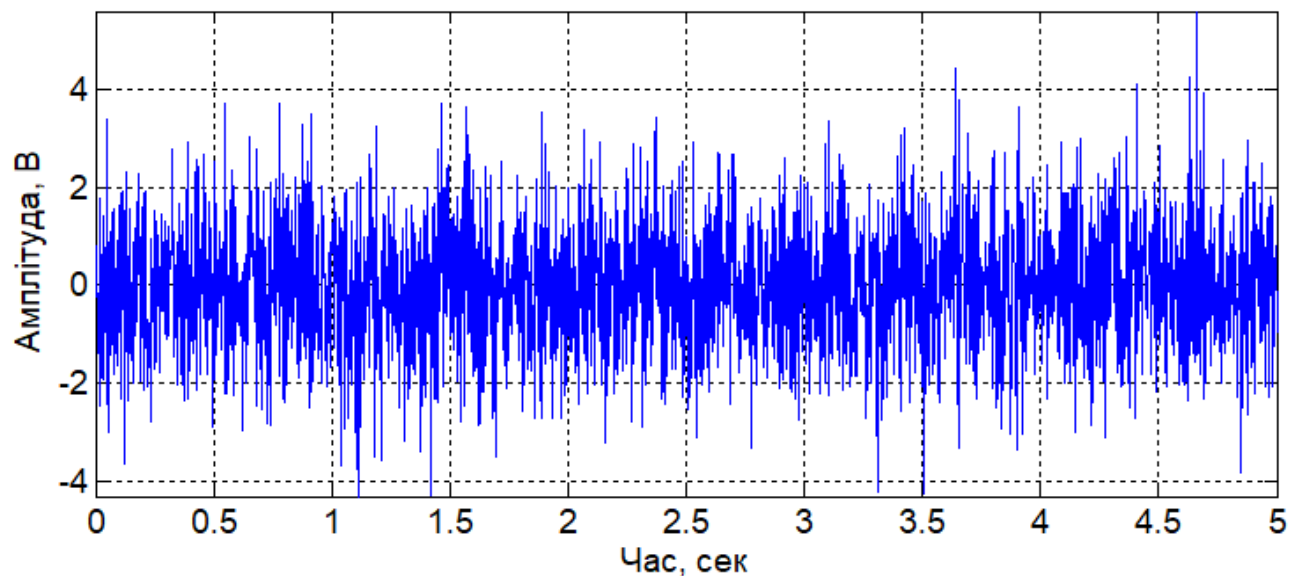
(радіосигнал)



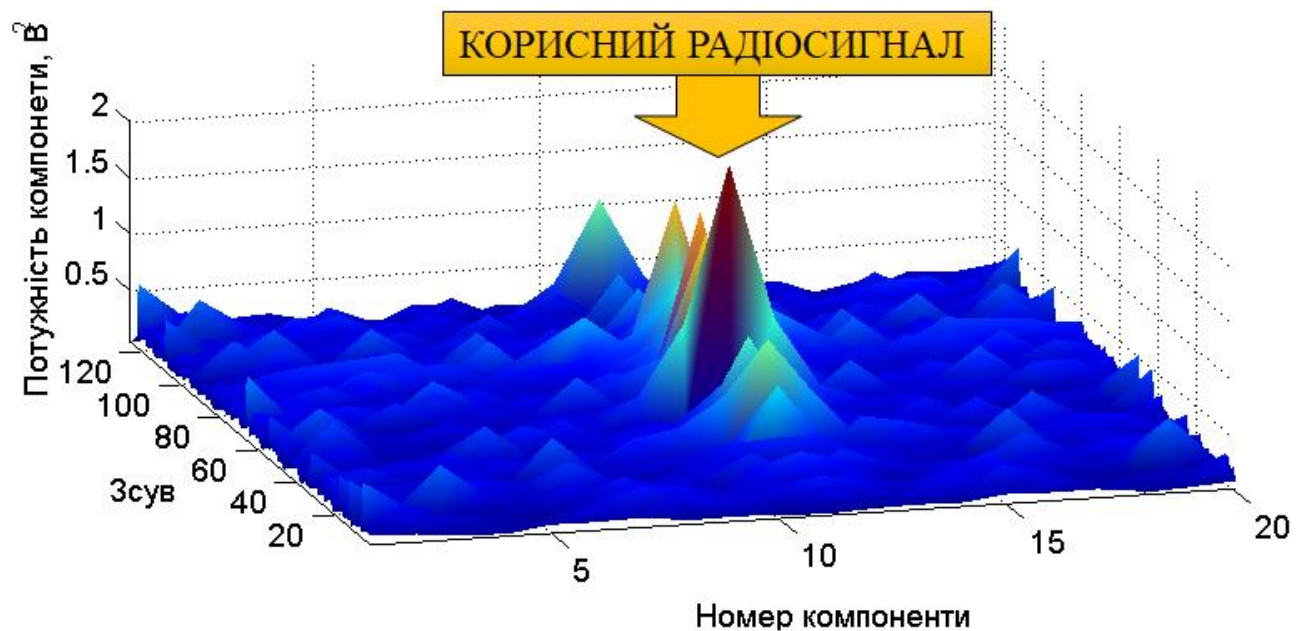
(спектральні компоненти – показник детектування)

Рис.3.5. Результат синфазного детектування радіосигналу при рівні завадної дисперсії $0,9 \text{ В}^2$

В кінцевому випадку рівень завадної дисперсії підвищено до $1,2 \text{ В}^2$, що перевищує рівень самого корисного радіосигналу обчислено компоненти, які наведено на рис.3.6. Результат локалізація компоненти радіосигналу є ідентичним до вище наведених результатів, тобто детектування є очевидним без будь якої труднощі.



(радіосигнал)



(спектральні компоненти – показник детектування)

Рис.3.6. Результат синфазного детектування радіосигналу при рівні завадної дисперсії $1,2 \text{ В}^2$

З обчислених показників детектування на рис.3.2-3.6 видно, що складова корисного радіосигналу в завадних телекомунікаціях є чітко локалізованою, що забезпечує без будь якої труднощі здійснити процес достовірного та ефективного його детектування. Отже, компоненти спектральні забезпечують формування висновків, щодо присутності чи відсутності корисного радіосигналу в завадних телекомунікаціях.

Для більш детального оцінювання обчислених компонент спектральних використано їх усереднену оцінку за компонентами, як було запропоновано Хвостівським М.О. [35] згідно виразу:

$$M_k \left\{ \hat{B}_k(u) \right\} = \frac{1}{N_k} \sum_{k=1}^{N_k} \hat{B}_k(u), \quad u = \overline{1, N_u}, \quad k = \overline{1, N_k}. \quad (3.1)$$

де u – значення зсуву;

N_k – сумарна кількість компонент k ;

N_u – довжину зсуву.

Результат усереднення компонент радіосигналу згідно виразу (3.1) при різних рівнях дисперсії завади наведено на рис.3.7.

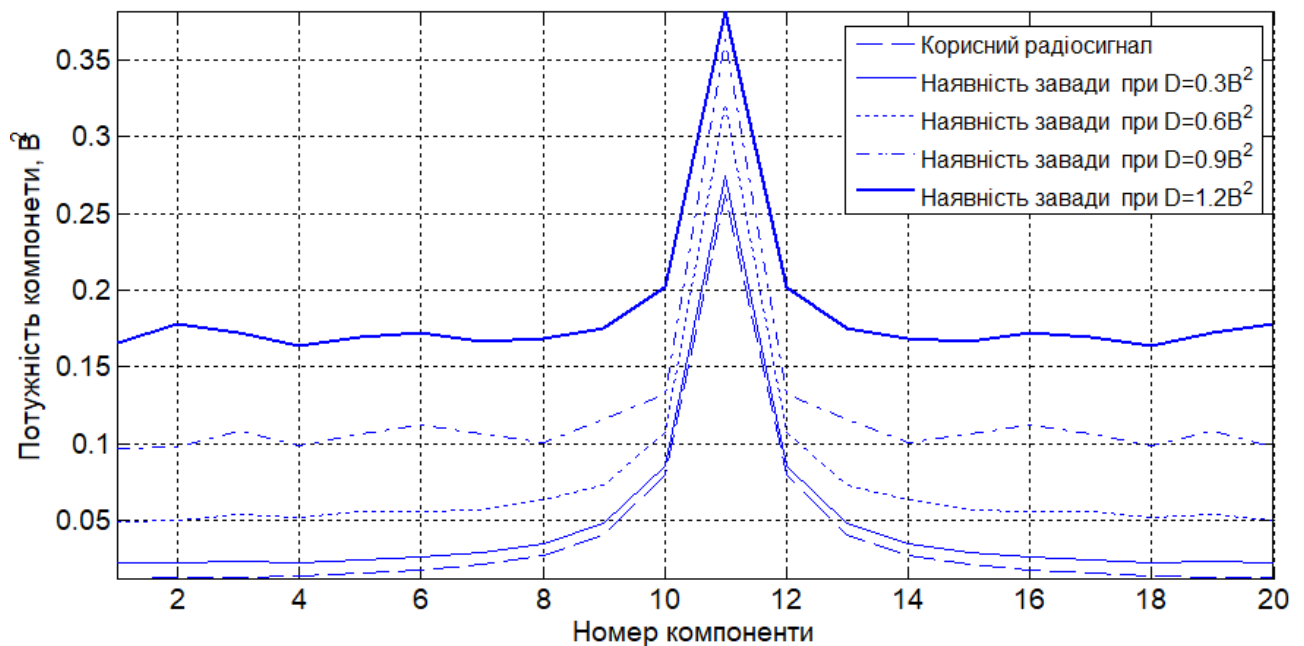


Рис.3.7. Усередненні компоненти радіосигналу мережі із складовою завади з рівнем дисперсії $\{0;0,3;0,6;0,9;1,2\} B^2$

Оцінені компоненти через усереднення їх (рис.3.7) дають змогу детальніше порівняти результати детектування чим у випадку не усереднених компонент (рис.3.2-3.6), що забезпечує процес ефективно-достовірного детектування корисних радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Результати обробки радіосигналів в заводних телекомунікаціях у вигляді усереднених компонент констатують, що розроблене програмне забезпечення організовує процес відстеження та детектування присутності корисної складової в мережах телекомунікацій. Такий факт вказує на ефективність процесу детектування корисних радіосигналів при застосуванні розробленого програмного засобу.

3.5. Програмний засіб детектування радіосигналів з інтерфейсом

Використовуючи MATLAB GUIDE забезпечено процес розроблення графічного інтерфейсу програмного засобу детектування корисних радіосигналів в заводних телекомунікаціях. Під час розробки інтерфейсу використано графічні компоненти введення числових даних, активаційні кнопки (підтвердження параметрів та детектування) та об'єкти візуалізаційні. Код програмного засобу детектування відображено в додатку Г.

Власне в інтерфейсі засобу сконструйоване меню, де непередбачено пункти:

- Завантажити радіосигнал;
- Синфазне детектування.

Меню інтерфейсу засобу синфазного детектування радіосигналу наведено на рис.3.8.

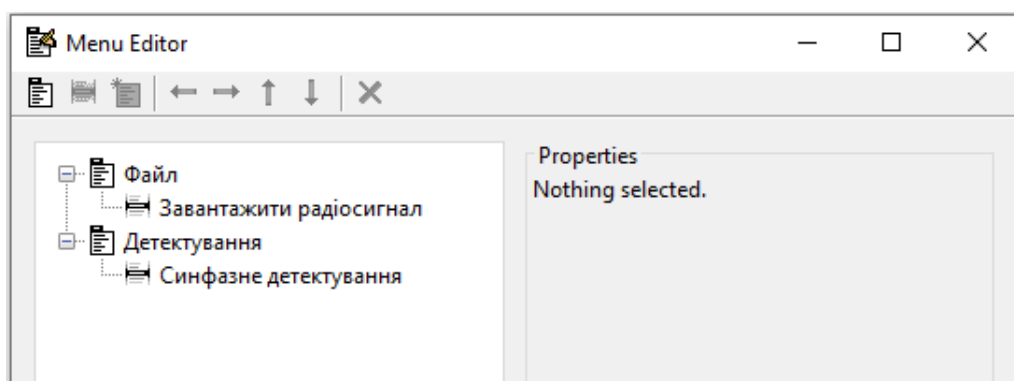


Рис.3.8. Пункти меню синфазного засобу детектування радіосигналів

Звантажена реалізація радіосигналу в заводних телекомунікаціях та

результат детектування при використанні інтерфейсу наведено на рис.3.9

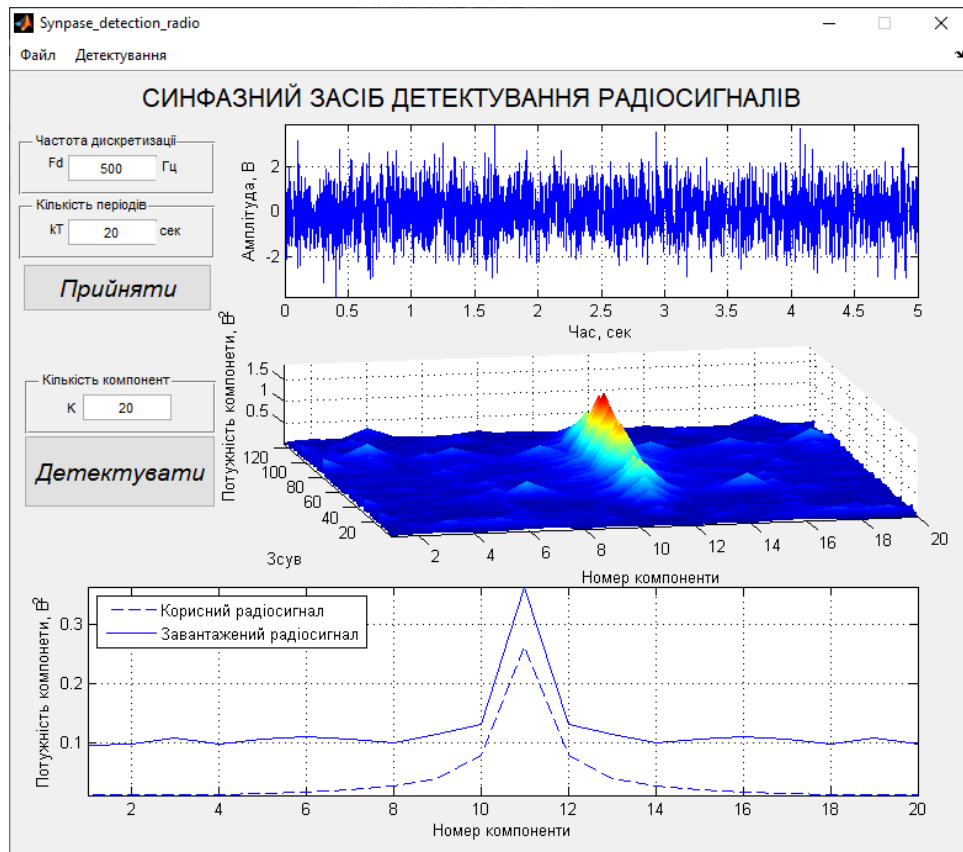


Рис.3.9. Результат синфазного детектування радіосигналу (рівень дисперсії завади $0,9 \text{ В}^2$)

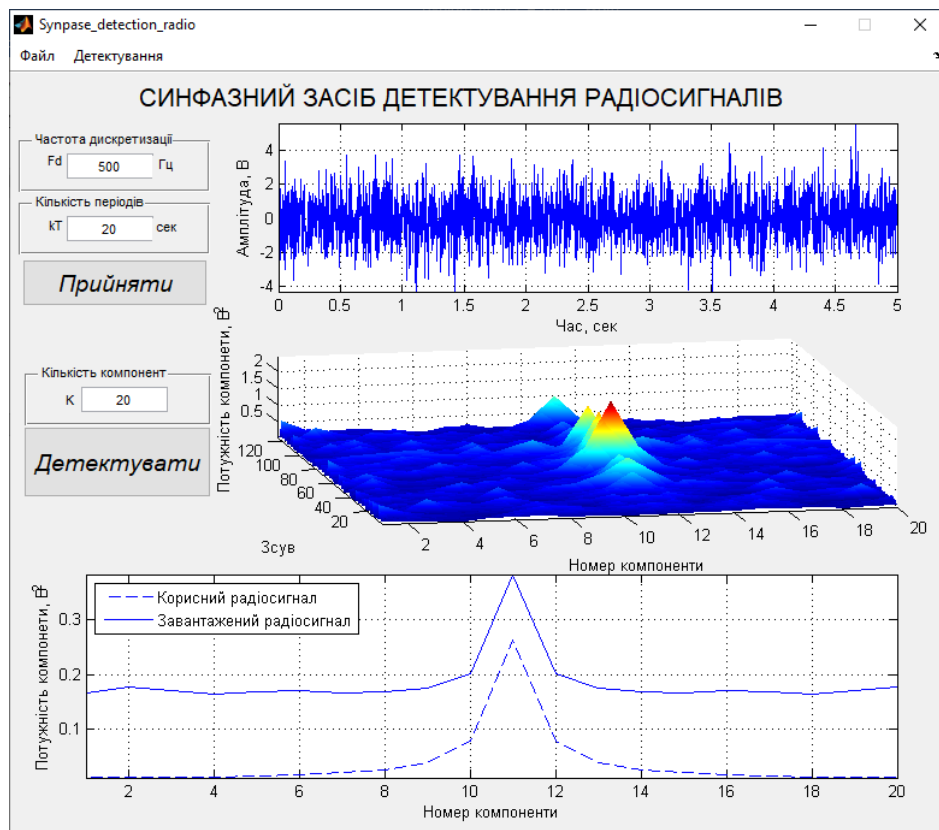


Рис.3.10. Результат синфазного детектування радіосигналу (рівень дисперсії завади $1,2 \text{ В}^2$)

Отже, реалізований програмний засіб забезпечує процедуру автоматизації детектування корисного радіосигналу в завадних телекомунікаціях при різній інтенсивності завади.

3.6. Висновки до розділу 3

При застосуванні програмного інструментарію MATLAB уможливило розроблення програмного засобу для детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Для оцінювання результату детектування, зокрема компонент спектральних радіосигналів, використано процедуру покомпонентного усереднення за номерами компонент.

Установлено, що обчислені компоненти спектральні радіосигналів в завадних телекомунікаціях обчислені на базі моделі ПКВП забезпечили підвищення інформативності показників детектування, які є ефективніші на відміну від показників стаціонарної моделі та кількісно відображають локалізованість корисного радіосигналу замаскованого завадами.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Спеціальне навчання та інструктажі працівників із питань охорони праці є одним із основних принципів державної політики в галузі охорони праці і складовою системи управління охороною праці. Вони проводяться з працівниками в процесі їх трудової діяльності.

Згідно з Типовим положенням про навчання з питань охорони праці усі працівники при прийнятті на роботу і періодично в процесі роботи проходять на підприємстві навчання у формі інструктажів із питань охорони праці, вивчають правила надання першої долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правила поведінки при виникненні аварій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки (згідно з переліком таких робіт, що затверджується наказом Держпромгірнагляду), а також де є необхідність у професійному відборі, при прийнятті на роботу проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці та періодичне навчання і перевірку знань в термін, встановлений відповідними галузевими нормативними актами, але не рідше одного разу на рік.

На промислових підприємствах України для працівників, що виконують роботи з обслуговування обладнання підвищеної небезпеки, обов'язкове курсове навчання з охорони праці (з обов'язковим іспитом), що проходить безпосередньо на виробництві за затвердженими роботодавцем і погодженими з органами Держпромгірнагляду програмами. Це роботи по обслуговуванню парових та водонагрівальних котлів, виробничих печей та інших теплових установок, устаткування, що працює під тиском, компресорів, холодильних установок, газового обладнання, електричного устаткування, підйомників, підйимальних механізмів, тракторних лопат, буртоукладачів, буртоукривальних машин, автонавантажувачів, електрокарів, тракторів та іншого внутрішнього заводського механізованого транспорту, газоелектрозварювального обладнання,

апаратів дифузії, центрифуг, кислотних та лужних установок, безтарного зберігання сировини, миття харчової сировини, такелажних, монтажних, ремонтних, навантажувально-розвантажувальних та інших робіт. Відповідальність за організацію навчання і перевірку знань на підприємстві покладається на роботодавця, а в структурних підрозділах - на керівників цих підрозділів. Контролює виконання цих завдань відділ охорони праці.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань, забороняється.

Усі посадові особи, відповідно до переліку посад до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Навчання посадових осіб (керівників підприємств і установ та їх заступників тощо), що безпосередньо відповідають за організацію охорони праці на підприємстві чи установі (перелік посадових осіб наведено в додатку до Типового положення про навчання з питань охорони праці), проводиться в навчальних закладах, які мають дозвіл Державного Комітету України по нагляду за охороною праці на проведення такого навчання.

На підприємствах навчання з питань охорони праці організовує відділ охорони праці підприємства, залучаючи до цього працівників відділу охорони праці та спеціалістів, що пройшли навчання і перевірку знань у навчальних закладах або в установах Держпромгірнагляду. Для перевірки знань посадових осіб і спеціалістів наказом по підприємству створюється комісія, очолювана керівником підприємства. До комісії входять керівники (їх заступники) служби охорони праці, виробничо-технічних служб, представники місцевих органів державного нагляду за охороною праці, а також представники профспілкового комітету (комітетів).

Посадові особи та спеціалісти невеликих підприємств, де неможливо провести навчання та утворити комісію по перевірці знань, проходять навчання у відповідних місцевих навчальних закладах або на близьких за їх профілем виробництва підприємствах, а перевірку знань - в комісіях при місцевих органах Держпромгірнагляду.

Працівники, що не пройшли навчання і перевірку знань або при повторній перевірці показали незадовільні знання з питань охорони праці, звільняються з посади, а їх працевлаштування вирішується згідно з чинним законодавством.

Позачергова перевірка знань посадових осіб і спеціалістів проводиться в разі введення в дію або перегляду нормативних актів із питань охорони праці; введення в дію нового устаткування або нових технологічних процесів; при переведенні працівника на іншу роботу, що потребує додаткових знань із питань охорони праці; за вимогою працівника органу державного нагляду за охороною праці, в разі незнання актів про охорону праці.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Практика показує, що в усіх областях застосування електричної енергії на виробничих підприємствах з виготовлення телекомунікаційного обладнання мають місце випадки ураження людини електричним струмом. З метою забезпечення електробезпеки всі виробничі приміщення підрозділяють за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом на три класи:

Приміщення без підвищеної небезпеки – це сухі приміщення з відносною вологістю не більше 75 % і температурою повітря в межах $+ 5...+ 250$ С, з неструмопровідними підлогами (дерев'яними, пластмасовими), з повітряним середовищем без струмопровідного пилу.

Приміщення з підвищеною небезпекою – це приміщення, що характеризуються наявністю однієї з таких ознак:

- вологість з постійною відносною вологістю повітря більше 75 %;
- струмопровідний пил;
- струмопровідні підлоги (земляні, металеві, залізобетонні, цегельні);
- висока температура повітря (вище 35 0С);
- можливість одночасного дотику людини до металевих конструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів і до металевих корпусів електроустаткування.

Приміщення особливо небезпечні – це приміщення, в яких наявною є одна

з наступних ознак:

- відносна вологість повітря постійно близька до 100 %, внаслідок чого стіни, стеля таких приміщень покриті конденсатом вологи;
- приміщення з постійною наявністю їдких газів чи пари відносно матеріалу ізоляції струмоведучих частин;
- приміщення, для яких характерні дві чи більше ознак, що відносяться до класу приміщень з підвищеною небезпекою, наприклад, приміщення з струмопровідним пилом і сирію струмопровідною підлогою.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-85 пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у разі її виникнення запобігається вплив на людей шкідливих і небезпечних факторів пожежі та забезпечується захист матеріальних цінностей.

Відповідно до ПУЕ вибір і установку електроустаткування виконують з урахуванням класифікації вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон. Згідно з цією класифікацією вибухонебезпечні зони позначаються буквою В, а пожежонебезпечні – буквою П.

Зона класу В-1. До неї відносяться приміщення, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші пару і газів з повітрям при нормальних умовах роботи (наприклад приміщення, в яких виконується злив легкозаймистих рідин у відкриті посудини).

Зона класу В-Ia. У цю зону входять приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації устаткування, але можуть виникати при аваріях або несправностях обладнання.

Зона класу В-Iб. До цього класу відносять:

- приміщення, в яких можуть утримуватися горючі пари й газу з високою нижньою межею загорання (15 % і більше), що мають різкий запах (наприклад, приміщення аміачних компресорів);
- приміщення, в яких можливе утворення тільки локальних вибухових сумішей в об'ємі менше 5 % від об'єму приміщення.

Зона класу В-Iг. У цю зону входять зовнішні установки, в яких знаходяться вибухонебезпечні газу, пари й легкозаймисті рідини (наприклад, газгольдеру,

зливно-наливні естакади і т. п.).

Зона класу В-II. До неї відносять приміщення, в яких виконується обробка горючих пилу чи волокон, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям при нормальних режимах роботи (наприклад, відкрите завантаження і вивантаження мілкодисперсних горючих матеріалів).

Зона класу В-IIа. У цю зону входять приміщення, в яких вибухонебезпечні пилеповітряні суміші можуть утворюватися тільки в результаті аварій і несправностей обладнання (наприклад, розгерметизація пневмотранспортного устаткування із застосуванням азоту, сепараційні установки з механічним завантаженням і т. п.)

Приміщення й установки, в яких зберігаються горючі рідини чи горючий пил, нижня концентраційна межа яких вище 65 г/м^3 , відносять до пожежонебезпечних і класифікують так.

Зона класу П-I. До неї відносять приміщення, в яких зберігаються горючі рідини (наприклад, мінеральне масло).

Зона класу П-II. У цю зону входять приміщення, в яких знаходиться горючий пил з нижньою концентраційною межею вище 65 г/м^3 .

Зона класу П-IIа. До неї відносять приміщення, в яких знаходяться тверді горючі речовини, не здатні переходити в суспендований стан.

Установки класу П-III. До них відносять зовнішні установки, в яких знаходяться горючі рідини з температурою спалаху вище $61 \text{ }^{\circ}\text{C}$ або тверді горючі речовини.

4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання спеціального навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників як виконують роботи з підвищеної небезпеки.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано характеристики виробничих приміщень при виготовленні телекомунікаційних виробів щодо небезпеки ураження струмом, вогнем, вибухом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розроблено розробка синфазний засіб детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях.

Отримано результати:

1. Здійснено аналітичний аналіз існуючих моделей радіосигналів та методів їх детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях, що зацентувало акценти наукового дослідження.

2. Обґрунтовано модель радіосигналів при використанні моделі ПКВП, що уможливило реалізацію ефективного методу синфазного детектування в завадних телекомунікаціях.

3. На підґрунті синфазного методу обробки реалізовано метод та алгоритм детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях шляхом обчислення кількісних показників компонент спектральних, які кількісно показують істинність локалізації присутності/відсутності корисної складової.

4. Розроблено інтерфейсний програмний засіб синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях при використанні інструментарію MATLAB.

5. Досліджено процес синфазного детектування радіосигналів в завадних телекомунікаціях, що підтвердило факт коректного функціонування розробленого програмного засобу при детектуванні корисної складової замаскованої завадами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. 1988. 369 с.
2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники. 2000. 399 с.
3. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. 1986. 288 с.
4. Сотніков О.М., Хударковський К.І. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів. Харків, 2002. 106 с.
5. Богданович Б.М., Окулин Н.И. Радиоприемные устройства. 1992. 428 с.
6. Бабак В.П., Хандецький В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: підручник. Київ, 1999. 250 с.
7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» . 3-е изд., перераб. и .доп. 2000. 462 с.
8. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д.. Выделение сигналов на фоне случайных помех. 1960.
9. Ван Трис Г. Теория обнаружения ,оценивания и модуляция. Том 2. Пер. с англ. 1972. 744 с.
10. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 432 с.
11. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. 1962. 321с.
12. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуа-ционных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. 1972. 448с.
13. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник. 1985. 312 с.
14. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. 1977. 608 с.54.
[http://www.analog.com/UploadedFiles/Data Sheets/346669145AP1674c.pdf](http://www.analog.com/UploadedFiles/Data%20Sheets/346669145AP1674c.pdf)
15. Жалуд В. Кулешів В.Н. Шумы в полупроводниковых устройствах / Под ред. Нарышкина А.К. 1977. 416 с.

16. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. М.: Связь, 1972. 360 с. 7 899 отчет МККР, XV Пленарная Ассамблея. Женева, 1982. Т. 8.
17. Коган И. М. Прикладная теория информации. 1982. 216 с.
18. Куликов Е.И. Трифонов А.П. Оценка параметров сигналов на фоне помех. 1978. 296 с.
19. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. 2-е изд., перераб. и доп. 1979. 252 с.
20. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники: В 3 т. 1976. Т.2. 288 с.
21. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов. 1970. 368 с.
22. Обнаружение стохастических сигналов с неизвестными параметрами /Трифонов А.П. и др., Воронеж: Воронеж. гос. ун-т. , 1991, 246 с.
23. Сверхширокополосные технологии в радиолокации / Под редакцией Тейлора Д.Д. // Бока Ратон, Лондон, Нью-Йорк, Вашингтон, 2000.
24. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд., испр. / Пер. с англ. М.: Изд. дом “Вильямс”, 2002. 1104 с. Парал. тит. англ.
25. Теория передачи сигналов: Учеб. для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В., Назаров, Л.М. Финк. – 2-е изд., перераб. и доп. 1986. 304 с.
26. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника: монография. 2-е изд., перераб. и доп. 1982. 624 с.
27. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ радиотехнических устройств и систем: Учебное пособие для высших учебных заведений. 1992. 608с.
28. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. 1982. 320 с .
29. Теория обнаружения сигналов / [П.С.Акимов., А.П.Бакут., В.А.Богданович и др.]; Под ред. П.А Бакута. 1984. 440 с.

30. Урывский Л. А. Основы прикладной теории информации для телекоммуникаций: диссертация доктора технических наук : 05.12.02 / Л. А. Урывский; Киев, НТУУ «КПИ». К. : 2009. 377 с.
31. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. 2000. 520 с.
32. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Физматгиз, 1962. 134 с.
33. Драган Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. XVI+333с.
34. Жалуд В., Кулешів В.Н. Шумы в полупроводниковых устройствах / Под ред. Нарышкина А.К. 1977. 416 с.
35. Хвостівський М.О. Математична модель макромеханізму формування електроретиносигналу для підвищення достовірності офтальмодіагностичних систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02. Терноп. нац. техн. ун-т ім. І.Пулую. Т., 2010. 20 с.
36. Основи охорони праці : підруч. / [Ткачук К. Н., Халімовський М. О. Зацарний В. В. та ін.] ; за ред. К. Ткачука і М. Халімовського. К. : Основа, 2006. 448 с
37. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / В.Я.Нечай. Львів : Манголія 2006, 2007. 499 с.
38. Хвостівська Л.В., Коваль Л.М. Детектування корисних радіосигналів як періодично корельованих випадкових процесів в умовах апіорної невизначеності. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. С.133.
39. Коваль Л. М. Засіб виявлення корисних стохастично-періодичних радіосигналів в телекомунікаційних мережах : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „172 - телекомунікації та радіотехніка“. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 71 с.

40. Дунець В.Л., Цимбала Т.І., Ракуш Р.В. Метод оптимального виявлення сигналів в каналах зв'язку. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2016. С.37-38.
41. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2004. 1104 с.
42. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. Справочник. Телеком, 2004. 126 с.
43. Берлекэмп Э.Р. Техника кодирования с исправлением ошибок. 1980, Т. 68. №5. С. 24-58.
44. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. 1970. 376 с.
45. Гігієнічні вимоги до розміщення та експлуатації передавальних радіотехнічних об'єктів. СанПіН 2.1.8/2.2.4.1383-03.
46. Marvin K. Simson, Mohamed-Slim Alouini. Digital Communication over Fading Channels. – A John Wiley & Sons, 2005. – 900 с.
47. Винницький М. Метод верифікації алгоритмів опрацювання радіосигналів в телекомунікаційних системах / С Лакоцький, М.Винницький, Л.Хвостівська // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 1 – 2 лютого 2018 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – С.5.
48. Хвостівська Л.В., Дедів І.Ю., Ісаєнко Д.В. Генерування радіосигналів для тестування програмного забезпечення комп'ютерних радіосистем. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 108-109.

49. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Зміно-періодичний корельований випадковий процес. *Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування*. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції (8-9 червня 2017 р.). Тернопіль, 2017. С.129-130.

50. Хвостівська Л.В., Дунець В.Л., Серпутько А.П. Імітаційне моделювання сигналів для тестування алгоритмів роботи радіотехнічних систем. збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «*Актуальні задачі сучасних технологій*» (м.Тернопіль, 17-18 листопада 2016 р.). Тернопіль, 2016. Том II. С. 123-124.

51. Хвостівська Л.В., Яворський Б.І. Актуальність застосування синфазного та компонентного методів щодо аналізу пульсового сигналу судин людини. Матеріали XVII наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «*Природничі науки та інформаційні технології*» (20-21 листопада 2013 р.). Тернопіль, 2013. Т.1. С. 45.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Копія тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
7-8 грудня 2022 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2022

УДК 004.7:621.39:519.6

Л.В.Хвостівська, к.т.н., В.В.Казьмірів, А.В.Ремез

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ НА ФОНІ ЗАВАД

L.V. Khvostivska, Ph.D, Assoc. Prof, V.V.Kazmiriv, A.V.Remez
WAVELET PROCESSING OF RADIOSIGNALS FOR THE PROBLEM OF THEIR
DETECTION AGAINST THE BACKGROUND OF INTERFERENCES

Процес передавання радіосигналу (рис.1) через мережі зв'язку завжди супроводжується впливом завад на нього, що спричиняє спотворення корисного радіосигналу до рівня їх не виявлення та подальшого оцінювання. Тому, вирішення проблематики попереднього виявлення радіосигналів на фоні завад для коректності подальшої обробки суміші за наявності корисної складової (відсутність обробки суміші без корисного сигналу) є актуальним завданням.

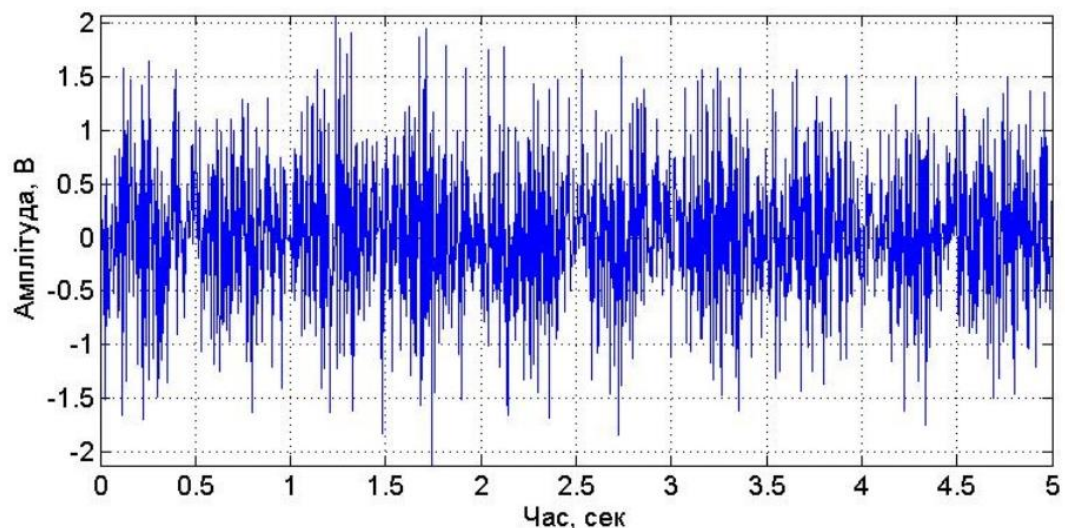


Рис. 1. Спотворений корисний радіосигнал на фоні завад

Для виявлення корисного радіосигналу на фоні завад використовують методи обробки, такі як кореляційний [1,2], усереднення [3] та компонентний [4].

Відомі методи виявлення радіосигналів не уможливлюють процес дослідження флуктацій в різних масштабах часу, що є необхідним при виявленні корисних радіосигналів за змінами його часової структури.

Таке дослідження можливе при використанні методу вейвлет обробки з базисною функцією Морле, яка зі сторони конструкції радіосигналів має змогу дослідити флуктаційні зміни у сигналах за різного часового масштабу за вейвлет спектрами згідно виразу:

$$C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{t=0}^{t_{\max}} x(t) \psi(t, a, b), \quad t \in \mathbb{R} \quad (1)$$

де $x(t)$ - радіосигнал на фоні завад;

$\psi(t, a, b)$ - функція базису Морле, яка уможливорює дослідження флуктації радіосигналу вздовж часу згідно виразу:

$$\psi(t, a, b) = e^{i\omega \frac{t-b}{a}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-b}{a} \right)^2}, \quad (2)$$

де a – коефіцієнт часового масштабу;
 b – часовий зсув вейвлету в часі t ;
 ω – показник частоти базису.

Обчислені вейвлет спектри при виявленні радіосигналу шляхом його вейвлет обробки на фоні завади з показником дисперсії $0,5 \text{ мВ}^2$ відображено на рис.2.

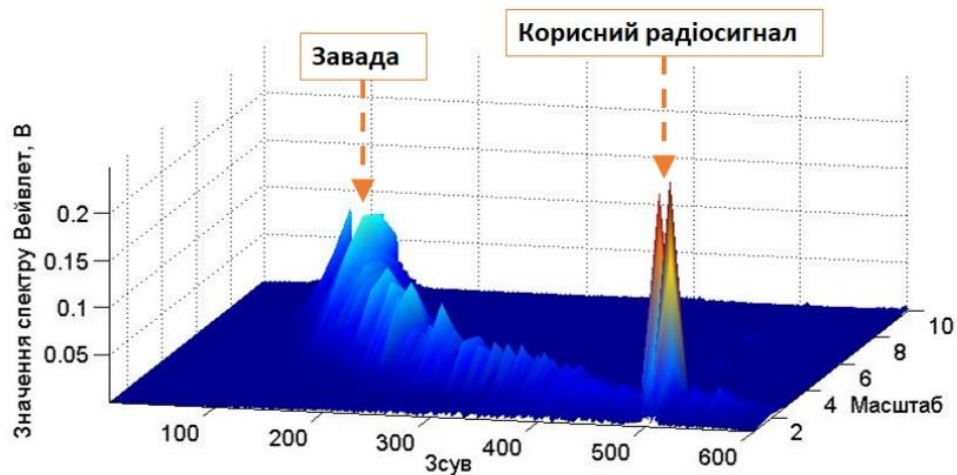


Рисунок 2. Вейвлет спектри радіосигналу в базисі Морле як показник виявлення корисного сигналу на фоні завад (рис.1) з показником дисперсії $0,5 \text{ В}^2$

За обчисленою реалізацією вейвлет спектрів (рис.2) встановлено, що основна складова спектру корисного радіосигналу чітко локалізується (зсув/масштаб) та виділяється за рівнем амплітуди на фоні завади.

Отже, вейвлет спектри (рис.2) чисельно, локалізаційно та візуально дають змогу констатувати факт присутності або відсутності корисного радіосигналу на фоні завад.

Література

1. Кулакова В.И. Обнаружение слабых сигналов методом взаимной корреляции с компенсацией фазовых нестабильностей при радиоконтроле частотного ресурса спутниковых систем связи // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. С. 33-48. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10102.
2. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. Радио и связь, 1982. 320 с.
3. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. 1960. 449 с.
4. Хвостівська Л.В., Коваль Л.М. Виявлення корисних радіосигналів як періодично корельованих випадкових процесів в умовах апріорної невизначеності. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. С.133.

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

27. **С.Б. Красіцька, М.Г. Тарасенко**
ВІПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ 102
28. **П.В. Білоус, В.П. Коваль**
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МІНІ-ТЕС 105
29. **В.П. Волоський, А.М. Паламар, С.А. Лупенко**
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ LI-ION АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ 107
30. **В.В. Желихівський**
МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМІКАННЯ В СИНХРОННОМУ ПОНИЖУВАЛЬНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ 108

СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ

1. **Я.Ю.Хижнюк, Т.О.Лісовська, О.І.Вічко**
РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ 110
2. **М.Р. Леськів, Г.В. Карпик**
ОЦІНКА ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З *AEGOPODIUM PODAGRARIA L.* 111
3. **Л. Федак**
ЕФЕКТИВНІ МІКРООРГАНІЗМИ В ГАЛУЗІ БДЖІЛЬНИЦТВА 112
4. **О.О. Савчук, М.І. Полевий, Н.М. Зварич**
ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 113
5. **В.Ю. Головач, В.Я. Ворошук**
ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАНТОРА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ КАЗЕЇНУ 115

СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1. **Т. Базан, Б. Млинко**
АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА 116
2. **Т. Базан, Б. Млинко**
МЕТОДИ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА 117

СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

1. **Н. Завацький, Л.Романюк**
ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ 118
2. **Л.В.Хвостівська, В.В.Казьмірів, А.В.Ремез**
ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ НА ФОНІ ЗАВАД 119
3. **Н.Г.Гонгало, М.О.Хвостівський**
ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛІВ В БАЗИСІ ХААРА 121
4. **А.А. Станько, А.Г. Микитишин, О.С. Голотенко**
КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ 122
5. **Р.О. Ніколайчук**
РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA 124

ДОДАТОК Б

Програмний код синфазної обробки радіосигналу

```
function B=synphase(radiosig,Tradio);

if nargin<2, error('Необхідно ввести не менше 2-ох аргументів');
end;

Tradio=fix(Tradio);
radiosigc=PKVPcentr(radiosig,Tradio);
komp=PKVPkomp(radiosigc,Tradio);
n=size(komp,2);
for k=1:Tradio
    kompcor(k,1:n)=PKVPcor(komp(k,1:n));
    [B(k,:) f(k,:)] = dft(kompcor(k,1:n),1,n);
end;
```

ДОДАТОК В

Програмний код детектування радіосигналів

```

% Author Remez A.V., Khvostivska L.V.
clear all;
clf(figure(1))
clf(figure(2))
clf(figure(3))
freqd=500;
dt=1/freqd;
kilt=20;
timesignal=0:(1/freqd):5;
x=load('C:\Temp\radionoise_D=1_2_500.txt'); % Ideal
sigideal=load('C:\Temp\radionoise_D=0_500.txt'); % Ideal+noise

figure(1)
axes('fontsize',14)
plot(timesignal,x);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек','FontSize',14);
ylabel('Амплітуда, В','FontSize',14);

kk=20;
N=length(x);
NT=fix(N/kilt);
Bkomponent1=PKVPsinfaz(sigideal,NT,'x'); % Синфазний (корисний
радіосигнал)
Bkomponent2=PKVPsinfaz(x,NT,'x'); % Синфазний (завантажений
радіосигнал)
m1=mean(Bkomponent1);
m2=mean(Bkomponent2);
figure(2);
%axes('fontsize',14)
%plot(m1,'--');
hold on;
plot(m2);
hold off;
axis tight;
grid on;
%xlabel('Номер компоненти','FontSize',14);
%ylabel('Потужність компоненти, В^2','FontSize',14);
%legend({'Корисний радіосигнал','Завантажений
радіосигнал'},'location','northwest');
figure(3);
axes('fontsize',14)
surf(Bkomponent2);
shading interp;
axis tight;
xlabel('Номер компоненти','FontSize',14);
ylabel('Зсув','FontSize',14);
zlabel('Потужність компоненти, В^2','FontSize',14);
rotate3d on;

```

ДОДАТОК Г

Програмний код засобу детектування радіосигналів із інтерфейсом

```

function varargout = Synpase_detection_radio(varargin)
% Synpase_detection_radio M-file for Synpase_detection_radio.fig
% Author Remez A.V., Khvostivska L.V.
%     Synpase_detection_radio, by itself, creates a new
Synpase_detection_radio or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = Synpase_detection_radio returns the handle to a new
Synpase_detection_radio or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%
Synpase_detection_radio('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in Synpase_detection_radio.M with
the given input arguments.
%
%     Synpase_detection_radio('Property','Value',...) creates a
new Synpase_detection_radio or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property
value pairs are
%     applied to the GUI before FKS_OpeningFunction gets called.
An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to
Synpase_detection_radio_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help
Synpase_detection_radio

% Last Modified by GUIDE v2.5 30-Nov-2022 18:46:04

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',   @Synpase_detection_radio_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',    @Synpase_detection_radio_OutputFcn, ...

```

```

        'gui_LayoutFcn', [] , ...
        'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before Synpase_detection_radio is made
% visible.
function Synpase_detection_radio_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to Synpase_detection_radio
% (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Synpase_detection_radio
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Synpase_detection_radio wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);


% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Synpase_detection_radio_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;


function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit2 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text

```

```

%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit3 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Детектування радіосигналів
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
radiosig=get(handles.pushbutton1,'userdata');
sigideal=load('C:\Temp\radionoise_D=0_500.txt'); % корисний
dt=1/get(handles.edit1,'value');
kilT=get(handles.edit2,'value');
kk=get(handles.edit3,'value');
N=length(x);
Tradio=fix(N/kilT);

Bkomponent1=synphase(sigideal,Tradio,'x'); % Синфазний (корисний)
Bkomponent2=synphase(radiosig,Tradio,'x'); % Синфазний (з завадами)

axes(handles.axes2);
m1=mean(Bkomponent1);
m2=mean(Bkomponent2);
plot(m1,'--');
hold on;
plot(m2);
hold off;
axis tight;
grid on;
xlabel('Номер компоненти');
ylabel('Потужність компоненти, В^2');
legend({'Корисний радіосигнал','Завантажений
радіосигнал'},'location','northwest');

axes(handles.axes1);
surf(Bkomponent2);
shading interp;
axis tight;

```



```

xlabel('Номер компоненти');
ylabel('Зсув');
zlabel('Потужність компоненти, B^2');
rotate3d on;

% -----Меню-----
% -----
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
[filename, pathname] = uigetfile('*.txt', 'Завантажити дані
радіосигналу');
if length(filename)>=1
director=[pathname filename];
data=load(director);
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
set(handles.text7,'visible','on');
end;

% -----
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton3 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
rotate3d off;
set(handles.edit1,'value',str2num(get(handles.edit1,'string')));
set(handles.edit2,'value',str2num(get(handles.edit2,'string')));

set(handles.text7,'visible','off');
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');

dt=1/get(handles.edit1,'value');
kilt=get(handles.edit2,'value');

axes(handles.axes3);
t=(0:length(x)-1)*dt;
plot(t,x);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');

```