

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Самусіка Владислава Анатолійовича

академічної групи 172-1бзск-1

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізації¹

за освітньо-професійною програмою Телекомунікації та радіотехніка

на тему Удосконалення способу та розробка пристрою виявлення сигналу

відомої форми

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.			
розділів:				
спеціальний	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., проф. Гусєв О.Ю.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікацій
_____ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Самусіку Владиславу Анатолійовичу академічної групи 172-16зск-1
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

на тему Удосконалення способу та розробка пристрою виявлення сигналу
відомої форми

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Розглянути методи виявлення сигналів відомої форми, а також представлені основні способи технічної реалізації цих методів.	20.03.2019
Розділ 2	Запропонувати та обґрунтувати спосіб виявлення сигналу відомої форми, та розробити його технічну реалізацію.	30.05.2019
Розділ 3	Розрахунок собівартості розробки нового методу прийому сигналу відомої форми, та розрахунок прибутку від його впровадження.	15.06.2019

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Корнієнко В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: 08.01.2019р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: 17.06.2019р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Самусік В.А.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: ___ с., ___рис., ___ табл., ___ додатків, ___ джерел.

Об'єкт розробки: приймач сигналів.

Мета дипломного проекту: Розробка способу виявлення сигналу відомого точно, що дозволяє підвищити достовірність його виявлення при малих відношеннях сигнал/шум і його технічна реалізація.

У введенні обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета, а також основні вирішувані завдання.

В першому розділі роботи були розглянуті методи виявлення сигналів відомих точно, а також представлені основні способи технічної реалізації цих методів.

В другому розділі був розглянутий метод виявлення сигналу відомого точно на основі критерій Слепяна, а також була представлена структурна схема приймача за критерієм Слепяна.

В економічному розділі вироблений розрахунок собівартості розробки, витрат на дослідження і обґрунтована економічна ефективність оцінки якості передачі мовного сигналу.

Практична цінність результатів полягає у використанні запропонованого методу і приймача виявлення сигналу відомого точно, на основу критерій Слепяна, в радіотехніці.

ОПТИМАЛЬНИЙ ПРИЙМАЧ, ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ, МОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ, ДЕМОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ПОХИБКА, СПЕКТР СИГНАЛУ, ФОРМА СИГНАЛУ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: __ с., __ рис., __ табл., __ приложений, __ источников.

Объект разработки: приемник сигналов.

Цель дипломной работы: разработка способа обнаружения сигнала известного точно, позволяющего повысить достоверность его обнаружения при малых отношениях сигнал/шум и его техническая реализация.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, а также основные решаемые задачи.

В первом разделе работы были рассмотрены методы обнаружения сигналов известных точно, а также представлены основные способы технической реализации этих методов.

Во втором разделе был рассмотрен метод обнаружения сигнала известного точно на основе критерий Слепяна, а также была представлена структурная схема приемника по критерию Слепяна.

В экономическом разделе произведен расчет себестоимости разработки, затрат на исследования и обоснована экономическая эффективность оценки качества передачи речевого сигнала.

Практическая ценность результатов состоит в использовании предложенного метода и приемника обнаружения сигнала известного точно, на основании критерий Слепяна, в радиотехнике.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК, ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛА, МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛА, ДЕМОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛА, СПЕКТР СИГНАЛА, ФОРМА СИГНАЛА.

ABSTRACT

Explanatory note: __ p., __ fig., __ tab., __ appendices, __ sources.

Object of development: receiver of signals.

Purpose of degree project: development of method of reception of signal of known exactly, allowing to promote authenticity of his discovery at small rate signal/noise and his technical realization.

Actuality of theme is reasonable In introduction, set forth aim, and also basic decided tasks.

In the first division of work the methods of finding out the signals of known were considered exactly, and also the basic methods of technical realization of these methods are presented.

In the second division the method of finding out a signal was considered known exactly on basis criterion of Slepian, and also the flow diagram of receiver was presented on the criterion of Slepian.

The calculation of prime price of development is produced in an economic division, expenses on researches and economic efficiency of estimation of quality of transmission of speech signal is reasonable.

The practical value of results consists of the use of the offered method and receiver of finding out the signal of known exactly, on founding criterion of Slepian, in the radio engineering.

OPTIMAL RECEIVER, FINDING OUT SIGNAL, MODULATION OF SIGNAL, DEMODULATION OF SIGNAL, SPECTRUM OF SIGNAL, FORM OF SIGNAL.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АМ	–	амплітудно-модульований;
АЦП	–	аналогово-цифровий перетворювач;
КВ	–	квадратор;
ЛС	–	лінійні системи;
ІН	–	інвертор;
НС	–	нелінійні системи;
РУ	–	вирішальний пристрій.

ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
1.1 Актуальність проблеми	10
1.2 Методи виявлення сигналів, відомих точно.....	10
1.3 Основні способи технічної реалізації методів виявлення сигналів відомої форми.....	15
1.3.1 Структурна схема системи зв'язку	15
1.3.2 Тимчасові і спектральні діаграми на виходах функціональних блоків системи зв'язку.....	17
1.3.3 Виграш у відношенні сигнал/шум при застосуванні оптимального приймача.....	19
1.3.4 Вірогідність помилки на виході приймача	20
1.3.5 Максимально можлива завадостійкість при заданому виді сигналу.....	22
1.4 Постановка задачі.....	22
1.5 Висновок	22
РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Суть методу виявлення сигналу, відомого точно, на основі критерій Слепяна.....	23
2.1.1 Лінійні системи.....	26
2.1.2 Нелінійні системи.....	27
2.2 Технічна реалізація метода виявлення сигналу, відомого точно	34
2.3 Порівняльна оцінка достовірності виявлення сигналу на основі критерій Слепяна.....	40
2.4 Висновок	42
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання методу виявлення сигналу відомого точно.....	44

	7
3.1.1 Визначення трудомісткості розробки продукту	44
3.1.2 Розрахунок витрат на створення продукту.....	47
3.2 Розрахунок економічної ефективності.....	51
3.3 Висновок	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	55
ДОДАТОК А	57
ДОДАТОК Б	58
ДОДАТОК В	59
ДОДАТОК Г	60

ВСТУП

Розробка нових ефективних методів виявлення сигналів відомих точно, що дозволяють підвищити завадостійкість і достовірність при передачі і прийомі інформації, а також розробка технічних засобів, що реалізують ці методи, є актуальним завданням, оскільки дозволяє поліпшити характеристики якості роботи телекомунікаційних систем і мереж.

Міра досконалості телекомунікаційних і радіотехнічних систем значною мірою визначається чутливістю і завадостійкістю приймальних пристроїв, що входять до складу цих систем. Підвищення чутливості і завадостійкості значною мірою визначають вимоги по необхідній потужності передавального пристрою. Слід зазначити, що ріст чутливості сучасних приймальних пристроїв значною мірою визначається сучасною елементною базою, вживаною при їх створенні. Проте цей напрям підвищення чутливості і завадостійкості практично вичерпав свої можливості і тому чекати значного поліпшення чутливості приймальних пристроїв найближчим часом навряд чи можливо.

Другий напрям поліпшення чутливості і завадостійкості пов'язаний з розробкою нових принципів прийому сигналів на тлі перешкод. Основи теорії оптимальних методів прийому були закладені у фундаментальній роботі академіка В. А. Котельникова "Теорія потенційної завадостійкості прийому при флуктуаційних перешкодах". На базі цієї роботи надалі сформувався потужний напрям статистичних методів прийому сигналів на тлі шумів.

Теорія завадостійкості нині розроблена досить повно. Якщо перші роботи в цій області базувалися на методах лінійної фільтрації суміші сигналу і шуму, то подальші успіхи пов'язані з інтенсивним розвитком методів нелінійної фільтрації суміші сигнал і шуму. Великий інтерес до теорії нелінійної фільтрації пояснюється в першу чергу тим, що ця теорія знаходить своє застосування в тих практично важливих випадках, коли не потрібно припущення про нормальний характер сигналу і шуму.

Тому особливий інтерес представляють роботи, спрямовані на пошук нових фізичних явищ, нових способів побудови приймальних пристроїв з метою збільшення їх чутливості і завадостійкості.

Виходячи з цього і була сформульована конкретна мета дипломної роботи – розробка способу прийому сигналу відомого точно, що дозволяє підвищити достовірність його виявлення при малих відношеннях сигнал/шум і його технічна реалізація.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Актуальність проблеми

Передача інформації займає високе місце в життєдіяльності сучасного суспільства. Найголовніше завдання, при передачі інформації – це передача її без спотворень.

Розробка нових ефективних методів виявлення сигналів відомих точно, що дозволяють підвищити завадостійкість і достовірність при передачі і прийомі інформації, а також розробка технічних засобів, що реалізують ці методи, є актуальним завданням, оскільки дозволяє поліпшити характеристики якості роботи телекомунікаційних систем і мереж.

1.2 Методи виявлення сигналів, відомих точно

Практично робота будь-якої радіосистеми розпочинається з виявлення сигналу, при цьому по спостережуваній реалізації суміші вимагається визначити, чи є в суміші сигнал або він відсутній. Якщо випадок відсутності сигналу можна ототожнити з одним значенням повідомлення x_0 , а наявності - з іншим x_1 , то завдання виявлення зведеться до завдання розрізнення двох значень повідомлення і принципово нічим не відрізнятиметься від завдання посимвольного прийому двійкової інформації. Може зустрітися ситуація, наприклад, в системі передачі дискретних повідомлень, коли на заданому інтервалі часу може або передаватися сигнал, що відповідає одному з можливих значень повідомлення, або нічого не передаватися. Система обробки в цьому випадку повинна винести ухвалу про те, чи є в спостережуваній суміші сигнал, і якщо так, то який саме. Таким чином, однією з найбільш важливих проблем радіовиявлення є відшукування оптимальних способів виділення сигналів за наявності перешкод.

Оптимальними методами виявлення називаються такі, які забезпечують найкраще виділення сигналів з суміші сигналу з перешкодою.

В результаті процесу виявлення має бути видане рішення про наявність або відсутність сигналу в суміші, діючій на вході приймального пристрою.

Існує багато методів виявлення сигналу, найважливішим серед них є спосіб виявлення сигналу, відомого точно по Котельникову, який полягає у тому, що суміш сигналу і шуму подається на послідовно сполучені оптимальний лінійний фільтр і пороговий пристрій. Оптимальний лінійний фільтр, погоджений із спектром сигналу, що приймається, забезпечує максимальне відношення сигнал/шум на вході порогового пристрою.

Одним з важливих випадків що розглядаються в теорії завадостійкості являється виявлення радіоімпульсного сигналу на тлі власних шумів приймального пристрою. В цьому випадку на виході оптимального лінійного фільтру формується вузькосмуговий випадковий процес, якщо смуга пропускання фільтру набагато менше середньої частоти фільтру. Теорія вузькосмугових шумів досить повно вивчена. Проте з точки зору існуючої теорії не знайшли свого пояснення наступні факти. Показано, що дисперсія частоти процесу на виході вузькосмугового фільтру не обмежена.

При цьому виникає питання, якщо дисперсія частоти вузькосмугового шуму не обмежена, то чому спектр вузькосмугового шуму обмежений і зосереджений у близи середньої частоти вузькосмугового фільтру. Необмежено велика дисперсія частоти вузькосмугового фільтру пояснюється наявністю стрибків високочастотного заповнення вузькосмугового шуму на . Чим обумовлені скачки фази в теорії не пояснюється. Необхідно відмітити ще один факт, важко з'ясовний в теорії вузькосмугових шумів. Вважається, що вузькосмуговий шум є амплитудно-фазово-модульованим коливанням. Причому амплітуда і фаза, що повільно змінюється, незалежні величини. У зв'язку з цим важко пояснити той факт, чому спектр що огинає вузькосмугового процесу на виході вузькосмугового фільтру з П-образною амплітудно-частотною характеристикою має спектр трикутної форми.

Теорія потенційної завадостійкої Котельникова має величезне значення і є добре розвиненою і обґрунтованою теорією прийому сигналів на тлі "білих" шумів. Оскільки високочастотний тракт сучасних приймальних пристроїв за своєю суттю є оптимальним або квазіоптимальним лінійним фільтром, то

характеристики реальних приймальних пристроїв виявляються близькими до характеристик, витікаючих з теорії потенційної завадостійкої, але ніколи їх не перевищують.

Спосіб прийому сигналу по Котельникову, полягає у використанні оптимального лінійного фільтру, погодженого з параметрами сигналу, і порогового пристрою. Оптимальний лінійний фільтр має амплітудно-частотну характеристику, погоджену із спектром сигналу, що приймається, і забезпечує максимально можливе відношення сигнал/шум на вході порогового пристрою.

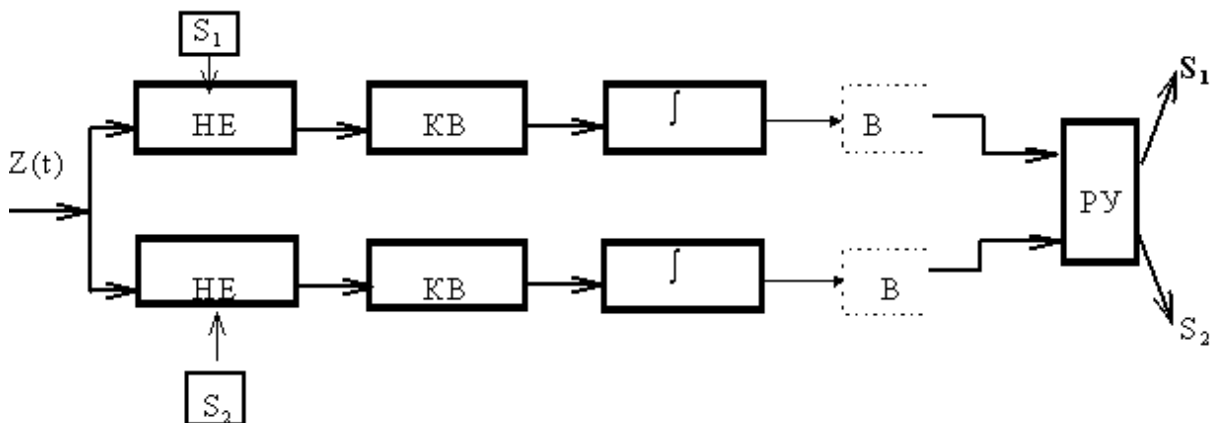


Рисунок 1.1 – Оптимальний лінійний приймач

Правило оптимального прийому, використовуване приймачем Котельникова :

$$[x(t_i) - S_1(t_i)]^2 < [x(t_i) - S_2(t_i)]^2 \text{ то } S_1 - \text{ для } P(S_1) = P(S_2) = 0.5, \quad (1.1)$$

Для $P(S_1) \neq P(S_2)$:

$$[x(t_i) - S_1(t_i)]^2 - 2\sigma_n^2 \ln P(S_1) < [x(t_i) - S_2(t_i)]^2 - 2\sigma_n^2 \ln P(S_2), \quad (1.2)$$

Алгоритм роботи приймача Котельникова : На вхід схеми поступає сигнал $x(t) = S_i(t) + n(t)$, де $n(t)$ - перешкода. Два опорні генератори Γ виробляють сигнали $S_1(t)$ і $S_2(t)$ - гармонійні сигнали, аналогічні сигналам $S_1(t)$ і $S_2(t)$, - на виході модулятора. З вхідного сигналу у віднімаючих пристроях віднімаються сигнали опорних генераторів $S_1(t)$ і $S_2(t)$. отримана різниця поступає на квадратори, інтегруються в інтеграторах за період елементарної послідовності T .

Потім два отримані сигнали порівнюються схемою порівняння, яка приймає рішення і видає на виході декодований сигнал (число) S1 або S2.

На схемі позначені: НЕ - інвертор (віднімаючий пристрій); КВ - квадратор; \int - інтегратор; РУ - вирішальний пристрій.

Таким чином оптимальний приймач для розділення бінарних сигналів складається з двох однакових гілок, на які заводяться очікувані (чи відомі) значення рівнів сигналів "0" і "1" і вирішальний пристрій перекидається у бік більшого значення середнього рівня потужності в тій або іншій гілці.

Вірогідність помилки в такому приймачі визначається формулою:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{E_{\text{ср}}}{2N_0}} \right) \right], \quad (1.3)$$

Де $E_{\text{ср}} = \int_0^T [S_1(t) - S_2(t)]^2 dt$ – еквівалентна енергія.

Для порівняльного аналізу Рош при різних видах модуляції вводять величину $\eta_0 = E_1/N_0$

Отже, в приймачі Котельникова залежить вірогідність помилки не від відношення потужності сигналу до потужності перешкоди, а від відношення енергії сигналу до спектральної щільності перешкоди.

На рисунку 1.2 і рисунку 1.3 представлені тимчасові діаграми сигналів із структурою биття і структурою амплітудно-модульованого сигналу.

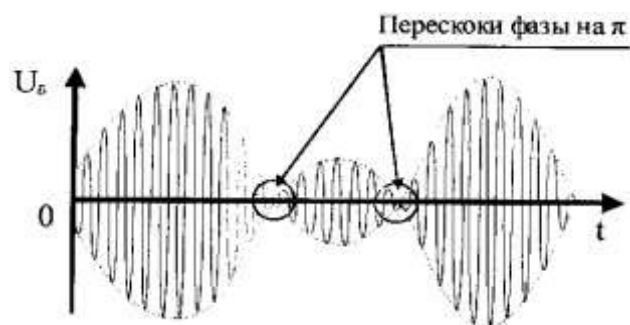


Рисунок 1.2 – сигнал із структурою Биття

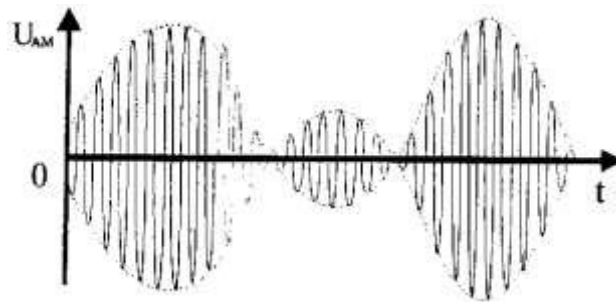


Рисунок 1.3 – амплітудно-модульованій сигнал

Якщо повідомлення може приймати ряд дискретних значень, то параметри переносника при модуляції змінюватимуться стрибком. Така зміна фази відносно фази немодульованої стрибкоподібна зміна параметрів називається дискретною модуляцією. При дискретній фазовій модуляції що несе зазвичай вибирається рівною $n\pi$. Тоді два елементарні сигнали відрізняються по фазі на градусів. Такі 180 сигналів забезпечують найбільшу вірність передачі. Вид сигналу при модуляції прямокутними імпульсами з шпаруватістю (рисунок 1.4):

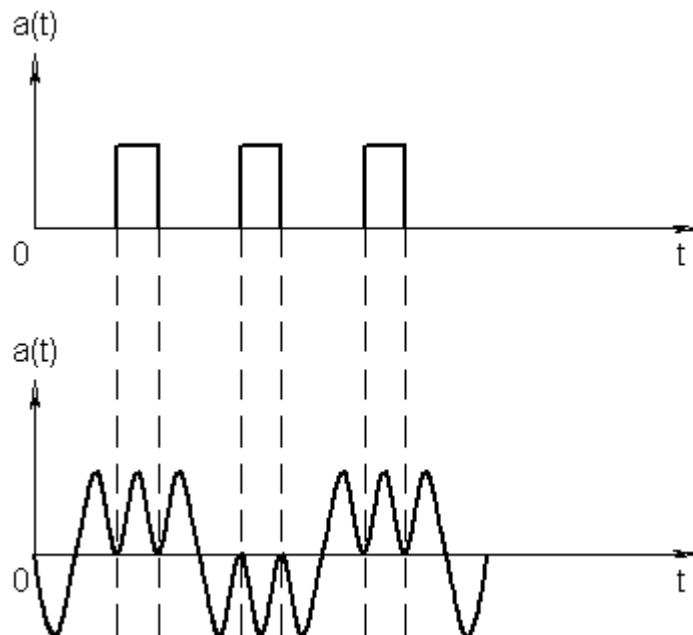


Рисунок 1.4 – Сигнал при модуляції

Для відшукування спектру сигналу запишемо:

$$\begin{aligned}
 S(t) &= A_0 \sin(\omega_0 t + \gamma_0 + \Delta \gamma \alpha(t)) = A_0 \cos(\Delta \gamma \alpha(t)) \sin(\omega_0 t + \gamma_0) + A_0 \sin(\Delta \gamma \alpha(t)) \cos(\omega_0 t + \gamma_0) = \\
 &= A_0 \cos \Delta \gamma \sin(\omega_0 t + \gamma_0) + a(t) A_0 \sin \Delta \gamma \cos(\omega_0 t + \gamma_0)
 \end{aligned}
 \quad , (1.4)$$

Спектри сигналів для різних значень (Рисунок 1.5):

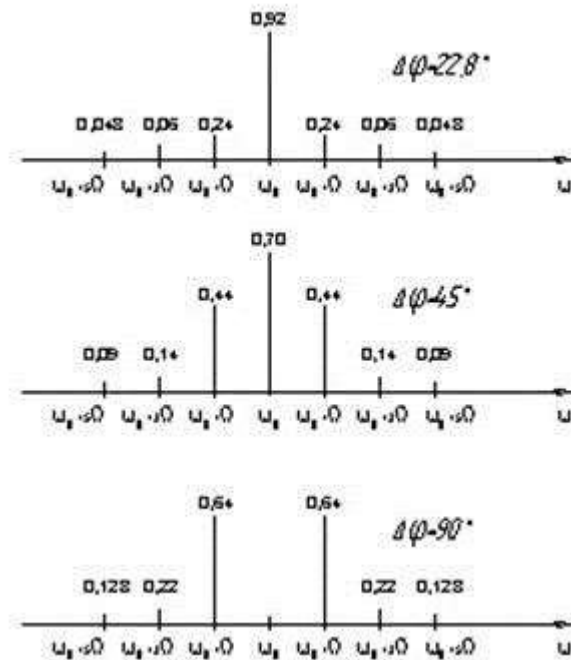


Рисунок 1.5 – Спектри сигналів

З теорії Котельникова витікають практично наступні важливі висновки:

– достовірність прийому корисного сигналу відомого точно на тлі "білих" шумів не залежить від форми сигналу, а залежить тільки від його енергії.

– оптимальний лінійний фільтр, погоджений із спектром корисного сигналу, забезпечує на вході вирішального пристрою максимально можливе відношення сигнал/шум.

1.3 Основні способи технічної реалізації методів виявлення сигналів відомої форми

Найбільш близьким технічним рішенням, прийнятим як прототип, є оптимальний приймач по Котельникову, який складається з оптимального лінійного фільтру, погодженого з параметрами сигналу, і порогового пристрою.

1.3.1 Структурна схема системи зв'язку

Система зв'язку є сукупністю радіотехнічних засобів, що забезпечують передачу інформації від джерела до одержувача. Розглянемо схему системи зв'язку (рисунок 1.6).

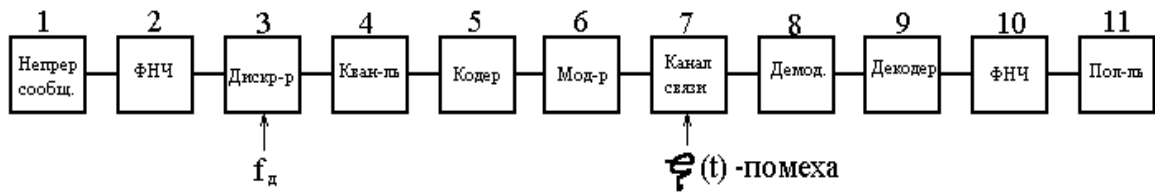


Рисунок 1.6 – система зв'язку

Пристрій, що перетворює повідомлення в сигнал, називають передавальним пристроєм, а пристрій, що перетворює прийнятий сигнал в повідомлення, приймальним пристроєм.

Розглянемо передавальний пристрій:

Фільтр нижніх частот обмежує спектр початкового повідомлення, щоб він задовольняв теоремі Котельникова, що необхідно для подальшого перетворення.

Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) перетворить безперервне повідомлення в цифрову форму. Це перетворення складається з трьох операцій: спочатку безперервне повідомлення піддається дискретизації за часом через інтервал; отримані відліки миттєвих значень квантуються (Квант.); отримана послідовність квантованих значень передаваного повідомлення представляється у вигляді послідовності двійкових кодових комбінацій за допомогою кодування. Отриманий виходу АЦП сигнал поступає на вхід Амплітудного модулятора, де послідовність двійкових імпульсів перетвориться в радіоімпульси, які поступають безпосередньо в канал зв'язку.

На приймальній стороні каналу зв'язку послідовність імпульсів після демодуляції в демодуляторі поступає на вхід цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), призначення якого полягає у відновленні безперервного повідомлення по прийнятій послідовності кодових комбінацій. До складу ЦАП входить Декодер, призначений для перетворення кодових комбінацій в квантову послідовність відліків, і згладжуючий фільтр (ФНЧ), поновлюючий безперервне повідомлення по квантованих значеннях.

1.3.2 Тимчасові і спектральні діаграми на виходах функціональних блоків системи зв'язку

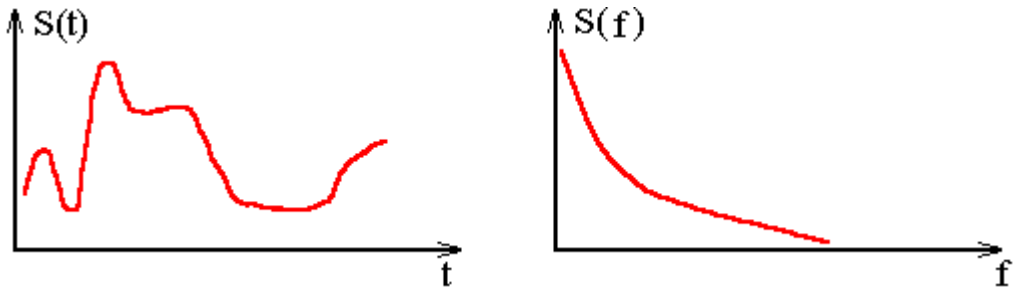


Рисунок 1.7 - Безперервне повідомлення

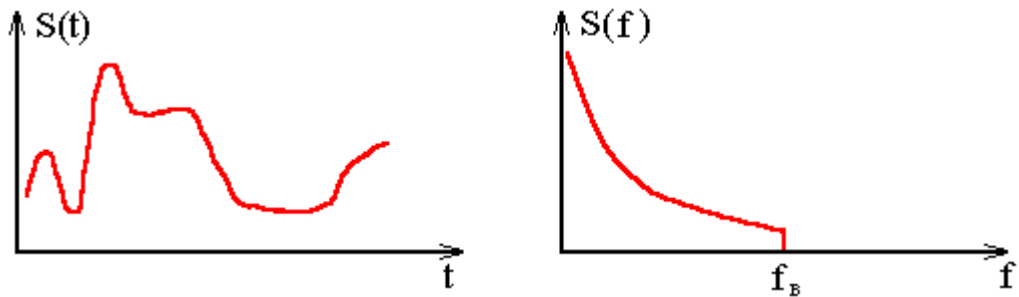


Рисунок 1.8 - Фільтр низьких частот

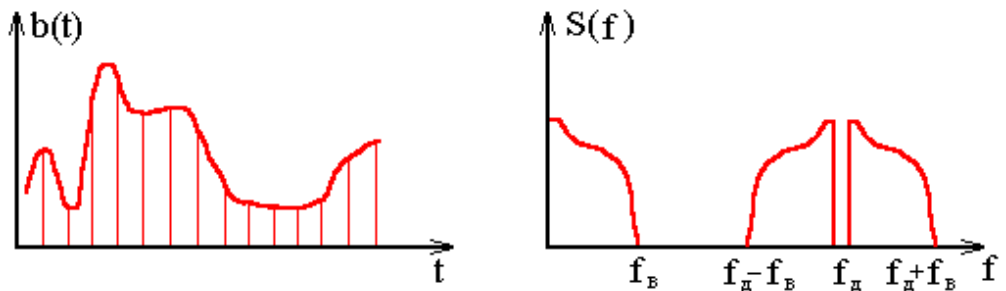


Рисунок 1.9 – Дискретизатор

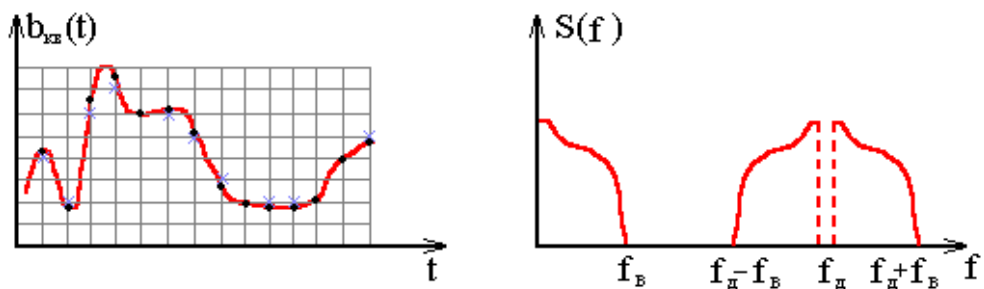


Рисунок 1.10 – Квантователь

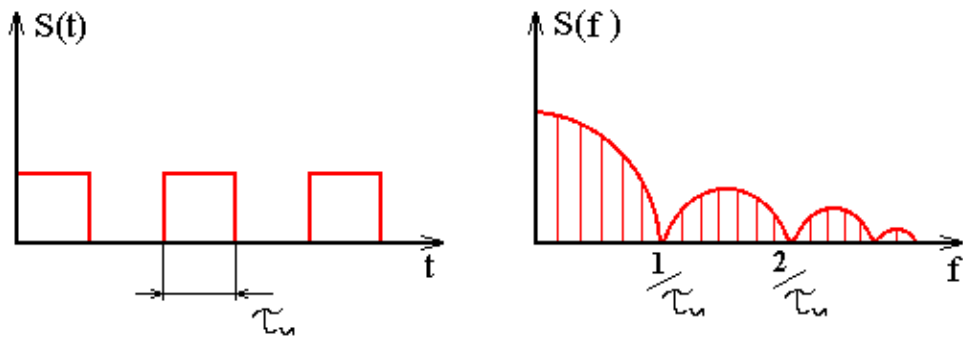


Рисунок 1.11 - Кодер

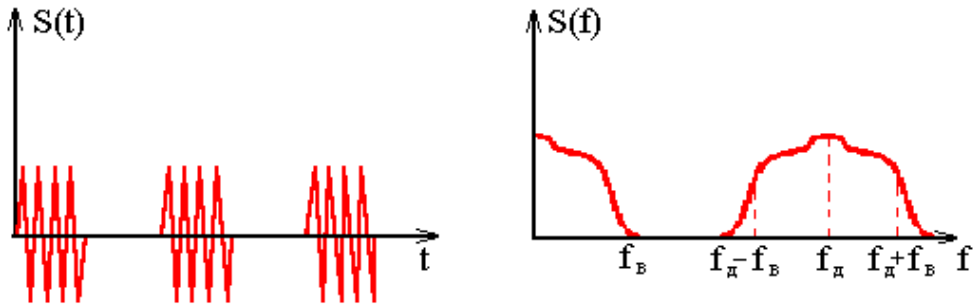


Рисунок 1.13 - Модулятор

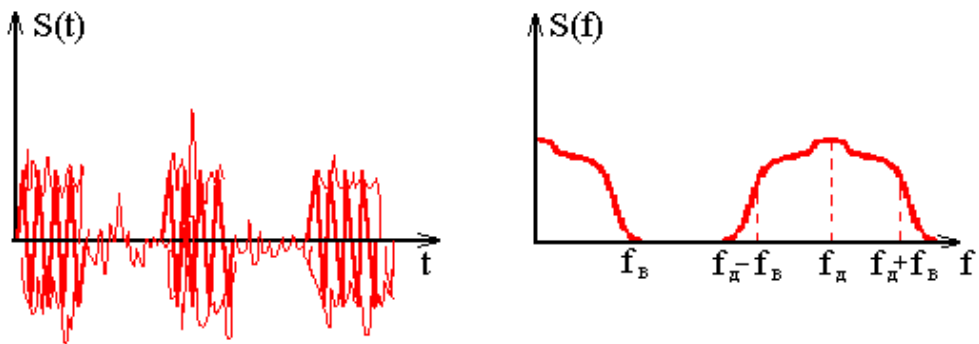


Рисунок 1.14 - Канал зв'язку

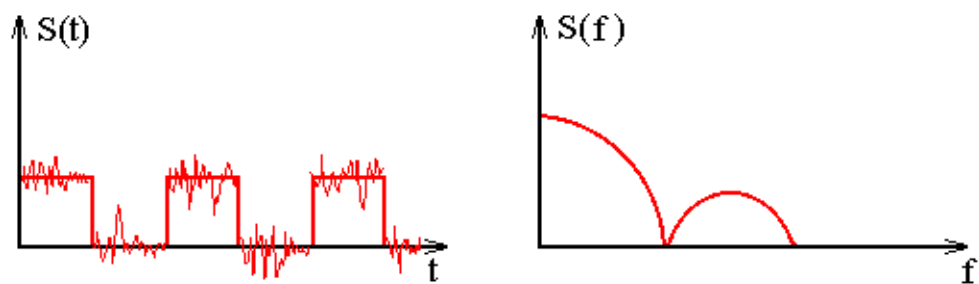


Рисунок 1.15 - Демодулятор

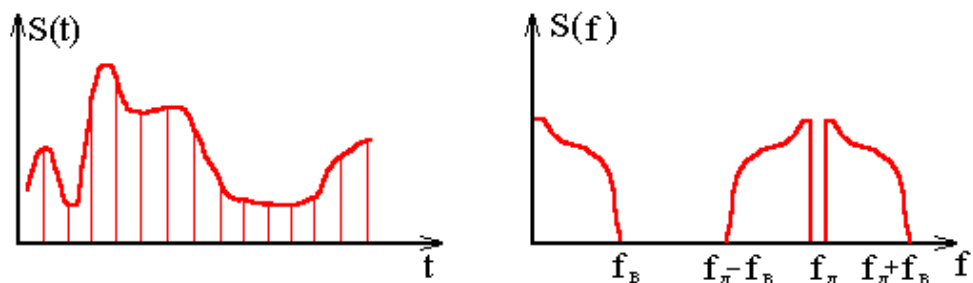


Рисунок 1.16 - Декодер

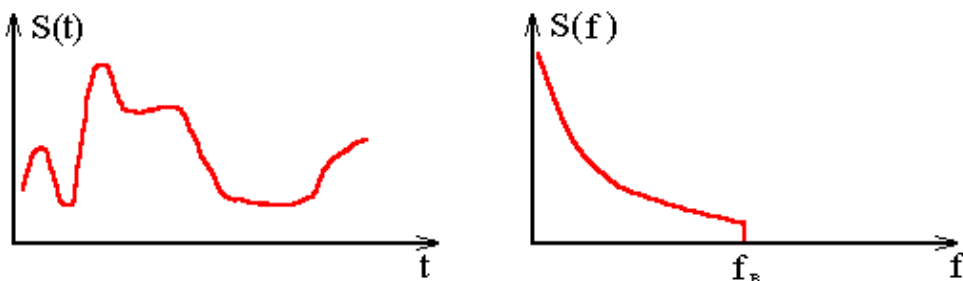


Рисунок 1.17 - Фільтр нижніх частот

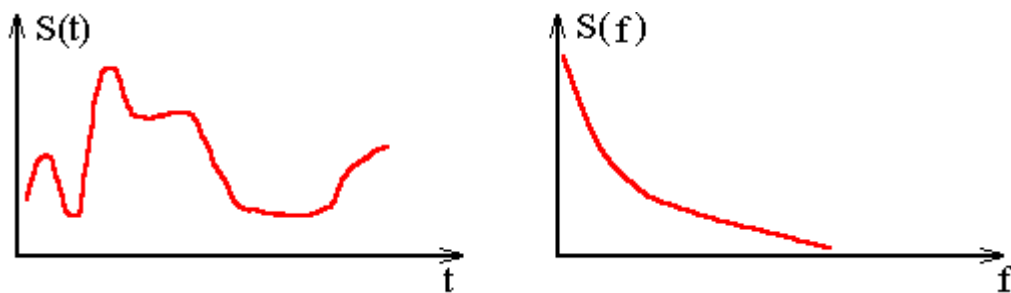


Рисунок 1.18 - Одержувач

1.3.3 Виграш у відношенні сигнал/шум при застосуванні оптимального приймача

У припущенні оптимального прийому (фільтрації) сигналів визначимо: Максимально можливе відношення сигнал/шум.

$$\mathbf{h}_0^2 := \frac{E_c}{N_0}, \quad (1.5)$$

де E_c -енергія посилок, що приймаються;

$$E_c := \frac{A^2 \cdot T}{2} \quad (1.6)$$

T-тривалість елементу сигналу;

$$T := \frac{1}{V} = 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ с} \quad (1.7)$$

A - амплітуда сигналу; N_0 - спектральна щільність перешкоди.

Тоді:

$$h_o^2 = \frac{A^2 \cdot T \cdot 2}{2 \cdot \sigma^2 \cdot T} = \frac{2.5 \cdot A^2}{2 \cdot \sigma^2} = \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 9.72 \cdot 10^{-7}} = 11.57 \quad (1.8)$$

b) вигреш у відношенні сигнал/шум оптимального приймача в порівнянні з розрахованим виходить:

$$g := \frac{h_o^2}{h^2} := \frac{11.57}{4.63} := 2.49 \quad (1.9)$$

1.3.4 Вірогідність помилки на виході приймача

Розрахуємо вірогідність неправильного прийому двійкового символу в даному приймачі

Для сигналів виду прийому, вірогідність помилки обчислюється таким чином:

$$P_{\text{ош.}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{h}{\sqrt{2}} \right) \right], \quad (1.10)$$

де $h^2 = \frac{a^2}{2\sigma^2}$ - відношення сигнал/шум,

а $\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$ - інтеграл вірогідності (табульований).

Смуга пропускання реального приймача, визначається шириною спектру двійкових сигналів і рівна:

$$f=2/T=2/0.00016=12 \text{ кГц}$$

Вчислимо відношення сигнал/шум:

$$h^2 = \frac{a^2}{2 \cdot \sigma} = \frac{(3 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 9.72 \cdot 10^{-7}} = 4.63 \quad (1.11)$$

Вчислимо Рош:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi\left(\frac{2.152}{\sqrt{2}}\right) \right] = 0.064 \quad (1.12)$$

Побудуємо графік $P(h)$ і вкажемо на ній точку $h=2.152$ відповідну $P_{\text{ош}}=0,064$:

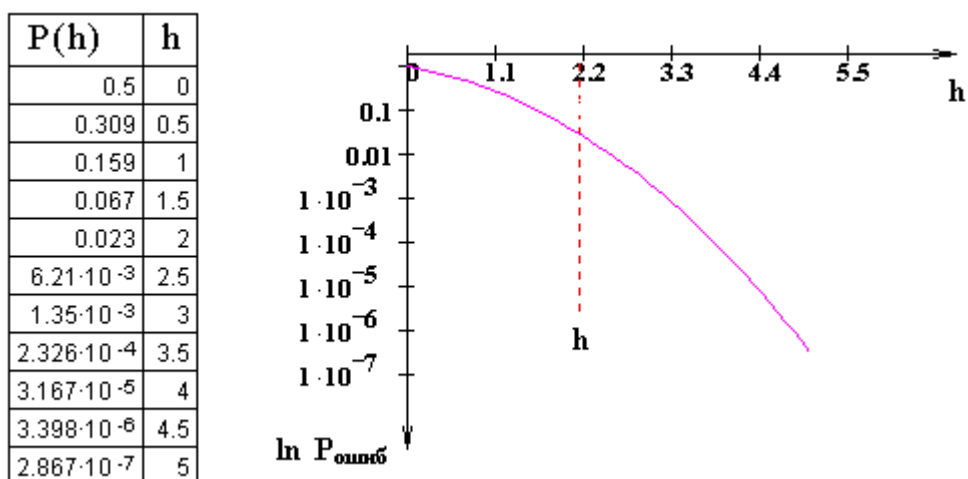


Рисунок 1.19 – Графік залежності h від $P_{\text{ош}}$

1.3.5 Максимально можлива завадостійкість при заданому виді сигналу

Для визначення потенційної завадостійкості прийому символів визначимо середню вірогідність помилки при оптимальному прийомі для заданого виду сигналу :

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \Phi \left(\frac{h_0}{\sqrt{2}} \right) \right) = (1 - \Phi(2.4)) = 8.2 \cdot 10^{-3} \quad (1.13)$$

Котельников В. А. визначив потенційну завадостійку як максимально можливу завадостійку при заданому характері перешкод. Максимальна завадостійка досягається при оптимальній фільтрації сигналів, тобто при максимальному відношенні сигнал/шум і, відповідно, при мінімальній $P_{\text{ош}}$. Ця завадостійка називається потенційною, оскільки вона не може бути перевершена ніяким іншим приймачем. Для будь-якого реального приймача

1.4 Постановка задачі

В ході аналітичного огляду методів були сформульовані наступні задачі:

1) виконати аналітичний огляд відомих методів завадостійкого прийому сигналів, відомих точно, і способів їх технічної реалізації.

2) здійснити вибір і теоретичне обґрунтування методу, що дозволяє підвищити достовірність прийому сигналів з малим відношенням сигнал/шум.

3) розробити технічну структуру пристрою, що реалізує запропонований метод.

4) на прикладі реального сигналу оцінити ефективність методу порівняно з класичним методом оптимального прийому по Котельникову.

1.5 Висновок

Проведений аналіз показав, що в класі лінійних систем оптимальний лінійний приймач Котельникова має найкращу потенційну завадостійкість та достовірність прийому сигналу.

РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Суть методу виявлення сигналу, відомого точно, на основі критерій Слепяна

Теорія потенційної завадостійкої Котельникова має величезне значення і є добре розвиненою і обґрунтованою теорією прийому сигналів на тлі "білих" шумі, але вона відповідає тільки умовам лінійних систем, і тому оскільки згідно теорії потенційної завадостійкої оптимальний лінійний фільтр, погоджений з параметрами корисного сигналу, забезпечує максимальне відношення сигнал/шум, то єдиним можливим рішенням задачі є пошук способу нелінійного перетворення, здатного забезпечити виконання умов теореми Слепяна.

Нелінійні методи обробки при прийомі слабких сигналів завжди привертали увагу великого числа дослідників. Таким чином, теорія оптимальної нелінійної фільтрації добре розроблена в роботах Стратоновича Р. Л., Тихонова В. І., Сосулина Ю.Г. та ін. для практично важливих випадків. Подальший розвиток теорії нелінійної фільтрації знайшов своє відображення в роботах Ріпина В. Г. і Большакова И.А., Сосулина Ю.Г.

Існує декілька підходів до нелінійної оптимальної фільтрації. Можна заздалегідь обмежитися деяким класом нелінійних перетворень і шукати перетворення, найкраще в цьому класі. При цьому виходить важко вирішувати рівняння і залишається неясним, наскільки оптимальне перетворення в цьому класі близько до перетворення, яке знаходиться без вказаних обмежень. При інших підходах не вводиться обмеження на клас перетворення, але використовуються марківські властивості даних процесів або умови високої апостеріорної точності, що дозволяє застосовувати апроксимацію гауса багатовимірного апостеріорного розподілу і (на певному етапі) лінійні методи. При цьому результуюче оптимальне перетворення виявляється таким, що складається з послідовності нелінійного і лінійного перетворення.

Інші ефективні методи відшукування оптимальних перетворень засновані на застосуванні теорії умовних марківських процесів, розробленої Стратоновичем Р. Л. для вирішення завдань нелінійної фільтрації. Зокрема розроблена ним теорія охоплює той простий, але практично важливий випадок, коли прийняте колювання $e(t)$ є сумою сигналу і білого шуму, а сигнал і його параметри є марківськими випадковими процесами. Детальне виведення рівнянь нелінійної фільтрації стосовно цього випадку наводиться і в роботі Тихонова В. І.

Практична реалізація, як вказують багато авторів приведених робіт по нелінійній фільтрації, представляють значні труднощі і тому ці методи не знайшли широкого застосування на практиці.

Проте на практиці отримали поширення ряд вдалих, але простіших в реалізації пристроїв, що дають близькі результати по поліпшенню завадостійкості, витікаючи з теорії нелінійної фільтрації. Серед цих пристроїв в першу чергу слід зазначити схему ШОУ (широка смуга- обмежувач амплітуд- вузькосмуговий фільтр) і схеми з застосуванням пригнічувача Лэмба. Вказані пристроїв прості в реалізації і дуже ефективні при виділенні радіосигналів на тлі імпульсних перешкод.

Існуюча теорія оптимальних методів прийому вузькосмугових сигналів задовільно працює при великих стосунках сигнал шум. Звичайне відношення сигнал шум, яке необхідно забезпечити на виході системи, відповідає величині більше 10. При цьому порогові значення сигналів визначаються відносно рівня власних шумів приймального пристрою. Наявність інших видів перешкод призводить до необхідності збільшення інтенсивності сигналу на вході системи за рахунок збільшення потужності передавача. Робота в цьому режимі характеризується реальною чутливістю приймального пристрою з урахуванням рівня перешкод. Реальна чутливість нижча порогової чутливості приймального пристрою, визначуваної лише рівнем його власних шумів.

У 1956 році Д.Слепян у своїй теоремі математично обґрунтував можливість підвищення потенційної. Суть цієї теореми полягає в тому, що якщо виконується умова

$$\lim_{\omega \rightarrow \pm\infty} \frac{S_{m+n}(\omega)}{S_n(\omega)} \neq 1, \quad (2.1)$$

де $S_n(\omega)$ і $S_{m+n}(\omega)$ - спектральна щільність шуму і суміші сигналу і шуму, то існує правило рішення, що використовує вхідний процес при $0 < t < T$ і забезпечує задану вірогідність неправдивої тривоги $F < \epsilon$ і вірогідність правильного виявлення $D > 1 - \epsilon$, де $\epsilon > 0$ - будь-яке наперед задане число при скільки завгодно малому відношенні сигнал/шум (T – часовий інтервал, впродовж якого відбувається виявлення).

Ця теорема була піддана в тому сенсі, що вказаний ефект може бути досягнутий лише для тривіального випадку, коли ширина спектру сигналу більше ширини спектру шуму. Для випадку, коли ширина спектру шумів на вході приймального пристрою більше ширини спектру сигналу, умова теореми Слепяна (2.1) не виконується.

Базуючись на теорії потенційної завадостійкої, було показано, що спектральна щільність шумів і спектральна щільність суміші сигналу і шуму на виході погодженого фільтру співпадають. І, отже, межа відношення спектральної щільності суміші сигналу і шуму і просто шуму тотожно рівний 1. Таким чином, теорема Слепяна підтверджує той факт, що в класі лінійних систем оптимальний лінійний приймач В. А.Котельникова має найкращу потенційну завадостійку.

При цьому критики теореми Слепяна розповсюдили дію вказаного факту на усі види приймальних пристроїв. Завдяки цьому роботи по пошуку оптимальних приймачів для виявлення сигналів відомих точно на тлі білих шумів не отримали належного розвитку. Це пов'язано з тим, що у той час не було поставлено питання; якщо які-небудь можливі перетворення сигналу і

шуму, при яких вимоги теореми Слепяна виконувалися б при виявленні сигналу відомого точно на тлі білого шуму.

Слід зазначити, що математичні викладення, викладені в теоремі Слепяна, не викликали ніяких сумнівів у його опонентів.

2.1.1 Лінійні системи

Лінійні системи це системи, процеси в яких задовольняють суперпозиції, принципу і описуються лінійними рівняннями. Л. с. зазвичай є ідеалізацією реальної системи. Спрощення можуть відноситися як до параметрів, що характеризують систему, так і до процесів (рухам) в ній. Напр., у разі зарядженні частки в потенційній ямі система лінійна, коли яма параболічна, а рух нерелятивістський, тобто коли маса частки не залежить від її швидкості. До Л. с. відносяться усі види суцільних середовищ (газ, рідина, тверде тіло, плазма) при поширенні в них хвильових обурень малої амплітуди, коли параметри, характеризуючі ці середовища (щільність, пружність, провідність, діелектричні і магнітні проникність ті інці), можна вважати постійними, в тому або іншому наближенні не залежними від інтенсивності хвиль. Спрощення системи, що приводить її до Л. с., називається лінеаризацією.

Л. с., в якій відбуваються коливання в малих околицях біля стану рівноваги, часто наз. коливальною Л. с. (маятник в полі сил тяжкості при невеликих амплітудах розгойдування; пружини при малих розтягуваннях, в межах справедливості закону Гуку; електричні контури і ланцюги, самоіндукція, місткості, опори яких не залежать від струмів, що протікають по них, або від прикладеної до них напруги). До Л. с. відносяться також відповідні параметричні системи, параметри яких змінюються за заданим ззовні законом. Л. с. підрозділяються на консервативні, зберігаючи свою енергію, і неконсервативні, одержуючі або віддаючи енергію. Власні рухи в консервативних коливальних. Л. с., як із зосередженими, так і з розподіленими параметрами, можна представити у вигляді суперпозиції нормальних

коливань; у неконсервативних, неавтономних коливальних Л. с., строго кажучи, це неможливо.

Становлення більшості розділів фізики фактично розпочалося з дослідження Л. с. Різні за своєю природою Л. с. часто описуються ідентичними диференціальними, диференціально-різницеvими або інтегро-диференційними рівняннями, що дозволяє вивчати загальні властивості Л. с., зокрема загальну теорію коливань і хвиль в Л. с., а також проводити взаємне моделювання (у т. ч. і на ЕОМ). Вивчення багатьох реальних систем в лінеаризов. наближенні дозволяє отримувати, напр., такі важливі характеристики, як межі областей стійких і нестійких рухів, а в деяких випадках встановити "механізми" дестабілізації і запропонувати способи запобігання розвитку нестійкості.

Геометричне місце точок математичних очікувань умовних розподілів цільової функції. Найпростішим прикладом такої моделі є рівняння парної кореляції, де на цільову функцію впливає один чинник. На практиці в реальному виробництві на цільову функцію впливають багато чинників і шукане рівняння регресії стає багатовимірним.

2.1.2 Нелінійні системи

Нелінійні Системи – коливальні (хвилеві) системи, процеси в яких не задовольняють суперпозиції принципу, на відміну від лінійних систем. Усе реальні фізичні системи нелінійні, їх можна вважати лійними лише приблизно - при малій інтенсивності коливань і хвилевих процесів. Математичним образом Н. С. являються нелінійні рівняннями. Вивченням коливальних і хвилевих процесів в конкретних Н. С. займаються гідродинаміка, нелінійна оптика, нелінійна акустика, фізика плазми, а також хімія, біологія, екологія, соціологія та ін. В той же час багато Н. С. абсолютно різної природи мають однакове математичний опис. Відповідно, співпадає і характер процесів, що протікають в них. Це послужило основою для розвитку єдиного підходу до вивчення Н. С., дозволило виробити базові моделі, образи і поняття і проаналізувати осн. колект. і хвилеві явища в Н. с. незалежно від їх конкретної природи.

Аналітичний опис процесів в Н. С. ускладнено зважаючи на відсутність загальних методів рішення нелінійних рівнянь. Найбільш доступне вивчення динаміки слабонелінійних систем. Що описують їх рівняння, містять нелінійні члени з малим параметром, що дозволяє використати разл. варіанти методу обурень (см Обурень теорія). Нелінійність в таких системах проявляється або у виникненні малих поправок до рішення лінеаризов. системи рівнянь, що отримується в зневазі нелінійними членами, або, що більше важливо, в повільній зміні його параметрів. При дослідженні сильнонелінійних систем, за винятком обмеженого числа точно вирішуваних випадків, використовується чисельне моделювання.

Розділяють два класи Н. С.- консервативні системи, в яких енергія коливальних (хвильових) процесів зберігається, і неконсервативні системи, в якій енергія дисипірує або поступає в систему від активні системи. Прогрес у вивченні консервативних Н. С. обумовлений можливістю застосування до більшості з них апарату гамільтонова формалізму. У багатьох практично важливих випадках гамільтониан Н. С. співпадає з вираженням для енергії системи. Відомі, проте, консервативні Н. С., для яких гамільтоновий опис не побудований. Для біологічних., екологічних., соціологічних, в яких строге визначення консервативності з використанням інтеграла енергії не застосовно, також прийнято вказане ділення, засноване на аналогії їх опису з фізичних. Н.С.

Консервативні Н. с. Простим прикладом поведінки консервативної Н. С. являються коливання нелінійного осцилятора, описувані рівнянням

$$\ddot{x} + f(x) = 0. \quad (2.2)$$

Якщо функція $f(x)$ лінійна [$f(x) = kx$], то осцилятор лінійний. Рівняння нелінійного осцилятора описує, наприклад, коливання математичного маятника, зміни струму і напруги в коливальному контурі, в якому індуктивність котушки залежить від величини струму і (чи) місткість

конденсатора залежить від напруги, а також рух в просторово неоднорідному електричному полі та інші.

На рисунку 2.1 приведені вид потенційного рельєфу $j(x)$ і фазові траєкторії, що відповідають йому, - траєкторії руху зображуючої точки Н. с. у фазовому просторі (x, \dot{x}) . Енергія зарядженої частки, що рухається в стаціонарному електричному полі, зберігається:

$$\mathcal{E} = \frac{m\dot{x}^2}{2} + q\varphi(x) = \text{const} \quad (2.3)$$

(де m , q - маса і заряд частки; $q > 0$). Цей вираз визначає гамільтониан осцилятора. Диференціювання його за часом дає рівняння нелінійного осцилятора, де $f(x) = -q/mj'(x)$. Осцилятор є лінійним лише за умови $j(x) \sim x^2$, т. е. при параболичному потенційному рельєфі. При цьому його коливання є гармонійними і ізохронними - їх частота не залежить від амплітуди.

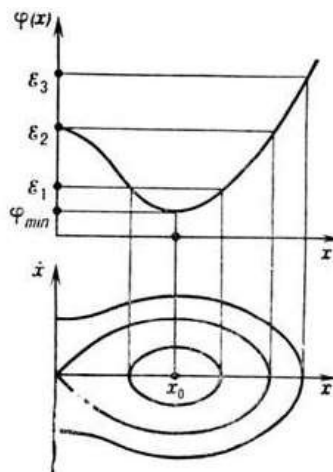


Рисунок 2.1 - Потенціал електричного поля $j(x)$ і фазові траєкторії, що відповідають руху іона в даному полі при різних значеннях енергії

Як видно з рис. 2.1, осцилятор має два стани рівноваги ($X = 0$):

Центр (при $x = x_0$) і сідло (при $x = 0$), перше з них стійко (локальний мінімум потенційної енергії), друге нестійке. Виведена із стану спокою при $x = x_0$ частка здійснює коливання в околиці цієї точки (замкнуті криві на мал. 1). При малих відхиленнях x від x_0 осцилятор є лінійним, т. до. $j - j_{\text{мін}} \sim (x -$

х0) 2 при $x - x_0$. З ростом енергії осцилятора фазова траєкторія наближається до сепаратриси. Коливання осцилятора стають ангармонічними (виникають гармоніки осн. частоти), т. до. все більшу частину періоду займають ділянки повільного руху частки. Період коливань зростає з ростом їх амплітуди і на сепаратрисе дорівнює нескінченності (частка наближається до нестійкого стану рівноваги з нескінченно малою швидкістю нескінченно довго). Тобто, коливання нелінійного осцилятора неізохронні – їх період залежить від амплітуди.

На відміну від лінійних систем, в Н. С. можлива взаємодія коливань (чи хвиль) між собою. Така взаємодія має, наприклад, місце в системі трьох нелінійно пов'язаних осциляторів, описуваною системою рівнянь:

$$\ddot{x}_i + \omega_i^2 x_i = \mu \alpha_i x_j x_k; \quad i = 1, 2, 3; \quad j, k \neq i. \quad (2.4)$$

При малому μ - це слабонелинейная система. Поведінка її близько до суперпозиції квазігармонічних коливань осциляторів з амплітудами, що повільно міняються. Завдяки нелінійному зв'язку коливання двох осциляторів з частотами ω_1 і ω_2 породжують в системі коливання з комбінаціями частотами $\omega_1 \pm \omega_2$. Дія малої нелінійності накопичується, якщо виконана умова резонансу частот:

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3. \quad (2.5)$$

Ефективний обмін енергією між осциляторами відбувається, коли збуджений ВЧ-осцилятор і енергія коливань передається двом НЧ-осциляторам - тобто распадна нестійкість, або коли збуджені два НЧ-осцилятори і йде зворотний процес - злиття НЧ- коливань. Подібний обмін енергією може бути періодичним. До завдання про взаємодію нелінійно пов'язаних осциляторів зводяться в мн. випадках завдання про взаємодію квазімонохроматичних хвиль у безмежних Н. С., таких, як лінії передачі і хвилеводи з нелінійними елементами, нелінійні середовища і тощо. В Н. С. з

дисперсією хвиль ефективно взаємодіє обмежене число хвиль, пов'язаних з умовами резонансу частот і хвильових векторів – умовами синхронізму.

Для випадку трьох взаємодіючих хвиль, наприклад іоно-звуковій і ленгмюровських хвиль в плазмі, вони мають вигляд :

$$\begin{aligned}\omega_1(\mathbf{k}_1) + \omega_2(\mathbf{k}_2) &= \omega_3(\mathbf{k}_3), \\ \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2 &= \mathbf{k}_3.\end{aligned}\tag{2.6}$$

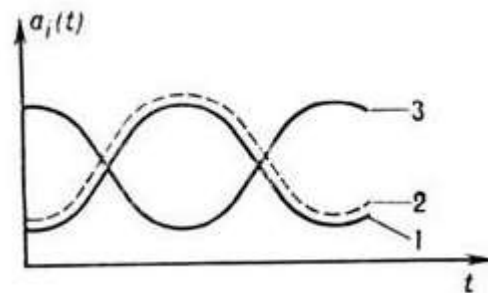


Рисунок 2.2 - Зміна амплітуд коливань трьох взаємодіючих осциляторів
($\omega_3 > \omega_1, \omega_2$)

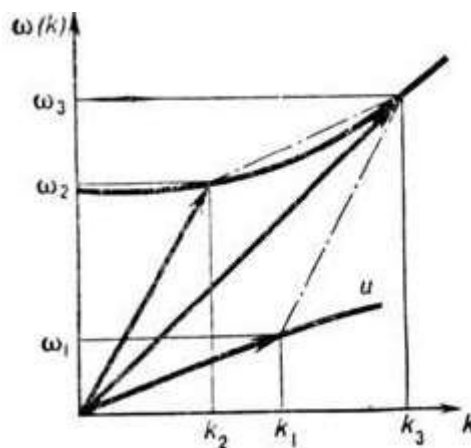


Рисунок 2.3 - Дисперсійні залежності іоно-звукових (1) і ленгмюровських (2) хвиль в плазмі і діаграма, що ілюструє умови синхронізму трьох взаємодіючих хвиль

Як і при взаємодії нелінійно пов'язаних осциляторів, тут можливі розпадна нестійкість і злиття хвиль.

У відсутність дисперсії хвиль в Н. С. в синхронізмі з початковою квазімонохроматичною хвилею знаходяться усі її гармоніки. Тому якщо початкова хвиля гармонійна, то вона породжує за рахунок нелінійності гармоніки з кратними частотами і хвилевими числами, причому з часом збуджуються усе більш високочастотні гармоніки.

На просторово-часовій мові цей процес відповідає спотворенню профілю початкового обурення і описується рівнянням простої хвилі яке відповідає, зокрема, нелінійним акустичним хвилям в системі відліку, малої амплітуди, що рухається із швидкістю звуку, і відбиває залежність швидкості поширення обурення від його інтенсивності. Рішенням його є прості хвилі (чи Рима-на хвилі) $\psi = U(t - x/v)$, вид ф-ции U задається нач. обуренням. При $v > 0$ точок профілю з часом зрушуються у напрямі поширення хвилі, а при $v < 0$ - в протилежному. Профіль хвилі спотворюється, і в нек-рий момент часу величина ψ стає нескінченною – відбувається "перекидання" хвилі. Застосовність рівняння порушується.

Наявність дисперсії хвиль в області ВЧ стабілізує "перекидання", тобто ВЧ-гармоніки виходять з синхронізму і практично не збуджуються. В результаті протидії нелінійності і дисперсії у безмежній Н. С. можуть виникати стаціонарні хвилі, що поширюються з постійною швидкістю без зміни форми профілю : періодичні хвилі складної форми і відокремлені хвилі - солітони.

Разом зі взаємодією хвиль в Н. С. важливу роль грають ефект самодії. Якщо в Н. С. в силу особливостей дисперсійних характеристик умови трьоххвильової взаємодії не виконані, то найбільш істотною є самодія квазімонохроматичної хвилі. Воно виникає, наприклад, при поширенні електрично-магнітної хвилі в середовищі з показником заломлення, залежним від інтенсивності поля. Зокрема, пучок світла в такому середовищі формує неоднорідний упоперек пучка розподіл показника заломлення, подібний до лінзи, що у свою чергу може призводити до його фокусування - відбувається самофокусировка світла. Аналогічно виникають само модуляція квазімонохроматич. хвиль в напрямі їх поширення і самосжатие хвилевих

пакетів, що призводить до утворення стаціонарних хвиль огинаючих нелінійних хвилевих пакетів, в тому числі солітонів.

У Н. С. навіть у відсутність випадкових дій можливі надзвичайно складні, нерегулярні коливальні і хвилеві режими, що вимагають для свого опису залучення імовірнісних методів, - т. н. стохастичні коливання. Такі коливання може здійснювати, наприклад, частка в двовимірному потенційному полі при деяких формах потенційного рельєфу. Стохастичною є також взаємодія квазімонохроматичних хвиль в нелінійному середовищі, коли збуджені багато хвиль і кожна з них бере участь в елементарних взаємодіях, що задовольняють умовам синхронізму, - т. н. слабка турбулентність.

Неконсервативні Н. С. Найбільш простий прояв дисипації в системі - загасання коливальних і хвилевих процесів. Проте у безмежній Н. С. завдяки дисипації існує режим, відсутній в консервативних Н. С., - ударні хвилі, в т. ч. стаціонарні ударні хвилі, що мають вигляд перепаду (скачка), що біжить. фізичних параметрів, наприклад тиску в акустичній ударній хвилі. Ударні хвилі виникають як результат еволюції простих хвиль: енергія ВЧ-гармонік, генерованих за рахунок нелінійності, ефективно поглинається і "перекидання" хвилі не відбувається.

У прикладному відношенні найбільш важливі нелінійні ефекти в активних Н. С., в яких енергія коливань може поповнюватися внаслідок нестікостей, обумовлених нерівнованістю системи. До таких Н. С. відносяться передусім генератори коливань - від лампового до квантових (мазерів і лазерів). Простий генератор автоколивань - автогенератор на ламповому трюді, в якому втрати енергії в коливальному контурі компенсуються поповненням її за рахунок неперіодичності джерела (батареї). Вступ енергії в контур в потрібній фазі коливань здійснюється за допомогою зворотного зв'язку на електрод лампи, що управляє. При перебудові параметрів Н. С. можуть відбуватися якісні зміни її поведінки - біфуркації. Наприклад, коливання в ламповому генераторі виникають при величині зворотного зв'язку, більшою деякого біфуркаційного значення.

Як і коливання в консервативних Н. С., коливання в активних Н. С. можуть бути не лише регулярними, але і стохастичними. Існують генератори стохастичних автоколивань - Н. С., в яких можливі незгасаючі хаотичні коливання з суцільним спектром за рахунок енергії нешумових джерел. Самозародження в Н. С. стохастичних коливань - один з можливих шляхів виникнення турбулентності.

У активних коливальних. Н. С., в яких можливо водночас існування мн. мод (типів) коливань з різними. частотами, одержуючи енергію від загального джерела, виникає явище конкуренції мод, тобто зв'язок між модами породжує залежність нелінійного загасання або посилення кожної з мод від інтенсивності інших. Конкуренція мод призводить до того, що у результаті переважає одна з них і коливання автогенератора відбуваються на частоті, що відповідає їй. Якщо моди рівноправні і зв'язок їх взаємний, то встановлюється режим генерації моди, що переважала спочатку. У таких Н. С., як, наприклад, лазер, конкуренція мод відбувається і в часі, і в просторі, що приводить, зокрема, до встановлення в просторово-симетричному протяжному автогенераторі несиметричних в просторі розподілів поля з переважанням однієї із зустрічних хвиль. Це один з простих прикладів самоорганізації в Н. С.- виникнення просторового порядку з начального безладу і утворення складних просторових структур в однорідних (протяжних) нерівноважних Н. С. (фізичних, хімічних, біологічних). Прикладами самоорганізації в Н. с. являються конвективні осередки рідини, що підігрівається знизу, хвилі горіння, хвилі популяцій в екологіч. системах, хвилеві збудження в сердечній тканині.

2.2 Технічна реалізація метода виявлення сигналу, відомого точно

Відомо, що при прийомі слабких сигналів, коли рівень перешкод порівняємо або перевищує рівень корисного сигналу на вході приймача, достовірність інформації, що приймається, кількісно оцінюється вірогідністю пропуску сигналу $P_{п.с}$ і вірогідністю неправдивої тривоги $P_{л.т}$. Ці величини

взаємозалежні, тобто збільшення однієї з них спричиняє за собою зменшення іншої і навпаки.

Відношення цих величин визначається порогом спрацьовування вирішального пристрою, який вибирається по одному з критеріїв оптимальності, залежно від типу і призначення приймального пристрою.

Вирішуваною технічною задачею, запропонованого способу і облаштування виявлення сигналу відомого точно, являється підвищення завадостійкої прийому при малих стосунках сигнал/шум.

Вирішувана технічна задача досягається використанням нових інформаційних ознак, що дозволяють виконати умови теореми Слепяна за рахунок нелінійної обробки адитивної суміші сигналу і вузькосмугового шуму на виході оптимального лінійного фільтру

Вирішувана технічна задача в запропонованому способі виявлення сигналу відомого точно, що включає вузькосмугову оптимальну фільтрацію вхідного процесу, досягається тим, що після вузькосмугової оптимальної фільтрації здійснюють перемикання фази високочастотною складовою вузькосмугового процесу на при кожному досягненні що огинає вузькосмугового процесу нульового рівня і приймають рішення об наявність сигналу за критерієм Слепяна.

Вирішувана технічна задача в запропонованому облаштуванні виявлення сигналу відомого точно, що містить оптимальний лінійний фільтр, причому вхід оптимального лінійного фільтру є входом пристрою, досягається тим, що введені послідовно сполучений амплітудно-фазовий перетворювач і вирішальний блок по Слепяну, причому вхід амплітудно-фазового перетворювача сполучений з виходом оптимального лінійного фільтру, а вихід вирішального блоку по Слепяну є виходом пристрою.

При гетеродинному прийомі сигнал після перетворювача подається на підсилювач проміжної частоти, що являється, як правило, вузькосмуговим. Амплітудно-частотна характеристика підсилювача проміжної частоти при

прийомі радіоімпульсу близька до прямокутної. Ця обставина надалі враховуватиметься при розгляді спектрів сигналів.

Оскільки для більшості радіоприймальних систем виконується умова

$$\Delta F \ll F_{np} , \quad (2.7)$$

де F - смуга пропускання підсилювача проміжної смуги, F_{np} - проміжна частота приймального пристрою, то згідно з роботою власні шуми приймального пристрою можуть бути представлені у виді

$$\eta(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t)), \quad (2.8)$$

де $A(t)$ і $\varphi(t)$ - функції, що повільно змінюються, в порівнянні з $\cos \omega_0 t$, що представляють огинаючу і випадкову фазу вузькосмугових флуктуацій. Представимо огинаючу $A(t)$ у вигляді розкладання в ряд Фур'є :

$$A(t) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cdot \cos(k\Omega t + \varphi_k) , \quad (2.9)$$

оскільки $A(t)$ - нормальний випадковий процес з нульовим середнім значенням, то нульовий член розкладання відсутній. З урахуванням цього вузькосмуговий процес може бути представлений як

$$\begin{aligned} \eta(t) &= \left(\sum a_k \cdot (\cos k\Omega t) \right) \cdot \cos[\omega_{cp} t - \gamma(t)] = \\ &= 0.5 \cdot \sum a_k \cdot \cos[\omega_{cp} t - k\Omega t + \gamma_c(t)] + 0.5 \cdot \sum a_k \cdot \cos[\omega_{cp} t + k\Omega t + \gamma_p(t)] , \end{aligned} \quad (2.10)$$

З формули (2.10) виходить, що вузькосмуговий шум по своїй структурі є сигналом биття.

Розглянемо структуру вихідного процесу при гетеродинному прийомі, корисного сигналу, що є сумішшю, і власних шумів приймача. Для

визначеності вважатимемо, що корисний сигнал є гармонійним сигналом з постійною амплітудою U_c і кутовою частотою, рівною 0.

Вказаний вихідний процес, з урахуванням вираження (2.9), можна представити в наступному виді

$$\begin{aligned} n_{\Sigma}(t) &= U_c \cdot \cos(\omega_{cp} t) + \left(\sum a_k \cdot (\cos k\Omega t + \gamma_k) \right) \cdot \cos[\omega_{cp} t - \gamma(t)] = \\ &= U_c \cdot \cos(\omega_{cp} t) + 0.5 \cdot \sum a_k \cdot \cos[\omega_{cp} t - k\Omega t + \gamma_c(t)] + 0.5 \cdot \sum a_k \cdot \cos[\omega_{cp} t + k\Omega t + \gamma_p(t)]. \end{aligned} \quad (2.11)$$

З вираження (2.11) виходить, що структура адитивної суміші сигналу і шуму залежить від рівня гармонійного сигналу. При великих значеннях амплітуди гармонійного сигналу $3/\text{Ш} > 3$ структура суміші сигналу і шуму подібна до структури амплітудно-модульованого сигналу, а при малих рівнях гармонійного сигналу $0 < 3/\text{Ш} < 3$, структура суміші близька до структури амплітудно-модульованого коливання з що пригніченою, що частково несе.

Таким чином, структура вузькосмугових шумів і суміші сигналу і шуму істотно відрізняються, причому інформація про наявність і відсутність сигналу є не лише в амплітудному спектрі, але і структурі вузькосмугового процесу.

Відмінності в структурах процесів призводять до зміни спектру такою, що огинає при проходженні останнього через нелінійні ланцюги.

Отже, відмінність в структурі сигналів приводять до відмінностей по ширині спектру що огинає на виході нелінійного перетворювача.

Відмінності в спектральній щільності можуть бути використані для створення завадостійкого приймального пристрою, що реалізовує алгоритм обробки Слепяна.

Спосіб підвищення завадостійкої оптимального лінійного приймача може бути реалізований за допомогою пристрою, структурна схема якого приведена на Фіг.3. Пристрій складається з послідовно сполучених оптимального лінійного фільтру 1, амплітудно-фазового перетворювача 2 і вирішального блоку 3 по Слепяну. Вхід оптимального лінійного фільтру 1 є

входом пристрою. Вихід вирішального блоку по Слепяну 3 є виходом пристрою.

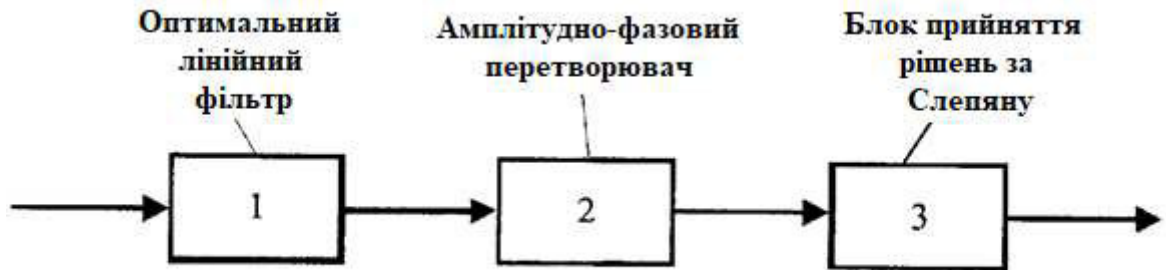


Рисунок 2.4 – Структурна схема приймача по критерію Слепяна

Спочатку сигнал потрапляє до оптимального лінійного фільтра, звідти він йде до амплітудно-фазового перетворювача, де і здійснюється перехід фази на П. Нижче показано амплітудно-фазовий перетворювач у розгорненому стані (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 – Амплітудно-фазовий перетворювач

Амплітудно-фазовий перетворювач містить парафазний каскад 4, облаштування управління 5 і електронні ключі 6, 7, при цьому вхід парафазного каскаду 4 сполучений зі входом облаштування управління 5 і є входом амплітудно-фазового перетворювача, виходи парафазного каскаду 4 з'єднанні зі входами електронних ключів 6, 7 відповідно.

Виходи облаштування управління сполучені з входами управління електронних ключів 6, 7 відповідно, а виходи електронних ключів сполучені між собою і є виходом амплітудно-фазового перетворювача. Перелічені вище блоки підключені до джерела електроживлення.

Розглянемо здійснення способу виявлення сигналу відомого точно який полягає в тому, що здійснюють вузькосмугову оптимальну фільтрацію вхідного процесу, здійснюють перемикавання фази високочастотною складовою на при кожному досягненні що огинає вузькосмугового процесу на виході оптимального лінійного фільтру і приймають рішення об наявність сигналу за критерієм Слепяна.

Розглянемо роботу облаштування виявлення сигналу відомого точно.

У разі відсутності на вході приймального облаштування корисного сигналу на виході оптимального лінійного фільтру 1 є присутніми тільки вузькосмугові шуми, які, як було показано вище, мають структуру сигналу биття.

Нижче показаний спектр вузькосмугових шумів на виході вузькосмугового фільтру з П-образної амплітудно-частотної характеристики(рисунок 2.6).

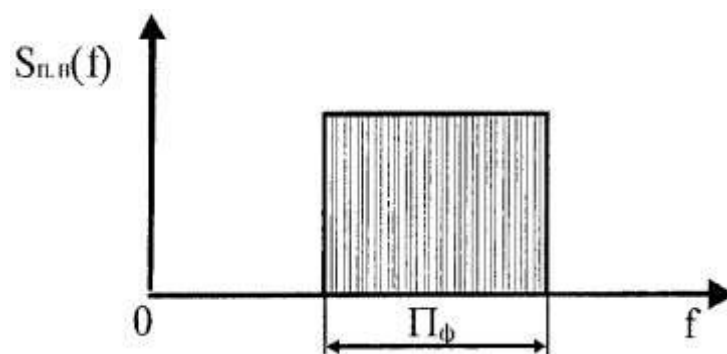


Рисунок 2.6 – Спектр вузько смугових шумів

Амплітудно-фазовий перетворювач 2 при кожному досягненні що огинає вузькосмугового шуму нульового рівня перемикає фазу високочастотної складової на, тим самим змінюючи структуру вузькосмугового шуму.

При цьому форма спектру на виході амплітудно-фазового перетворювача 2 матиме трикутну форму з шириною спектру, в два рази що перевищує смугу пропускання оптимального лінійного фільтру.

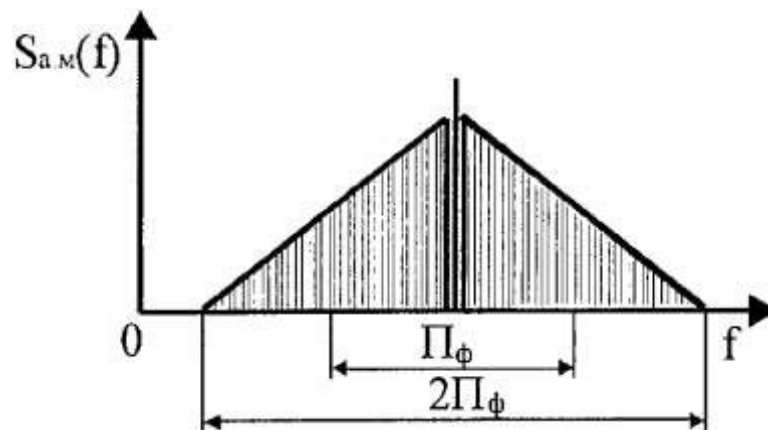


Рисунок 2.7 – спектр перетворених вузькосмугових шумів на виході амплітудно-фазового перетворювача

При наявності на вході приймального обладнання корисного сигналу із структурою АМ-коливань, на виході оптимального лінійного фільтру 1 буде присутньою адитивна суміш корисного сигналу і вузькосмугового шуму. В цьому випадку структура суміші корисного сигналу і вузькосмугового шуму має структуру АМ-колебання з що пригніченою, що частково несе (При $0 < Z/Ш < 3$) або АМ-сигнала з тією, що несе (При $Z/Ш > 3$). При цьому та, що огинає суміші не доходить до нульового рівня і перемикавання фази на не відбувається.

Таким чином, вузькосмуговий процес з виходу оптимального лінійного фільтру 1 проходить через амплітудно-фазовий перетворювач 2 без зміни спектру і енергії корисного сигналу (рисунок 2.8).

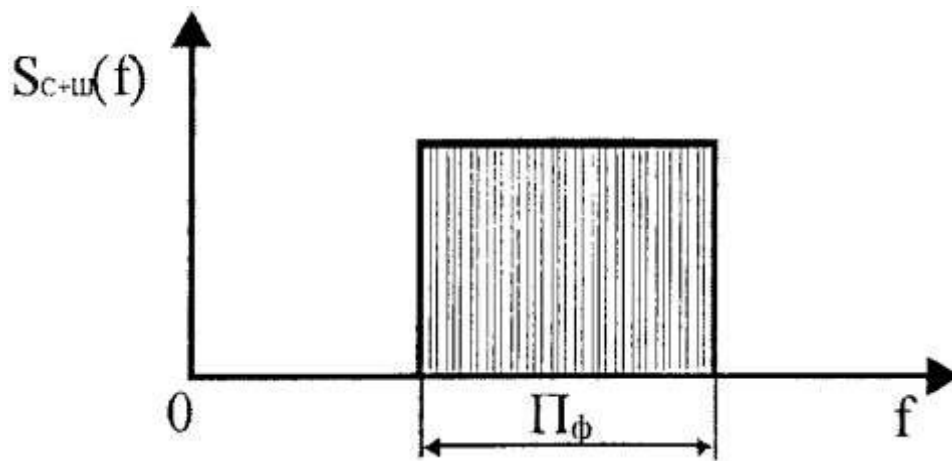


Рисунок 2.8 – спектр суміші сигналу і шуму на виході амплітудно-фазового перетворювача

З порівняння спектрів, приведених на рисунку (2.6) і рисунку (2.8), видно, що відношення спектральної щільності вузькосмугового шуму і суміші сигналу і вузькосмугового шуму на виході амплітудно-фазового перетворювача не дорівнює одиниці. Таким чином, виконується умова (1) теореми Слепяна і існує можливість використання критерію виявлення, запропонованого в теоремі.

2.3 Порівняльна оцінка достовірності виявлення сигналу на основі критерій Слепяна

Зробимо розрахунок для фазової модуляції, так як виграш у відношенні сигнал/шум, в порівнянні з амплітудною модуляцією, у чотири рази більший, а в порівнянні з частотною модуляцією у два рази.

При фазовій модуляції сигнал, що поступає на вхід приймача має наступний вигляд :

$$S_1(t) = A \cos \omega_0 t; \quad S_2(t) = -A \cos \omega_0 t;$$

Сигнали S_1 і S_2 рівні по амплітуді і протифазні, тобто:

$$E_s = \int_0^t (2S_1^2(t))^2 dt = 4E_1 \quad \text{значить} \quad \sqrt{\frac{E_s}{2N_o}} = \sqrt{\frac{2E_1}{N_o}} = \sqrt{2} \cdot h_o, \quad (2.12)$$

Тобто можна зробити розрахунок Рош :

$$P_{ош\phi_m} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi(\sqrt{2}h_o) \right] \quad (2.13)$$

Для визначення відношення енергії сигналу до спектральної щільності і потужності перешкоди скористаємося формулою:

$$h^2 = \frac{E_1}{N_0}, \quad (2.14)$$

для даного варіанта фазової модуляції $E = 4 * E_1$ $E_1 = E/4$,

де E -енергия сигналу $E = P_c * T$. Звідси отримуємо:

$$h^2 = \frac{P_c * T}{4N_0} = \frac{4.2 * 15 * 10^{-6}}{4 * 10^{-5}} = 1.575$$

Тоді для визначення вірогідності помилки при використанні приймача скористаємося формулою:

$$P_{ош\phi_m} = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{2E}{2N_0}} \right) \right) = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{2P_c * T}{2N_0}} \right) \right) = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{4.2 * 15 * 10^{-6}}{2 * 10^{-5}}} \right) \right) = 0.03835 \quad (2.15)$$

Оскільки згідно з цим розрахунком виявлення сигналу можливе при скільки завгодно малому відношенню сигнал/шум, то можна зробити висновок про те, що запропонований приймач матиме більш високу завадостійкість, ніж лінійний оптимальний приймач.

2.4 Висновок

Запропонований новий метод прийому сигналу відомої форми, та структурна схема приймача реалізуючи цей метод, дозволяють значно підвищити достовірність прийому сигналів з мали відношенням сигнал/шум, а

також підвищити завадостійкість у порівнянні з оптимальним приймачем по Котельникову.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі проводяться економічні розрахунки витрат на розробку та технічну реалізацію методу прийому сигналу відомого точно. Розробка нового методу дозволить збільшити завадостійкість приймачів, що в свою чергу має збільшити кількість потенційних покупців цих приймачів.

3.1 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання методу виявлення сигналу відомого точно

3.1.1 Визначення трудомісткості розробки продукту

Нормування праці в процесі створення програмного забезпечення утруднене через творчий характер праці програмістів. Тому трудомісткість розробки програмного забезпечення може бути розрахована на основі системи моделей з різною точністю оцінки.

Трудомісткість створення програмного продукту можливо розрахувати за формулою (3.1):

$$t = t_0 + t_\mu + t_A + t_\Pi + t_{OTL} + t_{д, \text{людино}} - \text{годин}, \quad (3.1)$$

де t_0 - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_μ - витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі;

t_A - витрати праці на розробку блок-схеми алгоритму;

t_Π - витрати праці на програмування за розробленою блок-схемою;

t_{OTL} - витрати праці на налагодження програми на ЕОМ;

$t_{д}$ - витрати праці на підготовку документації по завданню.

Складові частини витрат праці визначаються на підставі умовної кількості операторів в програмі. Причому до цього числа входять ті оператори, які програмісту необхідно написати в процесі роботи над

завданням з урахуванням можливих уточнень в постановці завдання і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів розраховується за формулою (3.2):

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (3.2)$$

де q - передбачувана кількість операторів;

c - коефіцієнт складності програми;

p - коефіцієнт корекції програми в ході її розробки.

Коефіцієнт складності програми c визначає відносну складність програм завдання по відношенню до типового завдання, складність якого прийнята рівній одиниці. Діапазон його зміни 1,25...2,0.

Коефіцієнт корекції програми p визначає збільшення об'єму робіт за рахунок внесення змін до алгоритму або програми в результаті уточнення постановки завдання. Величина p знаходиться в межах 0,05...0,1, що відповідає внесенню 3...5 корекцій, що спричиняють за собою переробку 5-10 % готової програми.

Проведемо розрахунок умовної кількості операторів в програмному продукті, що розробляється:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p) = 50 \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 55 \text{ (опер.)} \quad (3.3)$$

Оцінку витрат праці на підготовку і опис завдання приймаємо як $t_o = 110$ *людино-часів*, тому що дослідження пов'язані з обробкою сигналів в телекомунікаційних системах.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису і кваліфікації програміста за формулою (3.4):

$$t_{\mu} = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (3.4)$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці унаслідок недостатнього опису завдання, $B=1,2\dots1,5$;

k - коефіцієнт кваліфікації програміста, визначуваний залежно від стажу роботи по даній спеціальності.

Він складає при стажі роботи, років:

до 2 - 0,8;

від 2 до 3 - 1,0;

від 3 до 5 - 1,1...1,2;

від 5 до 7 - 1,3...1,4;

Проводимо розрахунок:

$$t_{\mu} = \frac{55 \cdot 1,5}{80 \cdot 1,0} = 1,03 \text{ людино - годин}$$

Витрати праці на розробку алгоритму рішення поставленої задачі:

$$t_A = \frac{Q}{(20\dots25) \cdot k}, \text{ людино - годин}, \quad (3.5)$$

$$t_A = \frac{55}{25 \cdot 1,0} = 2,2 \text{ людино - годин}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі:

$$t_{II} = \frac{Q}{(20\dots25) \cdot k}, \text{ людино - годин}, \quad (3.6)$$

$$t_{II} = \frac{55}{25 \cdot 1,0} = 2,2 \text{ людино - годин}$$

Витрати на наладку програми на ЕОМ $t_{отл}$ розраховуються по наступних формулах:

за умови автономної наладку одного завдання:

$$t_{отл} = \frac{Q}{(4\dots5) \cdot k}, \text{ людино - годин}, \quad (3.7)$$

$$t_{отл} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k} = \frac{55}{5 \cdot 1,0} = 11 \text{ людино} - \text{годин}$$

за умови комплексному відкладанню завдання:

$$t_{отл}^K = 1,5 \cdot t_{отл}, \text{ людино} - \text{годин}, \quad (3.8)$$

$$t_{отл}^K = 1,5 \cdot t_{отл} = 1,5 \cdot 11 = 16,5 \text{ людино} - \text{годин}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню t_D визначаються за формулою:

$$t_D = t_{ДР} + t_{ДО}, \text{ людино} - \text{годин}, \quad (3.9)$$

де $t_{ДР}$ - трудомісткість підготовки матеріалів до рукопису;

$$t_{ДР} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k} = \frac{55}{20 \cdot 1,0} = 2,75$$

$t_{ДО}$ - трудомісткість редагування, друку і оформлення документації

$$t_{ДО} = 0,75 \cdot t_{ДР} = 0,75 \cdot 2,75 = 2,06$$

Отже, трудомісткість створення програмного продукту складає:

$$t_D = t_{ДР} + t_{ДО} = 2,75 + 2,06 = 4,81 \text{ людино} - \text{годин}$$

Таким чином, визначивши трудомісткість окремих показників, розрахуємо сумарну трудомісткість розробки програмного продукту за формулою (3.1):

$$t = 55 + 1,03 + 2,2 + 2,2 + 16,5 + 4,81 = 81,74 \text{ людино} - \text{годин}$$

3.1.2 Розрахунок витрат на створення продукту

Витрати на створення програмного виробу включають витрати на заробітну плату виконавців програми і вартість машинного часу, необхідного для налагодження програми на ЕОМ:

$$K_{ИЗ} = З_{ЗП} + З_{МИ}, \text{ грн} \quad (3.10)$$

Заробітна плата виконавців визначається за формулою:

$$З_{ЗП} = t \cdot C_{ПР}, \text{ грн}, \quad (3.11)$$

де t - загальна трудомісткість розробки програмного продукту, визначувана по формулі (3.1), людино-годин;

$C_{ПР}$ - середня годинна заробітна плата програміста (основна і додаткова) з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/год.

Спочатку визначаємо мінімальний щомісячний оклад програміста. Він складає 12300,00 грн. Отже, заробітна плата програміста з урахуванням премій (20%) і можливих надбавок (10%) складає 15990,00 грн.

Таким чином, річний фонд заробітної плати – 191880,00 грн. Єдиний соціальний внесок складає 37%, тобто 70995,6 грн.

Разом, річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби склав 262875,6 грн.

Визначимо номінальний річний фонд робочого часу, при цьому прийнявши середню тривалість робочого дня рівної 8 годинам:

$$F_H = (T_K - T_{ПР} - T_{ВИХ} - T_{ОТП}) \cdot 8, \text{ годин}, \quad (3.12)$$

де T_K - кількість календарних днів в році, $T_K = 365$ днів ;

$T_{ПР}$ - кількість святкових днів в році, $T_{ПР} = 10$ днів ;

$T_{ВИХ}$ - кількість вихідних днів в році, $T_{ВИХ} = 104$ дні ;

$T_{ОТП}$ - календарна тривалість відпустки $T_{ОТП} = 24$ дні.

Отже, річний фонд часу дорівнює:

$$F_H = (365 - 10 - 104 - 24) \cdot 8 = 1816, \text{ годин}$$

Середня годинна заробітна плата програміста визначається співвідношенням:

$$C_{\text{ПР}} = \frac{\Phi\text{ЗП}_{\text{СН}}}{F_{\text{Н}}}, \text{ грн / год}, \quad (3.13)$$

де $\Phi\text{ЗП}_{\text{СН}}$ - річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби;

$F_{\text{Н}}$ - річний фонд робочого часу.

$$C_{\text{ПР}} = \frac{262875,6}{1816} = 144,75 \text{ грн/год}$$

Таким чином, витрати на оплату праці розробника складають:

$$З_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}} = 144,75 \cdot 81,74 = 11831,87 \text{ грн}$$

Розрахунок вартість машинного часу, необхідного для наладки програми на ЕОМ здійснюється за формулою:

$$З_{\text{МИ}} = (t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{МЧ}}, \text{ грн}, \quad (3.14)$$

де $t_{\text{ОТЛ}}$ - трудомісткість наладки програми на ЕОМ, яка визначається за формулами (3.7) і (3.8), людино-годин;

$t_{\text{Д}}$ - витрати праці на підготовку документація відповідно завданню, яка визначається за формулою (3.9);

$C_{\text{МЧ}}$ - вартість машино-часу ЕОМ, грн/год.

Для розрахунку вартості машино-часу необхідно знати вартість ЕОМ на момент її придбання і введення в експлуатацію, і вартість споживаної електроенергії. Відповідні дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вартість необхідного програмного та апаратного забезпечення

Найменування ПЗ	Вартість, грн
Персональний комп'ютер	9506
Windows 7 Home Premium (RU)	1195
Matlab 6.5	3268
Разом:	13969

Разом, загальна вартість ЕОМ і потрібного ПЗ на момент придбання складає 13969 грн.

Сума річних амортизаційних відрахувань визначається за формулою (3.15):

$$C_{ам} = C_{пер} \cdot H_A, \text{ грн}, \quad (3.15)$$

де $C_{пер}$ - первинна вартість ЕОМ і необхідного програмного забезпечення;
 H_A - норма амортизації,

Для розрахунку амортизаційних відрахування доцільно застосувати метод подвійної амортизації ($H_A = 2/T$, де T – строк експлуатації фондів). $H_A = 2/5 = 0,5$ чи 50 %.

Таким чином, амортизаційні відрахування у 2019р. склали:

$$CAM_{2019} = 13969 \cdot 0,5 = 6984,5 \text{ грн} \quad (3.16)$$

Отже, залишкова вартість ЕОМ і необхідного програмного забезпечення на складі:

$$\Phi_{ост} = 13969 - 6984,5 = 6984,5 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості машино-часу ЕОМ проведемо за формулою:

$$C_{м.ч} = \frac{\Phi_{ост}}{\Phi_{год.раб.ч.}} + W \cdot Ц_з, \text{ грн/год}, \quad (3.17)$$

де $\Phi_{год.раб.ч.}$ - річний фонд корисного часу роботи ЕОМ;

W - настановна потужність ЕОМ, $W = 0,4 \text{ кВт}$;

C_e - вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії.

Річний фонд корисного часу роботи ЕОМ дорівнює річному фонду робочого часу програміста і складає 1816 годин.

Таким чином, вартість машино-години ЕОМ складе:

$$C_{м.ч} = \frac{2787,6}{1816} + 0,4 \cdot 1,82 = 2,26 \text{ грн/год}$$

Проведемо розрахунок вартості машинного часу, необхідного для відладки програми на ЕОМ по формулі (3.14):

$$Z_{МИ} = (t_{отл} + t_{д}) \cdot C_{мч} = (16,5 + 4,81) \cdot 2,26 = 48,2 \text{ грн},$$

Отже, витрати на створення програмного продукту складають, виходячи з формули (3.10):

$$K_{ИЗ} = 11831,87 + 48,2 = 11880,07 \text{ грн}$$

Визначені таким чином витрати на створення програмного забезпечення є одноразовими капітальними витратами.

3.2 Розрахунок економічної ефективності

Припустимо що кожен місяць буде продаватися 50 приймачів. Кожен приймач має вартість 500 грн. Вартість модернізації одного приймача новим ПО складає 100 грн. Націнка на продаж приймача становить 25%. Отже один приймач після модернізації коштуватиме 750 грн.

$$P_{міс} = D_{міс} - C, \quad (3.18)$$

де $D_{міс}$ – місячний дохід

C – собівартість

$$Дміс = Т*В = 50*750 = 37500\text{грн} \quad (3.19)$$

де Т – кількість проданого товару

В – вартість товару

Собівартість 50 приймачів складає 30000грн. Отже місячний прибуток складатиме

$$Пміс = 37500 - 30000 = 7500\text{грн}$$

Коефіцієнт ефективності, виражений відносною величиною якісний показник, що характеризує досягнутий рівень економічної ефективності. Коефіцієнт ефективності представляє відношення отриманого економічного результату (наприклад, суми прибутку або суми економії від зниження собівартості продукції) до виробничих затрат. Рентабельність може характеризувати економічну ефективність в цілому, економічну ефективність капітальних вкладень та впровадження нової техніки та ін.

$$Ер = Э/К, \quad (3.20)$$

Э – загальна місячна економія від впровадження об'єкта проектування, грн.;

К – капітальні витрати.

Э = Приб₁=7500 (грн.)

$$Ер = 7500 / 11880,07 = 0,63$$

$$Тр = К/Э \quad (3.21)$$

$$Тр = 11880,07 / 7500 = 1,58 \text{ місяця}$$

3.3 Висновок

Аналіз отриманих результатів показує, що витрати на розробку програмного продукту складають 11880,07грн, модернізація пристрою новим програмним продуктом складає 100грн. Місячний прибуток складає 7500грн.

Економічна ефективність складає 0,63. Термін окупності становить 1,58 місяця.

ВИСНОВКИ

Ряд найважливіших характеристик радіотехнічних систем значною мірою визначається чутливістю приймальних пристроїв, що входять до складу цих систем. Чутливість приймального пристрою визначає максимальну дальність радіозв'язку або дальність дії тієї або іншої системи. Підвищення чутливості сучасних приймальних пристроїв обмежується не трудністю отримання скільки завгодно великого посилення, а наявністю певного рівня перешкод і шумів в приймальній апаратурі. Перешкоди приймаються антеною з довкілля, а шуми створюються самим приймальним пристроєм в процесі його роботи.

Отже, корисні сигнали завжди приймаються на тлі шумів, які їх маскують і спотворюють. Для того, щоб забезпечувався задовільний прийом корисного сигналу вимагається, щоб співвідношення між інтенсивностями сигналу і шуму було менше за деяку порогову.

Тому особливий інтерес представляють роботи, спрямовані на пошук нових фізичних явищ, нових способів побудови приймальних пристроїв з метою збільшення їх чутливості і завадостійкості.

Виходячи з цього і була сформульована конкретна мета дипломної роботи.

У ході виконання дипломної роботи був проведений аналіз методів виявлення сигналу відомої форми, та був запропонований новий спосіб. Також була запропонована структурна схема приймача який реалізовує цей спосіб.

Економічний ефект від реалізації результатів роботи очікується позитивним завдяки підвищенню завадостійкості та достовірності виявлення сигналів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. Госэнергоиздат, М. 1956.
- 2 Slepian D. Some comment on the Detection of Gaussian Signals in Gaussian Noise // JRE Transactions on Information Theory, 1958.-N 2.-p.65-68.
- 3 Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. Изд. Сов.радио, М., 1960. – 447 с.
- 4 Ильин А.Г. Повышение помехоустойчивости радиотехнических и оптоэлектронных систем на базе амплитудно-фазового преобразования сигнала и шумов. – Казань: Издательство КГТУ им. А.Н.Туполева, 2005. – 192 с.
- 5 Чистяков Н.И., Сидоров М.В., Мельников В.С. Радиоприемные устройства. — М.: Гос. изд. лит-ры по вопросам связи и радио, 1959. — 895 с.
- 6 Прием сигналов при наличии шума // Под ред. Гуткина А.С. — М.: Ин. лит-ра, 1960
- 7 Радиоприемные устройства / Гуткин Л.С., Лебедев В.Л., Сифоров В.И. / Под ред. Сифорова В.И. — М.: Госэнергоиздат., 1961. — Ч. 1.
- 8 Голубев В.Н., Зимогляд В.Г. Оценка помехозащищенности главного тракта радиоприемника на основе использования функции распределения вероятностей уровней одиночных помех // Радиотехника — 1986. — № 10. — С. 2205—2208.
- 9 Польский Ю.Е., Ильин А.Г. Структура узкополосных шумов в оптических системах с гетеродинным приемом // Тезисы докладов 12 межреспубликанского симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере и водных средах. — Томск — 1993. — С.
- 10 Ильин А.Г. Повышение отношения сигнал/шум в лидарных системах с гетеродинным приемом // Тезисы докладов 12 межреспубликанского симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере и водных средах. — Томск — 1993. — С.

11 Антонов О.Е. Оптимальное обнаружение сигналов в негауссовых помехах. Обнаружение сигнала с неизвестными амплитудой и фазой // Радиотехника и электроника. — 1967 — Т. XII. — № 5.

12 Ильин А.Г. Возможности применения положений теоремы Слепяна для обнаружения сигналов на фоне помех,- Сб. Электронное приборостроение. Вып. 4(38). Казань, Изд. КГТУ им. А.Н. Туполева, 2004, 67 с.

13 Ильин А.Г. Использование положений теоремы Слепяна для повышения чувствительности оптоэлектронных и радиотехнических систем,- Сб. X Международного симпозиума оптики атмосферы и океана, 2003, Томск: Тезисы докладов. Томск, изд. ИАО, 2003.

14 Сифоров В.И. О влиянии помех на прием импульсных сигналов // Радиотехника. — 1946. — № 1.

15 Данилов В.А. Вероятностное моделирование стационарных случайных процессов с применением квазидетерминированного гармонического колебания. Радиотехника и электроника, 1991, Вып. 1, с.270-278.

16 Rice S.O. Statistical properties of a sine wave plus ran don noise // BSTJ —1948. —№ i.

17 Стратонович Р.Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике. — М.: Советское радио, 1961.

18 Романенко А.Ф., Сергеев Г. А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. — М.: Советское радио, 1962.

19 Тихонов В.И. Специальные случаи применения уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова // Радиотехника и электроника. — 1962.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	1 Розділ	13	
6	A4	2 Розділ	20	
7	A4	3 Розділ	10	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Список літератури	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

- 1 Титульна сторінка.doc
 - 2 Завдання.doc
 - 3 Реферат.doc
 - 4 Список умовних скорочень.doc
 - 5 Зміст.doc
 - 6 Вступ.doc
 - 7 Розділ 1.doc
 - 8 Розділ 2.doc
 - 9 Розділ 3.doc
 - 10 Висновки.doc
 - 11 Перелік посилань.doc
 - 12 Додаток А.doc
 - 13 Додаток Б.doc
 - 14 Додаток В.doc
 - 15 Додаток Г.doc
- Презентація.pptx

ДОДАТОК Г. ВІДГУК

на дипломну роботу бакалавра на тему:

Удосконалення способу та розробка пристрою виявлення сигналу відомої форми

студента групи 172-16зск-1

Самусіка Владислава Анатолійовича

Пояснювальна записка складається з титульного аркуша, завдання, реферату, списку умовних скорочень, змісту, вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань та додатків, розташованих на __ сторінках та містить __ рисунків, __ таблиць, __ джерел та __ додатка.

Об'єкт розробки: приймач сигналів.

Мета дипломного проекту: Розробка способу виявлення сигналу відомого точно, що дозволяє підвищити достовірність його виявлення при малих відношеннях сигнал/шум і його технічна реалізація.

У введенні обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета, а також основні вирішувані завдання.

В першому розділі роботи були розглянуті методи виявлення сигналів відомих точно, а також представлені основні способи технічної реалізації цих методів.

В другому розділі був розглянутий метод виявлення сигналу відомого точно на основі критерій Слепяна, а також була представлена структурна схема приймача за критерієм Слепяна.

Зміст та структура дипломної роботи дозволяють розкрити поставлену тему повністю.

Студент показав достатній рівень володіння теоретичними положеннями з обраної теми, показав здатність формувати власну точку зору (теоретичну позицію).

Робота оформлена та написана грамотною мовою. Містить необхідний ілюстрований матеріал. Автор добре знає проблему, уміє формулювати наукові та практичні завдання і знаходить адекватні засоби для їх вирішення.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам і може бути допущена до захисту, а його автор заслуговує на оцінку «_____».

Керівник дипломної роботи,
д.т.н., проф.

Корнієнко В.І.