

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

_____ д-р техн. наук, проф.

Рябенський В. М.

« ____ » _____ 2020 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

_____ на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему _____ «Впровадження скремблювання інформації в канал
_____ передачі даних на базі двох платформ ADALM-PLUTO SDR»

Виконав: студент 6 курсу, групи 6391м.
спеціальності 171

_____ «Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

ОПП «Телекомунікаційні системи та мережі»

_____ Дідук О. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Іхсанов Ш. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Дьяконов О.С.

(прізвище та ініціали)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра Програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171«Електроніка»

ОПП «Телекомунікаційні системи та мережі»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЕЕТ

д.т.н., проф. В. М. Рябенський

“ _____ ” _____ 2020

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Дідуку Олексію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Впровадження скремблювання інформації в канал передачі даних на базі двох платформ ADALM-PLUTO SDR»

керівник проекту Іхсанов Шаміль Мухаметович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "27" жовтня 2020 р. № 1038-УЧ

2. Строк подання студентом проекту (роботи) листопад 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Огляд існуючого на кафедрі ПЕЕТ каналу передачі даних з використанням двох платформ PLUTO-SDR. Теоретичні основи скремблювання. Впровадження скремблера в реальний канал пересилання даних. Експериментальна оцінка впливу скремблювання на пересилання даних

4. Зміст

4.1. Технічні характеристики платформи ADALM-PLUTO SDR

4.2. Огляд програм для передавального та приймального Pluto

4.3. Місце скремблювання в логіці формування інформації для пересилання

4.4. Доопрацювання програми для передавального та приймального Pluto

4.5. Експериментальна оцінка впливу скремблювання на пересилання даних

4.6. Охорона праці та довкілля

4.7. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Логічна схема для різних скремблерів, амплітудна розгортка пакетів та амплітудний спектр при пересиланні різної комбінації біт у реальному каналі передачі даних на базі платформи ADALM-PLUTO SDR

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та довкілля	Тубальцев А.М.		

7. Дата видачі завдання « 30 » ____10____ 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вивчення та підбір літератури за методами кодування цифрової інформації для передачі. Модуляція QPSK.	28.09.2020	
2	Доопрацювання програми для передавального Pluto	30.10.2020	
3	Доопрацювання програми для приймального Pluto	10.11.2020	
4	Експериментальна оцінка впливу скремблювання на пересилання даних на базі 2-х платформ ADAM-PLUTO SDR.	30.11.2020	
5	Розробка розділу з охорони праці та довкілля	05.12.2020	
6	Оформлення дипломної роботи	15.12.2020	

Керівник роботи

(підпис)

Ш. М. Іхсанов

 (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Дідук О.А.

 (прізвище та ініціали)

Анотація

У теоретичній частині роботи проведено огляд існуючого на кафедрі ПЕЕТ каналу передачі даних з використанням двох платформ PLUTO-SDR. Дано короткий опис платформи PLUTO-SDR, детально розглянута програмна реалізація каналу передачі даних і наведені дані з експериментальної оцінки характеристик різних блоків.

Другий розділ присвячений викладу теоретичних основ скремблювання. Розглянуто різні види скремблерів, наведено їх класифікацію та програмну реалізацію двох видів скремблювання.

У третьому розділі детально розглянуті необхідні доопрацювання програми для передавального і приймального Pluto для впровадження скремблера в реальний канал передачі даних. Наведено експериментальну оцінку впливу скремблювання на передачу даних.

Розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Аннотация

В теоретической части работы проведен обзор существующего на кафедре ПЕЕТ канала передачи данных с использованием двух платформ PLUTO-SDR. Дано краткое описание платформы PLUTO-SDR, подробно рассмотрена программная реализация канала передачи данных и приведены данные по экспериментальной оценке характеристик различных блоков.

Второй раздел посвящен изложению теоретических основ скремблирования. Рассмотрены различные виды скремблеров, приведена их классификация и программная реализации двух видов скремблирования.

В третьем разделе подробно рассмотрены необходимые доработки программы для передающего и приемного Pluto для внедрения скремблера в реальный канал передачи данных. Приведена экспериментальная оценка влияния скремблирования на передачу данных.

Разработаны мероприятия по охране труда и охране окружающей среды.

Abstract

In the theoretical part of the work, a review is made of the data transmission channel existing on the PEET department using two PLUTO-SDR platforms. A brief description of the PLUTO-SDR platform is given. The software of the data transmission channel is considered in detail, experimental data of the characteristics of various blocks are presented.

The second section is devoted to the presentation of the theoretical fundamentals of information scrambling. Various types of scramblers are considered, their classification are given. The software of two types of scrambling is considered.

The third section discusses in detail the necessary program revision to the transmitting and receiving Pluto for implementation a scrambler into a real data channel. An experimental assessment of the effect of scrambling on data transmission is presented.

Developed measures for labor protection and environmental protection.

ЗМІСТ

Список використаних скорочень	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Огляд існуючого на кафедрі ПЕЕТ каналу передачі даних з використанням двох платформ PLUO-SDR	11
1.1. Технічні характеристики платформи ADALM-PLUTO SDR	11
1.2. Програма QPSKtransmit для передавального Pluto	13
1.3. Програма QPSKreceive для приймального Pluto	16
Розділ 2. Теоретичні основи скремблювання	31
2.1. Класифікація скремблерів	31
2.2. Програмні реалізації скремблерів	36
Розділ 3. Впровадження скремблера в реальний канал пересилання даних.	40
3.1. Місце скремблювання в логіці формування інформації для пересилання	40
3.2. Доопрацювання програми для передавального Pluto	41
3.3. Доопрацювання програми для приймального Pluto	42
3.4. Експериментальна оцінка впливу скремблювання на пересилання даних	43
Розділ 4. Охорона праці та екологія	48
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що характерні при дослідженні сигналів GMSK	49
4.2. Загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на комп'ютері	53
4.3. Вимоги безпеки перед початком роботи	57
4.4. Вимоги безпеки під час роботи	58
4.5. Забороняється:	58
4.6. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	59
4.7. Запобіжні заходи в області ЕСР	60
Висновок	61
Список використаної літератури	62

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

QPSK (Quadrature phase shift keying) – квадратурна фазова модуляція

Pluto-SDR – платформа для передачі і прийому сигналів в широкому діапазоні частот

KIX фільтр – фільтр з кінцевою імпульсною характеристикою

FFT – Fast Fourier Transformation (ШПФ – швидке перетворення Фур'є)

RS – код Ріда-Соломона (Reed-Solomon code)

BER – Bit Error Ratio (частота збою бітів)

СС – скремблери, що самосинхронізуються

АС – адитивні скремблери

ПСП – псевдовипадкова послідовність

					171. 6391м.КР.ПЗ.Перелік скорочень	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сьогоднішні реалії життя вимагають від людини бути в курсі всіх останніх подій, новин фінансового і політичного світу, а також негайно реагувати на будь-які зміни, що відбуваються в світі. Людина потребує постійного обміну даними. Яскравим прикладом такої залежності від інформаційних каналів зв'язку можна назвати трейдерство. Людина, яка грає на біржі, повинна володіти всіма відомостями, що впливають на котирування акцій. Більше того, йому потрібен Інтернет, щоб вчасно внести зміни в свої фішки, інакше він не отримає прибуток. Завдяки тому, що зараз активно розвиваються кабельні, супутникові та мобільні лінії зв'язку, така людина може мати постійно працюючий канал, а нерідко навіть і резервний, про всяк випадок. Цей приклад доводить актуальність теми дослідження.

Система передачі даних – система, призначена для передачі інформації в межах різних систем інфраструктури організації, так і між ними, а також із зовнішніми системами. Визначення систем передачі даних, на перший погляд, дуже просто і коротко. Але за цими словами ховається величезне значення даної системи не просто для інших технічних систем, а для бізнес-процесів сучасної організації в цілому. Система передачі даних є, прямо або побічно, основною технічною складовою працездатності практично будь-яких середніх і великих організацій, а також багатьох малих компаній, що використовують сучасні засоби управління своїм бізнесом.

Так склалося історично, що система передачі даних з кожним роком стає все більш універсальним середовищем для передачі самої різної інформації, як між кінцевими користувачами, так і між системними (службовими) пристроями. Чим більше універсальність, тим більше вимог до цієї системи.

Найбільшою мережею передачі даних є мережа Інтернет. В даний час Інтернет являє собою всесвітню мережу, що складається з з'єднаних між собою комп'ютерів. Інтернет дозволяє будь-якому користувачеві, що має вихід в мережу, отримати доступ до всіх інформаційних ресурсів, що зберігаються на сайтах (комп'ютерах-серверах) по всьому світу. Мережа Інтернет забезпе-

					171. 6391м.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

чує роботу електронної пошти, що дозволяє передавати повідомлення іншим користувачам мережі і приймати повідомлення від них. Також Інтернет дає можливість передавати файли між комп'ютерами, а з допомогою спеціальних програм (браузерів) шукати і виводити на свій дисплей будь-яку інформацію, наявну в мережі Інтернет. І це ще не повний список.

По мірі збільшення різноманітності наявною в мережі Інтернет інформації (здійснений вражаючий якісний стрибок від простих текстових файлів до складної графіки, анімації, передачі аудіо і відеосигналів) зростає потреба в організації високошвидкісного доступу, що дозволяє отримувати все різноманіття наявною в мережі Інтернет інформації.

Мережі передачі даних можуть бути провідними, що означає з'єднання комп'ютерів за допомогою кабелів, або бездротовими, в яких з'єднання виконуються за допомогою радіохвиль, по повітрю.

Бездротове з'єднання дозволяє працювати на комп'ютерах в будь-якому місці будинку без використання кабелів. Прокладка кабелів – витратний процес, при цьому вони виглядають не естетично і можуть бути небезпечні, якщо вільно лежать на підлозі.

Провідні системи передачі даних можна розділити на системи, що використовують пару телефонних проводів, і системи, що використовують оптико-волоконні кабелі, – до цієї категорії також слід віднести системи, в яких разом з оптико-волоконними кабелями також використовуються коаксіальні кабелі.

В даний час бурхливий розвиток технологій бездротових мереж відкриває для бізнесу нові можливості щодо ефективної організації корпоративної мережі підприємства. Переваги бездротових рішень:

- низька вартість розгортання;
- мобільність, можливість демонтувати обладнання при переїзді;
- безпека, можливість шифрування трафіку;
- надійний і якісний телефонний зв'язок;
- високошвидкісний доступ до мережі Інтернет;
- незалежність від кабельної інфраструктури;
- простота підключення і використання.

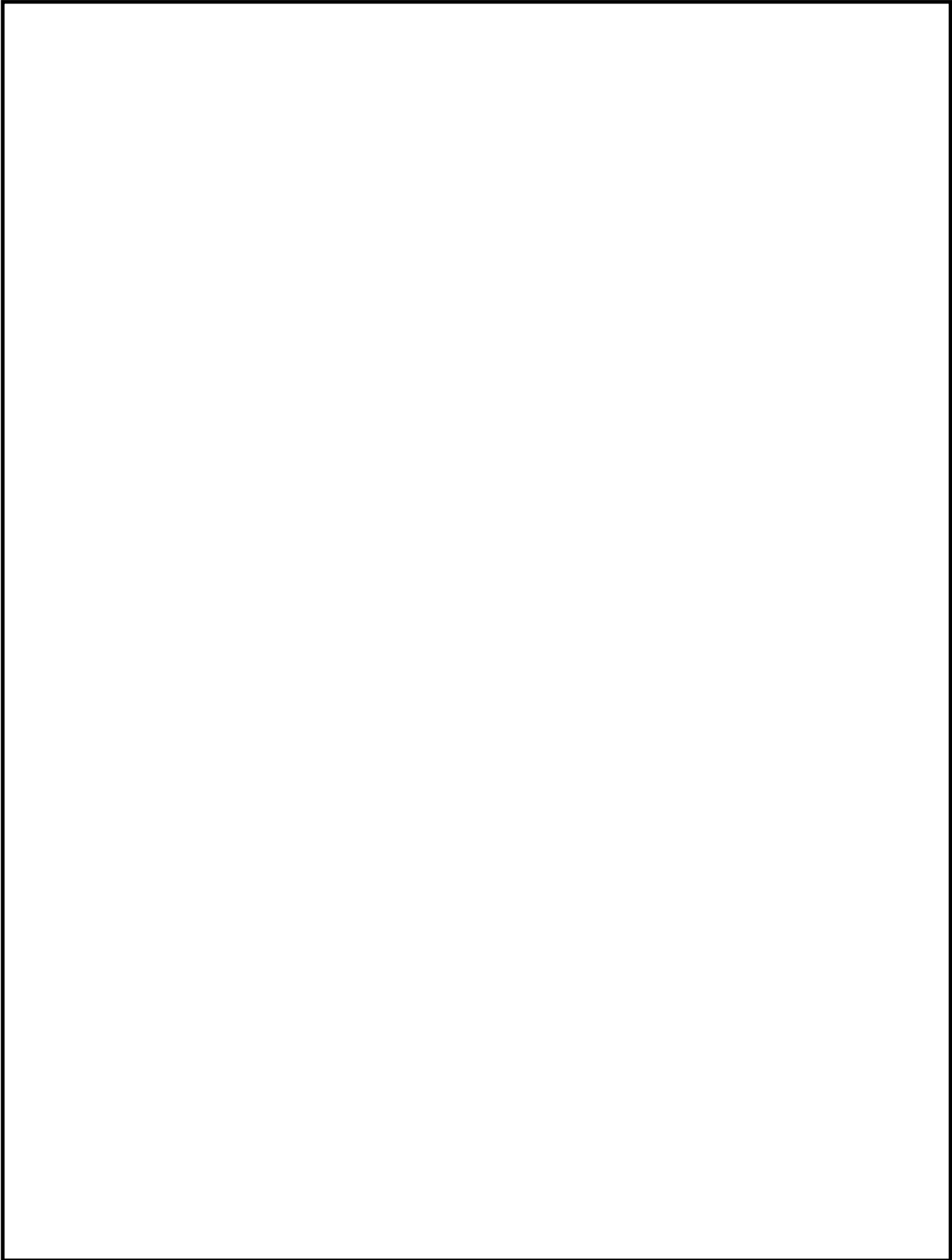
Відсутність проводів і, як наслідок, прив'язки до якогось конкретного місця завжди було значимо для мобільних користувачів, яким оперативний доступ до інформації потрібен постійно, незалежно від місця їх знаходження. Бездротові мережі ефективні, перш за все, при передачі даних на відстані до декількох сотень метрів, і відрізняються низькою вартістю реалізації. Асортимент бездротового мережевого обладнання може включати в себе бездротові відеокамери та інші пристрої. Розвиток бездротових систем доступу йде в трьох основних напрямках. Це супутникові системи, наземні НВЧ-системи (СВЧ) і системи персонального стільникового зв'язку, які дозволяють забезпечити доступ мобільних користувачів. Зрозуміло, кожне з цих коштів має свої переваги і недоліки. Наведені методи обробки сигналів знайшли практичне застосування в супутниковому зв'язку [3].

Актуальність теми:

ADALM-PLUTO від компанії Analog Devices є модулем активного навчання PlutoSDR. Це простий у використанні інструмент від компанії Analog Devices. Він може використовуватися для впровадження програмно-визначаємого радіо (SDR) і радіоканалів зв'язку в якості передових тем в електротехніці. Різноманітність програмного забезпечення на кшталт MATLAB або Simulink забезпечують інноваційний графічний інтерфейс з інтуїтивним використанням і мінімізацією часу навчання. Це дозволяє студентам вчитися швидше, ефективніше і досліджувати більше. Скремблювання інформації є необхідною частиною алгоритму каналу передачі даних для поліпшення його характеристик.

Мета роботи:

1. Впровадження скремблювання в існуючий канал передачі даних.
2. Експериментальна оцінка впливу скремблювання на передачу даних.



					171. 6391м.КР.ПЗ.Р1							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1 Огляд існуючого на кафедрі ПЕЕТ каналу передачі даних з використанням двох платформ Pluto-SDR				Літ.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Дідук О.А.									10	19
Керівник		Іхсанов Ш. М.							НУК ім. адм. Макарова			
Консульт.		Тубальцев А. М.										
Зав. кафедри		Рябенський В. М.										

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО НА КАФЕДРІ ПЕЕТ

КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ

ДВОХ ПЛАТФОРМ PLUO-SDR

1.1. Технічні характеристики платформи ADALM-PLUTO SDR

ADALM-PLUTO від компанії Analog Devices є модулем активного навчання Pluto SDR. Це простий у використанні інструмент від компанії Analog Devices. Він може використовуватися для впровадження програмно-визначаємого радіо (SDR) і радіоканалів зв'язку в якості передових тем в електротехніці. Різноманітність програмного забезпечення на кшталт MATLAB або Simulink забезпечують інноваційний графічний інтерфейс з інтуїтивним використанням і мінімізацією часу навчання. Це дозволяє студентам вчитися швидше, ефективніше і досліджувати більше. Модуль був побудований на базі пристрою AD9363, і він пропонує один канал прийому і один канал передачі. Канали можуть працювати в повнодуплексному режимі, здатні генерувати або оцифровувати аналогові сигнали в діапазоні від **325 МГц** до **3.8 ГГц** при частоті вибірки від **65 кГц** до **61 МГц**. Ширина смуги керованого каналу **200 кГц – 20 МГц**. Передача квадратурної інформації в ПК здійснюється по порту USB-2. Використовується 12-бітове АЦП.



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд платформи ADALM-PLUTO SDR

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рис. 1.2. Внутрішній вигляд платформи ADALM-PLUTO SDR

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.2. Програма QPSKtransmit для передавального Pluto

На кафедрі програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій реалізовано програму QPSKTransmitReceive.m, що забезпечує передачу і прийом інформації з використанням QPSK модуляції на базі однієї платформи ADALM-PLUTO SDR. Програма заснована на проектах корпорації MathWorks:

- plutoradioQPSKTransmitterExample.m;
- plutoradioQPSKReceiverExample.m;
- plutoradioWLANTransmitReceiveExample.m.

У свою чергу ці проекти базуються на використанні пакету Communications System Toolbox Support Package for ADALM-PLUTO Radio [6]. Програми можна використовувати в Matlab версії R2017 і вище. Проект plutoradioWLANTransmitReceiveExample призначений для роботи на одному Pluto і нормально функціонує. Як видно з назви двох перших програм, реалізований обмін інформацією між двома платформами ADALM-PLUTO SDR.

На жаль, вперше представлений в Matlab R2017 проект непрацездатний. У ньому є програмні помилки підключення до PLUTO, практично завжди інформація повністю спотворена на приймальній стороні. Версія програми, представлена в Matlab R2019, працює дещо краще, однак і тут надійний канал між двома платформами ADALM-PLUTO SDR не створюється. Як правило, BER знаходиться в інтервалі 0.1-0.3 незалежно від відношення сигнал / перешкода. У програмі циклічно передається традиційно використовувана на перших уроках з програмування фраза «Hello world» з номерами від 000 до 099. На рис. 4.3 приведена частина результату одного з характерних запусків програм:

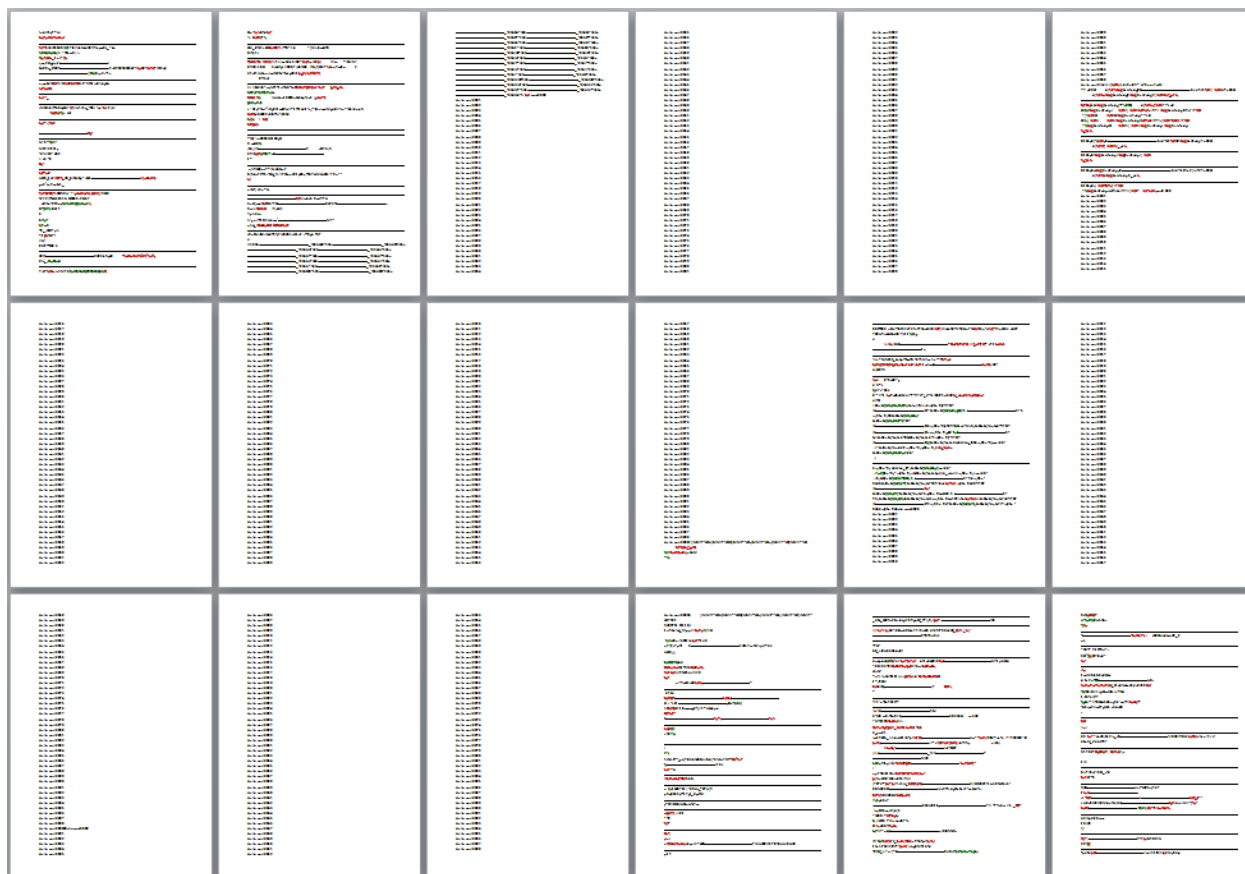


Рис. 1.3. Результат передачі інформації програмами з Matlab R2019

Тут рівні вузькі стовпці відповідають безпомилковій передачі фрази. Підсумковий результат роботи програми:

Error rate is = 0.162003.

Number of detected errors = 444083.

Total number of compared samples = 2741200.

Можна припустити, що заключна корекція фази сигналу з кратністю 90 градусів не реалізована або реалізована з помилками. Таку обробку ми детально обговоримо нижче.

Створення стійко працюючого каналу зв'язку вимагає реалізації всіх блоків цифрової обробки, використовуваних в реальних системах, і дозволяє істотно більш глибоко засвоїти технології передачі даних в порівнянні з будь-якими цифровими моделями.

Практично у всіх реальних каналах передачі інформації випромінювання йде пакетами не надто великої тривалості, спочатку яких, як правило, випромінюється синхроімпульс для тимчасової синхронізації. Часто для цієї мети використовується код Баркера максимальною довжиною 13. Коди Баркера є кодами з мінімальним рівнем бічних пелюсток автокореляційної функції рівним $1/N$ (N – довжина коду).

Більш-менш принциповою тут є тільки частота квантування сигналу, що визначає тривалість одного символу, прийняту 10 мкс. Інші параметри можуть змінюватися в допустимих для платформи Pluto інтервалах. Тривалість одного символу також можна варіювати, але вона може істотно впливати на характеристики каналу.

Підготовлений сигнал обов'язково пропускануть через підвищуючий передавальний КІХ фільтр (з кінцевою імпульсною характеристикою). Коефіцієнти фільтра обчислюється за законом «квадратний корінь з косинуса»:

Використовуваний фільтр має довжину 41 відлік, коефіцієнти фільтра на графіку виглядають таким чином (рис. 1.4):

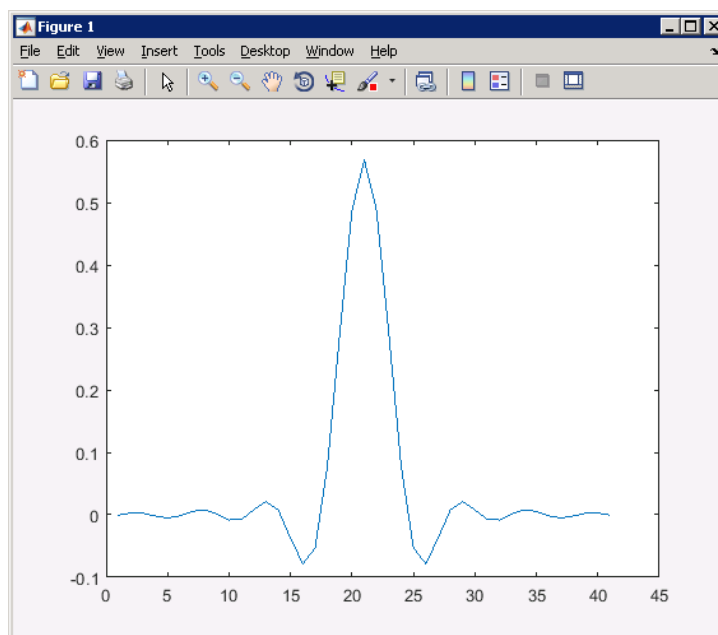


Рис. 1.4. Графік коефіцієнтів підвищувального передавального КІХ фільтра

Він збільшує частоту квантування в 4 рази. Таким чином, на кожен з 1037 бітів (13 бітів від коду Баркера і 1024 – інформаційних) в програмі формуються 4 комплексних відліку, і загальна кількість підготовлених відліків становить 4148. Далі інформаційна частина сигналу доповнюється паузою довжини 1/16 від тривалості сигналу і випромінюється безперервно.

1.3. Програма QPSKreceive для приймального Pluto

На приймачі сигнал приймається протягом часу, що дозволяє отримати задану кількість копій переданого повідомлення (встановлено час прийому, що забезпечує отримання не менше трьох пакетів інформації). Немає необхідності штучно вводити зміщення по частоті, досить рознести частоти передавача і приймача, що робиться в програмі параметром df . На приймачі використовується та ж частота квантування, що і на передавачі.

Задано повільне регулювання посилення сигналу, що приймається. Довжина прийнятого фрейма дорівнює 17616 комплексних відліків (довжина випромінюваного сигналу з урахуванням паузи дорівнює 4404). Прийнятий сигнал на амплітудній розгортці виглядає таким чином (ослаблення сигналу передавача 40 дБ, рис. 1.5):

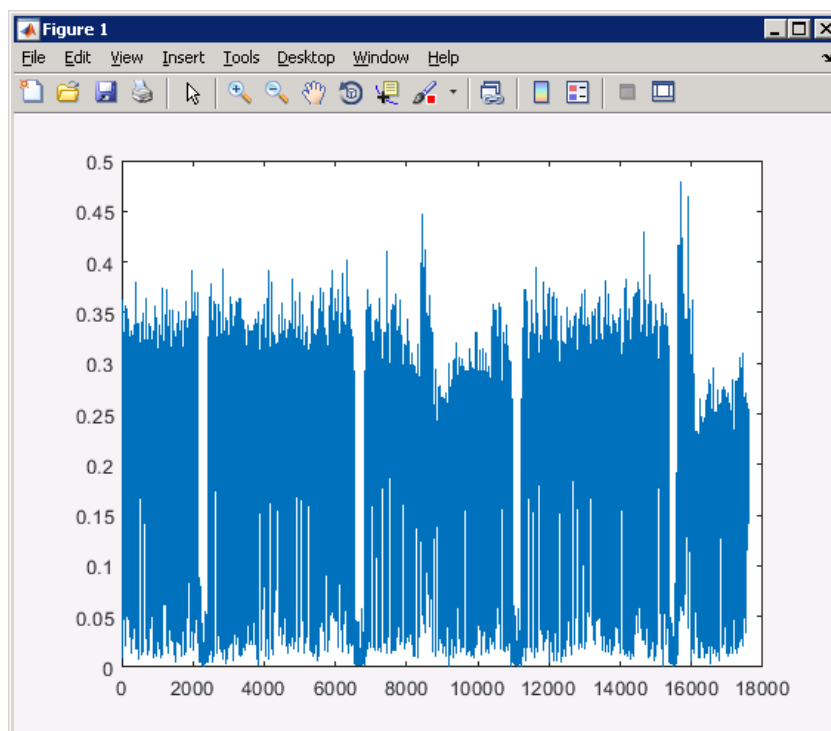


Рис. 1.5. Амплітудна розгортка пакетів прийнятого сигналу

На рисунку добре видно паузи між пакетами повідомлень і значна нерівномірність амплітуд прийнятого сигналу навіть всередині одного пакета.

Прийнятий сигнал пропускається через понижуючий в 2 рази приймальний КІХ фільтр і до виділення зон окремих пакетів надходить на перший етап усунення частотного зміщення. На цьому етапі частотний зсув оцінюється функцією `FFTFreqSynchr()`, спеціально для цього розробленою.

1.3.1. Компенсація взаємної неузгодженості частот передавача і приймача

Алгоритм компенсації взаємної неузгодженості частот передавача і приймача докладно описаний в [4]. Спектр 4-го ступеня сигналу по всьому фрейму наведено на рис. 1.6 (як і раніше, спектр замість інтервалу $[0, F_s]$ прив'язаний до інтервалу $[-F_s/2, F_s/2]$):

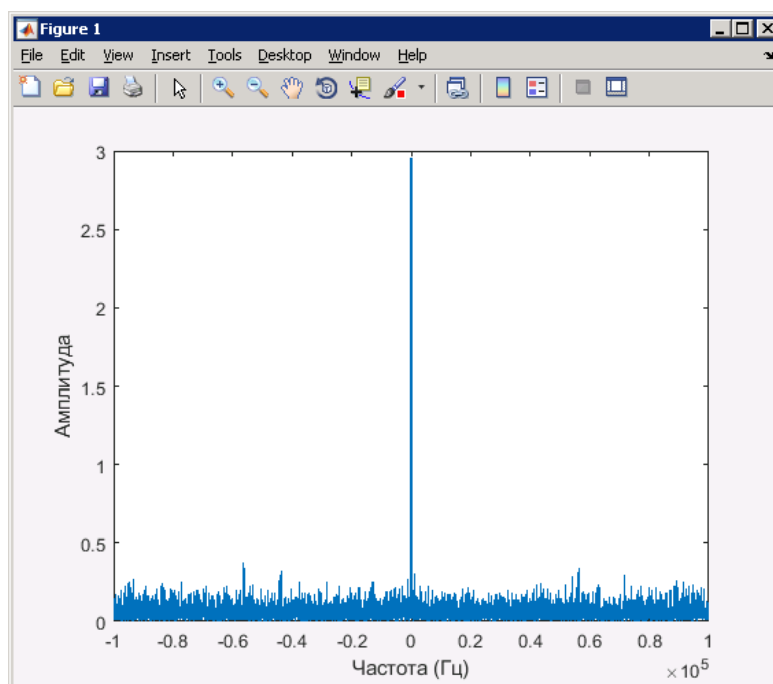


Рис. 1.6. Спектр 4-го ступеня прийнятого сигналу

Оцінка зміщення склала всього -0.0138 Гц. Це говорить про дуже хороше зведення частот передавача і приймача в рамках одного пристрою Pluto. При цьому відношенні сигнал / перешкода, природно, збої бітів в каналі від-

сутні. Як і при моделюванні, оцінка практично не залежить від відношення сигнал / перешкода. Зменшення потужності випромінюваного сигналу на 14 дБ, при якому BER досягає 10^{-1} , призводить до такого спектру:

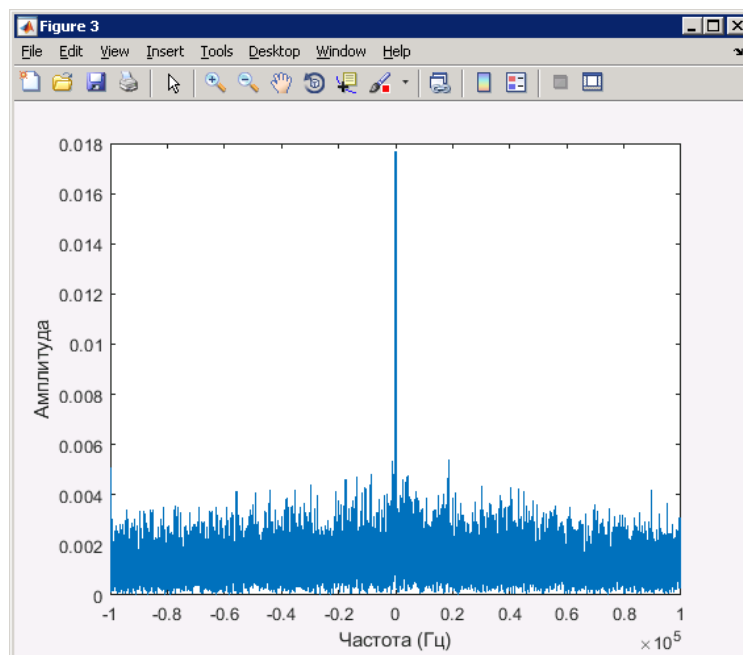


Рис. 1.7. Спектр 4-го ступеня прийнятого сигналу при зменшенні потужності на 14 дБ

За цим спектром оцінка зміщення склала -0.162 Гц.

Невеликі втрати при неузгодженні частот приймача і передавача можливі, проте виникають вони вже при значних зсувах (більше 20 КГц), які в реальних апаратурах прийому і передачі вдається уникнути. Наприклад, в [5] наводяться вимірювання неузгодженості наземного приймача і супутникового передавача, яке склало 18 Гц.

Оцінка зміщення по розгорнутій фазі сигналу в реальному каналі стикається з тими ж труднощами, що і в цифровій моделі. На рис. 1.8 ми бачимо наявність розривів розгорнутої фази сигналу навіть при відсутності зміщення.

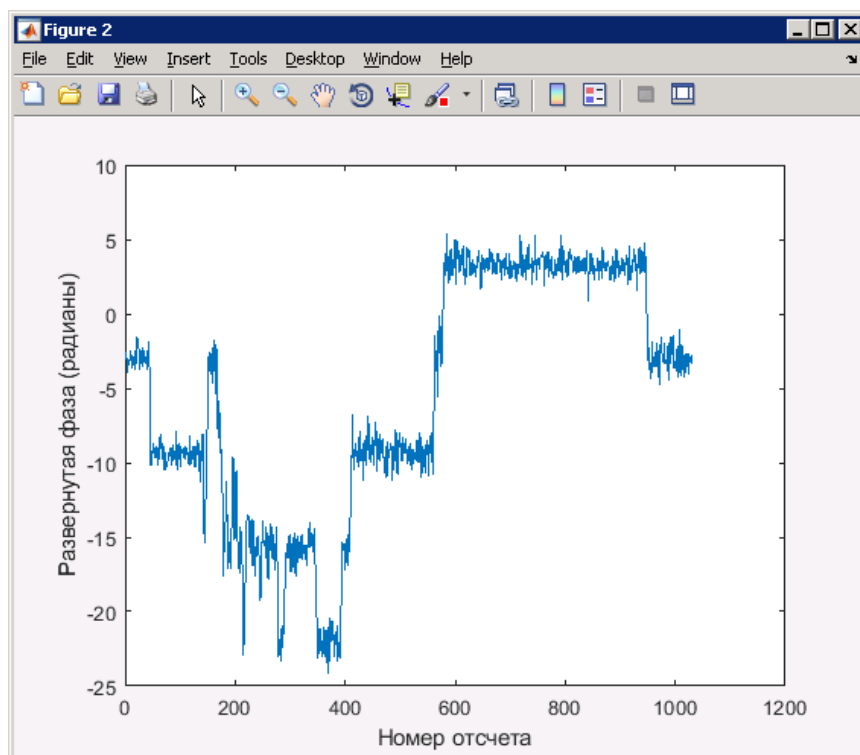


Рис. 1.8. Розриви розгорнутої фази реального сигналу при відсутності зміщення

При роботі з двома платформами Adalm Pluto SDR ми зіткнемося з тим, що вони дуже погано зведені по частоті. Це ніяк не позначиться на роботі реалізованого каналу передачі інформації, але ступінь незведення частот цікаво вивчити. У таблиці 1.1 наведені вимірювання відхилення частоти приймача від частоти передавача на декількох частотах.

Таблиця 1.1

Частота передавача (ГГц)	Серійний номер приймального Pluto (останні цифри)	Виміряне відхилення частоти на приймачі (Гц)
1	2	3
0.915	fb4	-1918.30
0.915	fb4	-1924.04
0.915	fb4	-1927.06
0.915	fb4	-1928.52
0.915	fb4	-1928.34
1.850	fb4	-4009.14
1.850	fb4	-4050.52
1.850	fb4	-4070.50
2.350	fb4	-5197.29
2.350	fb4	-5222.72

1	2	3
2.350	fb4	-5233.01
2.350	d53	5238.04
2.350	d53	5217.82
2.350	d53	5207.60
2.350	d53	5196.52

Пуски приймальної програми зроблені з невеликим інтервалом, що не перевершує десятка секунд. Як бачимо, взаємна неузгодженість частот на приймальному і передавальному Pluto є значущою і досягає величини більше 5 кГц на високих частотах. Вона є пропорційною частоті випромінювання і становить від неї приблизно 0.0002%. Неузгодженість нестабільна в часі, причому швидкість зміни досягає декількох Гц/с.

1.3.2. Виділення зон з сигналом по згортку з кодом Баркера

Згортка з кодом Баркера здійснюється функцією `ConvBarker()`. Результати згортки ми бачимо на рис. 1.9:

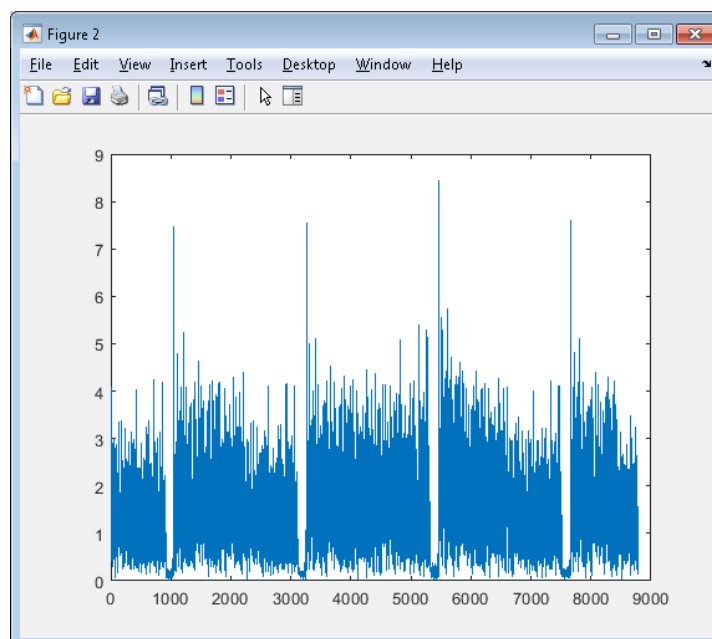


Рис. 1.9. Результат згортки прийнятих пакетів інформації з кодом Баркера

Початок кожного пакета добре виділяється, і ми можемо визначити відліки кожного пакета. Для цього викликається спеціально написана функція `SearchPackets()`. Перш за все, відзначимо, що функція шукає пакети відо-

мої довжини при заданій довжині паузи між ними. На вхід програми надходить амплітуда згорнутого з кодом Баркера сигналу. Спочатку визначається початок кожного пакета за максимальним відліком. Для цього написана функція $fewmax()$, яка шукає задану кількість максимальних елементів у дійсному масиві.

Для відходу від ситуації, коли на одному пакеті можуть бути кілька максимумів, знайдений максимум виключається з подальшого пошуку разом з PacketLen відліками праворуч і dl (прийнято таким, що дорівнює 5) відліками ліворуч. Кількість шуканих максимумів відповідає максимальній кількості пакетів, які можуть бути прийняті в одному фреймі. Основним критерієм виділення пакета є достатній рівень згортки з кодом Баркера щодо середнього рівня амплітуд пакета і наявність досить глибокої паузи після пакета (відповідно 8 і 15 дБ, нагадаємо, що для використовуваного коду Баркера теоретичний рівень бічних пелюсток не перевищує $20\lg(1/13) = -22$ дБ).

Після виділення зон пакетів для запобігання виходу за динамічний діапазон проводиться нормування сигналу на середнє, видалення останніх символів в кожному пакеті, спотворених згорткою з паузою при фільтрації, а так само обчислення середнього рівня перешкод в паузах між пакетами:

1.3.3. Синхронізація символів і компенсація зміщення сигналу по фазі

Надалі обробка проводиться окремо по кожному пакету. Якщо ми на цьому етапі побудуємо фазовий портрет сигналу по окремих пакетах, то побачимо, що сигнал, крім придбаного зміщення по фазі, практично розсипаний по всій комплексній площині, незважаючи на значне відношення с/п близько 14 дБ (рис. 1.10):

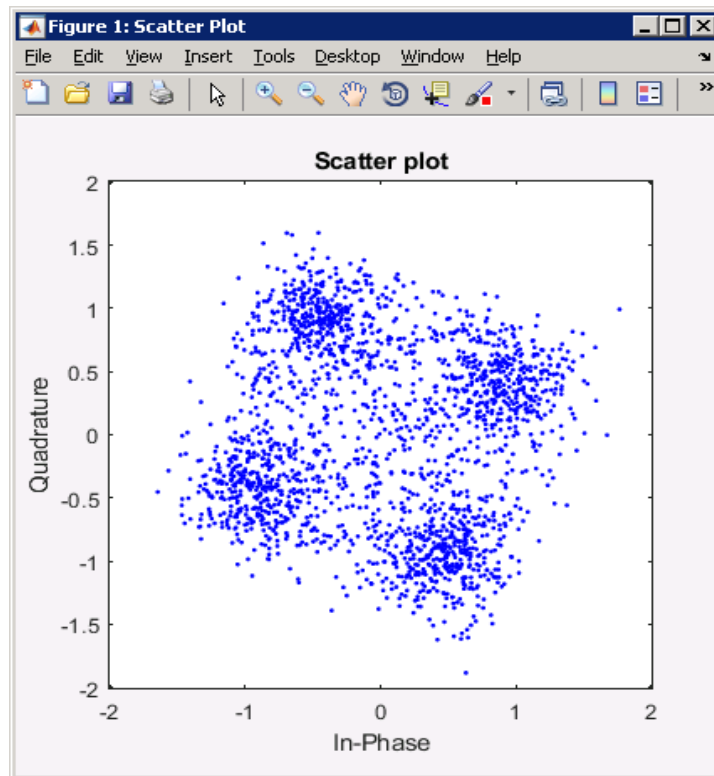


Рис.1.10. Сигнальне сузір'я одного з пакетів до компенсації
зміщення по фазі і часової синхронізації

У програмі використовується поворот фазової площини на 45 градусів, тому центри символів випромінюваного сигналу розташовані на бісектрисах координатних чвертей.

Реалізовані два варіанти обробки сигналу, які спрямовані на усунення порушення часової синхронізації.

У першому варіанті використовується функція MATLAB `comm.SymbolSynchronizer()`, у другому варіанті – широко використовуваний на практиці метод вибору кращого з двох наявних відліків на символі.

Результат роботи функції наочно видно на сигнальному сузір'ї (рис. 1.11):

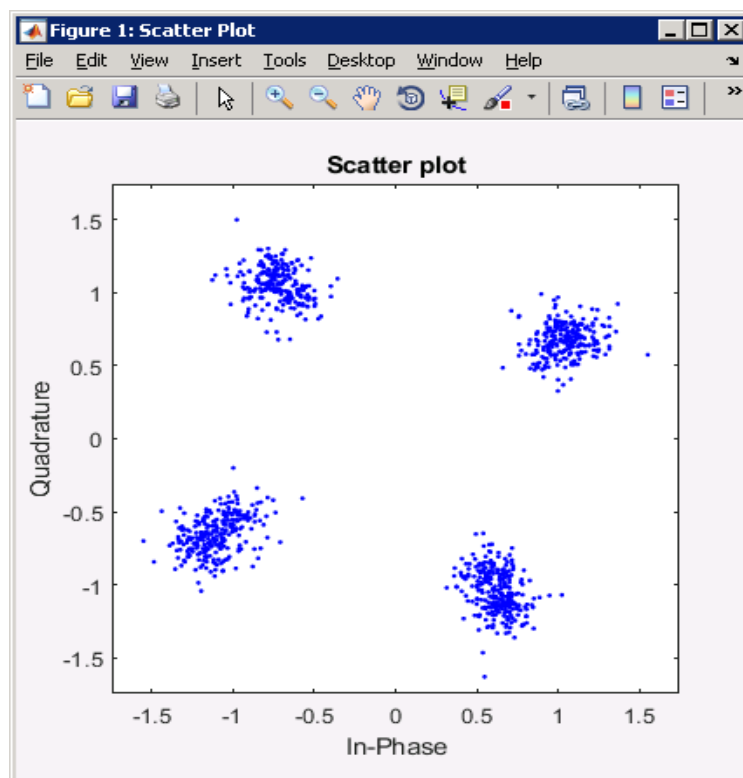


Рис. 1.11. Сигнальне сузір'я одного з пакетів після тимчасової синхронізації

Всі символи компактно зібралися, залишилося лише зміщення по фазі близько 10 градусів.

Для пояснення другого методу наведемо сигнальне сузір'я окремо для парних і непарних відліків, оскільки ми маємо 2 відліки на символ, один з них, як правило, повинен бути ближче до центру випроміненого символу, і відповідно, більш безпомилково нести інформацію про переданий символ. Дійсно це добре видно на фазових портретах непарних і парних відліків (рис. 1.12):

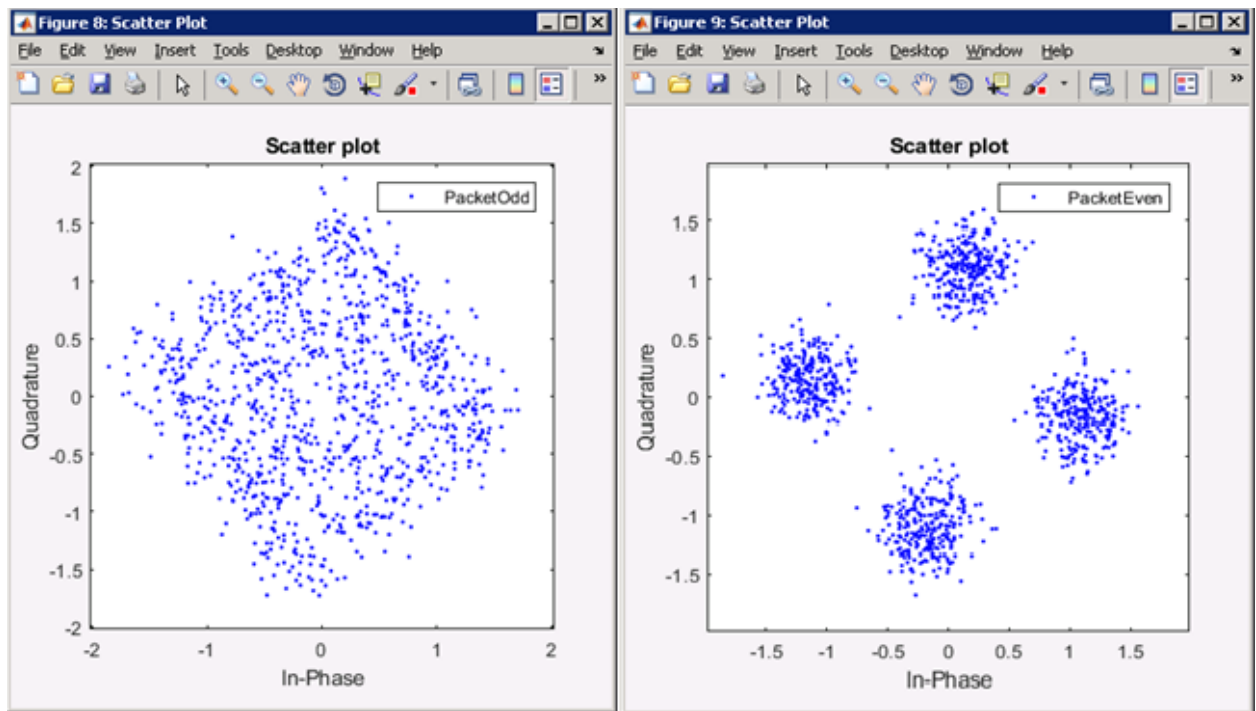


Рис. 1.12. Сигнальне сузір'я одного з пакетів для непарних і парних відліків

Тут також ми бачимо, що всі 4 символи розташовані компактно, зміщення по фазі трохи більше, якщо розуміти під зміщенням фази кут до 45 градусів, поворот на який розміщує центри ваги груп символів по бісектрисам координатних чвертей. Зрозуміло, що це не гарантує розташування груп символів у своїх чвертях, можливо, доведеться повернути фазу на кут 90, 180 або 270 градусів.

Залишається для кожного пакета зробити вибір між парними і непарними відліками. В принципі, це можна зробити за сигнальним сузір'ям або по розгорнутій фазі. На наш погляд, найбільш простий і надійний алгоритм виходить при використанні амплітуди сигналу після видалення розривів фази. На рис. 1.13 наведена амплітудна розгортка 4-го ступеня сигналу окремо для непарних і парних відліків одного з пакетів (зверніть увагу, що для парних і непарних відліків обрані різні масштаби):

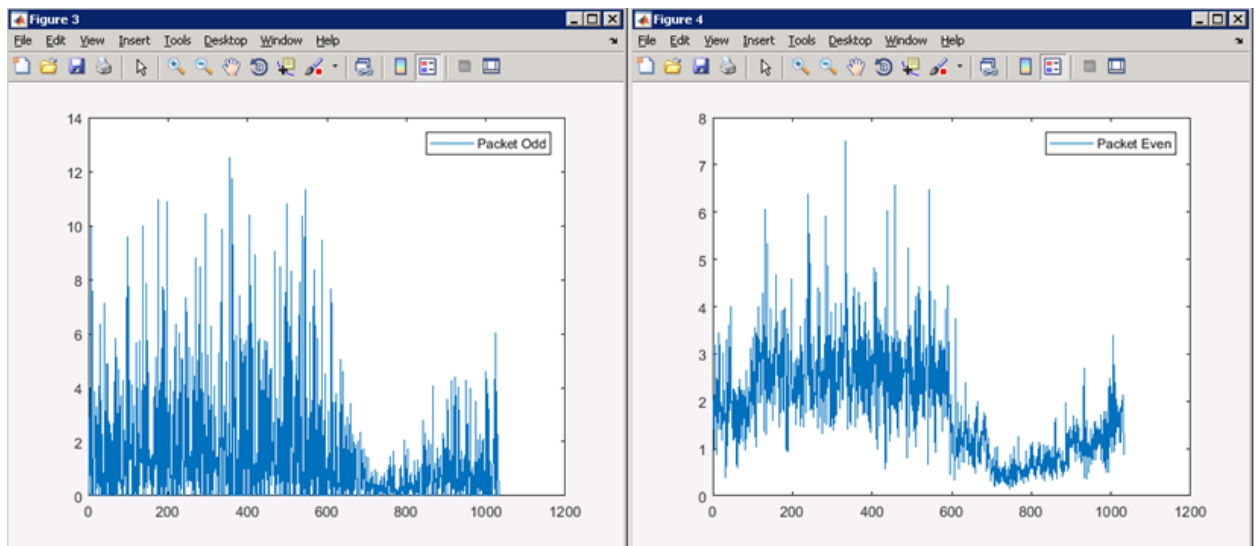


Рис. 1.13. Амплітудна розгортка одного з пакетів
для непарних і парних відліків

В якості міри переваги парного або непарного відліків приймається мінімальність їх дисперсій.

Кут повороту фази можна обчислити по центру ваги 4 груп переданих символів. У програмі використовується функція MATLAB `comm.CarrierSynchronizer()`, яка крім фази виробляє синхронізацію по зсуву несучої частоти.

Для порівняння варіантів символної синхронізації в програмі реалізована можливість паралельної обробки фрейма обома варіантами.

На рис. 1.14 наведені сигнальні сузір'я пакета для двох реалізацій:

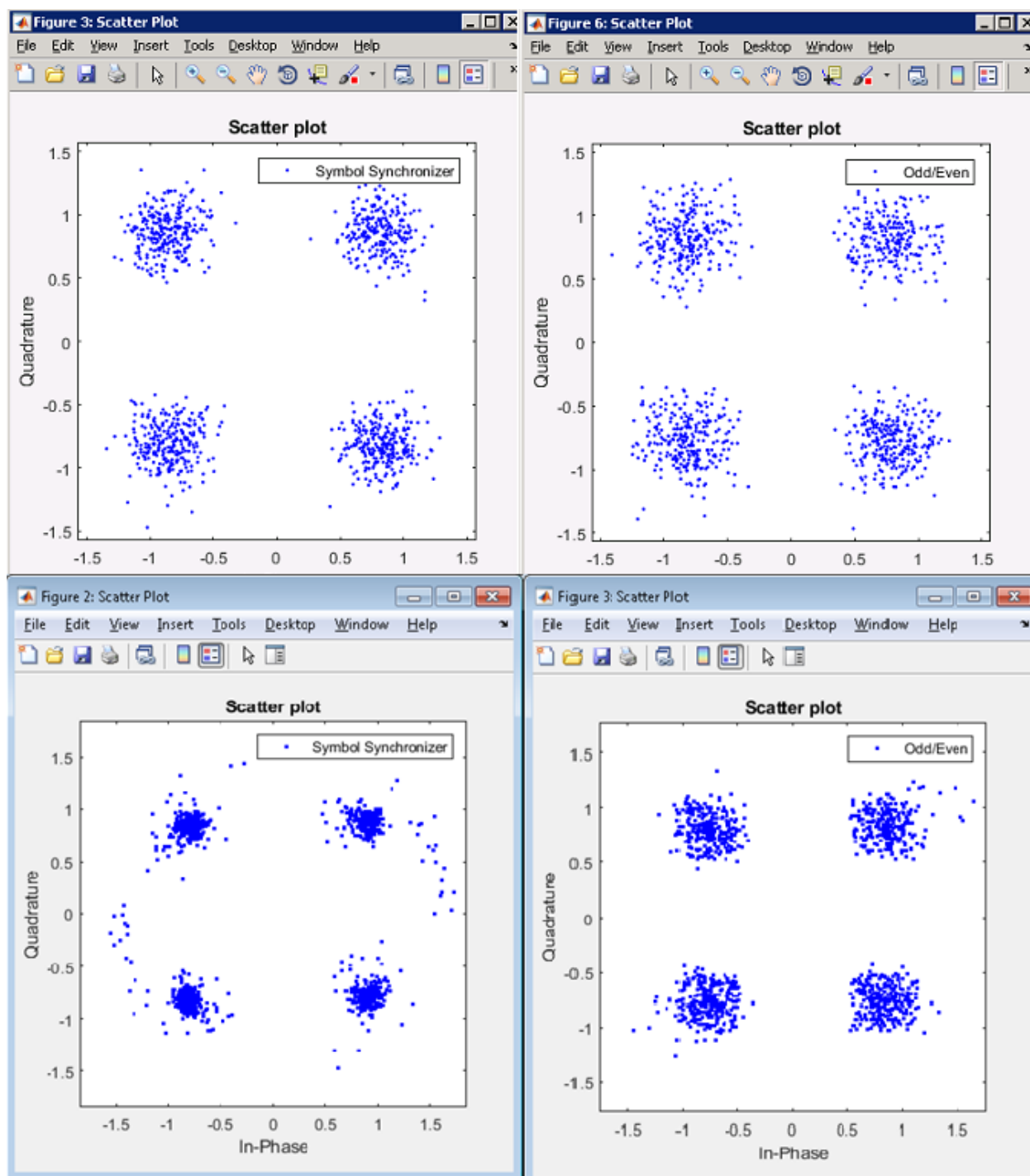


Рис. 1.14. Сигнальне сузір'я пакета після синхронізації фази функцією SymbolSynchronizer() і вибором парного / непарного відліків

Якщо при першій реалізації трохи кращий результат отриманий при використанні функції Matlab comm.SymbolSynchronizer(), то в другій реалізації ми бачимо, що її використання призвело до розсіпання частини символів, чого не спостерігається при використанні вибору парного/непарного відліків.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

171. 6391м.КР.ПЗ.Р1

Арк.

26

Як вже зазначалося вище, отриманий результат не гарантує, що зсув фази усунений. Поворот фазової площини на величини кратні 90 градусам призведе якісно до того ж сигнального сузір'я. Абсолютно ясно, що використовуючи відліки тільки самого сигналу, ми ніяк не зможемо визначити такі повороти. Тут нам прийде на допомогу код Баркера, який ми розташували на початку кожного пакета. Для цього нам доведеться декодувати 13 перших бітів при додаткових поворотах фази на 0, 90, 180, 270 градусів і порівняти їх з використовуваним кодом Баркера. Іншу частину пакета декодуємо з поворотом фази, при якому отримаємо найменше помилок. Функція викликається в програмі після первинної синхронізації фази і декодування. Далі здійснюється декодування пакетів з урахуванням знайденого повороту фази.

Обробка прийнятої інформації завершується обчисленням BER по кожному інформаційному пакету.

1.3.4. Впровадження коду Ріда-Соломона

Перешкодозахищене кодування використовується практично у всіх каналах зв'язку. Наприклад, в супутниковому зв'язку широко використовуються згорткові коди і коди Ріда-Соломона [3]. Реалізація перешкодозахищених кодів в Matlab детально розглянута в [1]. У розглянутому каналі передачі даних обраний напівбайтовий код Ріда-Соломона виправляє 3 помилки.

Цих двох параметрів достатньо для повного визначення коду. Кількість можливих символів дорівнює $n=2^m=16$, Довжина коду при цьому повинна бути рівно на одиницю менше, тобто 15. На виправлення 3-х символів код Ріда-Соломона вимагає мінімально можливу кількість коригуючих символів в код і дорівнює воно подвоєному кількості виправляються символів, тобто 6. Відповідно, інформаційних символів буде 9, і загальноприйнятий запис коду RS(15,9,3). Якщо збійних напівбайтів (символів) не більше 3, вони будуть виправлені. Максимальна кількість виправлених бітів в кодї 12, але це зовсім не означає, що будь-які 12 збійних бітів будуть виправлені, оскільки вони в гіршому випадку можуть спотворити до 12 напівбайтів.

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Наведемо результат запуску програми, що демонструє роботу коду Ріда-Соломона:

Packet #1, SNR=10.5 дБ, prOdd=0, Kvar=1.29.
dfestSP=0.0438.
PhSp=180 градусів, min_d= 0
С використанням кода Ріда-Соломона:
numErr= 1, BER=0.00022
Без використання кода Ріда-Соломона:
numErr= 41, BER=0.00890

Packet #2, SNR=10.6 дБ, prOdd=0, Kvar=1.30.
dfestSP=0.0120.
PhSp=180 градусів, min_d= 0
С використанням кода Ріда-Соломона:
numErr= 0, BER=0.00000
Без використання кода Ріда-Соломона:
numErr= 24, BER=0.00521

Packet #3, SNR=10.6 дБ, prOdd=0, Kvar=1.24.
dfestSP=-0.1947.
PhSp=180 градусів, min_d= 0
С використанням кода Ріда-Соломона:
numErr= 0, BER=0.00000
Без використання кода Ріда-Соломона:
numErr= 44, BER=0.00955

Зсув частоти dfestSP, виміряний окремо для кожного пакета до роботи функції carrSync() показує, що попередня оцінка зміщення по всьому фрейму проводиться з точністю до десятих часток герца.

Оцінку ефективності використання коду Ріда-Соломона, проведену за 100 пусками програми з різними рівнями відносини сигнал / перешкода, наведено на рис. 1.15:

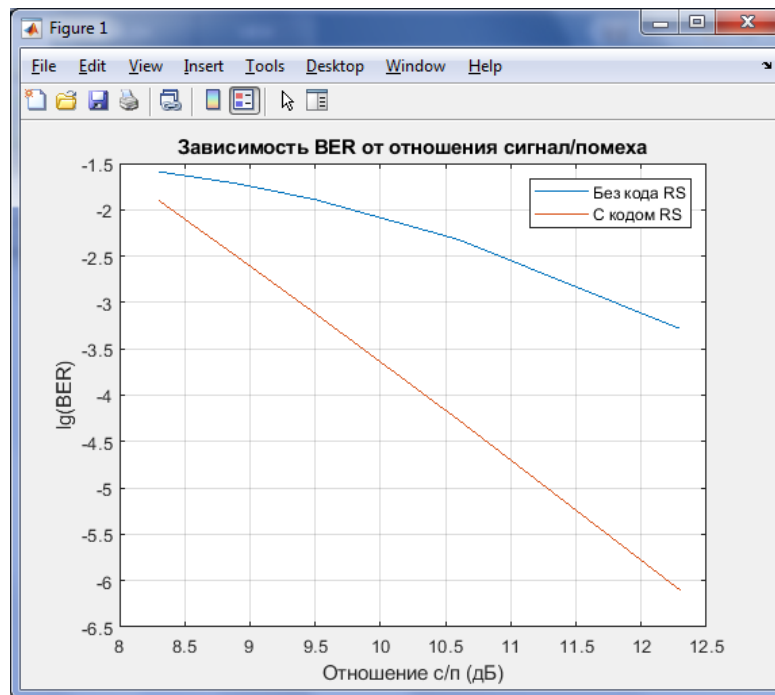
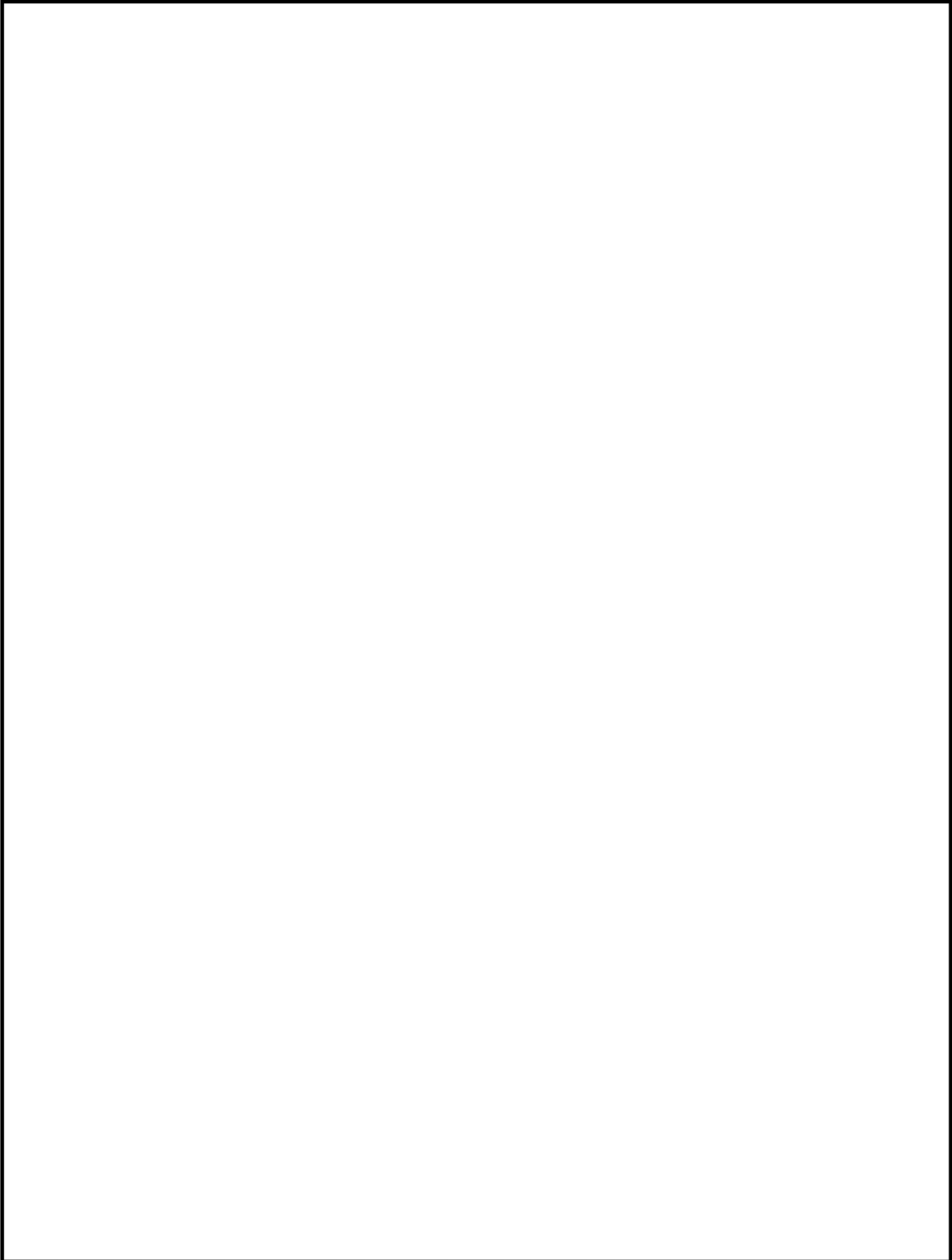


Рис. 1.15. Оцінка ефективності коду Ріда-Соломона в залежності від відношення сигнал / перешкода

Як бачимо, при рівні $BER 10^{-3}$ вигреш від використання коду Ріда-Соломона склав більше 2 дБ. При рівні $BER 10^{-4}$ він склав не менше 3 дБ. При відношенні сигнал/перешкода 12 дБ код Ріда-Соломона знизив рівень BER з 10^{-3} до менш ніж 10^{-5} , тобто більш ніж на 2 порядки.

Висновки до розділу 1.

Розглянуто наявний на кафедрі ПЕЕТ алгоритм каналу передачі даних на базі двох платформ Adalm-Pluto SDR з використанням модуляції QPSK і його основні характеристики при реальній передачі даних.



					171. 6391м.КР.ПЗ.Р2							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2 Теоретичні основи скремблювання				Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Дідук О.А.									30	8
Керівник		Іхсанов Ш. М.							НУК ім. адм. Макарова			
Консульт.		Тубальцев А. М.										
Зав. кафедри		Рябенський В. М.										

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СКРЕМБЛЮВАННЯ

2.1. Класифікація скремблерів

Скремблер (англ. Scramble – шифрувати, перемішувати) – Програмний або апаратний пристрій (алгоритм), що виконує скремблювання – оборотне перетворення цифрового потоку без зміни швидкості передачі з метою отримання властивостей випадкової послідовності. Після скремблювання поява «1» і «0» у вихідній послідовності рівноймовірні. Скремблювання – оборотний процес, тобто вихідне повідомлення можна відновити, застосувавши зворотний алгоритм [2].

Стосовно до телекомунікаційних систем скремблювання підвищує надійність синхронізації пристроїв, підключених до лінії зв'язку (забезпечує надійне виділення тактової частоти безпосередньо з прийнятого сигналу), і зменшує рівень перешкод, випромінюваних на сусідні лінії багатожильного кабелю. Інша область застосування скремблерів – захист переданої інформації від несанкціонованого доступу.

Для алгоритмів скремблювання виключно важливі швидкість роботи і випадковий характер послідовності, щоб його не можна було відновити в разі перехоплення противником. Процес скремблювання може включати в себе додавання певних компонент до вихідного сигналу або зміна важливих частин сигналу для того, щоб ускладнити відновлення виду вихідного сигналу або для додання сигналу певних статистичних властивостей. Скремблери застосовуються в телефонних мережах загального користування, супутникового та радіорелейного зв'язку, цифровому телебаченні, а також для захисту лазерних дисків від копіювання.

Скремблери можна розділити на два великих типи:

- скремблери, які самосинхронізуються (СС);
- адитивні скремблери (з установкою).

Логічну схему скремблера, що самосинхронізується, наведено на рис. 2.1.

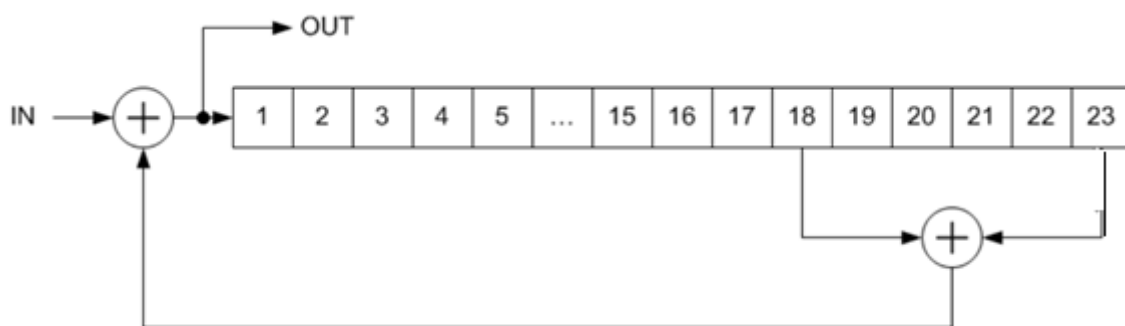


Рис. 2.1. Скремблер, що самосинхронізується

Основною частиною скремблера є генератор псевдовипадкової послідовності (ПВП) у вигляді лінійного n -каскадного регістра зі зворотними зв'язками, що формує послідовність максимальної довжини 2^{n-1} .

Особливістю СС скремблера є те, що він управляється скрембльованою послідовністю, тобто тією, яка передається в канал. Тому при даному виді скремблювання не потрібно спеціального установлювання станів скремблера і дескремблера: скрембльована послідовність записується в регістри зсуву скремблера і дескремблера, встановлюючи їх в ідентичний стан. При втраті синхронізму між скремблером і дескремблером час відновлення синхронізму не перевищує числа тактів, Рівного числу осередків регістра скремблера.

На приймальній стороні виділення вихідної послідовності відбувається шляхом додавання по модулю 2 прийнятої скрембльованої послідовності з послідовністю на виході зсувного регістра.

Наприклад, для схеми, наведеної на рис. 2.1, вхідна послідовність IN за допомогою скремблера відповідно до співвідношення

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$OUT = IN \oplus (R_{18} \oplus R_{23})$ перетворюється в посилану двійкову послідовність OUT . У приймачі з цієї послідовності таким же регістром зсуву, як на прийомі, формується послідовність $IN' = OUT \oplus (R_{18} \oplus R_{23}) = IN \oplus (R_{18} \oplus R_{23}) \oplus (R_{18} \oplus R_{23}) = IN$.

Як випливає з принципу дії схеми, при одній помилці в послідовності IN помилковими виходять також наступні вісімнадцятий і двадцять третій символи (в даному прикладі). У загальному випадку вплив помилково прийнятого біта буде виявлятися a разів, де a – число зворотних зв'язків в регістрі зсуву. Таким чином, СС скремблер-дескремблер має властивість розмноження помилок. Даний недолік СС скремблера-дескремблера обмежує число зворотних зв'язків в регістрі зсуву; практично це число не перевищує $a = 2$.

Другий недолік СС скремблера пов'язаний з можливістю виникнення на його виході за певних умов так званих «критичних ситуацій», коли вихідна послідовність набуває періодичного характеру з періодом, меншим довжини ПВП. Щоб запобігти цьому, в скремблері й дескремблері передбачаються спеціальні додаткові схеми контролю, які виявляють наявність періодичності елементів на вході і порушують її.

Схема адитивного скремблера наведена на рис. 2.2.

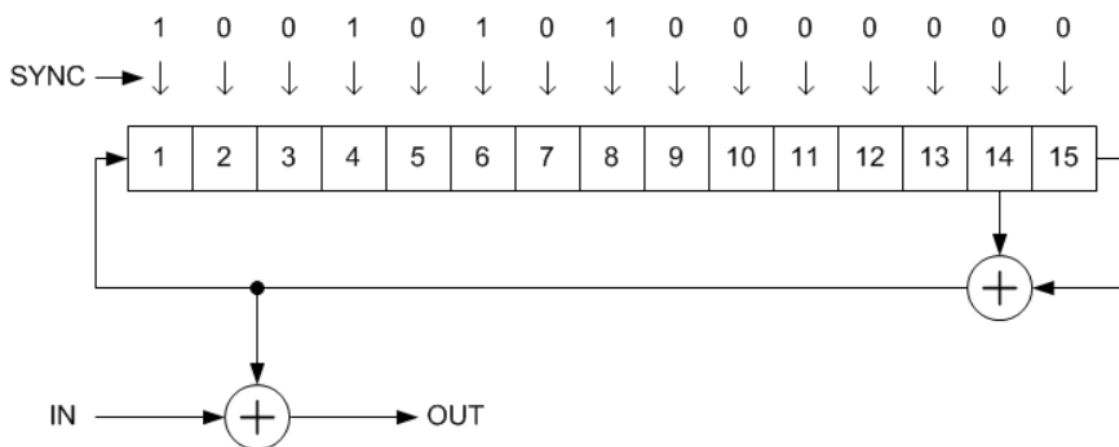


Рис. 2.2. Скремблер адитивний

При адитивному скремблюванні потрібне попереднє ідентичне установлення станів регістрів скремблера і дескремблера. У скремблері з установленням (АД-скремблері), подібно СС скремблеру, проводиться підсумовування вхідного сигналу і ПВП, але результуючий сигнал не надходить на вхід регістра. У дескремблері скрембльований сигнал також не проходить через регістр зсуву, тому розмноження помилок не відбувається. Підсумовувані в скремблері послідовності незалежні, тому їх період завжди дорівнює найменшому загальному кратному величин періодів вхідної послідовності і ПВП, і критичний стан відсутній. Відсутність ефекту розмноження помилок і необхідності в спеціальній логіці захисту від небажаних ситуацій роблять спосіб адитивного скремблювання кращим, якщо не враховувати витрат на вирішення завдання синхронізації скремблера і дескремблера. В якості сигналу установки в цифрових системах передачі даних використовують сигнал циклової синхронізації.

Скремблери активно застосовуються для захисту телефонних переговорів. При скремблюванні можливе перетворення мовного сигналу за трьома параметрами: амплітуді, частоті і часу. Але в системах рухомого радіозв'язку практичне застосування знайшли в основному частотні і часові перетворення сигналу, а також їх комбінації. Можливі перешкоди в радіоканалі істотно ускладнюють точне відновлення амплітуди мовного сигналу, в зв'язку з чим амплітудні перетворення при скремблюванні практично не застосовуються.

При частотній інверсії перетворення спектру мовного сигналу еквівалентно повороту частотної смуги сигналу навколо деякої середньої частоти – частоти інверсії. Дещо складніший порівняно з частотною інверсією спосіб перетворення сигналу забезпечує скремблер з розбиттям смуги мовного сигналу на піддіапазони з частотною інверсією сигналу в кожному піддіапазоні (смугово-зсувний інвертор). Зазвичай використовується розбиття смуги на 2 піддіапазону.

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р2	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Смугові скремблери використовують спосіб розбиття смуги мовного сигналу на кілька піддіапазонів з частотними перестановками цих піддіапазонів. Смуговий скремблер може бути реалізований на основі швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). У такому скремблері на передавальній стороні проводиться пряме ШПФ, частотна перестановка смуг, а потім – зворотне ШПФ. На приймальній стороні здійснюються аналогічні перетворення зі зворотною частотною перестановкою смуг. У скремблерах з ШПФ можливо досягти високого ступеня захисту інформації за рахунок збільшення кількості перемішуваних смуг, проте на практиці цей метод скремблювання в рухомому радіозв'язку застосовується рідко через складнощі технічної реалізації. Крім цього, скремблери з ШПФ вносять в канал зв'язку тимчасову затримку.

Найпростішим видом часового перетворення є часова інверсія, при якій вихідний сигнал ділиться на послідовність часових сегментів і кожен з них передається інверсно в часі: з кінця до початку. У скремблері з часовими переставленнями мовний сигнал ділиться на часові кадри, кожен з яких в свою чергу підрозділяється на сегменти, а потім сегменти мовного сигналу зазнають переставлення.

Для подальшого підвищення ступеня закриття мови використовується комбінація часового і частотного скремблювання. У такому скремблері після аналого-цифрового перетворення спектр оцифрованого мовного сигналу розбивається на частотно-часові елементи, які потім переміщуються на частотно-часовій площині відповідно до одного з криптографічних елементів і підсумовуються, не виходячи за межі частотного діапазону вихідного сигналу.

Скремблери використовуються в цифровому і кабельному телебаченні для надання доступу до платного контенту і запобігання крадіжки трансльованого сигналу. Ранні версії цих пристроїв інвертували одну зі складових телесигналу, відновлюючи її на клієнтській стороні. Пізніше більш досконалі скремблери стали фільтрувати одну з компонент сигналів і передавати дані

без неї. Відновлення вихідної послідовності за допомогою додавання відсутньої частини сигналу відбувається на боці користувача.

Необхідність синхронізації скремблерів привела Джеймса Х. Елліса до ідеї криптосистем з відкритим ключем, що згодом призвело до створення алгоритму шифрування RSA і протоколу Діффі-Хеллмана.

Сучасні системи скремблювання сильно відрізняються від оригінальних скремблерів. Це складні оцифровуючі пристрої, суміщені з пристроями шифрування. У таких системах вихідний сигнал перетворюється в цифрову форму, потім дані шифруються і відправляються. Будучи поєднаними з системами асиметричного шифрування, ці «скремблери» є більш криптостійкими, ніж їх ранні аналоги. Тільки такі системи вважаються досить надійними для роботи з важливими даними.

2.2. Програмні реалізації скремблерів

Як приклад розглянемо скремблер, який використовується в супутниковому зв'язку [3]. Реалізація скремблера мовою C++ виконана доцентом Іхсановим Ш. М. в 2009 році:

```
// Функция для скремблирования одного байта информации:
unsigned char SCR(unsigned char byte, bool begin)
// begin - признак скремблирования и дескремблирования
// с начальным значением регистра
{ // Параметры скремблера:
  unsigned char genpoly[2]; // порождающий полином (номера
                           // ненулевых элементов)
  unsigned int initseq; // инициализирующая последовательность
  static int reg;
  unsigned char i, j, genb, inb, outb;
  unsigned char outbyte;

  initseq=0xFFFFE;
  genpoly[0]=2; genpoly[1]=19;
  begin=true;

  if(begin)
  { reg=initseq;
    begin=false;
  }
  outbyte=0;
  for(i=0; i < 8; i++)
```

					171. 6391м.КР.ПЗ.Р2	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

```

    { genb=0;
      for(j=0;j < 2;j++)
        genb^=(reg>>genpoly[j])&1;
      inb=(byte>>i)&1;
      outb=!inb^genb;
      outbyte|=outb<<i;
      reg=(reg<<1)|outb;
    }
    return outbyte;
}

// Функция для дескремблирования одного байта информации:
char deSCR(char byte, bool begin)
{ static int reg;
  char i,j,genb,inb,outb;
  char outbyte;

  if(begin)
  { reg=initseq;
    begin=false;
  }
  outbyte=0;
  for(i=0;i < 8;i++)
  { genb=0;
    for(j=0;j < 2;j++)
      genb^=(reg>>genpoly[j])&1;
    inb=(byte>>i)&1;
    outb=!inb^genb;
    outbyte|=outb<<i;
    reg=(reg<<1)|inb;
  }
  return outbyte;
}

```

У наведеному скремблері не використовується випадкова послідовність. При подачі на вхід скремблера періодичної послідовності 10001000 10001000 10001000, що містить «1» в три рази менше, ніж «0», ми отримуємо на виході неперіодичну послідовність 00010011 11001000 11110110 з рівною кількістю «0» і «1». Подача на вхід послідовності такої ж довжини лише з «1», призводить до вихідної послідовності 00011100 11000111 100010001. Збій 8-го біта при дескремблюванні призводить до наступної послідовності: 11111011 11111111 11101111, тобто збої розмножуються. Розглянутий скремблер, широко використовуваний в супутниковому зв'язку, в наведеній класифікації

доведеться віднести до класу таких, що самосинхронізуються, незважаючи на не використання ПВП.

Тепер розглянемо один з скремблерів, реалізований у Matlab. Викликається він функцією wlanScramble(). Як видно з імені функції, використовується він в локальних бездротових мережах (WLAN – Wireless Local Area Network). Він відповідає стандарту IEEE 802.11-2012, розділ 18.3.5.5 та стандарту IEEE 802.11ad-2012, розділу 21.3.9. Поля заголовка і даних, які сліду-ють за полем ініціалізації скремблера (включаючи біти заповнення даних), дані скремблюються шляхом операції XOR (виключаюче «або») кожного біта з періодичною послідовністю довжиною 127, згенерованої поліномом $S(x) = x^7 + x^4 + 1$. Схема роботи скремблера показана на рис 2.3:

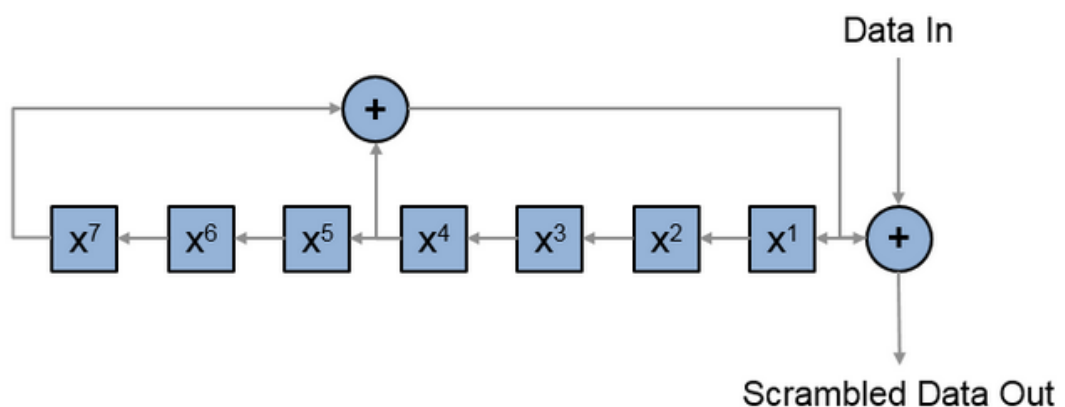
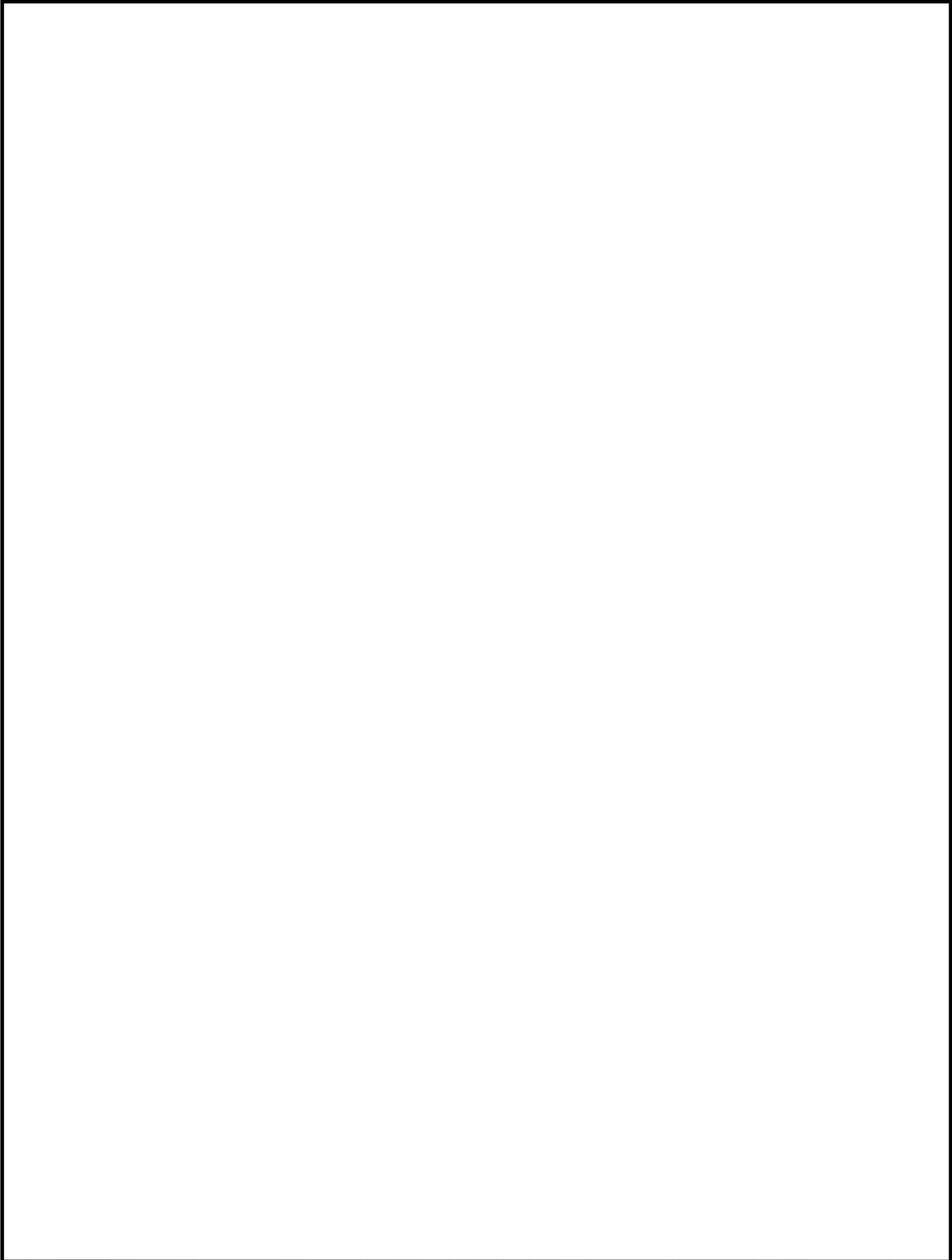


Рис. 2.3. Логічна схема скремблера для локальних бездротових мереж

Одним з чудових властивостей скремблера є еквівалентність повторного скремблювання дескремблюванню.

Скремблер по першій послідовності видає масив 1100100 10010001 00100001 з частотою появи «1» всього 0.375, і скремблеру потрібно 7 байтів вхідної послідовності для досягнення однакової частоти появи «0» і «1». Скремблювання лише «1» призводить до послідовності 10010011 11100110 01010110, спотворення 8-го біта перед дескремблюванням призводить до спотворення тільки 8-го ж біта вихідної послідовності. Безумовно, скремблер відноситься до класу адитивних.



					171.6391м.КР.ПЗ.РЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Дідук О.А.			Розділ 3 Впровадження скремблера в реальний канал пересилання даних				Літ.	Арк.	Аркушів		
Керівник		Іхсанов Ш. М.									39	7	
Консульт.		Тубальцев А. М.							НУК ім. адм. Макарова				
Зав. кафедри		Рябенський В. М.											

РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ СКРЕМБЛЕРА В РЕАЛЬНИЙ КАНАЛ ПЕРЕСИЛАННЯ ДАНИХ

3.1. Місце скремблювання в логіці формування інформації для пересилання

Перш за все, нам треба визначити місце скремблювання при підготовці інформації до пересилання. Ясно, що скремблювання при передачі даних має передувати використанню коригуючого коду. Це забезпечить при прийомі дескремблювання потоку зі зменшеною кількістю збоїв. Наприклад, в стандарті супутникової передачі інформації [3] використовується наступна схема (рис. 3.1):

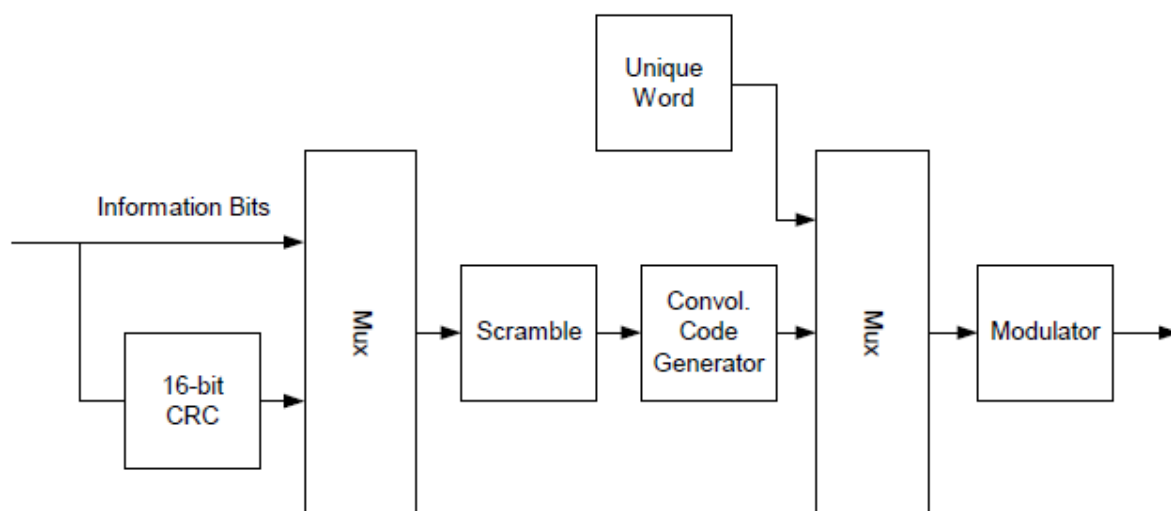


Рис. 3.1. Схема одного з варіантів супутникової передачі даних

Інформаційні біти закриваються контрольною сумою CRC, потім проводиться скремблювання, накладається згортковий код і після вставлення контрольних слів бітовий потік надходить на модулятор. Природно, на приймальній стороні необхідно використовувати зворотний порядок декодування блоків.

Визначимося також з варіантом скремблювання. У Matlab існує механізм безпосереднього використання функцій мови C, використання механізму вимагає великої акуратності при роботі з типами даних.

Зупинимося на скремблері для локальних бездротових мереж, описаному в розділі 2.

3.2. Доопрацювання програми для передавального Pluto

Уважно розглянемо описану в розділі 2 програму для передавального Pluto:

```
% Создаем N сообщений по k символов кода RS в каждом
msg = gf(randi([0,n],N,k),m); % в виде Галуа матрицы N*k

% Кодирование сообщений кодом RS:
code = rsenc(msg,n,k,genpoly); % Галуа матрица N*n

% Удаляем структуру Галуа и вытягиваем матрицу в строку:
txInf=reshape(code.x',[1,N*n]);
infSize=N*n;

% Преобразуем в битовую матрицу infSize*m:
str = dec2bin(txInf);

% Преобразуем в символы QPSK (по 2 бита):
txInf(1:2*infSize)=0;
for i=1:infSize
    txInf(2*i-1)=bin2dec(str(i,1:2));
    txInf(2*i)=bin2dec(str(i,3:4));
end
infSize=2*infSize;
```

Оскільки скремблювання проводиться за бітовою інформацією, замість генерування символів поля Галуа для коду Ріда-Соломона, будемо створювати бітове повідомлення того ж обсягу і відразу піддавати його скремблюванню:

```
% Создаем битовое сообщение в виде вектор-столбца N*k*m:
Nkm = N*k*m;
msg0 = randi([0,1],Nkm,1);

% Скремблирование
% Внимание! Функция wlanScramble() применяет одно и тоже
% преобразование ко всем столбцам входной матрицы, т.е.
% инициализация начальным значением проводится в начале каждого
% столбца! Поэтому информацию на вход подаем одним столбцом.
scramInit = 93;
msgscrl = wlanScramble(msg0,scramInit);
```

Зверніть увагу на зауваження в програмі про необхідність подачі на вхід скремблера бітового потоку одним стовпцем.

Далі нам доведеться перетворити отриманий потік бітів для накладення на нього структури коду Ріда-Соломона:

```
% Преобразуем в матрицу N*k на m
Nk=N*k;
msgscr=reshape(msgscr1,[Nk,m]);

% Каждую строку преобразуем в m-символ кода RS:
msgm=bin2dec(int2str(msgscr));

% Преобразуем в Галуа матрицу N*k:
msg=gf(reshape(msgm,[N,k]),m);

% Кодирование сообщений кодом RS:
code = rsenc(msg,n,k,genpoly); % Галуа матрица N*n

% Удаляем структуру Галуа и вытягиваем матрицу в строку:
txInf=reshape(code.x',[1,N*n]);
infSize=N*n;

% Преобразуем в битовую матрицу infSize*m:
str = dec2bin(txInf);
```

Подальших змін програма не потребує.

3.3. Доопрацювання програми для приймального Pluto

В існуючому каналі створювалася копія бітового повідомлення, відправленого з передавальної програми у вигляді N повідомлень по k символів коду RS в кожному у вигляді матриці $N*k$:

```
msg =randi([0,n],N,k);
```

Тепер нам треба створити копію, як і в програмі передавального Pluto, у вигляді бітового вектора-стовпця $N*k*m$:

```
Nkm = N*k*m;
msg0 = randi([0,1],Nkm,1);
```

Після декодування коду Ріда-Соломона в існуючій програмі можна було вже обчислювати BER, тепер же необхідно провести дескремблювання, для чого треба підготувати бітовий потік:

					171.6391м.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

```

% Подготовка к дескремблированию:
scramInit = 93;
% Вытягиваем в столбец:
msgm1=reshape(msgRS,[Nk,1]);

% m-символы преобразуем в биты:
msgscr1=dec2bin(msgm1,4);

% Массив char преобразуем в double:
msgRec0(1:Nk,1:m)=0;
for i1=1:Nk
    for j=1:m
        msgRec0(i1,j)=str2double(msgscr1(i1,j));
    end
end

% Вытягиваем в один столбец
msgRec=reshape(msgRec0,[Nkm,1]);

% Дескремблирование:
msgRec = wlanScramble(msgRec,scramInit);

% Вычисление BER:
[numErr,BER] = biterr(msg0,msgRec);

```

Зверніть увагу, що через зазначену в розділі 2 властивість розглянутого скремблера, дескремблювання проводиться тією ж функцією wlanScramble().

3.4. Експериментальна оцінка впливу скремблювання на пересилання даних

Зрозуміло, що пряме вимірювання впливу скремблювання на якість передачі інформації неможливе. Проте, ми можемо подивитися, чи зможемо ми побачити якісь зміни при передачі, при пересиланні повністю однорідного потоку бітів з одних нулів або одиниць. Відзначимо, що при пересиланні лише «1» коригувальні символи коду Ріда-Соломона теж складаються лише з «1».

Здавалося б, за рахунок передачі фактично гармонійного сигналу без розривів фази, можна навіть побачити поліпшення параметрів каналу передачі даних. В реальності ми побачимо зворотне. Перш за все, виявляється, падає якість згортки коду Баркера.

У програмі при визначенні зони кожного пакета обчислюється відношення максимального відліку до середнього рівня амплітуд в пакеті. Якщо це відношення перевищує 8 дБ і відношення рівня цього максимуму до середнього рівня перешкод в паузі між пакетами перевищує 15 дБ, вважається, що максимум відповідає згортці з кодом Баркера, і максимальний відлік приймається за початок пакета. Обнуління величини qs (відношення згортки Баркера до середнього рівня амплітуд в пакеті) відбувається при виході зони пакета за межі фрейма.

Нижче наведені результати запуску вихідної програми при передачі випадкової послідовності (частота появи «1» і «0» однакові) і послідовності лише з «1» (схожий результат спостерігається при всіх пусках):

dfestSP0=7095.3011.

$qs=11.79$, $qp=19.21$

$qs=11.21$, $qp=18.94$

$qs=0.00$, $qp=18.63$

$qs=10.56$, $qp=18.21$

dfestSP0=17145.7921.

$qs=0.00$, $qp=16.22$

$qs=5.94$, $qp=14.69$

$qs=5.83$, $qp=14.63$

$qs=6.03$, $qp=5.73$

Обидва співвідношення зменшилися більш ніж на 5дБ! Як наслідок, при обраних порогах, при передачі лише «1», пакети взагалі не були виявлені. Сказане можна спостерігати візуально на амплітудній розгортці фрейма (рис. 3.2):

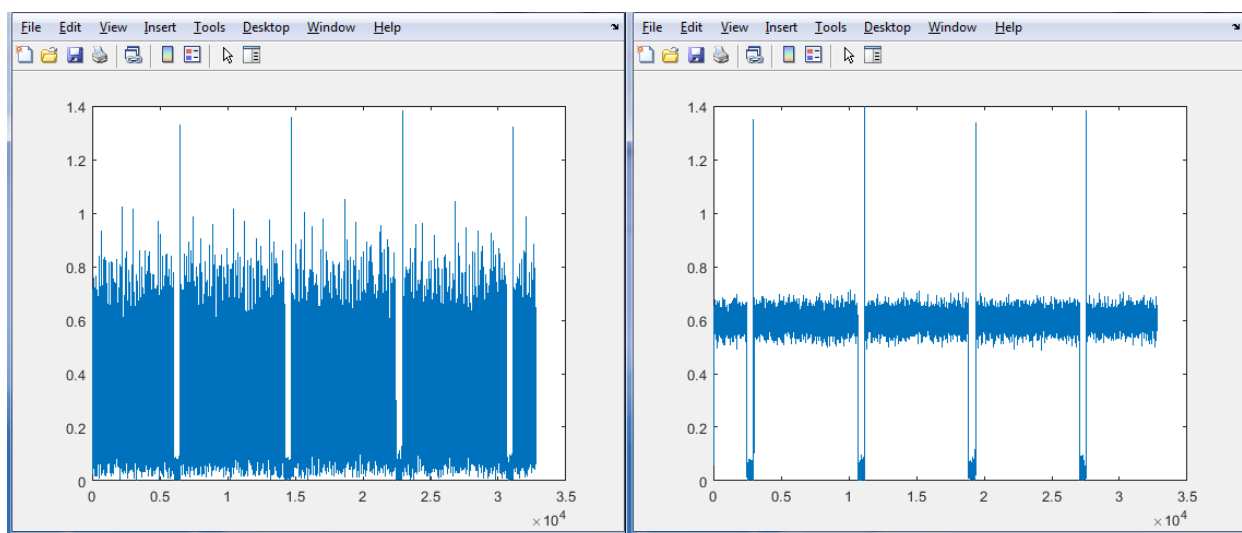


Рис.3.2. Амплітудна розгортка пакетів при пересиланні випадкових бітів і постійному пересиланні «1»

Добре видно, що при практичній рівності відліків згортки кодів Баркера, середній рівень амплітуд в інформаційних пакетах на першій розгортці близько 0.4, на другій – близько 0.6, але значно зменшилася дисперсія. Ясно, що зміною параметрів на другий розгортці теж можна виділити зони пакетів.

Зі спектром сигналу справа йде гірше. Зверніть увагу, що зміщення по частоті (параметр $dfestSP0$) у другому випадку визначено не вірно. Причина цього в появі в амплітудному спектрі паразитних складових, які можуть іноді перевершувати по енергетиці основну складову. На рис. 3.3 зображений спектр 4-го ступеня сигналу окремого пакета після попередньої компенсації частотного зміщення і зниження частоти квантування до 100 кГц для випадкового потоку бітів і потоку лише з «1»:

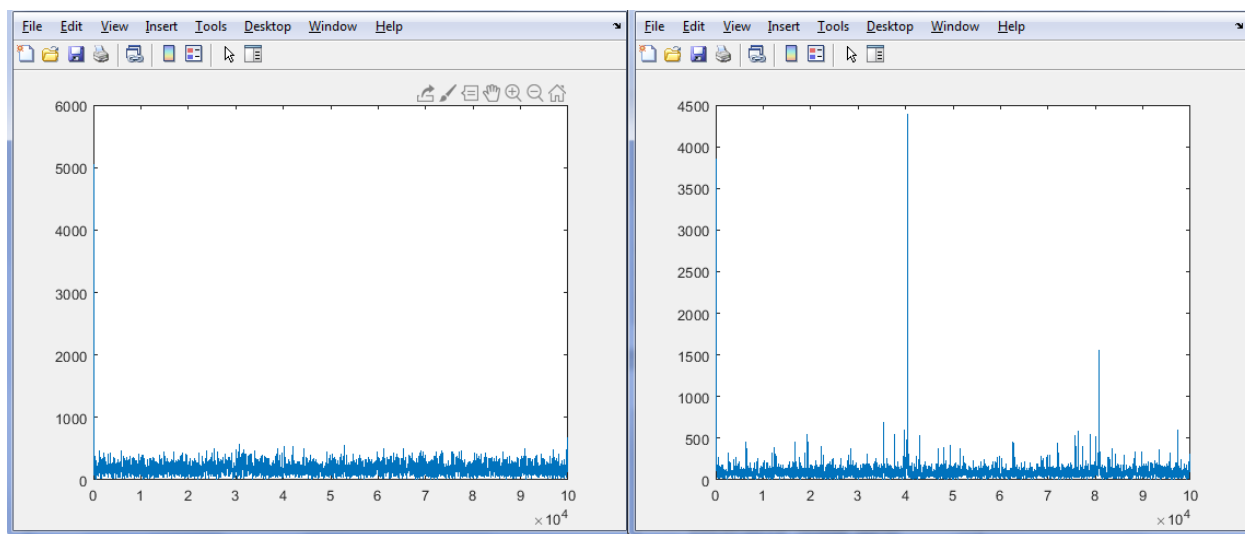


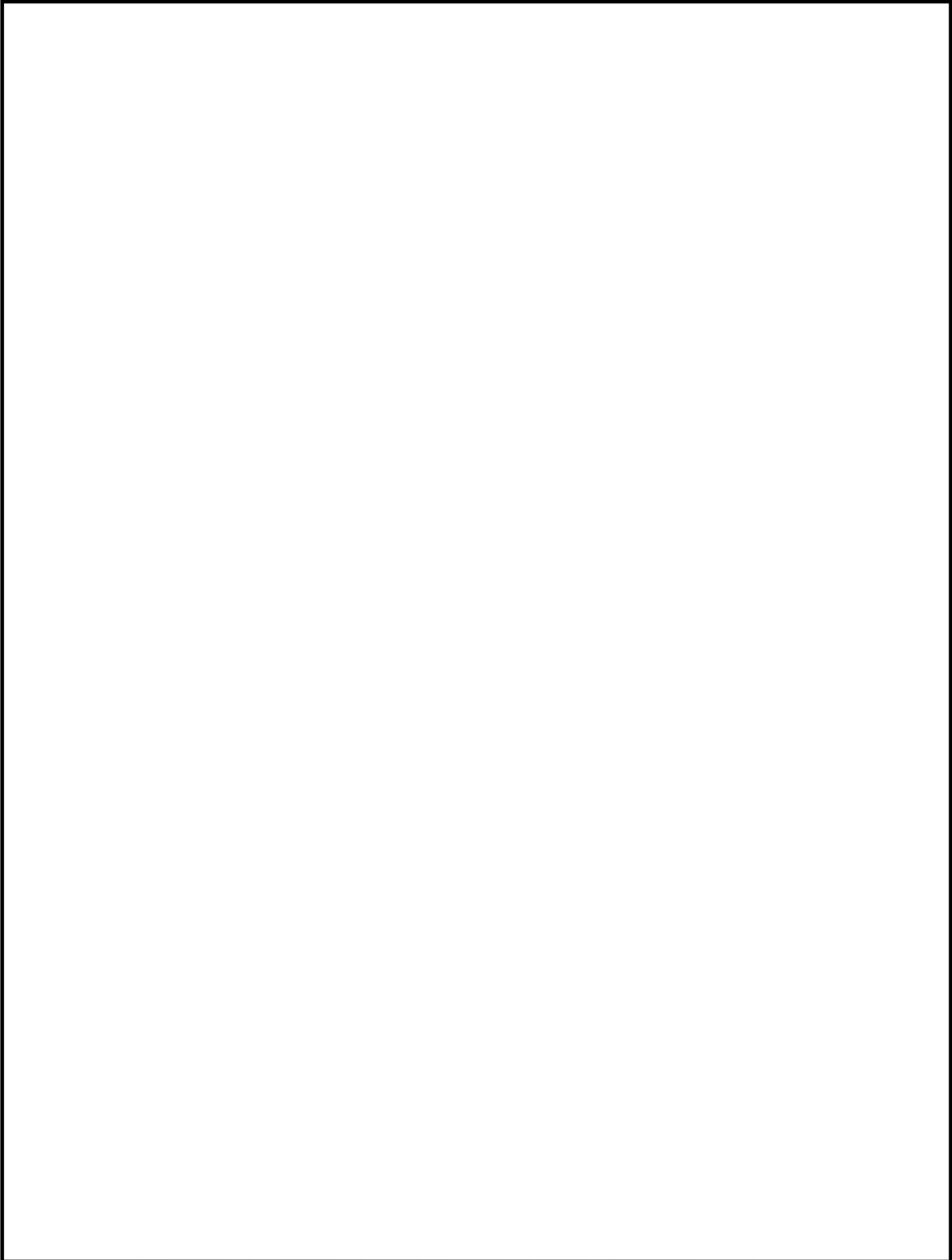
Рис. 3.3. Амплітудний спектр при пересиланні випадкових бітів і постійній передачі «1»

В обох випадках зміщення по частоті повністю компенсовано, тому максимум спектра збігся з віссю ординат. Для першого спектру максимум склав близько 5000 одиниць. Для другого спектру амплітуда на нульовій частоті дорівнює близько 4000 одиниць, і з'явилися дві потужні складові на прибли-

зно 40 кГц і 80 кГц. Природа їх появи, мабуть, пов'язана з апаратною реалізацією платформ Adalm-Pluto SDR і вимагає додаткового дослідження.

Таким чином, на реальному каналі пересилання (передачі) даних підтверджена необхідність використання скремблювання переданої інформації.

					171.6391м.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					171.6391м.КР.ПЗ.Р4								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4 Охорона праці та екологія				Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Дідук О.А.									47	6	
Керівник		Іхсанов Ш. М.							НУК ім. адм. Макарова				
Консульт.		Тубальцев А. М.											
Зав. кафедри		Рябенський В. М.											

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЯ

Охорона праці – система забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, психофізичні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи. Функціями охорони праці є дослідження санітарії та гігієни праці, проведення заходів щодо зниження впливу шкідливих чинників на організм працівників у процесі праці. Основним методом охорони праці є використання техніки безпеки. При цьому вирішуються дві основні задачі: створення машин та інструментів, при роботі з якими виключена небезпека для людини, і розробка спеціальних засобів захисту, що забезпечують безпеку людини в процесі праці, а також проводиться навчання працюючих безпечним прийомам праці та використання засобів захисту, створюються умови для безпечної роботи.

Основна мета поліпшення умов праці - досягнення соціального ефекту, тобто забезпечення безпеки праці, збереження життя і здоров'я працюючих, скорочення кількості нещасних випадків і захворювань на виробництві.

Поліпшення умов праці дає і економічні результати: зростання прибутку (у зв'язку з підвищенням продуктивності праці); скорочення витрат, пов'язаних з компенсаціями за роботу зі шкідливими і важкими умовами праці, зменшення втрат, пов'язаних з травматизмом, професійної захворюваністю; зменшенням плинності кадрів і т. д. Основним документом у нормативно-технічній документації є нормативний акт «Система стандартів безпеки праці».

Стандарти ССБТ встановлюють загальні вимоги і норми за видами небезпечних і шкідливих виробничих факторів, загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання, виробничих процесів, засобів захисту працюючих і методи оцінки безпеки праці.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Міжгалузові правила і норми є обов'язковими для всіх підприємств і організацій незалежно від їх відомчого підпорядкування.

Галузові правила і норми поширюються тільки на окремі галузі. На підставі законодавства про працю, стандартів, правил, норм, технологічної документації та ін. розробляються інструкції з охорони праці: загальні, для окремих професій, на окремі види робіт.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що характерні при дослідженні сигналів GSMK

Під час розробки своєї дипломної роботи, більшість часу було проведено за комп'ютером, тому без знань про правила техніки безпеки при роботі з ПК можна завдати велику шкоду здоров'ю.

Користувачі, пов'язані з періодичною або постійною роботою за комп'ютером, піддаються впливу факторів виробничої небезпеки, основними з яких є:

1. Фізичні.

- Підвищений рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло працюючого.
- Підвищений рівень рентгенівського випромінювання.
- Підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання.
- Підвищений рівень інфрачервоного випромінювання.
- Можливість ураження статичною електрикою.
- Запиленість повітря робочого приміщення.
- Підвищений вміст важких (+) аероіонів.
- Нерівномірний розподіл яскравості в полі зору.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

– Підвищений рівень пульсації світлового потоку.

2. Хімічні.

– Підвищений вміст у повітрі вуглекислого газу, озону, аміаку, фенолу, формальдегіду та інші.

3. Психофізіологічні.

– Напруга зору.

– Напруга пам'яті.

– Напруга уваги.

– Тривале статичне напруження.

– Відносно великий обсяг інформації, що обробляється в одиницю часу.

– Монотонність праці в окремих випадках.

– Нераціональна організація робочого місця.

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютером відносять: тривале сидяче положення, електромагнітне випромінювання, навантаження на зір, перевантаження кистьових суглобів, можливість захворювань органів дихання, алергії, порушення нормального перебігу вагітності та інші.

Тривале сидяче положення приводить до напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей, остеохондрозу, у дітей – ще й до сколіозу. Тривале сидяче положення ще приводить до застою крові в тазових органах і, як наслідок, до простатиту й геморою. Не секрет, що малорухливий спосіб життя призводить до ожиріння. Остеохондроз виникає при порушенні міжхребцевих дисків, яке призводить до випинання в яку або сторону (грижі міжхребцевого диска). Грижа може зашкодити спинний мозок і нервові відростки. Наслідки можуть бути найрізноманітнішими, від болів в спині і кінцівках, до паралічу кінцівок і смерті. Одна з поширених причин остеохондрозу – дистрофія м'язів спини.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Людина, провідний в основному сидячий спосіб життя, цілком може захворіти остеохондрозом. Ознаки початку захворювання: дискомфорт у спині та больові відчуття, головні болі, порушення роботи внутрішніх органів. До факторів ризику захворювання гемороєм відносять: сидячий спосіб життя, ожиріння, надмірне вживання копчених, гострих, солоних і пряних продуктів, запальні захворювання малого таза та ін. Ожиріння виникає через нераціональне харчування, малорухомого і в тому числі сидячого способу життя, неадекватної реакції на стресові ситуації, надмірно довгий сон, застосування гормональних препаратів, перевантаження організму харчовими жирами і ін. Ожиріння призводить до збільшення навантаження на серце, зміни конфігурації та положення серця в грудній порожнині, підвищення вмісту холестерину в крові, в результаті він відкладається на стінках судин (атеросклероз). Підвищений скупчення жиру всередині грудної порожнини впливає на роботу органів дихання, що призводить до появи задишки та гіпоксії органів і тканин.

Навантаження на зір. Людське око реагує на найдрібнішу вібрацію тексту і на мерехтіння екрану. М'язи ока, керуючі кришталиком, перебувають у постійній напрузі, що обов'язково призводить до втрати гостроти зору. Немає незначення для профілактики зорових дисфункцій надають: правильний чи рекомендований підбір кольору, шрифтів, компоновки вікон у використовуваних додатках, орієнтація дисплея монітора. Тривала робота за комп'ютером - це величезне навантаження на очі, оскільки зображення на моніторі складається не з безперервних ліній, як на папері, а з окремих точок, які світяться і мерехтять. У користувача неминуче погіршується зір, очі починають сльозитися, з'являється головний біль, втома, зображення двоїться і спотворюється.

Перевантаження суглобів кистей рук приводить головним чином до такого явища, як синдром зап'ястного каналу (див. вище).

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Робота за комп'ютером і стреси. Стрес – це емоційні переживання, внутрішнє напруження, викликані подіями в житті. Стрес виникає, в першу чергу, при втраті або пошкодженні інформації. Причини: відсутність резервних копій, комп'ютерні віруси, поломки жорстких дисків, робочі помилки. Іноді стреси є причиною інфарктів. Стреси бувають емоційно позитивними і емоційно негативними, короткочасними і довгостроковими, гострими і хронічними, фізіологічними і психологічними (інформаційними й емоційними). Робота за комп'ютером є одним з факторів, що викликають стрес (стресором). Реакція організму на стрес являє собою запуск біохімічних процесів, які спрямовані на придушення екстремальній ситуації. Стресові ситуації і пов'язані з ними переживання викликають в організмі численні негативні зрушення.

Робота за комп'ютером і органи дихання. Захворювання органів дихання у даному контексті носять в основному алергічний характер. Це пояснюється тим, що за час довгої роботи комп'ютера корпус і плати останнього виділяють в повітря ряд шкідливих речовин, а так само комп'ютер створює навколо себе електростатичне поле, яке притягує пил, який осідає в легенях. Так же комп'ютер деіонізує навколишнє середовище і зменшує вологість повітря. Алергія - це підвищена чутливість організму до різних подразників, що виявляється в специфічних реакціях при контакті з ними. Це викликає такі симптоми алергії як риніт, сльозоточивість, шкірний висип, анафілактичний шок. Комп'ютер є досить серйозним джерелом низки алергенів. Приміром, корпус монітора, нагріваючись до 50-55 ° С починає виділяти в повітря пари тріфенілфосфата. Крім монітора нагрівається і материнська плата, блок живлення, процесор, відеокарта, які так само можуть виділяти в навколишнє середовище шкідливі органічні та неорганічні речовини (фтор-, хлор-, фосфоровмісні). Крім того, в комп'ютері є дуже багато місць, де накопичується пил і бруд, розмножуються мікроби і грибки. Пил отримує від екрану монітора слабкий статичний заряд, якого вистачає, щоб пил осідав на тілі користувача і в його

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

дихальних шляхах. При алергії підвищується стомлюваність, посилюється дратівливість і знижується імунітет. Алергія провокує ряд захворювань: екзему, гемолітичну анемію, бронхіальну астму та ін. Найбільш тяжким проявом алергії є анафілактичний шок, який супроводжується утрудненням дихання, судомами, втратою свідомості, зниженням артеріального тиску і часто смерті.

4.2. Загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на комп'ютері

Фахівці різних напрямків прийшли до висновку, що причиною відхилень у стані здоров'я користувачів є не стільки самі комп'ютери, а скільки не достатня дотримання принципів ергономіки. Для того, щоб активне застосування комп'ютерних технологій не стало додатковим чинником погіршення здоров'я, вкрай необхідно, щоб робоче місце відповідало гігієнічним вимогам безпеки.

Вимоги до метеоумов. Температура в теплий період року 22-25 ° С, в холодний період року 21-24 ° С, відносна вологість повітря 40-60%, швидкість руху повітря 0,1-0,2 м / с. Інтенсивність теплового випромінювання від нагрітих поверхонь, освітлювальних приладів не повинна перевищувати 35 Вт / м². Для створення комфортних метеоумов доцільно установка ефективної системи вентиляції та кондиціонування, забезпечення відповідних площі і об'єму робочого приміщення. Одним з найважливіших заходів по оздоровленню повітряного середовища є пристрій вентиляції та опалення. Чистота повітряного середовища досягається видаленням забрудненого, нагрітого або іонізованого повітря з робочого приміщення з подачею свіжого повітря. Для підтримки нормального мікроклімату необхідний достатній обсяг вентиляції, для чого в приміщеннях з працюючими комп'ютерами передбачається кондиціонування повітря, яка здійснює підтримання постійних параметрів мікроклімату незалежно від зовнішніх умов. Параметри мікроклімату підтримуються в холодну пору року за рахунок систем водяного опалення з нагріванням води до 100 ° С, а в теплу пору року - за рахунок кондиціонування, з па-

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

раметрами відповідають вимогам санітарним нормам безпеки РНБ 4.02.01-03. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вмісту шкідливих речовин мають відповідати вимогам СанПіН 9-131 РБ2000.

Вимоги до освітлення. Створення оптимальної світлової середовища займає важливе місце в комплексі заходів з охорони праці і оздоровлення умов праці при роботі з ЕОМ і комп'ютерною технікою. Приміщення, оснащені ЕОМ і комп'ютерною технікою повинні мати як природне, так і штучне освітлення. У таких приміщеннях використовується природне бічне одностороннє висвітлення в денний час, у вечірній час використовується штучне загальне рівномірне освітлення. Нормований рівень освітленості для роботи з комп'ютерами становить 400 Лк, а КЕО = 4%. У робочих приміщеннях повинні передбачатися заходи для обмеження сліпучої дії світлових прорізів, що мають високу яскравість, а так само прямих сонячних променів. У разі, коли екран комп'ютера звернений до віконного отвору, передбачаються спеціальні екрануючі пристрої, вікна рекомендується забезпечувати світлорозсіюючими шторами, жалюзі або сонцезахисної плівкою з металевим покриттям. У випадках, коли одного виду освітлення недостатньо, влаштовують спільне освітлення. Додаткове штучне освітлення створює хорошу видимість інформації на екрані монітора, тексту на папері та інших матеріалів для роботи. При цьому в полі зору працюючих забезпечуються оптимальні яскравості оточуючих поверхонь, виключена або гранично обмежена відображена блискотливість від екрану в результаті відбиття світлового потоку від джерел світла і світильників. При периметральному розташуванні комп'ютерів світильники розташовуються локалізовано над робочим місцем ближче до переднього краю, зверненого до користувача. У якості джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи денного світла потужністю 65-80 Вт, коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5%. Існують спеціальні люмінесцентні лампи, що імітують повний спектр природного сонячного світла. Не можна застосовувати світильники без розсіювачів та екрануючих ґрат.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Чистку шибок віконних прорізів і світильників слід проводити не рідше 2-х разів на рік.

Виробничий шум. Основними джерелами шуму в робочих приміщеннях, оснащених комп'ютерною технікою є принтери, МФУ і кондиціонери, а в самих комп'ютерах - вентилятори охолодження і трансформатори блоку живлення. Заходи захисту від шуму полягають у використанні малошумного обладнання та застосуванні звукопоглинальних пристроїв. У даних умовах шум, як правило, не перевищує допустимих меж, оскільки в комп'ютерній техніці немає обертових вузлів і механізмів.

Рівень шуму в приміщенні під час роботи комп'ютерів не повинен перевищувати 50 дБА.

Електробезпека. Робоче приміщення, оснащене ЕОМ(електронно-обчислювальна машина) і комп'ютерною технікою відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. У такого роду приміщеннях обов'язковим є:

Захисне заземлення.

Ізоляція, огорожу та забезпечення недоступності струмоведучих частин.

Застосування малого напруги і подвійної ізоляції.

Площа на одне робоче місце для дорослих користувачів повинна складати не менше 6 м², а об'єм не менше 20 м³. Для внутрішнього оздоблення приміщень повинні використовуватися матеріали, які дифузно відображають з коефіцієнтом відображення: 0,7-0,8 (для стелі), 0,5-0,6 (для стін) і 0,3-0,5 (для підлоги). Поверхня підлоги має бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для очищення, прибирання, мати антистатичні властивості. Особливу увагу необхідно приділяти пожежної безпеки, оскільки пожежі в приміщеннях з комп'ютерною технікою пов'язані з небезпекою для життя людей і великими матеріальними втратами.

Під час роботи комп'ютера забороняється:

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

залишати комп'ютер без нагляду;

проводити ремонт;

знімати корпус з комп'ютера.

Тривалість безперервної роботи з комп'ютером без регламентованого перерви не повинна перевищувати 2 годин.

Основним обладнанням робочого місця користувача комп'ютера є монітор, системний блок та клавіатура.

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

Робочі місця слід розташовувати так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків екрану паралельно напрямку погляду. Для уникнення світлових відблисків екрану, клавіатури в напрямку очей користувача, від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антиполюсківі сітки, спеціальні фільтри для екранів, захисні козирки, на вікнах – жалюзі.

Фільтри з металевої або нейлонової сітки використовувати не рекомендується, тому що сітка спотворює зображення через інтерференцію світла

Найкращу якість зображення забезпечують скляні поляризаційні фільтри. Вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним.

При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому (чорному) фоні.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Монітор повинен бути розташований на робочому місці так, щоб поверхня екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400-700 мм від очей користувача. Рекомендується розміщувати елементи робочого місця так, щоб витримувалася однакова відстань очей від екрана, клавіатури, тексту.

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Раціональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук – вертикальні. Кут ліктьового суглоба коливається в межах 70-90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15-20°.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконується робота на комп'ютерах, в тому числі на лазерних та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не рекомендується носити одяг з синтетичних матеріалів.

4.3. Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Підготувати робоче місце.
2. Відрегулювати освітлення на робочому місці, переконатися у відсутності відблисків на екрані.
3. Перевірити правильність підключення обладнання до електромережі.
4. Перевірити справність проводів живлення і відсутність оголених ділянок дротів.
5. Переконатись у наявності заземлення системного блоку, монітора і захисного екрана.
6. Протерти антистатичною серветкою поверхню екрана монітора і захисного екрана.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

7. Перевірити правильність установки столу, стільця, підставки для ніг, пюпітра, кута нахилу екрану, положення клавіатури, положення "миші" на спеціальному килимку, при необхідності провести регулювання робочого столу і крісла, а також розташування елементів комп'ютера у відповідності з вимогами ергономіки і в цілях виключення незручних поз і тривалих напруг тіла.

4.4. Вимоги безпеки під час роботи

1. Працівникові при роботі на ПК забороняється :

- доторкатися до задньої панелі системного блоку (процесора) при включеному живленні;
- перемикати роз'єми інтерфейсних кабелів периферійних пристроїв при включеному живленні;
- допускати попадання вологи на поверхню системного блоку (процесора), монітора, робочу поверхню клавіатури, дисководів, принтерів і інших пристроїв;
- проводити самостійне відкриття і ремонт обладнання; - працювати на комп'ютері при знятих кожухах;
- відключати обладнання від електромережі і висмикувати електровилку, тримаючись за шнур.

2. Тривалість безперервної роботи з комп'ютером без регламентованого перерви не повинна перевищувати 2-х годин.

3. Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово - емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку познотонического стомлення виконувати комплекси вправ.

4.5. Забороняється:

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

– самостійно ремонтувати апаратуру, тим більше ВДТ, в якому кінескоп знаходиться під високою напругою (близько 25 кВ); ремонт апаратури виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів, вони ж раз на півроку повинні відкривати процесор і вилучати пилососом пил і бруд, що там накопичилися;

– класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера, канапки та напої на клавіатуру або поруч з нею - це може вивести її з ладу:

– закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до її перегрівання і виходу з ладу.

Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь (батарея центрального опалення тощо).

Для зниження напруженості праці на комп'ютері необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності. З метою зменшення негативного впливу монотонії доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту та числових даних (зміна змісту робіт), чергування редагування текстів та введення даних (зміна змісту та темпу роботи) і т. і.

4.6. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. При раптовому припиненні подавання електроенергії вимкнути комп'ютер в такій послідовності: периферійні пристрої, ВДТ, процесор, стабілізатор напруги, витягнути штепсельні вилки з розеток.

2. При виявленні ознак горіння (дим, запах гару), вимкнути апаратуру, знайти джерело займання і вжити заходів щодо його ліквідації, повідомити керівника робіт.

3. У разі виникнення пожежі негайно повідомити пожежну частину, вжити необхідних заходів щодо евакуації людей і приступити до гасіння первинними засобами пожежогасіння.

4.7. Запобіжні заходи в області ЕСР

Пристрої, описані в роботі, включають чутливі до ЕСР (електростатичного розряду) пристрої. Електростатичні заряди до 4000 в легко накопичуються на тілі людини або випробувальному обладнанні і можуть розряджатися без виявлення.

Незважаючи на те, що плати мають схеми захисту від ЕСР, на пристроях, що піддаються впливу високоенергетичних електростатичних розрядів, можуть виникати незворотні пошкодження. Тому, щоб уникнути зниження продуктивності або втрати функціональності, рекомендується дотримуватися належних запобіжних заходів в області ЕСР. Це включає в себе видалення статичного заряду на зовнішньому обладнанні, кабелях або антенах перед підключенням до пристрою.

					171.6391м.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Бакалаврський дипломний проект присвячений впровадженню в канал передачі даних скремблювання інформації на базі двох платформ ADALM-PLUTO SDR.

У теоретичній частині роботи проведено огляд існуючого на кафедрі ПЕЕТ каналу передачі даних з використанням двох платформ PLUTO-SDR. Дано короткий опис платформи PLUTO-SDR, детально розглянута програмна реалізація каналу передачі даних і наведені дані по експериментальній оцінці характеристик різних блоків.

Другий розділ присвячений викладу теоретичних основ скремблювання. Розглянуто різні види скремблерів, наведено їх класифікацію та програмну реалізацію двох видів скремблювання.

У третьому розділі детально розглянуті необхідні доопрацювання програми для передавального і приймального Pluto для впровадження скремблера в реальний канал передачі даних. Наведено експериментальну оцінку впливу скремблювання на передачу даних.

Розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

					171.6391м.КР.ПЗ.Висновок	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іхсанов Ш.М. Методичні вказівки для вивчення теорії та виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» — НУК, кафедра теоретичної електротехніки та електронних систем, 2016. — 98 с.
2. Скремблер — [Електронний ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Скремблер>
3. Telecommunications Industry Association Standard. IP over Satellite (IPOS). Revision of TIA-1008-A. — USA, May 2006. — pages 247.
4. Іхсанов Ш. М. Методичні вказівки для вивчення теорії та виконання лабораторних робіт з дисципліни «Адаптивна обробка сигналів». — НУК, кафедра теоретичної електротехніки та електронних систем, 2017. — 69 с.
5. Іхсанов Ш. М., Рябенський В. М., Дьяконов О. С. Дослідження сигналів реальних інформаційних систем з використанням приймачів RTL-SDR : навч. посіб. / Ш. М. Іхсанов, В. М. Рябенський, О. С. Дьяконов. — Миколаїв, 2018. — 183 с.
6. ADALM-PLUTO Radio Support from Communications Toolbox. — [Електронний ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/hardware-support/adalm-pluto-radio.html>

					171.6391м.КР.ПЗ.Література	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62