

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

факультет «Комп'ютерних технологій і систем»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

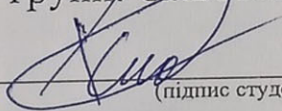
на тему: Моделювання роботи пристроїв залізничного зв'язку (комплексна)

за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті

зі спеціальності: 273 Системи керування рухом поїздів
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент

групи: СК20120


(підпис студента)

/ Сергій ХІМОЧКА /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

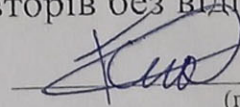

(підпис)

/ доцент Катерина ЯЩУК /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty “Computer technologies and systems”

Department “Automatics and Telecommunications”

Explanatory Note
to Bachelor’s Thesis

on the topic: Railway communication devices operation modeling (comprehensive)

according to educational curriculum Automation and automatization in transport

in the speciality: 273 Train traffic control systems
(speciality and its code)

Done by the student _____ of the group: CK20120

/Sergiy KHIMOCHKA /
(name, surname)

Scientific Supervisor: _____

/associate professor Kateryna YASHCHUK/
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: КТС

Кафедра: АТ

Рівень вищої освіти: перший

Освітня програма: Системи керування рухом поїздів

Спеціальність: Залізничний транспорт

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту

Хімочці Сергію

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Моделювання роботи пристроїв залізничного зв'язку (комплексна)

Керівник роботи: Ящук Катерина Іванівна, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

"25" жовтня 2022 р. № 1093ст

2. Строк подання студентом роботи: 04.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Тип каналу передачі даних - провідний, діагностичний сигнал – шумоподібний, інформаційні сигнали - синусоїдальний, біполярний, сигнал з чергуванням полярності, довідкові данні, нормативна документація.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: методи та прилади для вимірювання характеристик каналів зв'язку.

4.2 Основна частина: моделювання впливу діагностичного сигналу на інформаційний на інформаційного на діагностичний.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: розділ не передбачений.

4.4 Економічна частина: розділ не передбачений

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

Прилади для вимірювання характеристик каналів зв'язку; дослідження впливу вимірювального сигналу на безперервний інформаційний сигнал; дослідження впливу вимірювального сигналу на дискретний інформаційний сигнал; дослідження впливу дискретного інформаційного сигналу на вимірювальний шумоподібний сигнал.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	30.04.2023	Вик.
2	Основна частина	28.05.2023	Вик.
3	Економічна частина	04.06.2023	Вик.
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	04.06.2023	Вик.
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	28.06.2023	

Студент

(підпис)

Сергій ХІМОЧКА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Катерина ЯЦУК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:
35 сторінка, 17 рисунків, 6 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – пристрої залізничного зв'язку.

Мета роботи – моделювання взаємовпливу сигналів в каналах залізничного зв'язку.

Методи дослідження – математичне моделювання з використанням математичного пакету Mathcad.

У дипломному проекті були розглянуті питання впливу вимірювального та інформаційного сигналу один на одного. В якості вимірювального сигналу використовувався шумоподібний сигнал, що формується за допомогою М-регістру.

Дослідження проводилися для безперервних і дискретних каналів зв'язку з використанням шумоподібного діагностичного сигналу, який відповідає всім вимогам, що пред'являються для таких сигналів. Результати дослідження показали наступне: для всіх видів сигналу похибка склала не більше 6,15%. Що дає нам можливість сказати, що тип інформаційного сигналу не впливає на якість передачі даних, а шумоподібний сигнал не впливає інформаційний і навпаки.

Ключові слова: КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ, ШУМОПОДІБНИЙ СИГНАЛ, ФІЛЬТРАЦІЯ СИГНАЛІВ, ДІАГНОСТИКА КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ.

Зміст

<i>Вступ</i>	<i>7</i>
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Імпульсні методи вимірювання характеристик каналу зв'язку	8
1.2 Фазовий метод розрахунку розділюючих фільтрів акустичних систем. 9	
1.3 Прилади для вимірювання характеристик каналів зв'язку.....	11
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	19
2.1. Допустимі рівні шумів в дискретних і безперервних каналах	19
2.2 Теоретичний розрахунок впливу вимірювального сигналу на інформаційний	22
2.3 Дослідження впливу вимірювального сигналу на безперервний інформаційний сигнал	23
2.4 Дослідження впливу вимірювального сигналу на дискретний інформаційний сигнал	26
2.4.1 Дослідження біполярного цифрового сигналу	26
2.4.2 Дослідження цифрового сигналу з чергування М-полярності	30
2.5 Дослідження впливу дискретного інформаційного сигналу на вимірювальний шумоподібний сигнал	31
2.5.1 Дослідження для біполярного інформаційного сигналу.	31
2.5.2 Дослідження для інформаційного сигналу з чергуванням полярності	32
2.5.3 Дослідження з урахуванням проходження сигналу через канал зв'язку	33
<i>Висновки та рекомендації.....</i>	<i>34</i>
<i>Перелік посилань.....</i>	<i>35</i>

Вступ

Залізничний транспорт є важливою галуззю, де безпека має критичне значення. Моделювання роботи пристроїв залізничного зв'язку дозволяє виявляти потенційні проблеми та ризики, а також вдосконалювати системи, що забезпечують безпеку. Це допомагає запобігти аваріям, збільшити надійність та забезпечити безпеку пасажирів та персоналу.

Моделювання роботи пристроїв залізничного зв'язку дозволяє аналізувати та вдосконалювати різні аспекти ефективності системи. Це може включати планування маршрутів, оптимізацію розкладів, зменшення затримок та покращення продуктивності. В результаті можна досягти оптимального використання ресурсів та забезпечити ефективну роботу залізничних систем.

Діагностика каналу зв'язку є важливим етапом для забезпечення надійності та якості передачі даних, що особливо актуально на залізничному транспорті, де від якості переданого сигналу може залежати правильне розуміння оголошення пасажирями, а може залежати і безпека руху. Для діагностування каналів використовуються різноманітні методи та прилади, що також відносяться до пристроїв зв'язку. Відсутність впливу діагностичних сигналів на інформацію, що передається, є важливою умовою безпечного застосування приладів для діагностики. Метою даної роботи є моделювання впливу діагностичних сигналів на інформацію в каналі передачі даних.

Таким чином тема дипломної роботи, що присвячена питанню моделювання роботи пристроїв залізничного зв'язку є актуальною. Вона сприяє розвитку нових технологій, інновацій та вдосконаленню систем, що забезпечують безпеку та комфорт пасажирів, а також ефективне використання ресурсів і забезпечення стабільної роботи залізничних систем.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Канал зв'язку відноситься до фізичного засобу передачі даних між двома або більше пристроями. Він забезпечує шлях для передачі сигналів, інформації або комунікаційного потоку між відправником та отримувачем.

Важливі характеристики каналу зв'язку включають пропускну здатність (швидкість передачі даних), завадостійкість, шум, джиттер, затримку передачі та якість сигналу. Для забезпечення ефективної комунікації важливо вивчати та аналізувати ці характеристики каналу.

Діагностика каналу зв'язку включає в себе вимірювання, аналіз та оцінку різних параметрів каналу для виявлення можливих проблем, перешкод, шуму або інших недоліків, що можуть впливати на якість зв'язку. Результати діагностики допомагають вживати відповідні заходи для виправлення проблем та забезпечення належного функціонування каналу зв'язку. Важливим умовою безпечного використання діагностичних пристроїв є відсутність впливу діагностичних сигналів на передавану інформацію. Основною метою даної роботи є моделювання впливу діагностичних сигналів на передавану інформацію в каналі передачі даних.

1.1 Імпульсні методи вимірювання характеристик каналу зв'язку

Імпульсні методи вимірювання базуються на теорії розповсюдження імпульсних сигналів вздовж ліній.

В найлегшому випадку лінія представляється двома провідниками, які ізолювані один від одного. Це може бути повітряна лінія чи кабельна лінія. В кабельній лінії в якості провідника може використовуватися тільки жили кабелю, або жили та оболонка (броня).

Імпульсні сигнали розповсюджуються в лінії з дуже великою швидкістю, яка залежить від ізоляції між провідниками. Так, наприклад, в повітряних лініях, де ізолятор - повітря, швидкість розповсюдження імпульсних сигналів близька до

швидкості світла. В кабелях з резиновою ізоляцією швидкість розповсюдження імпульсних сигналів приблизно в 3 рази менше, ніж швидкість світла.

Використані при імпульсних методах сигнали мають дуже малу тривалість – від одиниць наносекунд до десятків мікросекунд (в залежності від довжини вимірювальної лінії). В зв'язку з тим, що тривалість цих імпульсів значно менша часу проходження їх вздовж всієї лінії, то такі короткі імпульси при розповсюдженні по лінії в кожний момент часу можуть знаходитись тільки на невеликій ділянці лінії (розміщуватись локально) [1, 2].

Якщо лінія однорідна і не містить пошкоджень, то імпульсний сигнал без перешкод розповсюджується від початку до кінця лінії. Якщо ж на його шляху зустрічаються неоднорідності (перешкоди), наприклад порушення ізоляції між провідниками, то частина енергії цього імпульсу проходить через цю неоднорідність, а частина відображається і починає розповсюджуватися в зворотному напрямку – до початку лінії.

Якщо ж лінія короткозамкнута чи обірвана, то вся енергія імпульсу відображається і повертається до початку лінії. Вимірювши час затримки відісланого в лінію імпульсу і прийнятого з лінії, можна визначити відстань до місця пошкодження [1, 2].

В залежності від джерела формування відісланого (зонduючого) імпульсу імпульсні методи можна розділити на наступні: локаційні (методи імпульсної рефлектметрії), імпульсно-дугові (методи короткочасної дуги), методи коливального розряду і методи часткових розрядів.

1.2 Фазовий метод розрахунку розділюючих фільтрів акустичних систем

В останні роки значно збільшились потреби до якості апаратури звуковідтворювання. В першу чергу це відноситься до ширини робочого діапазону частот і величини нелінійних і фазових викривлень. Якість відтворення в значній мірі залежить від конструктивного виконання акустичних систем (АС). Для відтво-

рення низьких, середніх і високих частот знайшли широке застосування багато-смугові АС, в яких встановлюються по дві, три і більше динамічних голівок. Для розділу смуг звукового спектру динамічні голівки вмикаються через розділюючі фільтри першого, другого чи більш високого порядку. Однак, як відомо, точне розділення частот важкого звукового сигналу на граничній частоті розділу f_p виконати неможливо. Через це між сусідніми смугами відтворення динамічних голівок є зона сумісної дії.

Сигнал з частотою розділу f_p обидві голівки відтворюють з приблизно однаковим рівнем. На інших частотах зони сумісної дії рівні сигналів, які подаються на голівки, різко відрізняються один від одного за амплітудою. Для ідеального відтворення звуку в зоні сумісної дії повинні бути забезпечені умови для синфазної за звуковим тиском роботи обох голівок (в подальшому — синфазна робота голівок), таким чином між струмами голівок не повинно бути фазового зсуву, а зона сумісної дії повинна бути як можливо менша. Однак виконати ці умови не легко.

Фільтри першого порядку прості, їх амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) мають пологую форму, і завдяки цьому зони сумісної дії динамічних голівок відносно широкі. Наприклад, зона сумісної дії низькочастотної ВА1 і середньочастотної ВА2 голівок приблизно дорівнює 50... 5000 Гц. Для АС, в якій є три динамічні голівки, можуть бути зони одночасної дії всіх трьох голівок (500...5000 Гц, амплітудно-частотні характеристики будувались до рівня сигналів практичної чутності звучання динамічних голівок) [1-3].

В таких розділюючих фільтрах послідовно з низькочастотною (НЧ) голівкою ВА1 вмикається дросель L_1 , індуктивний опір якого прямо пропорційний частоті. Як вже відомо, в ланцюгах з індуктивним опором струм відстає від приложеної напруги, а в ланцюгах, в яких міститься ємність, — випереджає напруга. Отже, амплітуда струму і вугол зсуву між струмом і прикладеною напругою не залишаються постійними і знаходяться в важкій залежності від частоти.

1.3 Прилади для вимірювання характеристик каналів зв'язку

Оскільки передача даних є основною функцією багатьох каналів зв'язку, прилади для вимірювання характеристик каналів є дуже важливими. Вони дозволяють виміряти швидкість передачі даних через канал, а також оцінити якість передачі і рівень завад. Існує широкий спектр приладів, призначених для вимірювання характеристик каналів зв'язку. Ось декілька прикладів таких приладів:

Спектральний аналізатор є корисним приладом для вимірювання характеристик каналів зв'язку. Він дозволяє аналізувати спектр сигналів, що проходять через канал, і визначати наявність інтерференції, шуму та інших небажаних складових.

Осцилоскоп використовується для вимірювання форми сигналів, амплітуди, частоти та фазових характеристик. Цей прилад дозволяє виявити спотворення сигналу, перекося, затримки та інші аномалії, які можуть впливати на якість зв'язку.

Тестери сигналу є розширеними пристроями, які використовуються для вимірювання різноманітних параметрів каналу зв'язку, таких як джиттер, міжкадрові затримки, втрати пакетів та інші. Вони дозволяють проводити детальний аналіз якості передачі даних та виявляти проблеми, які можуть виникати в каналі зв'язку.

Спектральний аналізатор імпульсних розрядів використовується для вимірювання характеристик імпульсних сигналів, їх форми, тривалості, амплітуди та інших параметрів. Це особливо важливо в системах зв'язку, які використовують імпульсні сигнали для передачі даних.

1. Компактна модульна вимірювальна платформа EXFO FTB-1v2 Pro

Компактна модульна вимірювальна платформа EXFO FTB-1v2 Pro призначена для детального аналізу оптоволоконних ліній (включаючи рефлектометрію, оптичний спектр, внесені та поворотні втрати), а також всіх протоколів передачі даних до 111,81 Гбіт/с. Залежно від модифікації платформи (SC, DC або HPDC), можна встановити один або два вимірювальні модулі FTBx одинарної товщини

або один модуль FTVx подвійної товщини. Типи модулів визначають вимірювальні можливості платформи.



Рисунок 1.1 – Компактна модульна вимірювальна платформа EXFO FTV-1v2 Pro

З вимірювальною платформою EXFO FTV-1v2 Pro сумісні, п'ять модулів оптичного рефлектометра (серії FTVx-700C), включаючи унікальний модуль рефлектометра із змінною довжиною хвилі FTVx-740C, кілька модулів для вимірювання оптичних втрат та сертифікації волокон (серії FTV 945), один модуль для аналізу оптичного спектру FTVx-5235, два модулі для аналізу протоколів зі швидкістю передачі даних до 11,318 Гбіт/с (FTVx-8880 та FTVx-8870) та два модулі для аналізу протоколів зі швидкістю передачі до 111,81 Гбіт/с (FTVx-88200NGE та FTVx-88260). Крім того, до платформи можна підключити відеомікроскопи для перевірки якості оптичних конекторів (серія FIP-400B).

Сама платформа EXFO FTV-1v2 Pro є потужним комп'ютером з чотириядерним процесором і операційною системою Windows 10. Платформа виконана в

ергономічному корпусі і оснащена великим, якісним сенсорним екраном з діагоналлю 20,3 см і роздільною здатністю 1280 x 800. тестів та перегляд результатів вимірювань, а потужний процесор швидко виконує всю обробку. Наявність операційної системи Windows 10 дозволяє без обмежень встановлювати будь-які програми на платформу.

Основні характеристики:

Вимірювання параметрів оптоволоконних ліній (магістральних, міських, мереж доступу, СКС та інших.), і навіть тестування протоколів (Ethernet, OTN, SDH/PDH, CPRI та інших.).

Операційна система: Windows 10. Процесор: 4 ядра. Сенсорний екран 20,3 см (роздільна здатність 1280 x 800) з підтримкою мультитач. Вбудований вимірювач оптичної потужності та просвітлення VFL (опція VPM2X). Інтерфейси: USB 3.0 та 1G Ethernet (стандартно), Wi-Fi та Bluetooth (опція RF). Внутрішня флеш-пам'ять: 128 ГБ. Акумулятор: Li-ion. Робоча температура: від 0 до +50°C. Маса з акумулятором: 2 кг (однослотова модифікація SC), 2,4 кг (двослотова модифікація DC), 3,2 кг (двослотова модифікація з блоком живлення збільшеної потужності HPDC).

Встановлення одного або двох модулів (можливості платформи залежать від типу модулів):

- рефлектометр (46 дБ, одномод) для магістралей (модуль FTVx-750C)
- рефлектометр (40 дБ, одномод) із змінною довжиною хвилі (модуль FTVx-740C)
- рефлектометр (42 дБ, одномод) для міських мереж (модуль FTVx-735C)
- рефлектометр (39 дБ, одномод) для PON, FTTx/MDU (модуль FTVx-730C)
- рефлектометр (36 дБ, одномод + багатомод) для мереж доступу та СКС (модуль FTVx-720C)
- вимірювач оптичних втрат, відображення та сертифікації волокон (модулі FTVx-940 та FTVx-945)

- аналізатор оптичного спектру (модулі FTBx-5235)
- аналізатори Ethernet, OTN, SDH/PDH, FC та CPRI до 11,318 Гбіт/с (модулі FTBx-8880 та FTBx-8870)
- аналізатори Ethernet, OTN, SDH/PDH, FC та CPRI до 111,81 Гбіт/с (модулі FTBx-88200NGE та FTBx-88260)
- відеомікроскоп для оптичних конекторів (серія FIP-400B)

2. Модульний аналізатор телекомунікаційних мереж Anritsu MT1000A

Модульний аналізатор транспортних мереж MT1000A японської компанії Anritsu підтримує всі сучасні стандарти передачі даних (OTN, Ethernet, Fibre Channel, SDH, PDH та ін) у мережах на швидкостях до 11,3 Гбіт/с. Цей аналізатор може проводити всі необхідні тести для перевірки мереж на відповідність міжнародним стандартам (G.709, G.8201, M.2401, O.182, Y.1564, G.826x, IEEE 1588 v2 та ін) і при цьому він порівняно недорогий. Сенсорний широкоформатний екран пристрою спрощує конфігурування тестів і перегляд результатів вимірювань. А зручний дизайн корпусу та наочний графічний інтерфейс користувача роблять роботу з аналізатором Anritsu MT1000A простою та приємною. Призначений для повного тестування OTN, Ethernet, Fibre Channel, SDH, PDH. Підтримка двох портів для всіх стандартів та швидкостей передачі.



Рисунок 1.2 – Модульний аналізатор телекомунікаційних мереж Anritsu MT1000A

Основні характеристики:

1. Основні можливості тестування та аналізу OTN (стандарт G.709):
 - OTU2f (11,318 Гбіт/с), OTU2e, OTU2, OTU1f, OTU1e, OTU1 (2,666 Гбіт/с).
 - ODU0, ODUflex, ODU1 та ODU2 включаючи ODU0 - ODU2 multistage mapping.
 - Тестування виникнення помилок OTN відповідно до G.8201 та M.2401.
 - Тестування функції корекції помилок (FEC) відповідно до ITU-T O.182.
 - Тестування клієнтського трафіку Ethernet, Fibre Channel та SDH, вбудованого в OTN.
2. Основні можливості тестування та аналізу Ethernet:
 - Тестування Ethernet на швидкостях 10G, 1G, 100M та 10M.
 - Генерація трафіку на повній швидкості. Підтримка IPv4 та IPv6.
 - Тест активації сервісу Ethernet (Y.1564), RFC 2544, тест BER.
 - Тестування синхронного Ethernet (G.826x та IEEE 1588 v2).
 - Тестування MPLS, MPLS-TP та PBB/PBB-TE.
 - Підтримка багатострумкового Ethernet і Stacked VLAN (Q-in-Q).

3. Основні можливості тестування та аналізу SDH/SONET/PDH/DSn:

- Тестування SDH (STM-64, STM-16, STM-4, STM-1) та SONET (OC-192, OC-48, OC-12, OC-3).
- Тестування PDH (E1, E3, E4) та DSn (DS1, DS3). Детальна статистика аварій та помилок.
- Одночасний двонаправлений моніторинг ліній SDH/SONET/PDH/DSn.
- Вбудовування та вилучення сигналів PDH/DSn із SDH/SONET.

4. Основні можливості тестування та аналізу Fibre Channel:

- Тестування 1GFC, 2GFC, 4GFC, 8GFC та 10GFC з можливістю вбудовування в OTN.
- Вимірювання затримок, тест BER, моніторинг аварій та помилок.

Найновіше рішення для тестування мереж OTN, Ethernet, SDH, PDH та ін.

3. Осцилографів з аналізатором спектру до 3 ГГц Tektronix MDO3000

Комбінований осцилограф серії Tektronix MDO3000 - це прилад, який може бути корисним при проектуванні та налагодженні сучасних комплексних електронних систем. Моделі цієї серії поєднують у собі шість приладів: осцилограф, аналізатор спектру, генератор сигналів довільної форми та стандартних функцій, логічний аналізатор, аналізатор протоколів та цифровий вольтметр + частотомір.

Осцилограф серії MDO3000 - це осцилограф високого класу (від 100 МГц до 1 ГГц) з різноманітними функціями для прискорення кожного етапу налагодження: від швидкого виявлення та захоплення аномалій до пошуку в записі осцилограми цікавих подій, аналізу характеристик подій та поведінки досліджуємо. Осцилографи цієї серії містять безліч інноваційних функцій, однією з яких є технологія цифрового фосфору DPO, що суттєво спрощує пошук різних аномалій електричних сигналів.

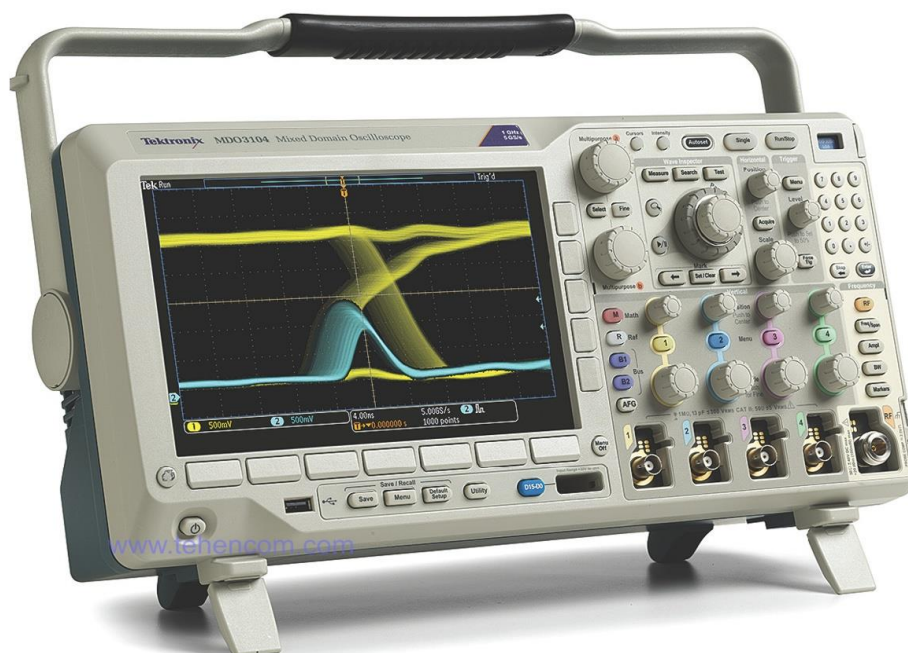


Рисунок 1.3 – Осцилограф серії MDO3000

Осцилограф серії MDO3000 – це перший осцилограф у своєму класі, який містить професійний аналізатор спектру. Кожен осцилограф цієї серії містить аналізатор спектру, що працює в діапазоні частот від 9 кГц до верхньої межі смуги пропускання даної моделі. Діапазон частот аналізатора спектра будь-якої моделі можна розширити до 3 ГГц (опція MDO3SA), щоб виконувати аналіз спектра сигналів більшості стандартів бездротового зв'язку.

Осцилографи серії MDO3000 дозволяють відображати спектри у вигляді спектрограми, яка є ідеальним засобом для відстеження подій, що повільно змінюються в РЧ сигналах. По осі X відкладаються значення частоти (як у звичайному графіку уявлення спектра), по осі Y – час, а кольором позначається амплітуда.

Дозволяють проводити три види автоматизованих РЧ вимірювань: вимірювання потужності сигналу в каналі, коефіцієнта потужності сусіднього каналу та ширини займаної смуги частот. При активації будь-якого з цих режимів вимірювань осцилограф автоматично включає режим відображення спектра та метод детектування «Усереднення» («Average») для оптимізації результатів вимірювань.

Осцилограф серії MDO3000 містить опціональний вбудований генератор сигналів довільної форми та стандартних функцій (опція MDO3AFG), ідеальний для імітації сигналів датчика в процесі налагодження та додавання шуму до корисних сигналів для моделювання несприятливих умов. Вбудований генератор сигналів довільної форми та стандартних функцій видає сигнали з частотою до 50 МГц, зокрема синусоїдальні, прямокутні, пилкоподібні та імпульсні сигнали, постійний струм, шум, сигнали функцій кардинального синуса (Sinc), Гауса та Лоренца, експоненціального підйому та спаду, та кардіосигнал.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

Перед проведенням моделювання впливу діагностичних сигналів на інформаційну послідовність, що є завданням роботи, з'ясуємо рівні допустимих шумів в каналах зв'язку.

2.1. Допустимі рівні шумів в дискретних і безперервних каналах

Канали зв'язку прийнято ділити на дискретні, безперервні та змішані залежно від типів сигналів на вході та виході. У загальній структурній схемі каналу передачі (рис. 2.1) дискретними є канали від входу модулятора до виходу демодулятора від входу кодера до виходу декодера. Безперервний (аналоговий) канал - це власне послідовна лінія передачі (телефонна лінія, скручена пара дротів, коаксіальний кабель та ін.). Дискретні канали не є незалежними від аналогового каналу, який часто утворює найбільш «вузьке місце» при передачі і через власну обмежену смугу пропускання і зовнішні шуми, і перешкод визначає загальну досяжну швидкість передачі (при заданому допустимому рівні помилок при прийомі) [1, 2].

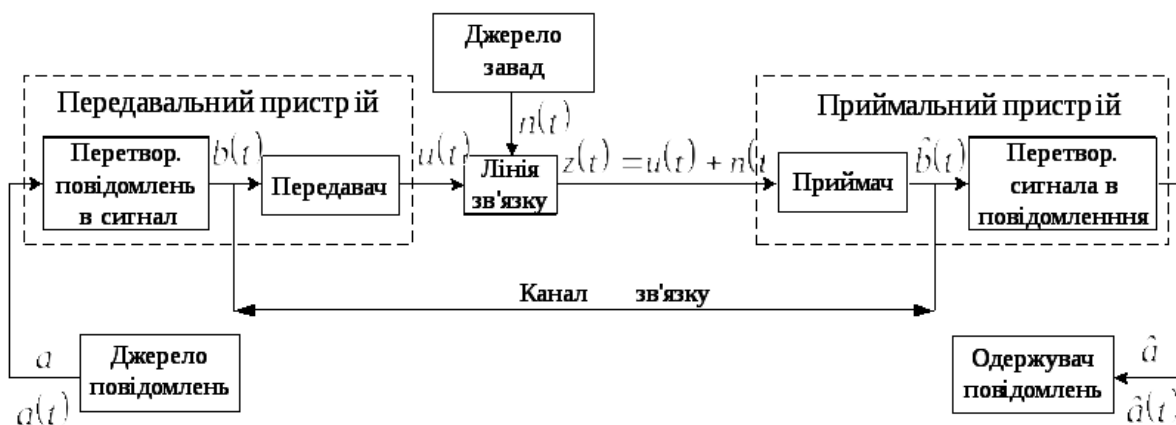


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема каналу передачі

Кодер/декодер у конкретній системі може поєднувати, на перший погляд, протилежні функції.

По-перше, кодер може бути використаний для внесення надмірності в інформацію, що передається з метою виявлення впливу шумів і перешкод на прий-

мальному кінці (там цим займається відповідний декодер). Надмірність проявляється у додаванні до корисної інформації, що передається, так званих перевірочних розрядів, що формуються, як правило, чисто апаратними засобами з інформаційної частини повідомлення. Відомо багато різних завадостійких кодів, причому найпростіший однобітовий код (біт парності/непарності) далеко не завжди задовільно працює на практиці. Замість нього в локальних мережах використовуються контрольна сума або, що ще краще, циклічний код (CRC - Cyclic Redundancy Check), що займає у форматі повідомлення 2 або 4 байти, незалежно від довжини в байтах інформаційної частини повідомлення.

По-друге, при великих обсягах інформації, що передається, доцільно її стиснути до передачі, якщо є така можливість. У цьому випадку вже говорять про статистичне кодування. Тут доречна аналогія із звичайними програмами архівації файлів (типу arj, rar, pkzip та інших.), які широко використовуються під час організації обміну у мережі Internet. Більш того, якщо проблема з великими обсягами інформації і після такого оборотного стиску до кінця не вирішується, можна розглянути можливість незворотного стиснення інформації з частковою її втратою («огрубленням»). Звичайно, тут не може бути мови про відкидання частини суто цифрових даних, але по відношенню до зображень іноді можна піти на зниження дозволу (числа пікселів) без спотворення загального вигляду «картинки». Тут можна згадати алгоритми стиснення JPEG для зображень та MPEG для відео- та аудіо потоків, що допускають значні ступені компресії без зменшення дозволу та з мінімальними втратами. [3, 4]

Формула Шеннона для безперервного (аналогового) каналу зв'язку досить проста [1, 2]:

$$V_{\max} = \Delta f \cdot \log_2(1 + S/N)$$

де, $V_{\max}$ – максимальна швидкість передачі (біт/сек);

Δf – смуга пропускання лінії передачі і, одночасно, смуга частот, займана сигналами (якщо не використовується частотний поділ каналів);

S/N – відношення сигнал/шум за потужністю.

Під шумом розуміється будь-який небажаний сигнал, у тому числі зовнішні перешкоди або сигнал, що повернувся до передавального пристрою - можливо, і модему - в результаті відображення протилежного кінця лінії. Самі по собі зосереджені перешкоди не настільки суттєво обмежують пропускну здатність аналогового каналу, як непередбачуваний у кожний момент часу білий шум Гауса. [5-6]

Формула Шеннона для багатопозиційного дискретного каналу, побудованого на базі попереднього безперервного каналу, без помилок при прийомі, має наступний вигляд [1, 2]:

$$V_{\max} = 2 \cdot \Delta f \cdot \log_2 n$$

де, n – загальна кількість варіантів дискретного (цифрового) сигналу (алфавіт).

Якщо за час однієї послідовності (тривалість елементарного аналогового сигналу типу відрізка синусоїди) передається інформація про двійкові розряди, то $n = 2^k$. Практично розширення алфавіту для дискретних сигналів призводить до появи все менш помітних елементарних посилок, так що величина обмежується зверху тим самим ставленням сигнал/шум S/N в аналоговому каналі.

Формули Шеннона показують, що найбільш ефективний спосіб збільшення максимальної швидкості передачі $V_{\max}$ полягає у збільшенні смуги пропускання лінії передачі Δf . Логарифмічна залежність $V_{\max}$ від відношення сигнал/шум S/N робить цей шлях підвищення $V_{\max}$ набагато менш перспективним і більш трудомістким.

2.2 Теоретичний розрахунок впливу вимірювального сигналу на інформаційний

Розрахункові формули для визначення потенційної завадостійкості цифрового сигналу використовується алгоритм оптимального прийому [3, 4].

$$\int_0^T Z(t)[s_1(t) - s_0(t)]dt > 0.5(E_1 - E_0), \quad (2.1)$$

$$\text{де } E_i = \int_0^T s_i^2(t)dt.$$

При виконанні (2.1) реєструється 1, що відповідає символу $s_1(t)$, а при невиконанні – реєструється 0, що відповідає сигналу $s_0(t)$. У результаті прийом інформації можна визначати ймовірністю виконання нерівності (2.2).

$$\int_0^T N(t)[s_1(t) - s_0(t)]dt < -0.5 \int_0^T [s_1(t) - s_0(t)]^2 dt. \quad (2.2)$$

Запишемо (2.2) в вигляді:

$$\xi < -0.5E_s, \quad (2.3)$$

де

$$\xi = \int_0^T N(t)s_\Delta(t)dt, \quad (2.4)$$

$$E_s = \int_0^T s_\Delta^2(t)dt, \quad (2.5)$$

$$s_\Delta^2(t) = s_1(t) - s_0(t) \quad (2.6)$$

$N(t)$ – шум з боковою спектральною щільністю N_0 ; ξ - нормально розподілена величина.

$$\bar{\xi} = \int_0^T \overline{N(t)}s_\Delta(t)dt = 0. \quad (2.7)$$

$$D(\xi) = \bar{\xi}^2 = \iint_T \overline{N(t_1)N(t_2)}s_\Delta(t_1)s_\Delta(t_2)dt_1dt_2. \quad (2.8)$$

Маючи вираз (2.9) і фільтруючі особливості δ функції отримуємо, що дисперсія (2.8) має вигляд, показань як (2.10).

$$\overline{N(t_1)N(t_2)} = \frac{N_0}{2} \delta(t_2 - t_1) \quad (2.9)$$

$$D(\xi) = 0.5N_0 \int_0^T s_{\Delta}^2(t) dt = 0.5N_0 E_{\eta} \quad (2.10)$$

де E_{η} – різниця енергії сигналу 1 і 0, і для дискретного сигналу знаходиться як (2.11):

$$E_{\eta} = T \sum_{i=1}^K (S_{1i} - S_{0i})^2, \quad (2.11)$$

де K – кількість дискретних елементів досліджуваного сигналу, T – час передачі сигналу в канал.

Функція Крампа має вигляд (2.12) [1-4]

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\sqrt{E_{\eta}/2 \cdot N_0}} e^{-\frac{\eta^2}{2}} d\eta, \quad (2.12)$$

Імовірність помилки (2.13) буде розраховуватися як:

$$p = 0.5 \left[1 - \Phi\left(\sqrt{E_{\eta}/2N_0}\right) \right], \quad (2.13)$$

2.3 Дослідження впливу вимірювального сигналу на безперервний інформаційний сигнал

Для дослідження скористаємося математичною моделлю створеної в математичному пакеті MathCAD. Модель формує безперервний сигнал, і вимірювальний сигнал довжиною 1024 елемента методом М-регістра зсуву. Після цього виконує підмішування і фільтрацію різними методами. При цьому не враховується проходження сигналу по лінії зв'язку. В якості досліджуваного інформаційного сигналу використовувалася функція гармонійних коливань задана виразом (2.15).

$$u_i = \cos\left(\frac{i \cdot 10 \cdot \pi}{300}\right) + 2 \sin\left(\frac{i \cdot 2 \cdot \pi}{300}\right). \quad (2.15)$$

Підмішування шуму здійснювалося, починаючи з тимчасовою точки 500 од і закінчуючи крапкою 1023 од. Рівень шуму становить 10% від максимальної амплітуди інформаційного сигналу.

Графік сигналу з шумом, що підмішується зображений на рис. 2.3.

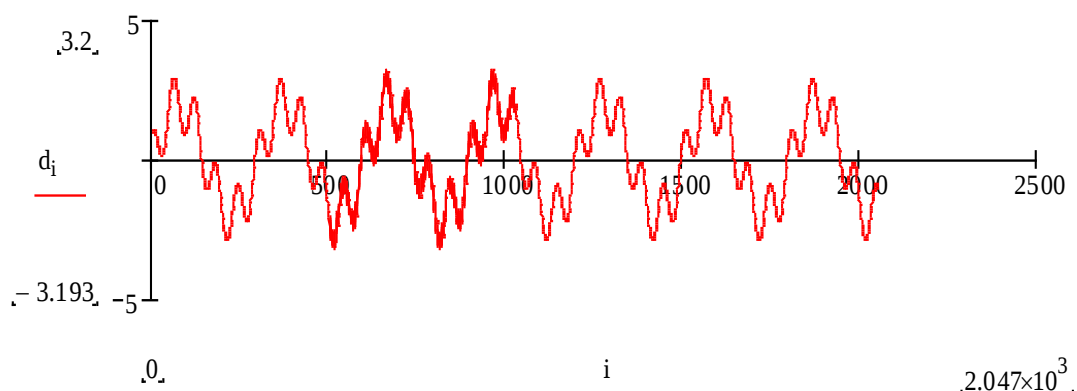


Рисунок 2.1 – Графік сигналу з шумом

Фільтрація за допомогою порогового пристрою зводиться до того, що задається поріг спрацьовування приймального пристрою вище, ніж рівень перешкоди. Для реалізації цього методу було застосовано дискретне перетворення Фур'є, в результаті якого за отриманим спектру інформаційного сигналу з шумом було проведено відсівання частини інформації нижче порога спрацьовування. [5, 6]

Спектр сигналу з шумом зображений на рис. 2.2.

Використовуваний поріг спрацьовування становить рівень 1 В, результаті отримали відфільтрований сигнал, який зображений на рис. 2.3 спільно з вихідним інформаційним сигналом.

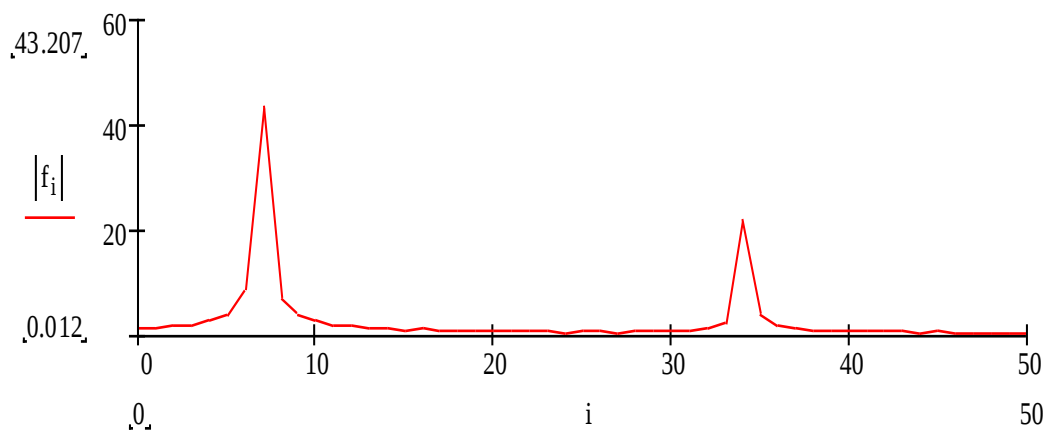


Рисунок 2.2 – Спектр сигналу з шумом

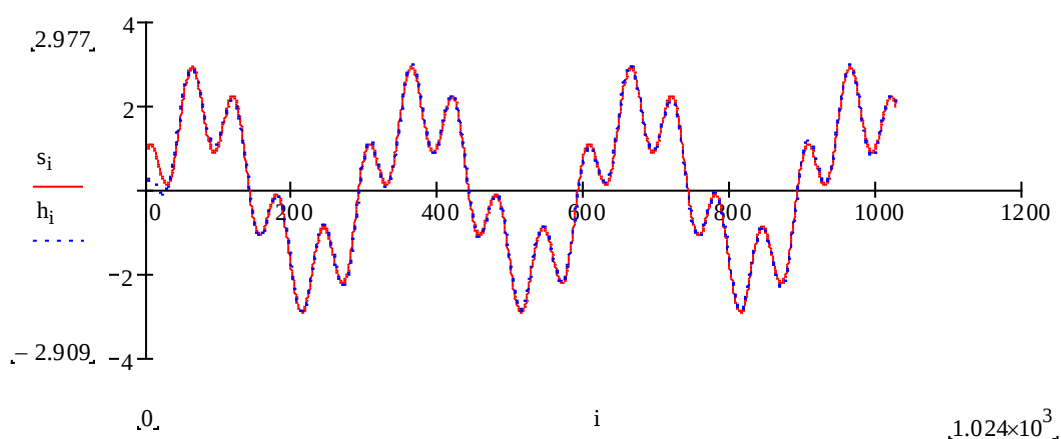


Рисунок 2.3 – Відфільтрований (синій пунктир) і початковий(червоний суцільна) сигнали

Відхилення відфільтрованого сигналу від вхідного склало 6,4%.

Фільтрація за допомогою вузькосмугових фільтрів.

Принцип фільтрації зводиться до того, що пропускається тільки та частина сигналу, яка розташовується в частотному діапазоні, де передається вихідний сигнал. Фільтрація здійснюється на математичній моделі за допомогою спектрального аналізу з використання дискретного перетворення Фур'є [5, 6]. Для цього для сигналу (2.15), показаного на рис. 2.1 використовувався фільтр, що пропускає сигнал в діапазоні частот від 4 до 39 Гц. Графік відфільтрованого і вхідного сигналів зображений на рис. 2.4.

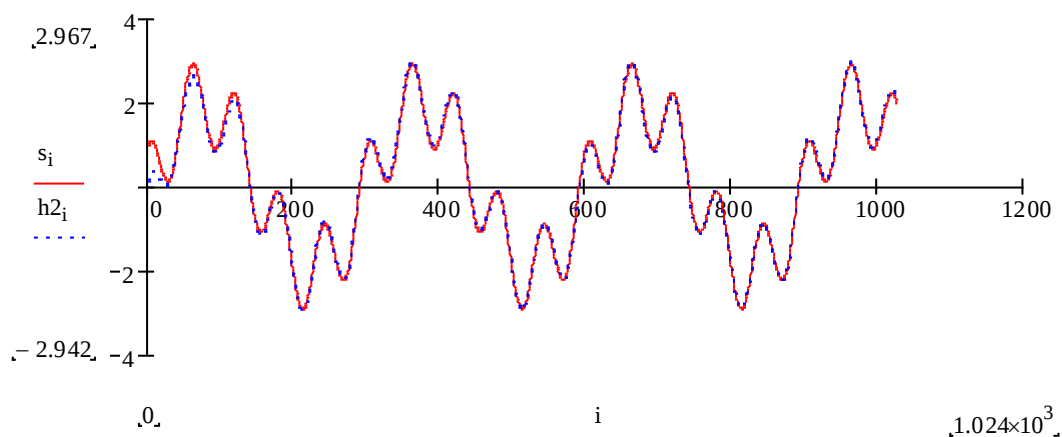


Рисунок 2.4 – Відфільтрований (синій пунктир) і початковий (червоний суцільна) сигнали

Відхилення відфільтрованого сигналу від вхідного склала 6,6%.

2.4 Дослідження впливу вимірювального сигналу на дискретний інформаційний сигнал

Для дослідження скористалися математичною моделлю, створеної за допомогою математичного пакету MathCAD. Модель виконує наступні функції:

- формує цифровий сигнал,
- формує вимірювальний шумоподібний сигнал з рівнем 15% від рівня інформаційного сигналу тривалістю 1024 елемента,
- виробляє підмішування і фільтрацію вимірювального сигналу з інформаційного,
- визначає відсоток відхилення відфільтрованого інформаційного сигналу від вхідного сигналу.

2.4.1 Дослідження біполярного цифрового сигналу

Графік вихідного інформаційного біполярного сигналу показаний на рис. 2.5.

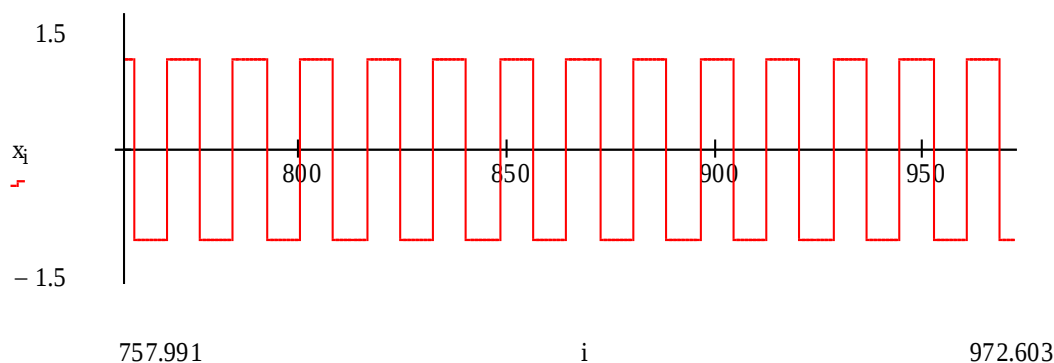


Рисунок 2.5 – Графік інформаційного біполярного сигналу

Після впровадження вимірювального сигналу інформаційний сигнал перетворився вигляд, показаний на рис. 2.6.

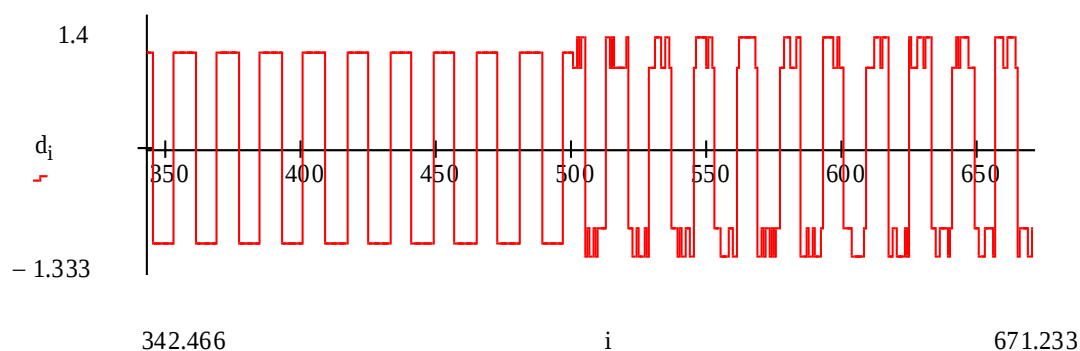


Рисунок 2.6 – Фрагмент графіка інформаційного сигналу з підмішаним вимірювальним сигналом

Для фільтрації інформаційного сигналу використовувався граничний пристрій, який спрацьовує за рівнями: фіксує логічну одиницю, якщо амплітуда прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від 0,5 до 1,5 В, і фіксує логічний 0, якщо амплітуда прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від -0,5 до -1,5 В [3, 4].

Відфільтрований таким чином сигнал, зображений на рис.2.7. Тут показані синім кольором пунктирною лінією вихідний інформаційний сигнал, а червоним кольором і суцільною лінією – відфільтрований інформаційний сигнал.

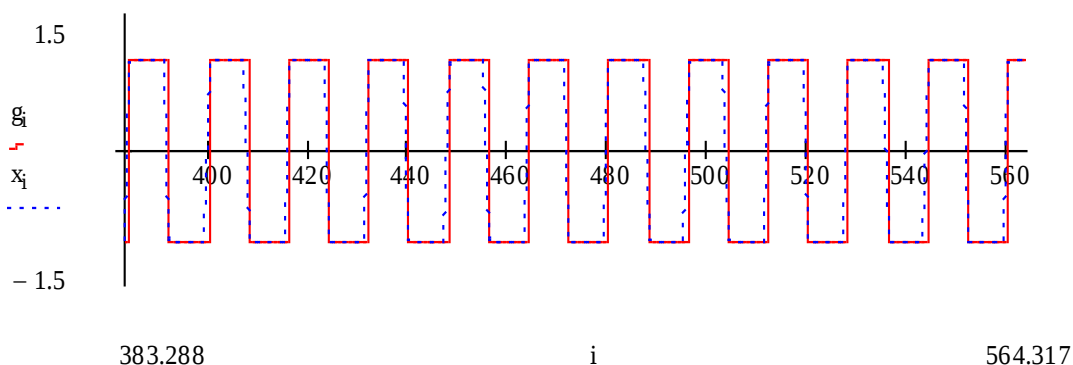


Рисунок 2.7 – Інформаційний сигнал після фільтрації

червоний колір і суцільна лінія – відфільтрований сигнал; синій колір і пунктирна лінія – вхідний сигнал

Відхилення відфільтрованого сигналу від вхідного склало 0%.

Проведено дослідження щодо впливу вимірювального шумоподібного сигналу на інформаційний, коли реєстрація сигналу здійснюється інтегральним методом. Тобто на діапазоні проходження імпульсу береться інтеграл, і якщо його результат позитивний, то фіксується рівень +1 В, якщо негативний – рівень -1 В. Дослідження проводилися при різних процентних відношеннях вимірювального сигналу до інформаційного, саме, від 0 до 200%. Дана програма випадковим чином формує біполярний сигнал, після чого виконує підмішування вимірювального шумоподібного сигналу, який формується М-регістром. Графік таких сигналів при рівні вимірювального сигналу 15% від інформаційного зображений на рис. 2.8.

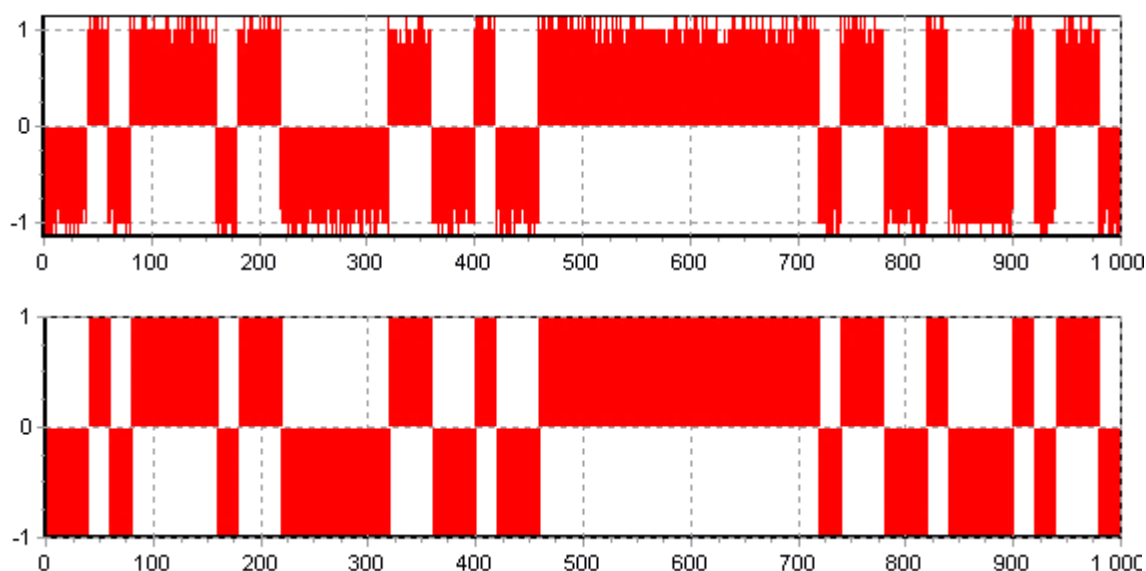


Рисунок 2.8 – Реєстрація інтегральним методом

Відхилення відфільтрованого сигналу від вхідного склало 0%. У таблиці 2.3 наведено розподіл похибок при відновленні сигналу інтегральним методом для різних процентних відношеннях вимірювального сигналу до інформаційного.

Таблиця 2.3 – Розподіл похибок при відновленні сигналу інтегральним методом для різних процентних відношеннях вимірювального сигналу до інформаційного

Рівень вимірювального сигналу по відношенню до інформаційного	Відхилення відфільтрованого сигналу від вихідного ,%
0	0
15	0
30	0
50	0
70	0
100	0
150	4
200	4

2.4.2 Дослідження цифрового сигналу з чергування М-полярності

Графік такого інформаційного сигналу показаний на рис.2.9.

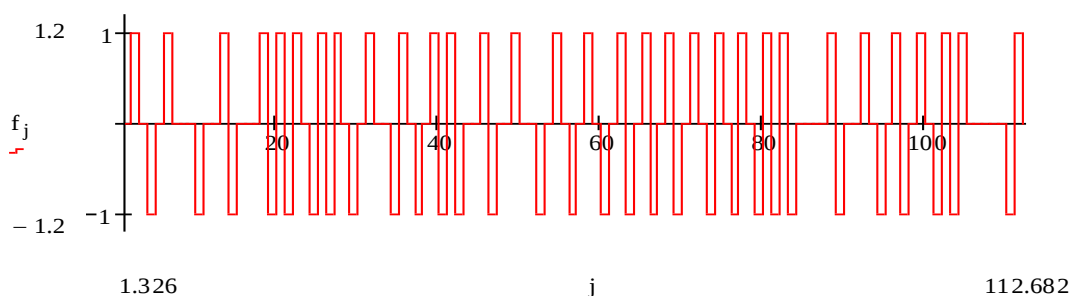


Рисунок 2.9 – Графік інформаційного сигналу з чергуванням полярності

Структура сигналу після впровадження в нього вимірювального шумоподібного сигналу показана на рис.2.10.

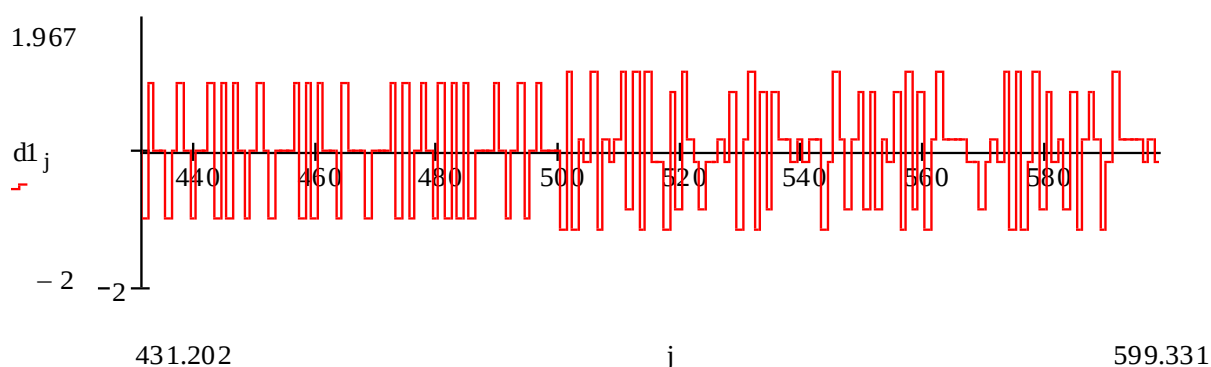


Рисунок 2.10 – Фрагмент графіка інформаційного сигналу з підмішаним вимірювальним сигналом

Для фільтрації інформаційного сигналу використовувався граничний пристрій, який спрацьовує за рівнями: фіксує рівень +1 В, якщо амплітуда прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від 0,7 до 1,5 В, рівень -1 В, якщо амплітуда прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від -0,7 до -1,5В і фіксує рівень 0 В, якщо амплітуда прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від -0,7 до 0,7 В [3, 4].

Відфільтрований таким чином сигнал, зображений на рис.2.11. Тут показані синім кольором суцільною лінією вхідний інформаційний сигнал, а червоним кольором і суцільною лінією – відфільтрований інформаційний сигнал.

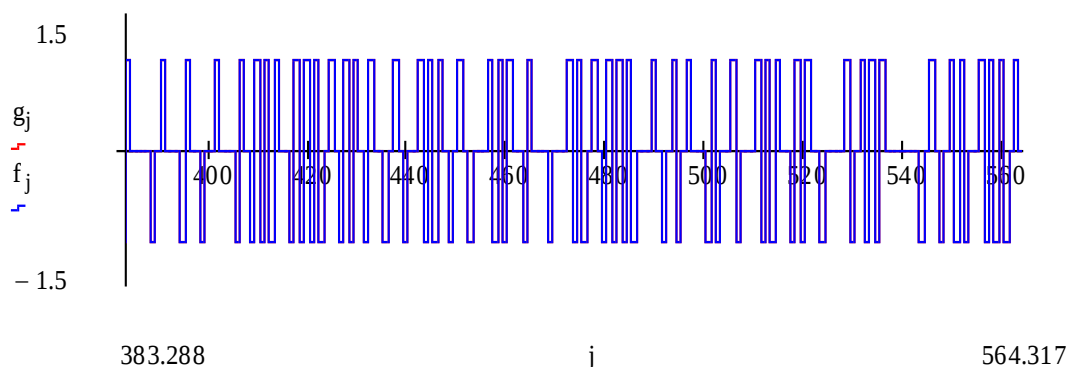


Рисунок 2.11 – Інформаційний сигнал після фільтрації

червоний колір і суцільна лінія – відфільтрований сигнал; синій колір і пунктирна лінія – вихідний сигнал

Відхилення відфільтрованого сигналу від вхідного склало 0%.

2.5 Дослідження впливу дискретного інформаційного сигналу на вимірювальний шумоподібний сигнал

Для проведення дослідження приймемо спрощення: сигнал не пропускаємо через канал зв'язку.

2.5.1 Дослідження для біполярного інформаційного сигналу.

Для інформаційного сигналу показаного на рис. 2.5 і рис. 2.6 за допомогою порогового пристрою здійснена фільтрація вимірювального сигналу. Робота порогового пристрою полягає в наступному:

- Фіксується сигнал логічної одиниці, якщо рівень прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від 1,1 до 1,5 В або від -0,5 до -0,9 В.
- Фіксується сигнал логічного нуля, якщо рівень прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від 0,5 до 0,9 В або від -0,9 до -1,5 В.

Зовнішній вигляд такого відфільтрованого сигналу показаний на рис. 2.12.

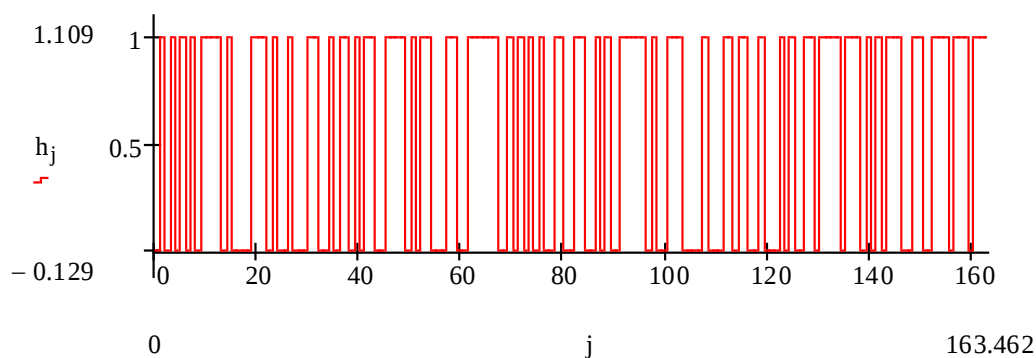


Рисунок 2.12 – Відфільтрований вимірювальний сигнал

Відфільтрований сигнал порівнювався з початковою послідовністю вимірювального сигналу і результат похибки склав значення 0%.

2.5.2 Дослідження для інформаційного сигналу з чергуванням полярності

Для інформаційного сигналу показаного на рис. 2.9 і рис.2.10 за допомогою порогового пристрою здійснена фільтрація вимірювального сигналу. Робота порогового пристрою полягає в наступному:

- Фіксується сигнал логічної одиниці, якщо рівень прийнятого сигналу знаходиться в діапазоні від 1,1 до 1,5 В або від -0,5 до -0,9 В або від 0,1 до 0,5 В.
- В усіх інших випадках фіксується сигнал логічного нуля.

Зовнішній вигляд такого відфільтрованого сигналу показаний на рис. 2.13.

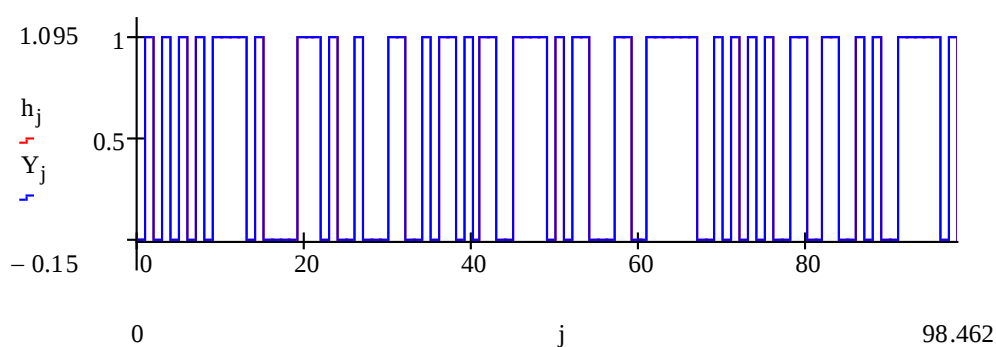


Рисунок 2.13 – Відфільтрований вимірювальний сигнал

Відфільтрований сигнал порівнювався з вихідною послідовністю вимірювального сигналу і результат похибки склав значення 0%.

2.5.3 Дослідження з урахуванням проходження сигналу через канал зв'язу

Для цього скористалися математичною моделлю, яка імітує проходження вимірювального сигналу через лінію зв'язку. При цьому імітується проходження інформаційного сигналу з підмішаним вимірювальним сигналом і проходження вимірювального сигналу без інформаційного з отриманням еталонної послідовності. Після цього відбувається порівняння відфільтрованої послідовності та еталонної.

Дослідження проводилися для чотирьох типів сигналів, що імітують інформацію – вирази (2.16) - (2.19). В якості лінії зв'язку використовувалася система рівнянь (2.20).

$$u_1(t) = 100 + \sin(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t), \quad (2.16)$$

$$u_2(t) = 100 + \cos(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t) + 40 \cos(2 \cdot \pi \cdot 50t), \quad (2.17)$$

$$u_3(t) = 100 + \sin(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t) + 90 \cos(2\pi 90t), \quad (2.18)$$

$$u_4(t) = 100 + \cos(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t) + 40 \cos(2 \cdot \pi \cdot t), \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} \dot{U} &= I_1 ch \gamma x - Z_c I_1 sh \gamma x \\ \dot{I} &= I_2 ch \gamma x - \frac{U_1}{Z_c} sh \gamma x \end{aligned} \quad (2.20)$$

Параметри лінії зв'язку: $R = 180$; $L = 0.0033$; $C = 0.000000028$; $A = 30$, де A – опір в кінці лінії.

Результати дослідження показали наступне: для всіх чотирьох видів сигналу похибка склала 6,15%. Що дає нам можливість сказати, що тип інформаційного сигналу не впливає на якість.

Висновки та рекомендації

Формули Шеннона показують, що найбільш ефективний спосіб збільшення максимальної швидкості передачі $V_{\max}$ полягає у збільшенні смуги пропускання лінії передачі Δf . Логарифмічна залежність $V_{\max}$ від відношення сигнал/шум S/N робить цей шлях підвищення $V_{\max}$ набагато менш перспективним і більш трудомістким.

Фільтрація за допомогою порогового пристрою зводиться до того, що задається поріг спрацьовування приймального пристрою вище, ніж рівень перешкоди. Для реалізації цього методу було застосовано дискретне перетворення Фур'є, в результаті якого за отриманим спектру інформаційного сигналу з шумом було проведено відсівання частини інформації нижче порога спрацьовування.

У дипломному проекті були розглянуті питання впливу вимірювального та інформаційного сигналу один на одного. В якості вимірювального сигналу використовувався шумоподібний сигнал, що формується за допомогою М-регістру.

Дослідження проводилися для безперервних і дискретних каналів зв'язку з використанням шумоподібного діагностичного сигналу, який відповідає всім вимогам, що пред'являються для таких сигналів. Результати дослідження показали наступне: для всіх видів сигналу похибка склала не більше 6,15%. Що дає нам можливість сказати, що тип інформаційного сигналу не впливає на якість передачі даних, а шумоподібний сигнал не впливає інформаційний і навпаки.

Перелік посилань

1. Теоретические основы передачи данных. Часть 1. Киев : КВИУС, 1989. 194 с.
2. Теоретические основы передачи данных. Часть 2. Киев : КВИУС, 1991. 342 с
3. Захарченко М.В. Системи передавання даних. – Т. 1: Завадостійке кодування : підручник [для студентів вищих технічних навчальних закладів] / М.В. Захарченко. – Одеса : Фенікс, 2009. – 448 с.
4. Романов А.И. Телекомунікаційні мережі та управління. Київ : ВПЦ “Київський університет”, 2003. 247 с.
5. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.:Радио и связь, 1985. –384 с
6. Банкет В.Л. Завадостійке кодування в телекомунікаційних системах : навчальний посібник. Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. 100 с