

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

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Скорченко Антона Сергійовича

академічної групи TKim-15-1

спеціальності 6.050903 Телекомунікації

спеціалізації<sup>1</sup>

за освітньо-професійною програмою

на тему Розробка генератора функцій Уолша в системі

мобільного зв'язку

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	к.ф.-м.н., проф. Гусев О.Ю.			
розділів:				
спеціальний	ас., Рибальченко Ю.П.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.т.н., доц. Галушко О.М.			

Дніпро  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
безпеки інформації та телекомунікацій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**

студенту \_\_\_\_\_ *Скорченко Антон Сергійович* \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ *TKim-15-1*  
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ *6.050903 Телекомунікації* \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціальності)

на тему \_\_\_\_\_ *Розробка генератора функцій Уолша в системі* \_\_\_\_\_  
*мобільного зв'язку*

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Аналіз поколінь стільникового зв'язку, їх властивості, переваги та недоліки, а також дослідження функцій Уолша та їх кореляційних властивостей.	12.09.2018 – 13.01.2019
Розділ 2	Проектування генератора функцій Уолша та оцінка його ефективності шляхом моделювання в середовищі MATLAB / Simulink.	14.01.2019 – 02.05.2019
Розділ 3	Розрахунок трудомісткості та капітальних витрат на проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку.	02.05.2019 – 09.06.2019

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Гусев О.Ю.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії: \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Скорченко А.С.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 с., 14 рис., 2 табл. , 4 додатків, 15 джерел.

Об'єкт дослідження: стільникові мережи мобільного зв'язку.

Предмет дослідження: генератор функцій Уолша в системі мобільного зв'язку.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка адекватної імітаційної моделі генератора функцій Уолша та поліпшення основних параметрів розробленого пристрою.

В першому розділі проведено огляд поколінь стільникового зв'язку, надається їх особливості, переваги та недоліки, розглянуто поняття функцій Уолша та їх властивості.

В спеціальній частині розроблено імітаційну модель пристрою в середовищі MATLAB / Simulink, наведено принцип дії генератора функцій Уолша, проведено дослідження та аналіз розробленої схеми у порівнянні з іншими реалізаціями.

В економічній частині виконані розрахунки трудомісткості та капітальних витрат на проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку.

СТІЛЬНИКОВІ МЕРЕЖИ, ГЕНЕРАТОР ФУНКЦІЙ УОЛША, КОДУВАННЯ ВХІДНИХ СИГНАЛІВ, МОДУЛЯЦІЯ ВИСОКОЧАСТОТНОГО НЕСУЧОГО КОЛИВАННЯ, ФАЗОВА МАНІПУЛЯЦІЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 54 с., 14 рис., 2 табл., 4 приложения, 15 источников.

Объект исследования: сотовые сети мобильной сети.

Предмет исследования: генератор функций Уолша в системе мобильной связи.

Цель квалификационной работы: разработка адекватной имитационной модели генератора функций Уолша и улучшение основных параметров разработанного устройства.

В первом разделе проведен обзор поколений сотовой связи, предоставляются их особенности, преимущества и недостатки, рассмотрено понятие функций Уолша и их свойства.

В специальной части разработано имитационную модель устройства в среде MATLAB / Simulink, приведен принцип действия генератора функций Уолша, произведено исследование и анализ разработанной схемы в сравнении с другими реализациями.

В экономической части выполнены расчёт трудоёмкости и капитальных затрат на проектирование схемы генератора функций Уолша в системе мобильной связи.

СОТОВЫЕ СЕТИ, ГЕНЕРАТОР ФУНКЦИЙ УОЛША, КОДИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ, МОДУЛЯЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НЕСУЩЕГО КОЛЕБАНИЯ, ФАЗОВАЯ МАНИПУЛЯЦИЯ, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

## ABSTRACT

Explanatory note: p. 54, fig. 14, tab. 2, 4 additions, 15 sources.

Development object is the cellular mobile network.

Subject of development is the function generator of Walsh in a mobile communication system.

The purpose of qualifying work is a development of an adequate simulation model of the function generator of Walsh and improvement of the main parameters of the developed device.

The first chapter provides an overview of the generations of cellular communication, provides their features, advantages and disadvantages, discusses the concept of Walsh functions and their properties.

In a special part of the work, a simulation model of the device in the MATLAB / Simulink environment has been developed, the principle of operation of the Walsh function generator is given, research and analysis of the developed scheme has been carried out in comparison with other implementations.

In the economic part, the calculation of the labor intensity and capital costs for the design of the Walsh function generator scheme in the mobile communication system are performed.

CELLULAR NETWORKS, FUNCTION GENERATOR OF WALSH, ENTRY SIGNAL CODING, HIGH-FREQUENCY CARRIER VIBRATION MODULATION, PHASE MANIPULATION, SIMULATION MODE.

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКФ – Автокореляційна функція;

ВКФ – Взаємокореляційна функція;

ЕОМ – Електронна обчислювальна машина;

ФНЧ – Фільтр низьких частот;

CDMA – Code Division Multiple Access - Множинний доступ з кодовим розділенням каналів;

EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution - Технологія передачі даних, що забезпечує передачу інформації в мережі мобільного зв'язку;

GPRS – General Packet Radio Service – Загальний сервіс пакетної радіопередачі;

GSM – Global System for Mobile Communications – Глобальна система мобільного зв'язку;

LTE – Long-Term Evolution – Довготерміновий розвиток;

MMS – Multimedia Messaging Service – Послуга мультимедійних повідомлень;

SMS – Short Message Service – Служба коротких повідомлень;

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System – Універсальна Мобільна Телкомунікаційна Система;

WAP – Wireless Application Protocol – Протокол безпроводної передачі даних.

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП .....	9
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	11
1.1 Перше покоління стільникового зв'язку (1G).....	11
1.2 Друге покоління стільникового зв'язку (2G) .....	12
1.3 Третє покоління стільникового зв'язку (3G).....	13
1.4 Четверте покоління стільникового зв'язку (4G) .....	14
1.5 Визначення функцій Уолша.....	16
1.6 Властивості функцій Уолша .....	20
1.7 Кореляційні властивості функцій Уолша .....	22
1.8 Застосування функцій Уолша .....	24
1.9 Постановка задачі.....	24
1.10 Висновок .....	25
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Проектування схеми генератора функцій Уолша .....	26
2.1.1 Принцип дії розробленої схеми .....	27
2.1.2 Переваги розробленої схеми у порівнянні з іншими реалізаціями схем ...	29
2.2 Вибір програми при розробці схеми генераторів функцій Уолша .....	30
2.2.1 Ключові особливості.....	31
2.2.2 Моделювання схеми у середовищі MATLAB / Simulink.....	32
2.3 Висновки .....	39
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	41
3.1 Визначення та розрахунок трудомісткості проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку.....	41
3.2 Розрахунок витрат на проектування та модуляцію .....	42
3.3 Висновок .....	44
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	47
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	49

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії.....	50
ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу .....	51
ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи .....	52



## ВСТУП

Велика кількість різноманітних радіопередавальних засобів призвело до того, що існуючі частотні діапазони завантажені практично повністю і розширення їх неможливо з технічних або правових причин. Проте, бездротові технології знаходять все більшого поширення в сфері обчислювальних мереж і комунікацій. Це обумовлено як підвищенням вимог різних споживачів до зручності використання наявного у них обладнання, так і новими розробками в цій галузі [3].

Крім того, при широкому використанні бездротових технологій передачі інформації дуже гостро постає питання завантаженості частотних діапазонів, виділених для тих чи інших протоколів передачі даних. Однак кількість інформації і швидкість, з якою інформація повинна передаватися на відстань зростає постійно. Тому становить інтерес підвищення пропускну здатності лінії зв'язку, без істотного розширення займаної смуги частот. Одним із способів вирішення цього завдання є використання цифрових багатоканальних систем зв'язку з кодовим поділом сигналів.

В даний час на базі цифрових систем розробляються і вже знаходять широке застосування стільникові системи зв'язку третього покоління, що використовують широкосмугові сигнали з кодовим поділом каналів. При кодовому поділі мають місце взаємні перешкоди, які є наслідком одночасної роботи абонентів в загальній смузі частот. Однак при цьому можна так вибрати параметри сигналів, що рівень взаємних перешкод буде як завгодно малим, тобто забезпечити задану стійкість.

Радикальним вирішенням проблеми подальшої еволюції стільникових систем зв'язку в даний час стало застосування нового стандарту стільникового зв'язку, заснованого на технології цифрових шумоподібних сигналів і кодового поділу каналів, в англійській транскрипції - CDMA. При CDMA - технології кожен з каналів системи повністю використовує весь

виділений частотно-часовий ресурс, оскільки радіоканали систем CDMA перекриваються як за часом, так і по частоті.

Поділ сигналів окремих каналів здійснюється за рахунок того, що кожен канал має свою піднесну частоту - адресну кодову послідовність, сформовану, зокрема, за законом однієї з 64 функцій Уолша. Інакше кажучи, сигнали різних абонентів істотно відрізняються за формою.

При такому способі поділу передана інформація забезпечується адресою, роль якої виконують виділені сигнали. Наявність адресів дозволяє реалізовувати асинхронний режим спільної роботи багатьох абонентів

# 1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Перше покоління стільникового зв'язку (1G)

Перші аналогові мережі стільникового зв'язку були введені в експлуатацію на початку вісімдесятих років двадцятого століття. За часів 1G ніхто не думав про послуги передачі даних - це були чисто аналогові системи, задумані і розроблені виключно для здійснення голосових викликів і деяких інших скромних можливостей [4]. Модеми існували, однак через те, що бездротовий зв'язок більш схильна до шумів і спотворень, ніж звичайна дротова, швидкість передачі даних була неймовірно низькою. До того ж, вартість хвилини розмови в 80-х була такою високою, що мобільний телефон міг вважатися розкішшю. Мережі першого покоління стільникового зв'язку в повній мірі виконали свою основну роль. На їх основі були відпрацьовані принципи побудови стільникових мереж, виявлені проблеми, організовані операторські компанії, розроблені принципи і нормативно-правова база взаємин операторів, навчені фахівці, і, головне, мільйони людей стали абонентами стільникових мереж і вже не уявляють собі життя без мобільного зв'язку.

У кожній країні була розроблена власна система, несумісна з іншими з точки зору обладнання та функціонування. Це призвело до того, що виникла необхідність у створенні спільної європейської системи рухомого зв'язку з високою пропускною спроможністю і зоною покриття всієї європейської території. Останнє означало, що одні й ті ж мобільні телефони могли використовуватися у всіх Європейських країнах, і що вхідні дзвінки повинні були автоматично направлятися в мобільний телефон незалежно від місцезнаходження користувача (автоматичний роумінг). Крім того, очікувалося, що єдиний Європейський ринок із загальними стандартами

приведе до здешевлення призначеного для користувача устаткування і мережевих елементів незалежно від виробника [5].

## 1.2 Друге покоління стільникового зв'язку (2G)

Недоліки аналогових мереж першого покоління 1G, пов'язані з низькою пропускною здатністю мережі і слабкою конфіденційністю розмов, підштовхнули розробників до створення мереж другого покоління 2G, заснованих на цифрових стандартах. У міру зростання популярності мобільного зв'язку розробники всерйоз зайнялися збільшенням пропускної ємності стандартів і тотальної стандартизацією по всьому світу. Уніфікація мобільних терміналів дозволяє клієнтам спокійно подорожувати по всій планеті і завжди залишатися на зв'язку завдяки автоматичному роумінгу. До початку 90-х років стало очевидно, що тільки цифрові способи передачі мови і управління мобільним зв'язком дозволять вирішити ці два завдання. Роботи зі створення загальносвітового цифрового стандарту стільникового зв'язку велися в Європі і в Америці [8]. Вперше в 1991 році були введені в комерційну експлуатацію мережі другого покоління за стандартом GSM в Фінляндії. Вони принципово відрізнялися від аналогових мереж 1G, їх функціонал був значно вище. Тепер всі розмови були захищені цифровим шифруванням, стало можливо передавати дані, починаючи з SMS і MMS. У порівнянні з мережами першого покоління 2G стали безпечнішими, так як дані тепер шифрувалися в цифровий вигляд.

З появою і розвитком Інтернету спеціально для мобільних мереж був розроблений протокол WAP. Цей протокол дозволяв здійснювати бездротовий доступ до Інтернету прямо з мобільних пристроїв.

З кожним роком зростала потреба в доступі до Інтернету через телефон. Це стало імпульсом для створення нового покоління. 2,5G - це місток між 2G і 3G. З появою 2,5G до стандартів мобільного зв'язку додалася можливість передачі пакетних даних - GPRS. Для мереж GSM

використовувалася технологія EDGE. Пакетні дані дозволила збільшити швидкість передачі інформації під час роботи мобільного пристрою з Інтернетом від 9,6 кілобіт в секунду до 384 кілобіт в секунду.

Технології GPRS і EDGE вже неможливо було назвати 2G, оскільки вони були набагато швидше другого покоління, але в той же час не досягали до третього, тому досить часто GPRS називали поколінням 2,5G, а EDGE - 2,75G [6].

### 1.3 Третє покоління стільникового зв'язку (3G)

Мережі третього покоління (3G) були реалізовані до 2002 року. 3G - загальне визначення для стандартів і технологій, які забезпечують в мережах мобільного зв'язку високу швидкість передачі даних (до 2 Мбіт / с). Мережі 3G працюють на частотах дециметрового діапазону близько 2 ГГц. На відміну від своїх попередників мережі 3G в першу чергу орієнтовані на передачу даних, і тільки потім на голосовий зв'язок [9].

При створенні систем третього покоління були поставлені наступні цілі:

- забезпечити якість передачі мови, порівнянна з якістю передачі в провідних мережах зв'язку;
- ефективно використовувати спектр частот;
- забезпечити підтримку багаторівневих стільникових структур;
- реалізувати пакетну і каналну комутацію;
- забезпечити взаємодію з системами супутникового зв'язку;
- реалізувати можливість національного і міжнародного роумінгу;
- забезпечити безпеку, порівнянну з безпекою в провідних мережах.

З огляду на світову тенденцію до глобалізації, метою для всієї індустрії телекомунікацій є створення єдиної всесвітньої середовища мобільного

зв'язку, яка підтримувала б широкосмугові системи передачі даних і забезпечувала глобальну мобільність.

Мережі третього покоління дозволяють подивитися на мобільну мережу і її функції зовсім з іншого боку. Головною особливістю і безперечною перевагою 3G є високошвидкісна передача даних. Основою мобільного зв'язку третього покоління є технологія IP, яка базується на пакетній передачі даних. Це означає, що абонент може безперервно перебувати в режимі онлайн.

За швидкістю передачі 3G загрожує скласти конкуренцію інтернет-провайдерам, забезпечивши швидкість обміну даними до 2 Мбіт / с в залежності від відстані до базової станції, швидкості пересування, місцевості і кількості активних абонентів. Нова мережа дозволяє отримати доступ до високошвидкісного Інтернету не тільки в офісі або вдома, але і в будь-якому іншому місці, де ловить мобільний телефон. При цьому клієнти 3G можуть скористатися віддаленим доступом до корпоративної мережі, що дозволяє їм бути максимально динамічними. Найбільш перспективними послугами на базі 3G вважається відеотелефонія, потокове відео, а також бізнес-послуги, в тому числі пошта і банківські сервіси. Важливим елементом послуг 3G в майбутньому стане мобільна електронна комерція, коли оплатити товари і послуги можна буде через мобільний телефон, тим самим перетворивши його у віртуальний гаманець. Також великий потенціал у онлайн-ігор і різних спільнот.

У користувачів мереж третього покоління є різні способи підключення до Інтернету: безпосередньо з мобільного телефону або через комп'ютер. Також дуже зручним є з'єднання з Інтернетом через мобільний телефон, який синхронізується з комп'ютером через Bluetooth або USB-кабель.

До позитивних особливостей мереж третього покоління можна також віднести хорошу якість зв'язку, захищеність і знижений випромінювання. Технологія стандарту 3G покриває потреби мегаполісів, так що навіть при піковому навантаженні, що часто спостерігається у великих містах, якість

зв'язку залишається на висоті. Завдяки застосуванню багаторівневого кодування забезпечується конфіденційність розмов. Крім того, великим плюсом 3G є екологічна безпека. Вважається, що у телефонів, що підтримують стандарт 3G, рівень випромінювання нижче в 4-8 разів.

#### 1.4 Четверте покоління стільникового зв'язку (4G)

На самому початку весни 2008 року Міжнародний Союз електрозв'язку прийняв рішення про старт розробки нового стандарту стільникового зв'язку - 4G. Згідно з прийнятими постановами, головною відмінністю найсучаснішого на сьогоднішній день стандарту зв'язку 4G від стандарту 3G є максимальна або пікова швидкість передачі даних [10].

Так, для знаходяться в русі мобільних пристроїв ця швидкість повинна складати в середньому 10 Мбіт / с, а для нерухомих пристроїв - 1 Гбіт / с. Для порівняння: швидкість проводного інтернету у різних провайдерів в середньому коливається в діапазоні 10-100 Мбіт / с. Неважко підрахувати, що швидкість передачі даних в стандарті 4G повинна перевищувати існуючі стандартні швидкості в 10-100 разів.

Провісником стандарту 4G став формат зв'язку LTE, який дозволяє збільшити існуючу швидкість передачі інформації приблизно в 10 разів, тобто пікова швидкість передачі даних для нерухомих пристроїв зв'язку становить 100 Мбіт / секунду. Але навіть такої швидкості цілком достатньо для якісного перегляду телепередач в режимі реального часу, а для завантаження кінофільму стандартного обсягу на мобільний пристрій може знадобитися не більше однієї-двох хвилин.

На адресу стандарту LTE лунає чимало критичних зауважень з приводу відступу від заявлених параметрів передачі інформації. Покриття мережі LTE в даний час нестабільно і багато в чому залежить від можливостей конкретного мобільного оператора. Максимальна швидкість передачі даних може досягати 100 Мбіт / с, проте в реальних умовах цей показник не

перевищує в середньому 42 Мбіт / с. Безумовно, це пристойний показник, але ось до заявлених розробниками стандарту 4G швидкостей в один Гбіт / с явно не дотягує. З цієї причини в деяких країнах світу стандарт не поспішають віднести до прогресивної 4G технології.

Очевидним мінусом стандарту LTE є низька швидкість віддачі інформації. Дану проблему можна вирішити шляхом збільшення кількості операторів стільникового зв'язку і, відповідно, наданих ними послуг.

Незважаючи на всі існуючі недоліки, стандарт LTE явно перевершує існуючі стандарти 3G і тим більше 2G по всіх параметрах. Стандарт LTE, точніше сказати, його структура, кардинальним чином відрізняється від менш технічно розвинених стандартів. Перш за все, відмінності торкнулися підсистем базових станцій і комунікаційних підсистем. Зміни торкнулися і саму технологію обміну даними між користувачем і базовою станцією. У стандарті LTE абсолютно всі типи інформації передаються в форматі своєрідних пакетів.

## 1.5 Визначення функцій Уолша

Для формування сигналів управління з високою швидкістю перемикаць і стійких до зовнішнього впливу доцільно використовувати кусково-постійні ортогональні функції. Використання таких ортогональних функцій в якості базисних обумовлено ще й тим, що з застосуванням мікропроцесорної техніки кусочно-постійні функції мають переваги перед гармонійними (синусоїдальними і косинусоїдальними).

Функції Уолша - сімейство функцій, що утворюють ортогональну систему, що приймають на всій області визначення тільки значення 1 і мінус 1. Ці функції набули широкого поширення в радіозв'язку, де з їх допомогою здійснюється кодове розділення каналів, наприклад, в таких стандартах стільникового зв'язку, як IS-95, CDMA2000 або UMTS. Система функцій



Уолша є ортонормованим базисом і, як наслідок, дозволяє розкласти сигнали довільної форми в узагальнений ряд Фур'є.

Функції Уолша відомі з 1923 року. У шістдесятих роках Хеннінг Хармут показав доцільність використання функцій Уолша в системах зв'язку і запропонував різні їх застосування [1, 12].

Існують різні способи визначення функцій Уолша. Розглянемо спосіб, заснований на взаємозв'язку функцій Уолша з функціями Радемахера.

Функції Радемахера, в свою чергу, виходять з синусоїдальних функцій за допомогою співвідношення:

$$r_k(\theta) = \text{sign}[\sin(2^k \times \pi \times \theta)], \quad 0 \leq \theta < 1 \quad (1.1)$$

де  $\theta = t/T_0$  є безрозмірний час, тобто час, нормований до довільного інтервалу  $T_0$ , а ціле позитивно число  $k$  – порядок функції. Символом  $\text{sign}$  (сігнум-функція) позначається функція:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } x > 0 \\ -1, & \text{при } x < 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

Функції Радемахера, які беруть одне з двох значень (один або мінус один), мають вигляд меандру. Перші чотири функції Радемахера зображені на рисунку 1. Функції Радемахера ортогональні і ортонормированном з одиничною ваговою функцією на інтервалі  $0 < \theta < 1$ . Дійсно, для будь-яких двох функцій  $r_m(\theta)$ ,  $r_n(\theta)$  має місце співвідношення:

$$\int_0^1 r_m(\theta) r_n(\theta) d\theta = \begin{cases} 1, & \text{при } m = n \\ -1, & \text{при } m \neq n \end{cases} \quad (1.3)$$

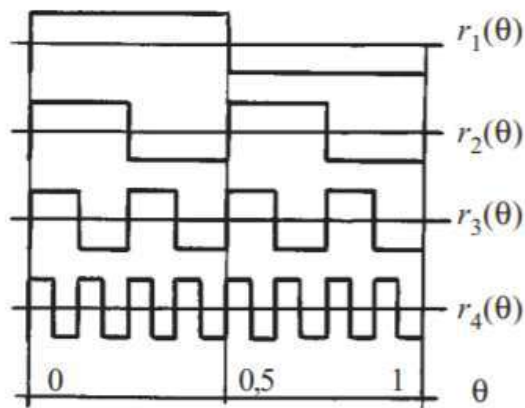


Рисунок 1.1 - Функції Радемахера

Всі функції Радемахера є непарними щодо середини інтервалу визначення і, отже, не можуть бути використані для апроксимації сигналів  $s(\theta)$ , парних щодо моменту  $\theta = 1/2$ . Іншими словами, система функцій Радемахера є неповною.

Функції Уолша (позначаються - wal, відповідно до початковою частиною прізвища Walsh - Уолш) утворюють повну ортонормовану систему і можуть бути отримані шляхом перемноження ступенів відповідних функцій Радемахера. Перші вісім функцій Уолша зображені на рисунку 1.2.

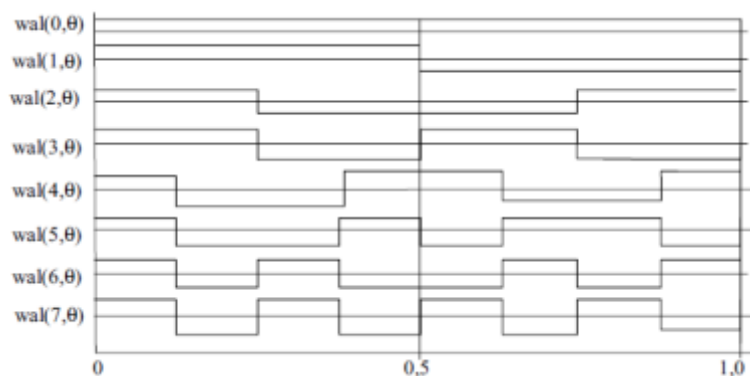


Рисунок 1.2 - Перші вісім функцій Уолша

Зіставлення цих функцій з функціями Радемахера дозволяє скласти для перших восьми функцій Уолша наступні співвідношення:

$$wal(0, \theta) = r_1^0(\theta) r_2^0(\theta), \quad (1.4)$$

$$wal(1, \theta) = r_1(\theta) r_2^0(\theta) = r_1(\theta), \quad (1.5)$$

$$wal(2, \theta) = r_1(\theta) r_2(\theta), \quad (1.6)$$

$$wal(3, \theta) = r_1^0(\theta) r_2(\theta) = r_2(\theta), \quad (1.7)$$

$$wal(4, \theta) = r_1^0(\theta) r_2(\theta) r_3(\theta) = r_2(\theta) r_3(\theta), \quad (1.8)$$

$$wal(5, \theta) = r_1(\theta) r_2(\theta) r_3(\theta), \quad (1.9)$$

$$wal(6, \theta) = r_1(\theta) r_2^0(\theta) r_3(\theta) = r_1(\theta) r_3(\theta), \quad (1.10)$$

$$wal(7, \theta) = r_1^0(\theta) r_2^0(\theta) r_3(\theta) = r_3(\theta) \quad (1.11)$$

Тому кожна функція Уолша  $wal(w, \theta)$ , що входить в систему з  $N = 2^n$  функцій, є добутком ступенів перших  $n$  функцій Радемахера. Принцип знаходження показників цих ступенів пояснюється рисунком 1.3 на прикладі  $N = 2^n = 8$ .

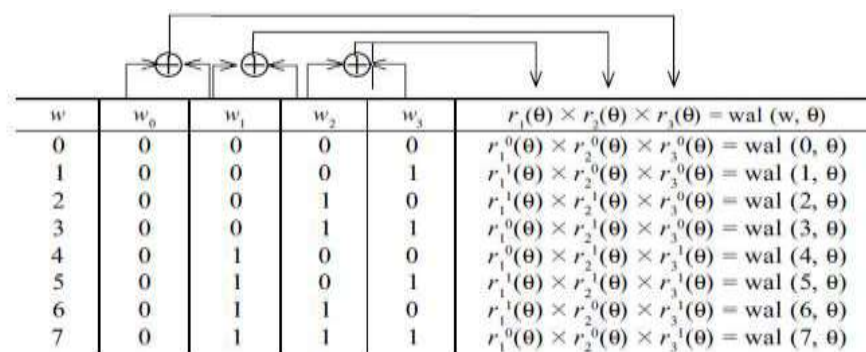


Рисунок 1.3 - Добуток ступенів перших  $n$  функцій Радемахера

де  $w$  – номер функції в системі;  $w_m$  –  $m$ -й розряд представлення числа  $w$  в двійковій системі числення,  $\oplus$  – символ розрядного підсумовування по модулю 2.

Щодо моменту функції Уолша можна розділити на парні і непарні. Вони позначаються як  $cal(k, \theta)$  і  $pal(k, \theta)$  відповідно. Ці функції аналогічні тригонометричним синусам і косинусам. Зв'язок між цими функціями виражається наступним чином:

$$cal(k, \theta) = wal(2k, \theta), \quad (1.12)$$

$$pal(k, \theta) = wal(2k - 1, \theta) \quad (1.13)$$

## 1.6 Властивості функцій Уолша

1. Кодові послідовності Уолша є ортогональними, тобто виконується рівність:

$$\sum_{n=0}^{N-1} W_i(n) W_k(n) = \begin{cases} 0, & \text{при } i \neq k \\ N, & \text{при } i = k \end{cases} \quad (1.14)$$

де  $W_i, W_k$  –  $i$ -та і  $k$ -та послідовності Уолша;  $W_i(n), W_k(n)$  – відповідні  $n$ -ні символи послідовностей.

2. Оскільки на інтервалі визначення в систему функцій Уолша входить  $N$  ортогональних функцій, то вона є повною. Це означає, що її не можна доповнити на цьому інтервалі жодної новою функцією, яка була б ортогональна одночасно до всіх інших функцій, що входять в систему.

3. Функції Уолша мають властивість мультиплікативності, тобто множення двох функцій Уолша дає нову функцію з тієї ж системи:

$$wal(k, \theta) \square wal(i, \theta) = wal(c, \theta) \quad (1.15)$$

де  $c = k \oplus i$ ,  $k$  та  $i$  повинні бути виражені в двійковому виді запису. Результат поелементного перемноження двох рядків матриці будь-якої системи функцій Уолша є рядком тієї ж матриці.

4. Функції Уолша  $wal(i, \theta)$  мають властивість симетрії, що виявляється в тому, що всі висновки щодо  $i$  (номера рядка матриці) справедливі також і щодо  $\theta$  (номера стовпчика матриці). Властивості мультиплікативності з урахуванням властивості симетрії записується у вигляді:

$$wal(k, \theta_1) \square wal(k, \theta_2) = wal(i, \theta_1 \oplus \theta_2) \quad (1.16)$$

5. Множення будь-якої функції Уолша на себе саму дає функцію нульового порядку  $wal(0, \theta)$ , так як в результаті виходять тільки добутки виду (плюс 1) • (плюс 1) і (мінус 1) • (мінус 1).

$$wal(k, \theta) \square wal(i, \theta) = wal(0, \theta) \quad (1.17)$$

6. Функція Уолша є періодичною з періодом  $N$ .

$$wal(i, \theta \pm N) = wal(0, \theta) \quad (1.18)$$

7. Ця властивість знаходить своє вираження в тому, що кожен рядок (крім нульової) матриці системи функцій Уолша містить рівну кількість 1 і мінус 1.

Послідовності Уолша мають багато спільного з тригонометричними функціями. Але, на відміну від тригонометричних функцій, послідовності Уолша дозволяють широко і просто використовувати цифрову техніку при формуванні та обробці сигналів. Якщо тригонометрическая система функцій здавна широко використовується для подання аналогових сигналів, то для подання цифрових сигналів і їх аналізу більш зручна, в силу своїх властивостей, система функцій Уолша.

### 1.7 Кореляційні властивості функцій Уолша

Кореляційні властивості систем Уолша можна визнати задовільними. Більшість автокореляційних та взаємокореляційних функцій послідовностей Уолша мають великі бічні піки. На рисунку 1.4 зображені автокореляційні функції послідовностей Уолша при обсязі системи  $N = 8$ .

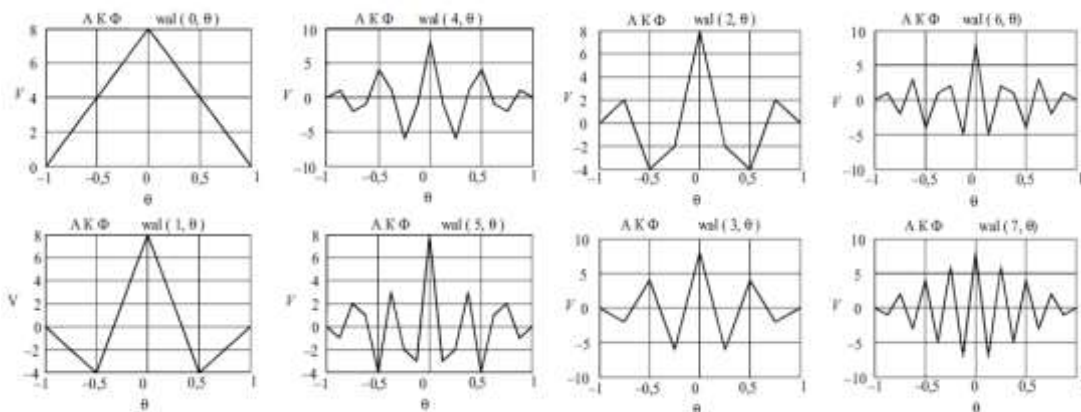


Рисунок 1.4 - Автокореляційні функції перших вісьмох послідовностей Уолша

За рисунком 1.4 визначаємо, що максимальні рівні бічних пелюсток автокореляційної функції (по модулю) складають для  $wal(1, \theta)$ ,  $wal(2, \theta)$  і  $wal(5, \theta)$  значення  $V_{max} = 4$ , для  $wal(6, \theta)$   $V_{max} = 5$ , для  $wal(3, \theta)$  і  $wal(4, \theta)$   $V_{max} = 6$ , а для функції Уолша з номером  $N-1 = 7$   $wal(7, \theta)$   $V_{max} = 7$  при значенні основного кореляційного піку  $V_0 = N = 8$ .

При будь-якому обсязі функцій Уолша  $2^Z = N$  ( $z$  – ціле число) остання функція  $wal(N-1, \theta)$  має вигляд меандру та рівень бічної пелюстки  $V_{max} = N-1$  при  $V_0 = N$ . Тому при  $N = 16$  максимальний бічний пелюсток  $V_{max} = 15$ , при  $N = 32$   $V_{max} = 31$ , а при  $N = 64$  значення  $V_{max} = 63$ .

Рівень бічних пелюсток взаємкореляційних функцій Уолша також значний, наприклад, бічний пелюсток взаємкореляційних функцій обсягом системи  $N = 8$   $wal(3, \theta)$  з  $wal(4, \theta)$  дорівнює  $V_{max} = 7$ . Таким чином, більшість автокореляційних функцій і взаємкореляційних функцій послідовностей Уолша мають великі бічні піки, що призводить до великого рівня міжканальних перешкод при використанні в якості адресних сигналів безпосередньо функцій Уолша. Однак на базі систем Уолша можна побудувати похідні системи сигналів, які володіють непоганими кореляційними властивостями.

Похідним сигналом називається сигнал, який виходить в результаті перемноження (підсумовування по модулю 2) двох сигналів. У разі фазоманіпулювання сигналів множення має здійснюватися посимвольний. Серед похідних систем особливе значення мають системи, побудовані за таким принципом. В якості основи використовується деяка система сигналів, кореляційні властивості якої не цілком задовольняють вимогам до кореляційних функцій, але має певні переваги з точки зору простоти формування і обробки. Така система називається вихідної. Потім вибирається сигнал, який має назву виробляючий, який має певні властивості. Помноживши виробляє сигнал на кожен сигнал вихідної системи, виходить похідна система. Виробляючий сигнал вибирають таким чином, щоб похідна система була дійсно краще вихідної, тобто щоб вона володіла хорошими кореляційними властивостями, у якій АКФ має мінімальні бічні піки.

## 1.8 Застосування функцій Уолша

Численні дослідження функцій Уолша і пов'язаних з ними теоретичних і практичних питань, зокрема, завдання ефективного їх формування, обумовлені широким спектром областей застосування зазначених функцій.

Функції Уолша використовуються в спектральній обробці сигналів, при побудові спеціалізованих обчислювальних пристроїв для кодування і стиску аудіо- і відео- даних, в багатоканальних системах тестування і діагностування цифрових пристроїв і логічних структур великої ступені інтеграції.

Застосування зазначених функцій як ортогональних несучих в багатоканальних системах зв'язку і передачі даних забезпечує переваги кодованого поділу сигналів в системах цифрового стільникового зв'язку третього і четвертого покоління над частотним і тимчасовим поділом.

## 1.9 Постановка задачі

1. Спроекувати генератор функцій Уолша.
2. Виконати дослідження та аналіз розробленої схеми з іншими існуючими схемами реалізації.
3. Обрати програму для реалізації імітаційної моделі пристрою.
4. Виконати розробку схеми у обраному середовищі програмування.
5. Зробити висновок щодо переваги запропонованої схеми у системі мобільного зв'язку.
6. Виконати розрахунки щодо економічності виконання проектування.



## 1.10 Висновки

У першому розділі кваліфікаційної роботи проводиться огляд поколінь стільникового зв'язку, їх особливості, переваги та недоліки, наводиться основна причина для введення ортогональних функцій в мережі мобільного зв'язку, дається визначення функцій Уолша, їх властивості та застосування у сферах обробки та обчислення, виконано постановку задачі.



розробленого пристрою (безпеки передачі інформації, завадостійкості каналних сигналів, швидкості передачі даних).

Генератор функцій Уолша (рис. 2.1) містить:

- лічильник 1,
- логічну схему «І» 2,
- суматор 3 по модулю два,
- тригер 4,
- логічні схеми «І» 5 та 6,
- логічну схему «АБО» 7,
- регістр 8,
- перший формувач 9 випадкової послідовності імпульсів,
- логічні схеми «І» 10 та 11,
- реверсивний лічильник 12,
- логічну схему «АБО» 13,
- джерело 14 негативної напруги,
- інтегратор 15,
- блок 16 порівняння,
- другий формувач 17 випадкової послідовності імпульсів,
- аналоговий суматор 18,
- блок 19 пам'яті.

### 2.1.1 Принцип дії розробленої схеми

Лічильники 1, 12, тригер 4, інтегратор 15, аналоговий суматор 18 обнулені, тобто перебувають в початковому положенні, регістр 8 і блок 19 пам'яті в момент включення встановлюються в випадкові положення.

Тактові імпульси починають надходити на вхід другого формувача 17 випадкової послідовності імпульсів. Джерело 14 негативного напруги формує негативне напруга, що надходить на інформаційний вхід аналогового інтегратора 15. Аналогові інтегратори будуються на основі інвертуючого

включення. В результаті фаза вихідного сигналу зрушена на 180 градусів щодо фази вхідного сигналу, тобто при надходженні на вхід аналогового інтегратора 15 негативного напруги на його виході формується позитивний лінійно наростаюче напруження, яке надходить на перший вхід блоку 16 порівняння, на другий вхід якого подається постійна напруга з виходу блоку 19 пам'яті, значення якого є випадковим, оскільки в момент включення блок пам'яті встановився в випадкове положення. Блок 16 порівняння порівнює обидва напруги, що надходять на його два входи, і формує на своєму виході імпульс, коли напруги виявляються однаковими.

Імпульси з виходу блоку 16 порівняння надходять на тактовий вхід лічильника 1, на вхід першого формувача 9 випадкової послідовності імпульсів і на вхід установки в початковий стан інтегратора 15. В результаті на виході інтегратора 15 формується пилкоподібна напруга. Амплітуда і тривалість зубців цієї пилки пропорційні напрузі на виході блоку 19 пам'яті, отже, частота проходження імпульсів на виході блоку 16 порівняння також пропорційна цій напрузі.

Таким чином, значення напруги на виході блоку 19 пам'яті визначає випадкову тривалість елементів функцій Уолша, а значить, і тривалість кожної функції Уолша, що формується на виході генератора.

Під впливом імпульсів, що надходять з виходу блоку 16 порівняння на рахунковий вхід лічильника 1, на розрядних виходах лічильника формується функції Радемахера, які через групи елементів "І" 2 відповідно до кодом номера функції Уолша, що знаходяться в регістрі 8, надходять на входи суматора 3 по модулю два. Функція Уолша, сформована на виході суматора 3, через відкритий елемент "І" 6 видається на вихід генератора.

Випадкові імпульси надходять від формувача 9 на закритий елемент І 5 і через відкритий елемент І 10 на суммируючий вхід реверсивного лічильника 12. Після заповнення лічильника 1 сигнал з його виходу через елемент "АБО" 7 перекидає тригер 4, закриваючи вихід генератора елементом "І" 6 і суммируючий вхід лічильника 12, і відкриває елементи "І"

5 і 11. Сигнал з виходу лічильника 1 надходить також на установчі входи аналогового суматора 18 і блоку 19 пам'яті. Таким чином, до моменту перемикання триггера на вихід генератора видається функція Уолша з номером, заданим кодом на регістрі 8, і тривалістю, визначеною значенням напруги на виході блоку 19 пам'яті, на лічильнику 12 сформований код, що визначає тривалість подальшої за виданої функцією паузи. Після перемикання триггера 4 випадкові імпульси починають надходити на послідовний вхід регістра 8, формуючи до моменту наступного перемикання триггера 4 випадковий номер чергової функції Уолша. Тактові імпульси починають зменшувати вміст реверсивного лічильника 12, і в момент обнулення лічильника 12 через елементи "АБО" 13 і 7 скидається лічильник 1 і перекидається тригер 4. На цьому пауза випадкової тривалості закінчується і починається видача наступної функції Уолша з номером, визначеним кодом регістра 8.

Випадкова тривалість цієї функції Уолша задається наступним чином. Протягом часу формування попередньої функції Уолша на вхід формувача 17 надходять тактові імпульси з тактового входу генератора. Випадкові імпульси з виходу формувача 17 надходять на підсумовуючий вхід аналогового суматора 18. З виходу суматора 18 випадкове напруження, що визначається кількістю надійшовших імпульсів, подається на інформаційний вхід блоку 19 пам'яті. У момент надходження імпульсу переповнення на установчі входи аналогового суматора 18 і блоку 19 пам'яті в блоці 19 запам'ятовується значення напруги, що надходить на його інформаційний вхід, а суматор 18 обнуляється. Випадкове напруження з виходу блоку 19 пам'яті надходить на другий вхід блоку 16 порівняння, причому значення цієї напруги визначає випадкову тривалість функції Уолша, що формується після паузи.

2.1.2 Переваги розробленої схеми у порівнянні з іншими реалізаціями схем

Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонованого винаходу є генератор функцій Уолша, що містить задає генератор, регістр зсуву, регістр номера функції, логічний елемент "НЕ", логічний елемент "І" і тригер, причому вихід регістра номера функції підключений до паралельного інформаційного входу регістра зсуву, вихід генератора, що задає підключений до тактовому входу регістра зсуву і до входу логічного елемента "НЕ", вихід логічного елемента "НЕ" і послідовний вихід регістра зсуву через логічний елемент "І" підключені до лічильного входу тригера. Однак у цієї схеми є недолік: цей генератор володіє істотною складністю, обумовленої великим числом розрядів в використовуваному регістрі зсуву, оскільки кожен розряд регістра зсуву являє собою тригер.

Перевага розробленої схеми генератора полягає у тому, що генератор функцій Уолша володіє більш широкими функціональними можливостями, так як в ньому генеруються функції Уолша послідовно один за одним з випадковим номером, випадкової паузою між функціями і з випадковою тривалістю генеруються функції Уолша, що дозволяє використовувати пропонований стохастический генератор функцій Уолша в стохастичних перетворювачах інформації, в пристроях стохастичною обчислювальної техніки для ефективного вирішення завдань імовірнісного моделювання і обробки даних. Також стохастический генератор функцій Уолша може працювати в режимах формування функцій Уолша в порядку зростання їх номерів в системі упорядкування по Уолшу-Адамару і послідовності функцій Уолша з випадковим зміною їх номеру в системі упорядкування по Уолшу-Адамару.

## 2.2 Вибір програми при розробці схеми генераторів функцій Уолша

У якості програми, у якій буде розроблено схему генератора функцій Уолша, було обрано мова програмування MATLAB.

MATLAB - це високорівнева мова технічних розрахунків, інтерактивне середовище розробки алгоритмів і сучасний інструмент аналізу даних. MATLAB в порівнянні з традиційними мовами програмування дозволяє на порядок скоротити час вирішення типових завдань і значно спрощує розробку нових алгоритмів. Ця мова програмування являє собою основу всього сімейства продуктів MathWorks і є головним інструментом для вирішення широкого спектра наукових і прикладних задач, в таких областях як: моделювання об'єктів і розробка систем управління, проектування комунікаційних систем, обробка сигналів і зображень, вимірювання сигналів і тестування, фінансове моделювання, обчислювальна біологія та інші [11].

MATLAB є високорівневою мовою програмування, що включає засновані на матрицях структури даних, широкий спектр функцій, інтегроване середовище розробки, об'єктно-орієнтовані можливості і інтерфейси до програм, написаних на інших мовах програмування.

### 2.2.1 Ключові особливості

- Платформонезалежна високорівнева мова програмування, орієнтована на матричні обчислення і розробку алгоритмів.
- Інтерактивне середовище для розробки коду, управління файлами і даними.
- Функції лінійної алгебри, статистики, аналіз Фур'є, рішення диференціальних рівнянь та інше.
- Вбудовані засоби розробки користувальницького інтерфейсу для створення закінчених додатків на MATLAB.
- Засоби інтеграції з мовами програмування C / C ++.

Отримавши доступ до багатих можливостей моделювання та обчислень середовища MATLAB і Simulink, студенти вирішують завдання з реальної практики і розвивають навички програмування. Студенти експериментують з алгоритмами, моделями і даними, пробують різні сценарії. Це програмне забезпечення є стандартом для досліджень, аналізу та моделювання в різних галузях промисловості.

### 2.2.2 Моделювання схеми у середовищі MATLAB / Simulink

Необхідні для проектування розробленої схеми генератора вузли в середовищі MATLAB / Simulink приведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Список вузлів, необхідних при проектуванні схеми

Елемент розробленої схеми генератора	Назва елемента в середовищі MATLAB / Simulink
Генератор несучої частоти	Sine Wave
Перемножувач	Product
Фільтр низьких частот	Analog Filter Design
Осцилограф	Scope
Генератор періодичного сигналу по заданому періоду дискретизації	Repeating Sequence Stair
Блок порівняння вхідного сигналу з заданою константою	Compare To Constant
Суматор	Add

Імітаційна модель пристрою зображена на рисунку 2.2.



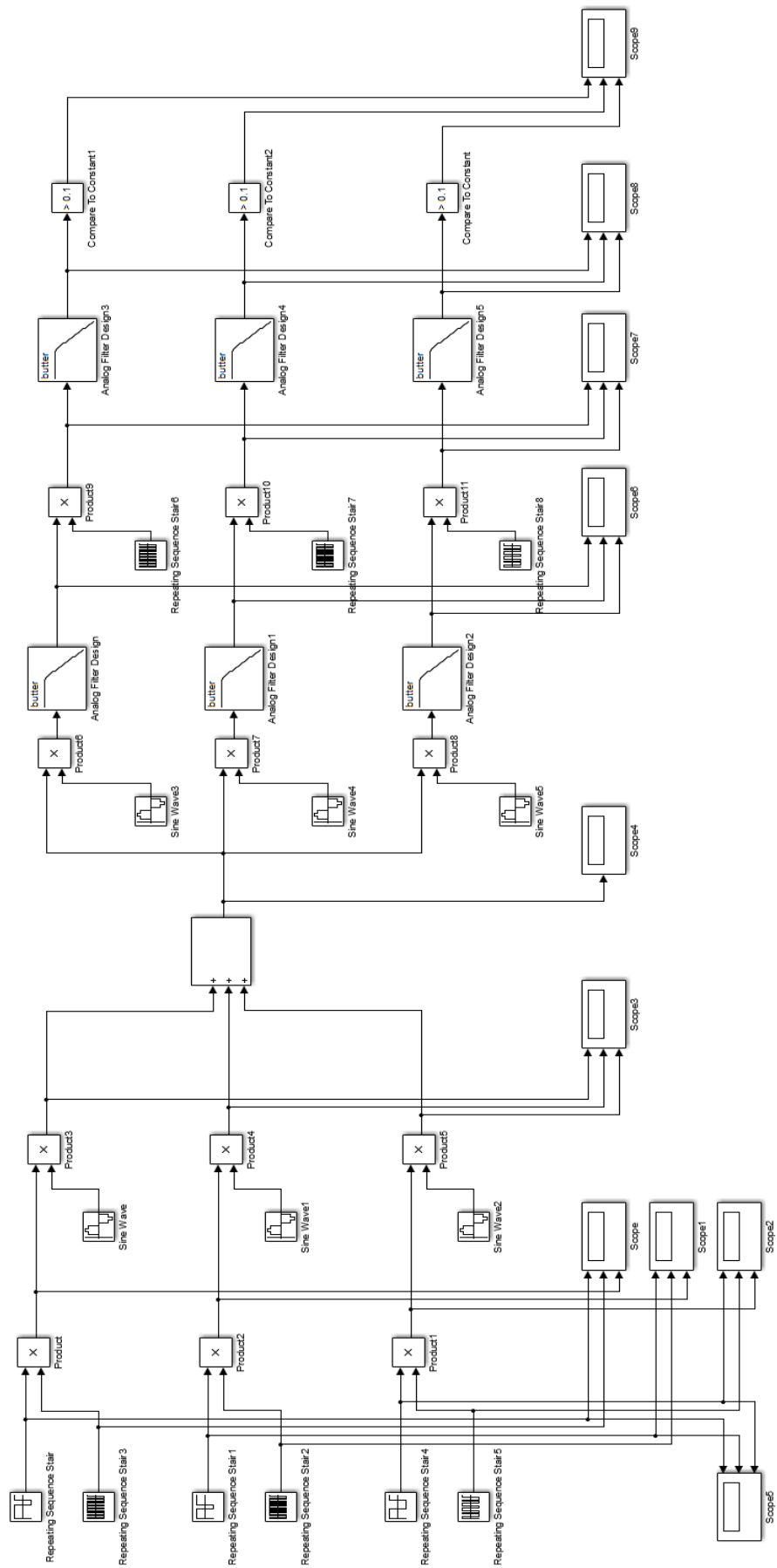


Рисунок 2.2 – Імітаційна модель генератора функцій Уолша

Тривалість інформаційного біта складає 0.5 мс. Змодельовані вхідні сигнали виглядають наступним чином (рис.2.3):

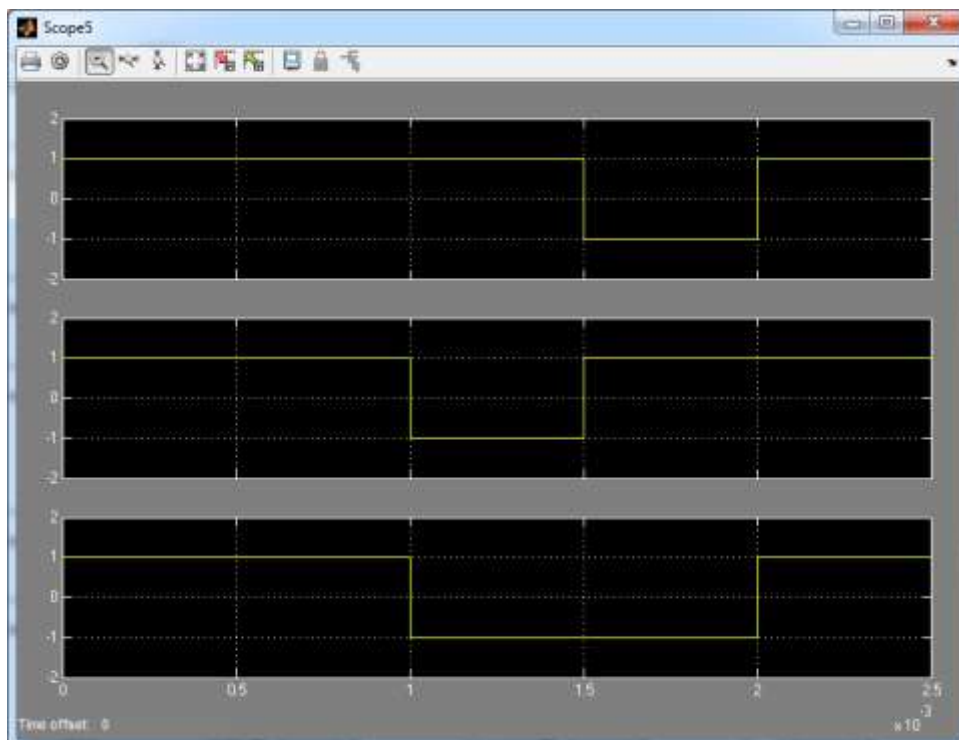
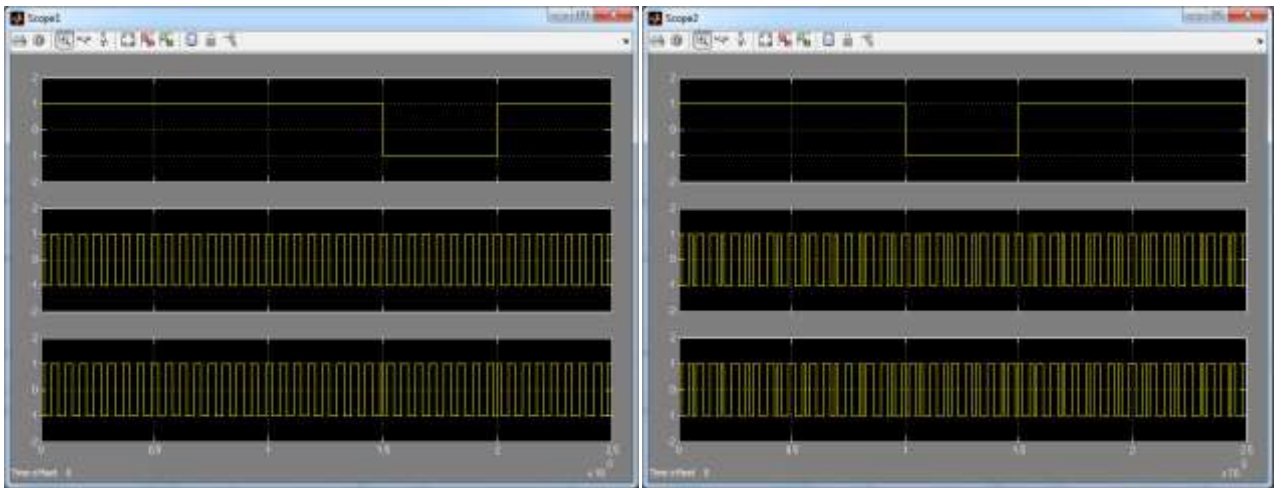


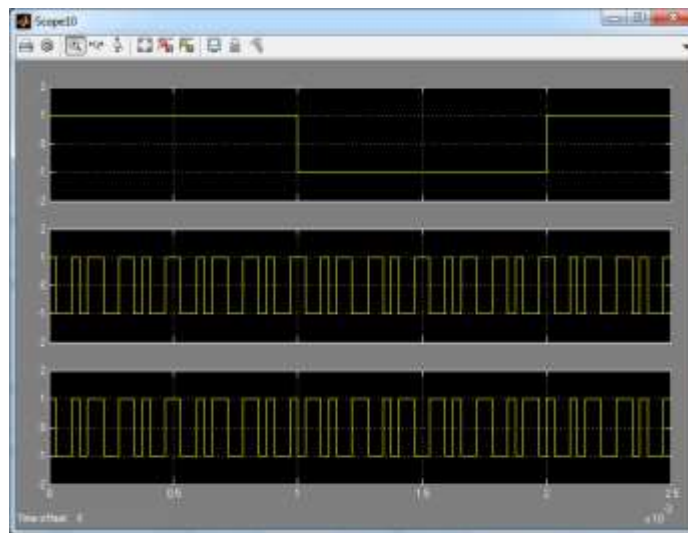
Рисунок 2.3 – Вхідні сигнали

Модулюючи та кодуєчи вхідні сигнали кодами Уолша з випадковим номером, випадкової паузою між функціями і з випадковою тривалістю, отримаємо наступне (рис 2.4):



а

б



в

Рисунок 2.4 – Вхідні сигнали для: а) першого каналу; б) другого каналу; в) третього каналу

Далі для передачі сигналу по лінії зв'язку застосуємо модуляцію високочастотного несучого коливання інформаційним сигналом. Модуляцією називається процес зміни одного або декількох параметрів несучого високочастотного коливання відповідно до зміни параметрів сигналу, що передається. Для цього для всіх трьох сигналів несуча частота

встановлюється однаковою і рівною 500 кГц. На рисунку 2.5 зображено результат виконаної модуляції.



Рисунок 2.5 – Промодульовані сигнали

Далі сигнали складаються та поступають до лінії зв'язку (рис. 2.6).

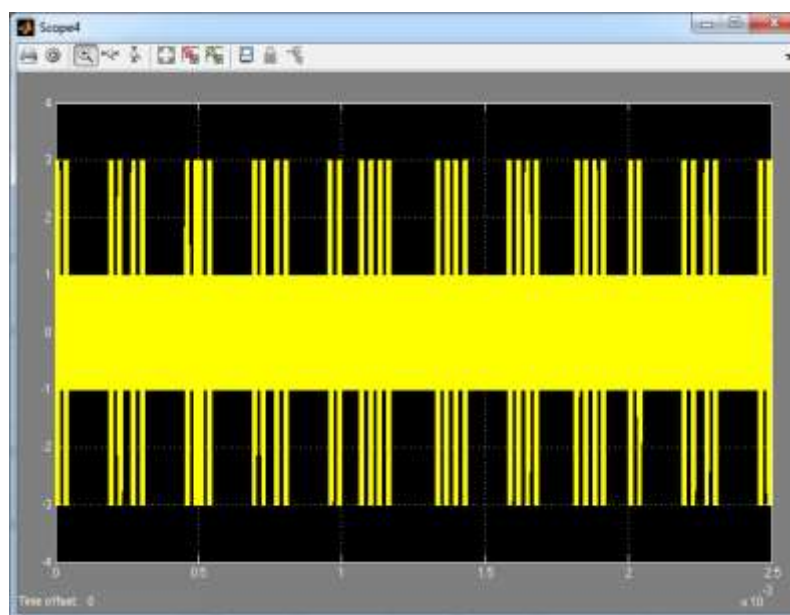


Рисунок 2.6 – Складання у груповий сигнал

Для того, щоб виділити низькочастотну складову, на приймальній стороні груповий сигнал множиться на коливання з частотою несучої. За допомогою фільтрів низьких частот виділяється огинаюча групового сигналу. ФНЧ налаштовані на верхню частоту 150 кГц для більш якісного виділення огинаючої сигналу (рис.2.7).

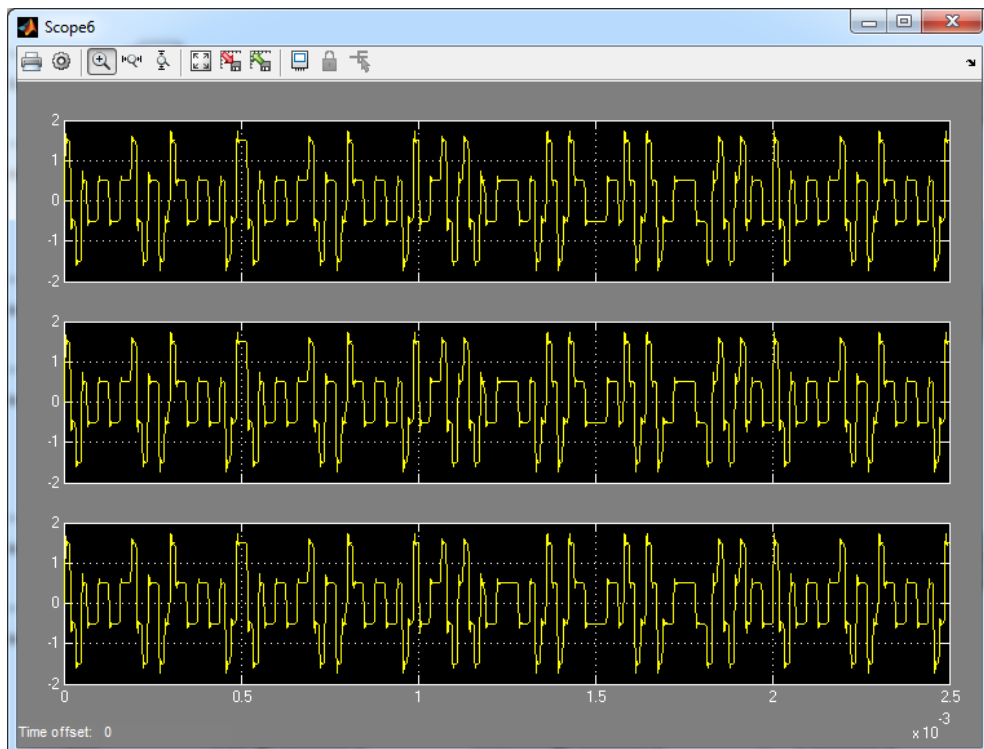


Рисунок 2.7 – Низькочастотний груповий сигнал

На наступному етапі необхідно виділити з групового сигналу каналні. Ця операція виконується за допомогою кореляторів та перемножника. Груповий сигнал множиться на послідовність Уолша, унікальну для кожного каналу. Результатом є каналні сигнали, зображені на рисунку 2.8.

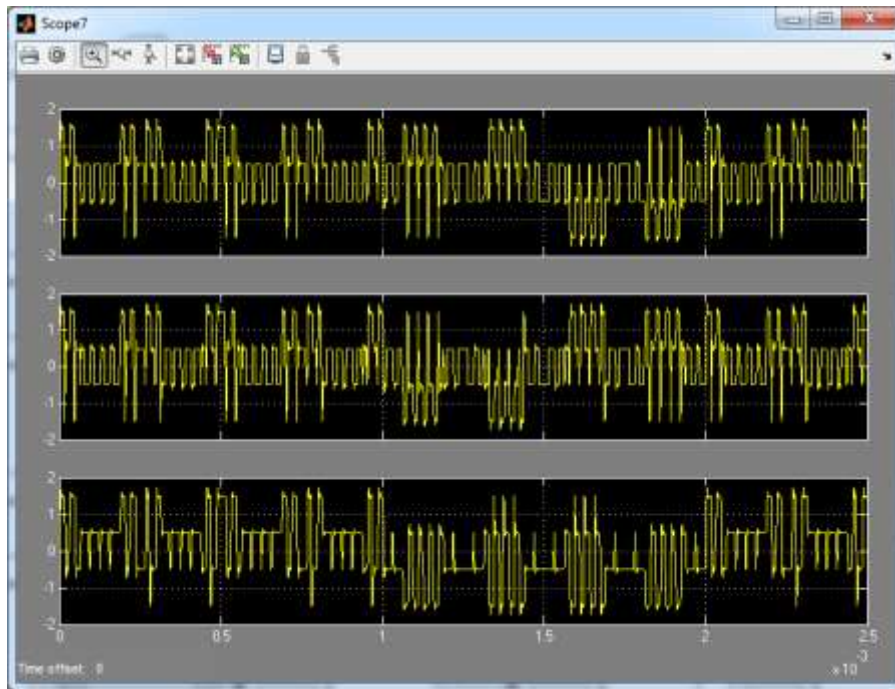


Рисунок 2.8 – Канальні сигнали на приймальній стороні

Далі для виділення з канальних сигналів інформаційних послідовностей за допомогою ФНЧ знаходимо огинаючу канальних сигналів. ФНЧ налаштовані на верхню частоту 2 кГц, що дозволить отримати найбільш задовільні результати (рис.2.9).

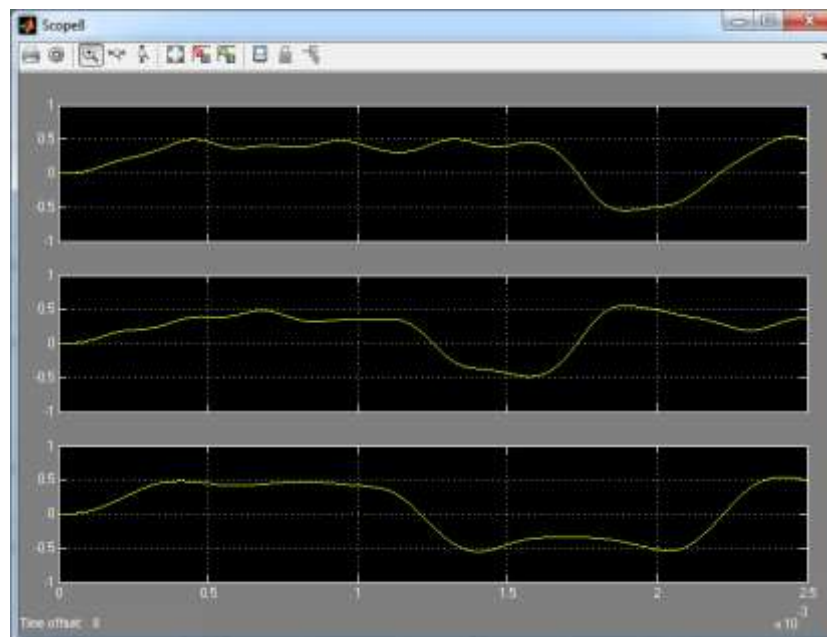


Рисунок 2.9 – Інформаційні сигнали на приймальній стороні

Для відновлення форми сигналів скористаємося блоками порівняння вхідних сигналів із заданою константою і отримаємо (рис.2.10):

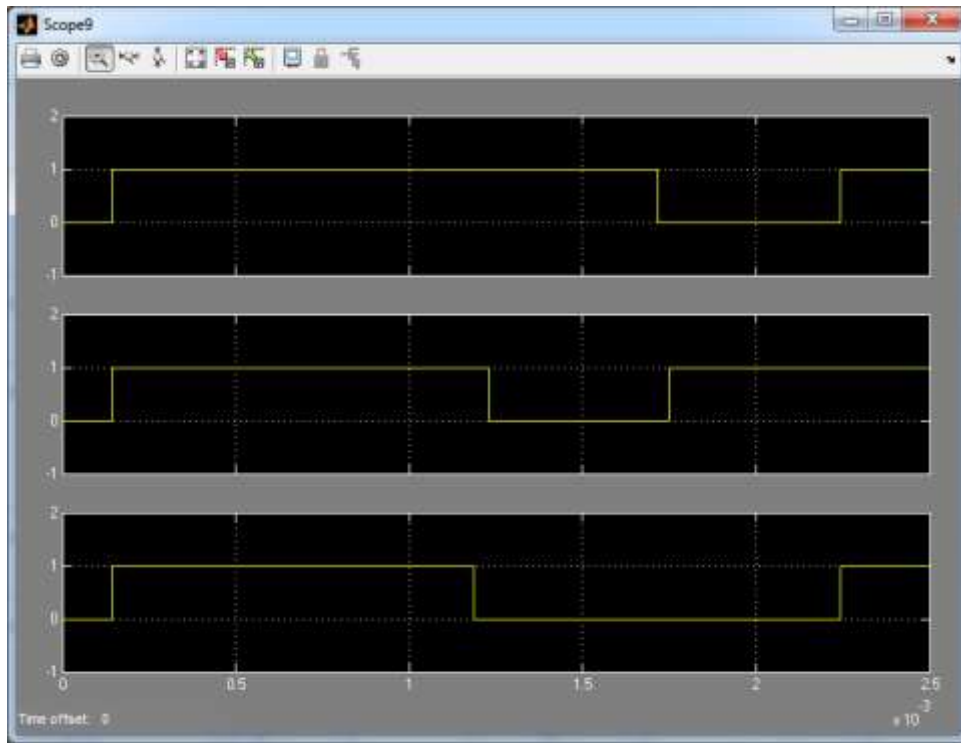


Рисунок 2.10 – Передані інформаційні сигнали

### 2.3 Висновки

У другому розділі приведено детальну структурну схему й опис роботи елементів спроектованого генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку. Перевагою запропонованої схеми генератора є те, що пристрій володіє більш широкими функціональними можливостями, так як в ньому генеруються функції Уолша послідовно один за одним з випадковим номером, випадковою паузою між функціями і з випадковою тривалістю генерованих функцій Уолша, що за допомогою фазової маніпуляції можна отримати сигнали з оптимальною АКФ і ВКФ, а також передавати сигнал на необхідній для цього частоті. Також розроблений пристрій може бути використано в апаратурі стиснення інформації в телебаченні,

багатоканального зв'язку, телеметрії для подання в базисі Уолша різних повідомлень і сигналів [13].

Розробка схеми в середовищі MATLAB/Simulink підтвердила коректність функціонування запропонованої структури, зокрема, кодування сигналу кодами Уолша, виділення з групових сигналів каналних, відновлення форми сигналів дозволяють забезпечити простоту використання і обслуговування вузлів, елементів і пристроїв базових станцій за рахунок поліпшення кореляційних властивостей сигналів, зниження ймовірності встановлення помилкової синхронізації.



### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Визначення та розрахунок трудомісткості проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку

Трудомісткість продукції – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво будь-якої споживчої вартості або на виконання конкретної технологічної операції. Трудомісткість визначає ефективність використання одного з головних виробничих ресурсів – робочої сили. Цей показник розраховується за формулою 3.1:

$$t = t_{по} + t_{дрс} + t_{дае} + t_{пр} + t_{мод} + t_{оф} \quad (3.1)$$

де  $t_{по}$  – витрати часу на підготовку і опис поставленого завдання;

$t_{дрс}$  – витрати часу на дослідження інформації про інші реалізації схем генераторів;

$t_{дае}$  – витрати часу на дослідження та аналіз елементів розробленої схеми генератора;

$t_{пр}$  – витрати часу на проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку;

$t_{мод}$  – витрати часу на моделювання розробленої схеми в середовищі MATLAB / Simulink;

$t_{оф}$  – витрати часу на оформлення дипломної роботи.

У таблиці 3.1 наведені дані щодо тривалості робочих процесів, що мали місце при проектуванні схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку.

Таблиця 3.1 – Тривалість робочих процесів

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
Витрати часу на підготовку і опис поставленого завдання ( $t_{по}$ )	5

### Продовження таблиці 3.1

Витрати часу на дослідження інформації про інші реалізації схем генераторів (тдрс)	40
Витрати часу на дослідження та аналіз елементів розробленої схеми генератора (тдае)	40
Витрати часу на проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку (тпр)	45
Витрати часу на моделювання розробленої схеми в середовищі MATLAB / Simulink (тмод)	50
Витрати часу на оформлення дипломної роботи (тоф)	15

Тому загальна трудомісткість становить:

$$t = 5 + 40 + 40 + 45 + 50 + 15 = 195 \text{ годин}$$

### 3.2 Розрахунок витрат на проектування та модуляцію

Витрати на проектування та моделювання схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку включають витрати на заробітну плату інженера телекомунікацій і вартість машинного часу.

Заробітна плата – грошове вираження вартості та ціни робочої сили, яка виступає в ролі заробітку, виплаченого власником підприємства працівнику за виконану роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Заробітна плата виконавців розраховується за формулою 3.2:

$$ЗП = t \times C \quad (3.2)$$

де  $t$  – загальна трудомісткість проектування, год;

$C$  – середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/год.

Середня заробітна плата інженера телекомунікацій у місті Дніпро станом на початок 2019 р. складає 9000 грн. Річний фонд заробітної плати складає:

$$\Phi p = 3Пср \times 12 \quad (3.3)$$

$$\Phi p = 9000 \times 12 = 108000 \text{ грн}$$

Єдиний соціальний внесок складає 36%, тому:

$$ЄСВ = 36\% \times \Phi p \quad (3.4)$$

$$ЄСВ = 36\% \times 108000 = 38880 \text{ грн}$$

Визначимо номінальний річний фонд робочого часу:

$$F_{\text{н}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{св}} - T_{\text{вих}} - T_{\text{від}}) t_{\text{р}} \quad (3.5)$$

де  $T_{\text{к}}$  – кількість календарних днів у році, днів;

$T_{\text{св}}$  – кількість святкових днів у році, днів;

$T_{\text{вих}}$  – кількість вихідних днів у році, днів;

$T_{\text{від}}$  – календарна тривалість відпустки, днів;

$t_{\text{р}}$  – середня тривалість робочого дня, год.

Отже, річний фонд часу за формулою 3.3 складає:

$$F_{\text{рч}} = (365 - 11 - 104 - 25) 8 = 1800 \text{ годин}$$

Середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій визначається співвідношенням 3.6:

$$Сгзп = \Phi ЗПсв / F_{\text{рч}}, \text{ грн/год}, \quad (3.6)$$

де  $\Phi ЗПсв$  – річний фонд заробітної плати з урахуванням єдиного соціального внеску;

$F_{\text{рч}}$  – річний фонд робочого часу.

Середня заробітна плата інженера телекомунікацій за годину за формулою 3.4 дорівнює:

$$Сгзп = 146880 / 1800 = 81,6 \text{ грн/год}$$

Отже, витрати на оплату праці розробника складають:

$$ЗП = 195 \times 81,6 = 15912 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідного для розробки на ЕОМ включає витрати на програмне та апаратне забезпечення і витрати за електроенергію, здійснюється по формулі 3.7:

$$Змч = Собл + Сел \quad (3.7)$$

де Собл – витрати на обладнання, грн;

Сел – витрати на електроенергію, грн.

Для розрахунку вартості машино-часу необхідно знати вартість ЕОМ та ПЗ на момент їх придбання і введення в експлуатацію, і вартість споживаної електроенергії. Вартість персонального комп'ютеру Asus X556U складає 13700 грн, програмного забезпечення Matlab 6.5 – 5000 грн, разом – 18700 грн.

Витрати на електроенергію залежать від часу роботи на ЕОМ та собівартості машино-години роботи ЕОМ і розраховується за формулою:

$$Сел = Смч \times t, \quad (3.8)$$

$$Смч = W \times Цел \quad (3.9)$$

Де  $W$  – потужність ЕОМ,  $W = 0,5$  кВт/год.

Цел – вартість 1 кВт · год електроенергії. Станом на 1.02.19 за обсяг, спожитий понад 150 кВт · год до 600 кВт · год електроенергії на місяць (включно) складає 1,83 грн.

$$Сел = 0,5 \times 1,83 \times 195 = 178,43 \text{ грн}$$

Отже, витрати на проектування та моделювання схеми генератора функцій Уолша складають:

$$Врм = 15912 + 18700 + 178,43 = 34790,43 \text{ грн}$$

### 3.3 Висновок

У третьому розділі кваліфікаційної роботи розраховано трудомісткість проектування та моделювання схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку (195 годин), заробітна плата інженера телекомунікацій у місті Дніпро з урахуванням єдиного соціального внеску та кількості

відпрацьованого часу, яка становить 15912 грн, загальні капітальні витрати на проектування схеми генератора функцій Уолша в системі мобільного зв'язку, які становлять 34790,43 грн.

## ВИСНОВКИ

1. В результаті детального аналізу встановлено, що послідовності Уолша мають багато спільного з тригонометричними функціями. Але, на відміну від тригонометричних функцій, послідовності Уолша дозволяють широко і просто використовувати цифрову техніку при формуванні та обробці сигналів. Якщо тригонометрическая система функцій здавна широко використовується для подання аналогових сигналів, то для подання цифрових сигналів і їх аналізу більш зручна, в силу своїх властивостей, система функцій Уолша.

2. Перевага розробленої схеми генератора полягає у тому, що генератор функцій Уолша володіє більш широкими функціональними можливостями, так як в ньому генеруються функції Уолша послідовно один за одним з випадковим номером, випадковою паузою між функціями і з випадковою тривалістю генеруються функції Уолша, що дозволяє використовувати запропонований стохастический генератор функцій Уолша в стохастичних перетворювачах інформації, в пристроях стохастичною обчислювальної техніки для ефективного вирішення завдань імовірнісного моделювання і обробки даних.

3. Розробка схеми в середовищі MATLAB/Simulink підтвердила коректність функціонування запропонованої структури, зокрема, кодування сигналу кодами Уолша, виділення з групових сигналів каналних, відновлення форми сигналів дозволяють забезпечити простоту використання і обслуговування вузлів, елементів і пристроїв базових станцій за рахунок поліпшення кореляційних властивостей сигналів, зниження ймовірності встановлення помилкової синхронізації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Никитин Г.И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов. – Санкт - Петербург: СПбГУАП, 2003. – 86 с.
2. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука, 1989. – 496 с.
3. Исследование многопользовательских систем связи с ортогональным разделением сигналов на основе функций Уолша. (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://tekhnosfera.com/issledovanie-mnogopolzovatelskih-sistem-svyazi-s-ortogonalnym-razdeleniem-signalov-na-osnove-funktsiy-uolsha#ixzz5rHe3ZVdX>
4. Что такое 1G, 2G, 3G, 4G и все что между ними / Хабр. (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://habr.com/ru/post/112535/>
5. Что такое поколение сетей сотовой связи? (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://1234g.ru/1g/chto-takoe-pokolenie-setej-sotovoj-svyazi>
6. Что такое мобильные сети 1G, 2G, 3G...? – Все запчасти. (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://all-spares.ua/ru/articles-and-video/what-are-1g-2g-3g-etc.-mobile-networks.html>
7. Генератор функций Уолша – Формирователь сигнала мобильной станции системы с кодовым разделением каналов. (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: [https://studbooks.net/2332064/tehnika/generator\\_funktsiy\\_uolsha](https://studbooks.net/2332064/tehnika/generator_funktsiy_uolsha)
8. Стандарты сотовой связи второго поколения 2G (GSM). (Электрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: [https://www.mobi-city.ru/articlereview/standarty\\_svyazi\\_2g](https://www.mobi-city.ru/articlereview/standarty_svyazi_2g)

9. 3G — новое поколение сетей | Hostinfo. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://hostinfo.ru/articles/media/rubric133/1298/>
10. Стандарт 4G (LTE) – краткое описание поколения мобильной связи. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://feetch.com/4g-LTE.html>
11. Matlab - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений - установка и настройка. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://pro-spo.ru/information-required-to-install/1053-matlab>
12. Голубов Б.И., Ефимов А.В., Скворцов В.А. Ряды и преобразования Уолша. – М.: Наука, 1987. – 344 с.
13. Методичні рекомендації до виконання дипломних робіт (проектів) бакалаврів та магістрів спеціальностей 125 Кібербезпека, 172 Телекомунікації та радіотехніка / Упоряд.: О.Ю. Гусев, О.В. Герасіна, О.М. Алексеев, О.В. Кручинін. – Дніпро: НГУ, 2018. – 50 с.
14. Ахмед Н., Рао К. Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. М.: Связь, 1980. 248 с.
15. Ен. К. Функции Уолша и код Грея. – М.: Зарубежная радиоэлектроника, 1972. – С. 27–32.



## ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	15	
6	A4	Спеціальна частина	15	
7	A4	Економічний розділ	5	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

## ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

1 Презентація.ppt

2 Пояснювальна записка.doc



ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи

**В І Д Г У К**

**на кваліфікаційну роботу студента групи ТКІт-15-1 Скорченко А.С.**

**на тему: «Розробка схеми генератора функцій Уолша в системі  
мобільного зв'язку»**

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 54 сторінках.

Мета кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки вона направлена на поліпшення основних параметрів генератора функцій Уолша, а саме: безпеки передачі інформації, завадостійкості, швидкості передачі даних.

Автор продемонстрував добрий рівень теоретичних знань і практичних навичок. На основі аналізу існуючих схем генераторів було сформульовано задачі, вирішенню яких присвячений спеціальний розділ. У ньому було розроблено схему генератора функцій Уолша і оцінено його ефективність.

В економічному розділі розраховані трудомісткість проектування розробленого пристрою, заробітна плата інженера телекомунікацій, капітальні витрати.

До недоліків роботи слід віднести недостатню проробку окремих питань.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам «Положення про систему виявлення та запобігання плагіату».

В цілому робота задовольняє усім вимогам, а її автор Скорченко А.С. заслуговує на оцінку «задовільно» та присвоєння кваліфікації «фахівець з телекомунікаційної інженерії» за напрямом 6.050903 – телекомунікації.

**Керівник спеціальної частини,  
асистент кафедри БІТ**

**Ю.П. Рибальченко**

**Керівник роботи,  
к.ф.-м.н., проф. кафедри БІТ**

**О.Ю. Гусєв**