Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІІІЕ ФІЕТ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Радіотехніка та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

Магістр
(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Моделювання каналу зв'язку за допомогою метода MSK

Виконав: студент VI курсу, групи РТ-913м
спеціальності (напряму підготовки)
Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)
Інформаційні мережі зв'язку

Хижняк М.С
(прізвище та ініціали)

Керівник Чорнобородов М.П
(прізвище та ініціали)

Рецензент Карпуков Л.М
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ІІРЕ ФРЕТ

Кафедра Радіотехніки і телекомунікацій

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Магістр

Спеціальність Телекомунікації та радіотехніки
(код і назва)

Напрям підготовки Інформаційні мережі зв'язку
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри к.т.н.доц

Морщавка С.В.

"15" грудня 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хижняку Микиті Станіславовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1.Темароботи Моделювання каналу зв'язку за допомогою методу MSK.

керівник роботи К.Т.Н доц Чорнобородов Михайло Петрович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "31" жовтня 2018 року № 304

2.Строк подання студентом роботи 15.12.2018

3. Вихідні дані до роботи sr[кбіт/с] - шв-ть передачі символів; br[кбіт/с] - шв-ть передачі інф-х бітів; ml = кількість бітів, що передаються за 1 символ; nd - кільк перед-х символів, для яких буде проводитись розр-к ймовірності помилкового прийому; Eb/No - відношення сигн/шум; IPOINT - порядок переуспор

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз алгоритмів методу MSK.

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

Презентація PowerPoint 18 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
I-II	Чорнобородов М.П., доц.	03.09.18	13.12.18
Економ. р.	Кругліков В.В., доцент, к.т.н.	24.09.18	3.12.18
Охор. праці	Коробко О.В.	11.10.18	25.10.18
Норм. контр.	Мазуз Т.В.		

7.Датавидачізавдання 03.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	1 тиждень	
2	Аналіз методу моделювання	1 тиждень	
3	Створення моделюючого програмного поду	3 тижні	
4	Економічні розрахунки	1 тиждень	
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях		
6	Оформлення ПЗ	1 тиждень	
7	Підготовка презентації	1 тиждень	

Студент _____ (підпис) Хижнек М.С. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (підпис) Чорнобородов (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 21 рис., 7 джерел.

Об’єкт дослідження – каналу зв'язку з використанням методів MSK.

Мета роботи – розробка алгоритмів обробки сигналів у передавальній та приймальній частині модему MSK.

Метод дослідження – теоретично-розрахунковий з використанням ЕОМ.

Розроблено алгоритми формування сигналів у передавальній та обробки - у приймальній частині модему MSK.

За виконання магістерської роботи застосовувались сучасні методи проектування. Проектування здійснювалось на фаховому програмному забезпеченні сучасної обчислювальної техніки.

КАНАЛ ЗВ’ЯЗКУ, MSK, ПРИЙМАЧ, ПЕРЕДАВАЧ, МАНІПУЛЯЦІЯ КВАДРАТУРНІ СКЛАДОВІ, СПЕКТР, СКЛАДНИЙ СИГНАЛ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ 7
ВСТУП 8
1 ОГЛЯД ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ Й ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ 9
1.1 Різновиди маніпуляції сигналів 9
1.2 Частотна маніпуляція 9
1.2.1 Двійкова частотна маніпуляція 11
1.2.2 Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом 14
2 МОДЕЛЮВАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕМІВ MSK..... 22
2.1 Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом на базі методу OQPSK . 23
2.2 Опис основної програми формування сигналів GMSK 23
2.2.1 Призначення змінних 23
2.2.2 Блок "Генератор даних" 25
2.2.3 Формування двополярної послідовності у форматі NRZ 26
2.2.4 Формування цифрових квадратурних каналів (передискр) 28
2.2.5 Формування аналогових квадратурних маніпулюючих сигналів 29
2.3 Моделювання MSK-сигналу на вході демодулятора 31
2.4 Моделювання шумів радіоканалу 33
2.5 Демодуляція 39
2.6 Моделювання імовірності помилкового прийому 41
2.7 Моделювання впливу рівня шумів на фазове сузір'я сигналів MSK .. 45
3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ 48
3.1 Обгрунтування актуальності теми з позиції маркетингу 48
3.2 Визначення трудомісткості та тривалості роботи 50
3.3 Розрахунок кошторису витрат на реалізацію магістерської роботи 53
3.3.1 Розрахунок вартості матеріалів 54
3.3.2 Спеціальне устаткування 55
3.3.3 Розрахунок заробітної плати 56
3.3.4 Відрахування на соціальне страхування 57

3.3.5 Накладні витрати 57
3.3.6 Кошторис витрат для реалізації НДР 58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 61
4.1 Аналіз потенційних небезпек 61
4.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки 62
4.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці 65
4.4 Заходи з пожежної безпеки 67
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях 68
ВИСНОВКИ 73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 74
ДОДАТОК А 75

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АКФ – автокорреляционная функция

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

РЛС – радиолокационная станция

УБЛ – уровень боковых лепестков

ФКМ – фазокодоманипулированный

ФС – фильтр сжатия

ЭПР – эффективная поверхность рассеивания цели

ВСТУП

Здійснення моделювання каналу зв'язку з використанням методів MSK:

а) двійкової частотної маніпуляції;

б) частотної маніпуляції з мінімальним зсувом.

Укладення набору формул, який дозволяє створити модель модулятора й демодулятора сигналів MSK не у вигляді "чорної скрині" Matlab з обмеженим функціоналом (закладений фірмою-розробником), а як інструмент для здійснення досліджень для довільних умов використання.

Створення програмної моделі каналу зв’язку. Проведення імітаційного моделювання (підтвердження створеної моделі теорії).

1 ОГЛЯД ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ Й ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Різновиди цифрової модуляції сигналів

Модуляція − це процес зміни будь-яких параметрів носійного сигналу під впливом інформаційної течії. Даний термін звичайно застосовують для аналогових сигналів. Стосовно ж цифрових сигналів застосовується інший термін − маніпуляція.

Відомо три основні види маніпуляції сигналів:

а) амплітудна (Amplitude – shift keying (ASK));

б) частотна (Frequency – shift keying (FSK));

в) фазова (Phase – shift keying (PSK)).

Для різних застосувань, у цифровому зв’язку використовуються стандартизовані типи маніпульованих сигналів (рис. 1.1).

Кожний вид маніпуляції визначається основними характеристиками, властивими будь-якому сигналові.

1.2 Частотна маніпуляція

Замість формування можливих дискретних фазових станів і переходів між ними стрибками, можливе втілення неперервного процесу переходу від одного фазового стану до іншого. Якщо сигнальна крапка під час зміни фази залишатиметься на колі одиничного радіуса, то це забезпечить незмінність амплітуди радіосигналу.

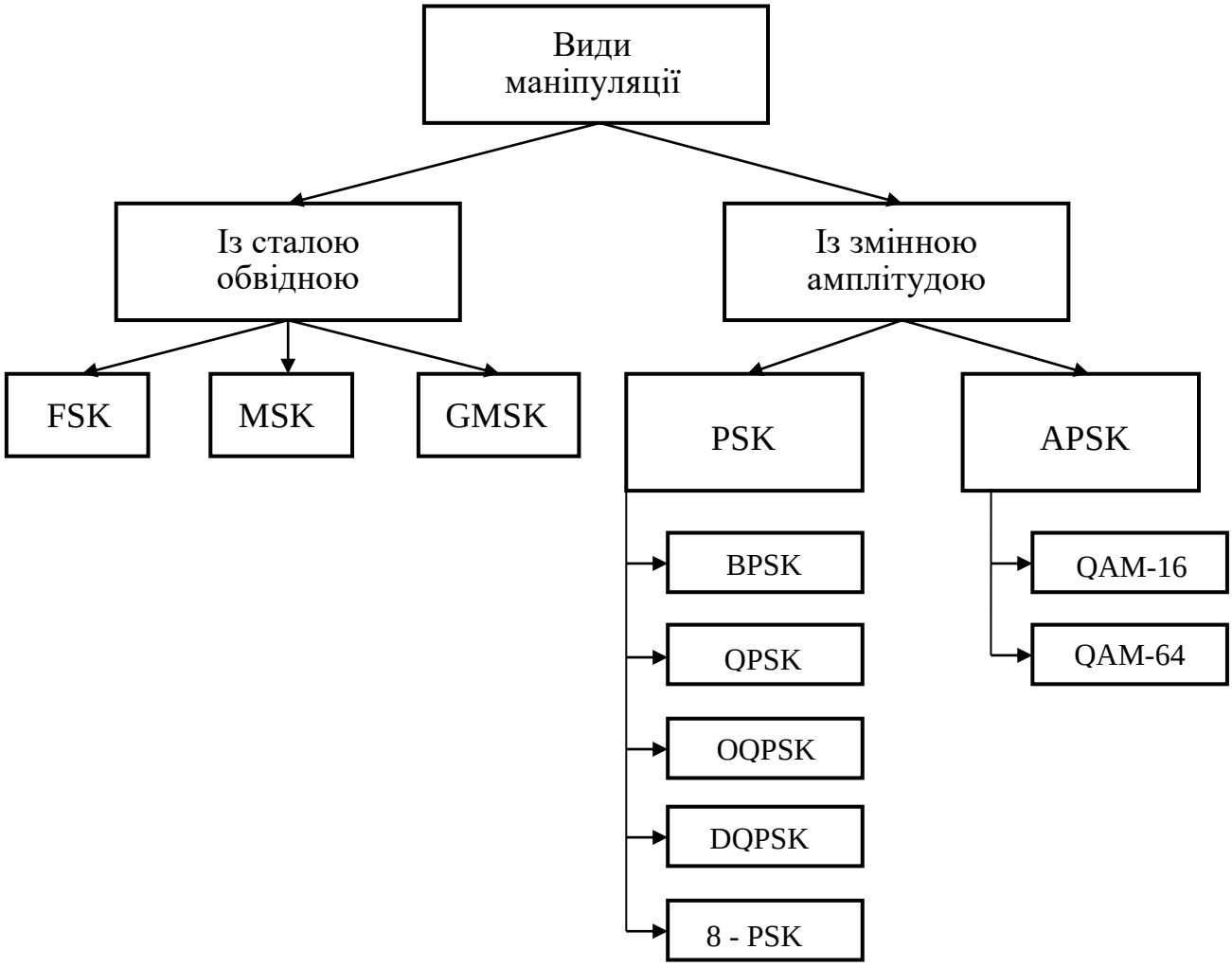


Рисунок 1.1 – Класифікація основних видів маніпуляції

Сучасні системи зв’язку з рухомими об’єктами використовують види маніпуляції, для яких забезпечується незмінність амплітуди від модулюючого сигналу. Використання таких методів дає наступні переваги:

а) можливість використання в підсилювачах потужності радіосигналу енергетично ефективних режимів роботи без ризику розширення спектра частот радіоканалу;

б) низький рівень поза смугових випромінювань, що дозволяє зменшити захисні смуги між сусідніми частотними каналами;

в) можливість використання досить простих пристроїв демодуляції, які забезпечують функцію обмеження рівня вхідного сигналу, що спрощує проектування приймальних пристроїв і забезпечує стійкий прийом в умовах значних завмирань радіосигналу.

Миттєва частота будь-якого вузькосмугового коливання може бути визначена, як похідна в часі від повної фази:

$$\frac{d}{dt}[2\pi f_0 + \varphi(t)] = 2\pi f_0 + \frac{d}{dt}\varphi(t) = \omega_0 + \Omega(t). \quad (1.1)$$

З аналізу вищезазначеної формули виходить, що фазову маніпуляцію з неперервною зміною фази можна розглядати як частотну маніпуляцію, де частота носійного коливання виступає параметром, значення якого мусить змінюватися в залежності від сигналу модуляції.

1.2.1 Двійкова частотна маніпуляція

Для двійкової частотної маніпуляції (ЧМ) частота носійного коливання із сталою амплітудою може мати лише два значення та змінюється стрибками відповідно до зміни сигналу модуляції. В залежності від способу зміни частоти, вихідний частотно - модульований сигнал матиме або розривну фазу, або миттєву фазу, що непреревно змінюється між сусідніми бітами.

У загальному випадку, сигнал з n-рівневою частотною маніпуляцією можна подати у такому вигляді:

$$x(t) = A\cos\left\{\left[\omega_0 + \frac{m_n(t)\Delta\omega}{2}\right]t\right\}. \quad (1.2)$$

Аналогічно як і для різновидів фазової маніпуляції, під час здійснення двійкової ЧМ, течія інформаційних розрядів перетворюється на послідовність прямокутних імпульсів додатної та від’ємної полярностей (формат NRZ без сталої складової).

За такої дворівневої амплітудної маніпуляції, на інтервалі $0 \le t \le T$, радіосигнал з ЧМ можна подати у вигляді:

а) за передавання логічної "одиниці":

$$s(t) = A\cos\left(\omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2}\right)t \quad , \tag{1.3}$$

б) передавання логічного "нуля":

$$s(t) = A\cos\left(\omega_0 - \frac{\Delta\omega}{2}\right)t \quad , \tag{1.4}$$

де $\frac{\Delta\omega}{2}$ – відхилення миттєвого значення частоти радіосигналу від центральної частоти ω_0, або девіація частоти.

Необхідно зазначити, що методи формування ЧМ з розривною фазою (наприклад, комутація відповідно до закону маніпуляції двох незалежних автогенераторів з різними значеннями частот власних коливань), призводять до неприпустимого розширення спектру радіосигналу. Тому вони практично не застосовуються у системах зв'язку з рухомими об'єктами.

Узагальнений метод формування частотно-маніпульованого сигналу з неперервною зміною фази сумісно з простими втіленнями модулятора та демодулятора, наведено на рис. 1.2.

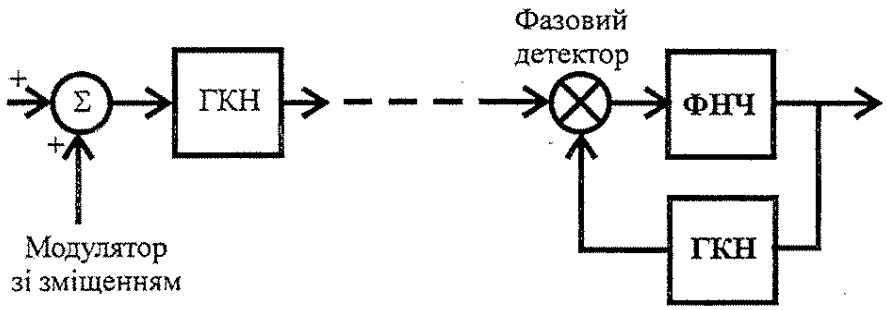


Рисунок 1.2 – Модулятор і демодулятор для двійкової частотної маніпуляції

Основним елементом модулятора є генератор, що керується наругою (ГКН). ГКН – це автогенератор, частоту генерації якого можна лінійно змінювати у визначеному частотному діапазоні за допомогою напруги керування.

Для ГКН забезпечено зміщення таким чином, щоб за відсутності

модулюючого сигналу, частота ГКН дорівнювала б частоті носійного коливання ω_0. В принципі, такий спосіб маніпуляції подібний до методу формування частотної маніпуляції в аналогових системах. Але тепер модулюючий сигнал є цифровим і має тільки два значення. Для такого радіосигналу можна записати:

$$s(t) = A\cos[\omega_0 t + \varphi(t)] = A\cos\left[2\pi f_0 + 2\pi k_f \int_{-\infty}^{t} u(\tau)\, d\tau\right] \qquad (1.5)$$

де u(t) – модулюючий сигнал у вигляді послідовності двополярних імпульсів, який має принципово розривний характер,

k_f – крутизна характеритики регулювання або чутливість ГКН.

Оскільки відхилення фази радіосигналу від фази носійного коливання пропорційне інтегралові від u(τ), то φ(t) є неперервною функцією. Так, якщо амплітуда послідовності модулюючих імпульсів b_i на інтервалі інформаційного біту може набувати тільки значення ±1, то з (2.13) випливає:

$$s(t) = A \cdot \cos\left[2\pi f_0 t + 2\pi k_f b_i t\right], \qquad (1.6)$$

Значення похідної від повної фази у цьому випадку наступне:

$$\frac{d}{dt}\left[2\pi f_0 t + 2\pi k_f b_i t\right] = 2\pi(f_0 + k_f b_i) \qquad (1.7)$$

Відповідно до (1.7), зміщення частоти становить $\Delta f = k_f b_i$. Для $b_i = +1$ значення частоти носійного коливання дорівнює $f_в = f_0 + k_f |b_i|$ (логічна "одиниця"), а для $b_i = -1$ (логічний "нуль") - $f_н = f_0 - k_f |b_i|$, що узгоджується з виразами (1.3) й (1.4). Різниця між миттєвими значеннями частоти становить $\Delta f = f_в - f_н = 2k_f |b_i|$, а індекс частотної маніпуляції дорівнює:

$$h_{ЧМ} = \frac{\Delta f}{F} = \frac{2k_f |b_i|}{F}, \qquad (1.8)$$

де F = 1/T звичайно називають частотою маніпуляції.

Демодулятор здійснено на основі системи фазового автопідлаштовування (ФАП), яка містить у своєму складі ГКН, аналогічний до ГКН модулятора, фазовий детектор (ФД) і фільтр нижніх частот (ФНЧ). У такій конфігурації, система ФАП практично втілює схему синхронно-фазового частотного детектора. В ідеальному випадку, вихідна напруга ФНЧ, яка керує частотою ГКН демодулятора, повторюватиме напругу на вході ГКН модулятора, тобто, відтворюватиме закон маніпуляції.

Але у загальному випадку, двійкова частотна маніпуляція забезпечує гірші значення коефіцієнта бітової помилки (BER) порівняно з різновидами цифрової фазової маніпуляції, особливо під час передавання сигналу в обмеженій смузі частот.

З цієї причини, двійкова ЧМ не знайшла широкого застосування в цифрових видах радіозв'язку в діапазоні НВЧ, де необхідно забезпечити як високу якість, так і високу щільність передавання.

1.2.2 Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом

Однією з особливих форм частотної маніпуляції є частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (ММЗ або MSK – Minimum Shift Keying).

Практично, цей вид маніпуляції є двійковою частотною маніпуляцією з двома відповідними інформаційному сигналові частотами, які обираються з умови, щоб на інтервалі часу, рівному тактовому імпульсу, фазовий набіг між цими частотами дорівнював точно 180°. Тобто, для ММЗ максимальна різниця фаз досягається у кінці тактового інтервалу з використання мінімальної різниці між утвореними частотами.

Крім того, фаза радіосигналу підтримується неперервною під час зміни фази канальних символів. З цієї причини, сигнал з ММЗ відноситься до класу сигналів з частотною маніпуляцією і неперервною фазою.

Математичний вираз для сигналу з ММЗ може бути отриманий із загального виразу для ЧМ сигналів, за умови, що $m_n(t) = m_2(t)$ і модулюючий сигнал, як і раніше, є послідовністю двополярних імпульсів формату NRZ, а

різниця між двома значеннями кругових частот обирається з наступної умови: фазовий зсув між двома коливаннями на кінці тактового інтервалу T мусить досягати значення $\Delta\varphi = \pi$. Тоді мінімальний зсув між круговими частотами для методу ММЗ визначиться наступним чином:

$$\Delta\varphi_{|t=T} = \Delta\omega \cdot t = \frac{\pi}{T} \cdot T = \pi, \tag{1.9}$$

або

$$\Delta\omega = \pi/T.$$

Тоді для радіосигналу MSK, згідно з (1.3) і (1.4), можна записати:

$$x(t) = \begin{cases} \cos(\omega_0 t + \Delta\varphi \cdot t/2T + \varphi_0) = \cos(\omega_0 t + \pi t/2T + \varphi_0) \text{ для логічної одиниці,} \\ \cos(\omega_0 t - \Delta\varphi \cdot t/2T + \varphi_0) = \cos(\omega_0 t - \pi t/2T + \varphi_0) \text{ для логічного нуля,} \end{cases} \tag{1.10}$$

де 1/T – чисельно відповідає швидкості передачі інформаційних біт;

φ_0 – фаза на початку тактового інтервалу.

Поточна фаза радіосигналу, як це випливає з виразу (1.10), дорівнює:

$$\varphi(t) = \omega_0 t \pm \pi t/2T \tag{1.11}$$

Звідки випливає, що набіг поточної фази на інтервалі одного біту $t = T$ буде рівний $\Delta\varphi = \pm\pi/2$.

Враховуючи, що похідна від повної фази у (1.11) визначить миттєве значення частоти, то, відповідно, матимемо:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 \pm \pi/2T = 2\pi\left(f_0 \pm \frac{1}{4T}\right) = 2\pi\left(f_0 \pm \frac{F}{4}\right), \tag{1.12}$$

де F=1/T – частота стеження інформаційних біт.

Останній вираз свідчить, що миттєве значення частоти на інтервалі одного біту може приймати одне з двох значень $f_в = (f_0 + F/4)$ або $f_н = (f_0 - F/4)$, яке не змінюється за час Т.

Для втілення методу ММЗ за квадратурною схемою вхідна послідовність інформаційних біт також розбивається на дві підпослідовності непарних та парних біт і тоді модульований сигнал згідно (1.10) можна подати виразом:

$$s(t) = \pm\cos(\pi t / 2T)\cdot\cos\omega_0 t \pm \sin(\pi t / 2T)\cdot\sin\omega_0 t, \quad (n-1)T \le t \le nT, \qquad (1.13)$$

або

$$s(t) = \pm\cos(\omega_0 t \pm \pi t/2T), \ (n-1)T \le t \le nT; \qquad (1.14)$$

Таким чином, зміна знаку початкової фази у аргументі виразу (1.14) означає перехід миттєвого значення частоти від $f_н$ до $f_в$ або у зворотному напрямку. Зміна ж загального знаку у виразі (1.14), еквівалентне зміні початкової фази на π, дозволяє зберегти неперервність фази під час переходу до нового значення частоти. Вибір знаків "+" або "–" перед відповідними членами визначається алгоритмом, наведеним у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Алгоритм формування ММЗ сигналу.

Біти вхідної послідовності модулятору		Знаки у першому поданні ММЗ сигналу (1.13)		Знаки у другому поданні ММЗ сигналу (1.14)		Значення частоти носійного коливання
непарний біт	парний біт	знак першого доданку (cos)	знак другого доданку (sin)	загальний знак виразу (cos)	знак початкової фази (πt/2T)	
1	1	-	-	-	-	$f_н$
0	1	+	-	+	+	$f_в$
0	0	+	+	+	-	$f_н$
1	0	-	+	-	+	$f_в$

З табл. 1.1 видно, що номінальне значення частоти носійного коливання реально ніколи не випромінюється, а до ефіру надходять коливання з частотами або трохи більше, або трохи менше за номінальну частоту носія.

Термін “мінімальний зсув”, що фігурує в назві методу, означає, що різниця частот $\Delta f = f_в - f_н = F/2$ саме й є мінімально можливим зсувом частоти, для якого забезпечується повна ортогональність коливань з частотами $f_н$, $f_в$ на інтервалі тривалості одного біта. Індекс частотної маніпуляції для MSK рівняється $h_{чМ} = \Delta f/F = 0{,}5$.

Наголосимо, що маніпуляція з мінімальним зсувом може розглядатися як форма квадратурної фазової маніпуляції із зсувом (OQPSK), для якої форма модулюючого імпульсу, що визначає канальний символ, з прямокутної замінюється на синусоїдну (косинусоїдну). Спрощено можна сказати, що MSK – це вид маніпуляції OQPSK, але з півхвильовими синусоїдними або косинусоїдними модулюючими імпульсами.

Доведемо це за допомогою функціональної схеми модулятора ММЗ та відповідних епюр.

Функціональна схема відповідає алгоритму, закладеному виразами (1.13), (1.14) і наведена на рис. 1.3.

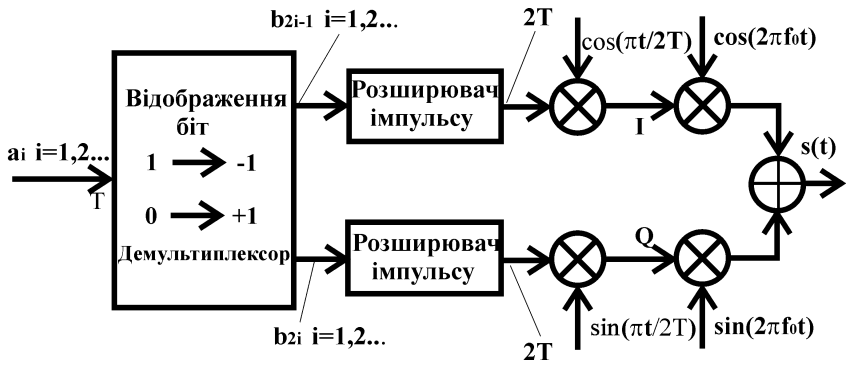


Рисунок 1.3 – Функціональна схема модулятора для методу частотної маніпуляції з мінімальним зсувом.

Течія інформаційних бітів (рис. 1.4) перетворюється імпульси (відповідно до алгоритму NRZ без сталої складової) і надходить до входу демультиплексора, де розділяється на дві підпослідовності непарних b_{2i-1} та парних b_{2i} імпульсів (додатної й від'ємної полярностей, відповідно).

Імпульси обох підпослідовностей розширюються вдвічі (підпослідовності c_{2i-1}, c_2), утворюючи канальні імпульси. Сформовані для кожного бітового інтервалу підпослідовності дозволяють вибрати пари, які виступають аргументами закону маніпуляції.

Далі здійснюється операція перемноження сформованих імпульсів на квадратурні низькочастотні гармонічні півхвилі й вже в такому вигляді модулюючі канальні символи переносяться на радіочастоту. Це також здійснюється за допомогою операції перемноження на квадратурні коливання з опорною частотою ω_0 і подальшим додаванням сигналів квадратурних каналів у суматорі.

Якщо порівняти відповідні осцилограми для методу OQPSK і методу MSK, то легко помітити, що вони дійсно відрізняються тільки формою канальних модулюючих символів, де прямокутні канальні символи, властиві OQPSK, замінюються на відрізки гармонічних півхвиль.

Часові діаграми для методу MSK наведено на рис. 1.4.

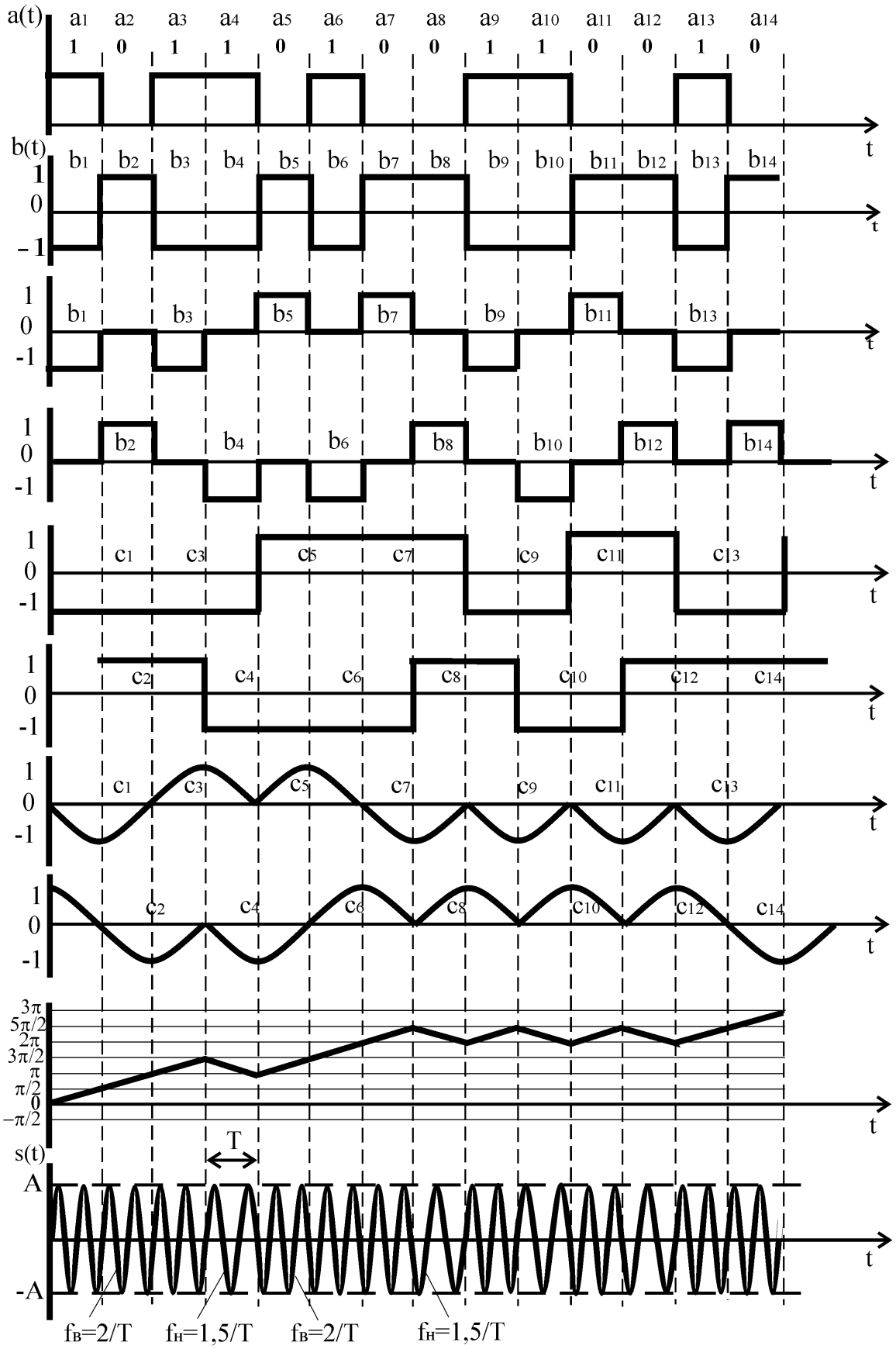


Рисунок 1.4 – Часові діаграми для методу MSK

Аналізуючи (1.13), легко довести, що амплітуда радіосигналу для MSK має стале значення. Дійсно, для будь-якого моменту часу значення обвідної визначається як:

$$A_s(t) = \sqrt{A^2 u_I{}^2 \cos^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right) + A^2 u_Q{}^2 \sin^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right)} = A$$

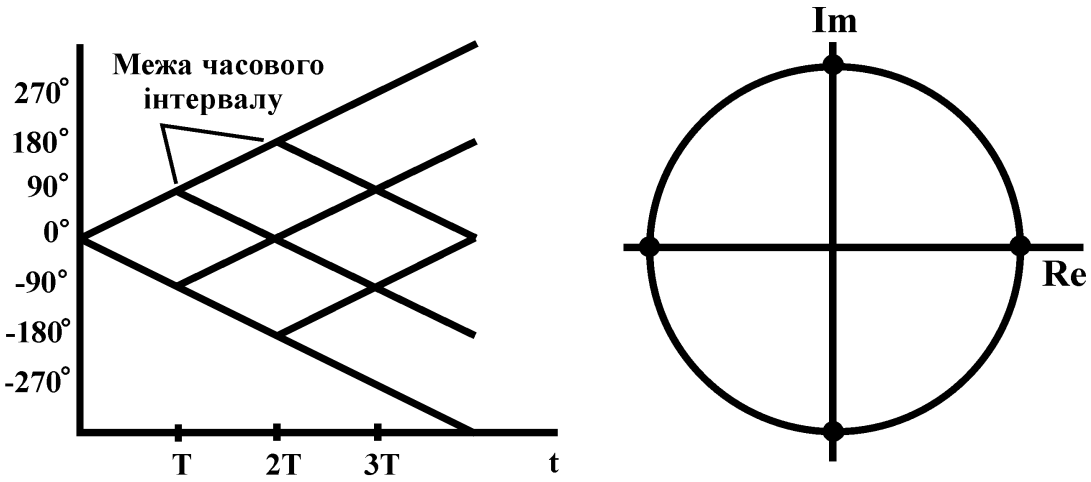
Оскільки квадратурні канальні компоненти c_{2i-1}, c_{2i} модулюючого сигналу задовольняють умовам:

$$u_I^2 = u_Q^2 = 1,$$

$$\cos^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right) + \sin^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right) = 1$$

Через те, що обвідна для MSK має стале значення, то підсилювач потужності радіочастоти може працювати в нелінійному режимі без суттєвого спотворення закону маніпуляції. Це дозволяє використовувати у вихідних каскадах передавачів підсилювачі потужності в найбільш оптимальних енергетичних режимах.

Фазова траєкторія та сигнальне сузір’я для методу MSK наведені на рис. 1.5 а і 1.5 б відповідно.



а) б)

Рисунок 1.5 – Фазова траєкторія (а) і сигнальне сузір’я (б)
для сигналів MSK

Через сталість обвідної, сигнали з MSK виявляються спектрально ефективнішими порівняно до звичайної частотної маніпуляції й різновидами квадратурної фазової маніпуляції. До того ж, відсутність розривів фази забезпечує спектру більшу компактність. Тому смуга частот, що займає MSK сигнал, скорочується більш ніж на порядок:

$$\Delta f_{99} \approx \frac{1,2}{T}$$

2 МОДЕЛЮВАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕМІВ MSK

2.1 Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом на базі методу OQPSK

Загальну блок-схему алгоритму моделювання модему для методу ММЗ наведено на рис. 2.1.

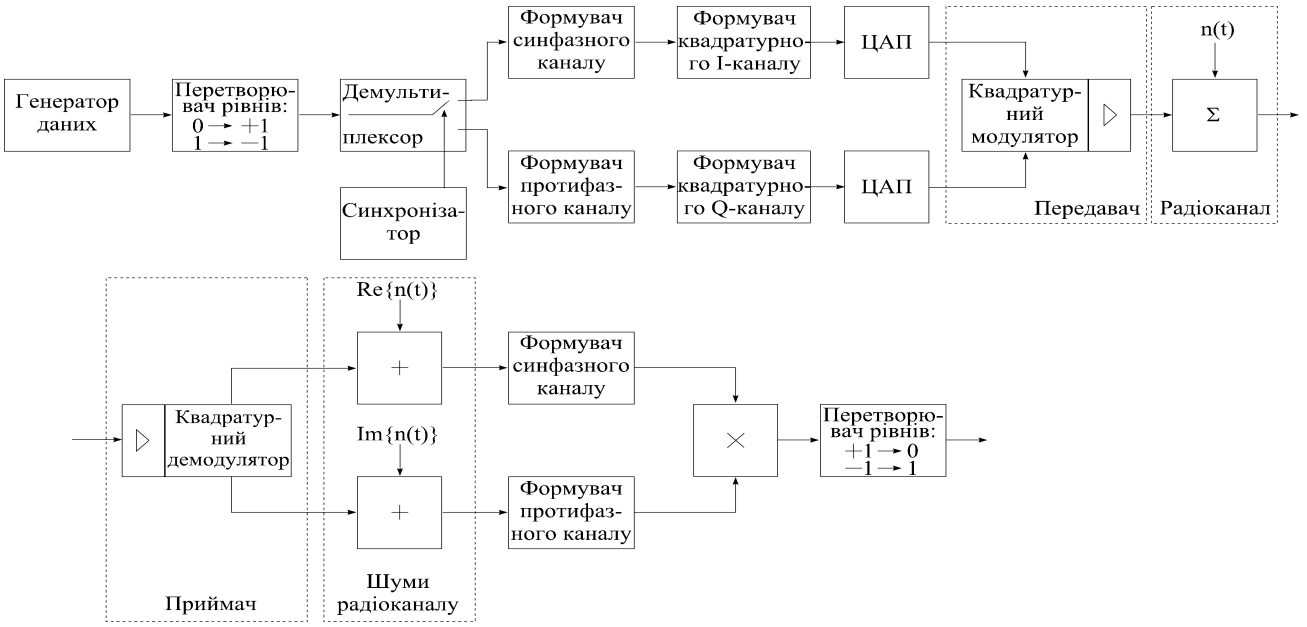


Рисунок 2.1 − Алгоритм моделювання модему для методу MSK

Для проведення моделювання процесу модуляції за методом MSK і розрахунку ймовірності бітової помилки використовуються програми, повний текст яких наведено у додатку А. Основною програмою є програма msk.m.

2.2 Опис основної програми формування сигналів MSK

2.2.1 Призначення змінних

Введемо такі позначення:

– sr [кбіт/с] – швидкість передачі символів;

– br [кбіт/с] – швидкість передачі інформаційних бітів;

– ml – кількість бітів, що передаються за один символ. Для даного варіанту ml = 1;

– nd – кількість переданих символів, для яких буде проводиться розрахунок ймовірності помилкового прийому за одну реалізацію випадкового процесу (один цикл моделювання). Задамося значенням nd рівним 1000;

– ebn0 – початкове значення енергії, що приходиться на один біт E_b, до спектральної щільності шуму N_0. Як відомо, у цифрових системах зв'язку аналогом відношення сигнал/шум, яке характеризує аналогові системи, виступає саме параметр E_b/N_0, оскільки для цифрової системи необхідно враховувати швидкість передавання інформаційних бітів у визначеній смузі частот;

– IPOINT – порядок передискритизації.

В термінах алгоритмічної мови програмування середовища Mathlab блок введення початкових даних набуває наступного вигляду:

```
% msk.m
%**********************Preparation part***************
sr = 256000.0;      % Symbol rate
ml = 1;              % ml:Number of modulation levels
br = sr.* ml;        % Bit rate
nd = 1000;           % Number of symbols that simulates in each loop
ebn0 = 3;            % Eb/N0
IPOINT = 8;          % Number of oversamples
```

Перші два рядки, що починаються з символу % є коментарями програми, які визначають ім’я головної програми, відповідно, метод модуляції і, власне, назву підпрограми – підготовча частина.

Швидкість передавання символів задана рівною 256000 біт/с, кількість бітів ml, що переносяться за один радіосимвол, яка для MSK становить одиницю, бітова швидкість br визначається як результат перемноження символьної швидкості на параметр ml, що у випадку MSK означає, що бітова швидкість дорівнює символьній швидкості.

Кількість символів nd, що підлягають аналізу для однієї реалізації випадкового процесу, прийнята рівною 1000, а початкове значення параметру $E_b/N = 3$.

Подалі починається основне тіло програми.

Введемо наступні позначення:

а) nloop – кількість циклів моделювання;

б) nod – кількість переданих бітів;

в) noe – кількість помилково декодованих бітів на приймальній стороні.

Для того, щоб адекватно визначити імовірнісні характеристики каналу зв’язку, задамо кількість циклів моделювання (кількість реалізацій випадкового процесу) достатньо великою − приймаємо значення nloop=100. Початкові значення кількості переданих і помилково декодованих бітів приймаються рівними нулеві.

Змінну циклу позначимо через **iii**. Початок циклу задається оператором **for iii = 1:nloop.** Відповідний фрагмент програми набуває наступного вигляду:

```
%******************Start calculations**********************
nloop = 1000;  % Number of simulation loops
noe = 0;  % Number of  error data
nod = 0;  % Number of transmitted data
```

for iii = 1:nloop

….

Тіло циклу

…

End

Після визначення усіх змінних, можна приступити безпосередньо до моделювання.

2.2.2 Блок "Генератор даних"

З метою створення вхідної дії, генерується випадкова інформаційна послідовність, усі елементи якої обираються з ансамблю {0,1} (див. блок "Генератор даних" на блок-схемі 2.1 алгоритму моделювання модему для методу MSK). Вхідні дані задаються у вигляді вектора розмірністю 1,nd за допомогою наступної команди:

```
%************ Data generation ********************
data1 = rand(1,nd) > 0.5; % rand: built in function
```

Згенеровану псевдовипадкову послідовність вхідних даних, поданих у вигляді цифрових відліків, наведено на рис. 2.2 (подано перші сорок відліків, кількість відліків визначається відповідним оператором виводу середовища Mathlab):

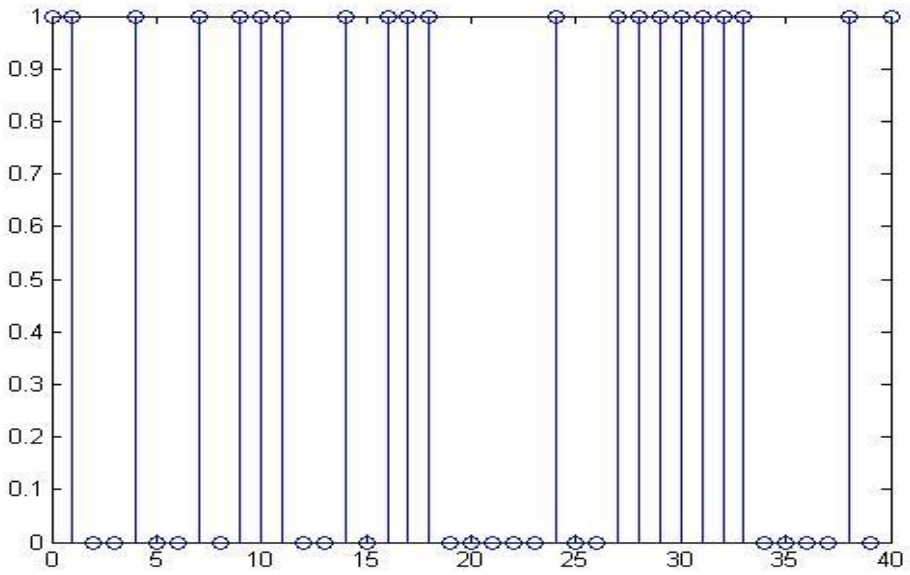


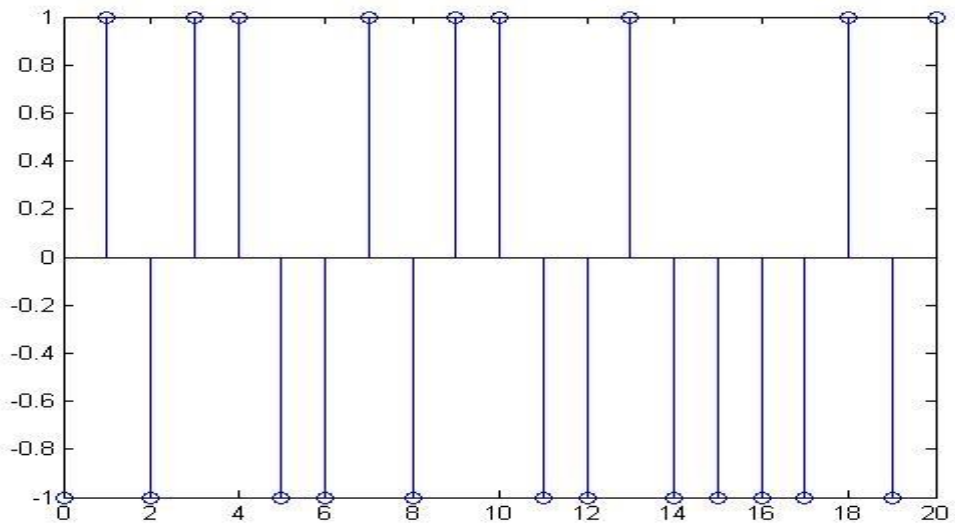
Рисунок 2.2 − Послідовність вхідних даних

2.2.3 Формування двополярної послідовності у форматі NRZ

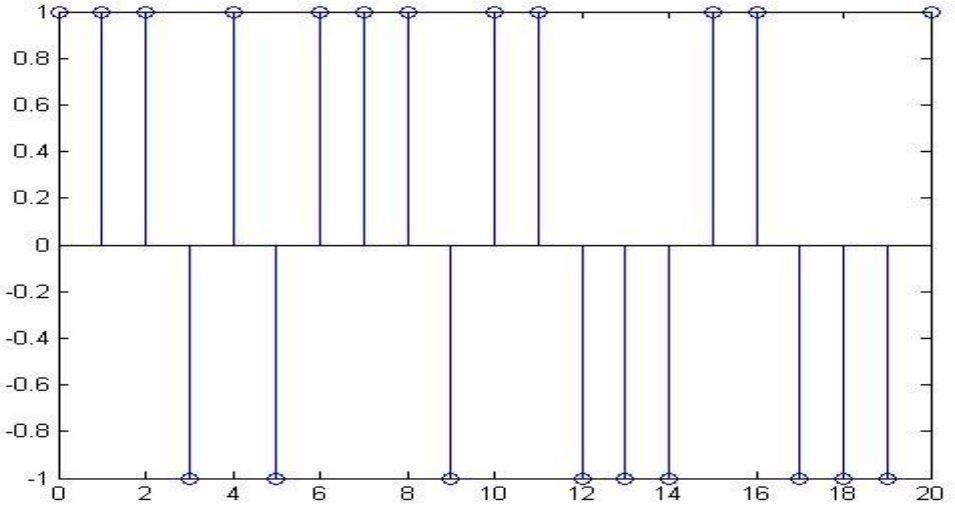
Наступним кроком є перетворення однополярних цифрових відліків на дві двополярні послідовності (парних й непарних вхідних даних) у форматі NRZ (тобто рівень логічної одиниці відповідає цифровому відліку з рівнем "+1", а рівень логічного нуля − цифровому відліку з рівнем "-1"):

```
%****************** MSK modulation ******************
[ich,qch] = qpskmod(data1,1,nd/2,2);
smooth1 = cos(pi/2*[-1+1./4.*[0:IPOINT-1]]); %IPOINT point filtering
```

Так єдина вхідна послідовність перетворюється на синфазний (непарний) й протифазний (парний) канали. На рис. 2.3 наведено послідовність вхідних відліків у форматі NRZ для кожного з цих каналів.



а)



б)

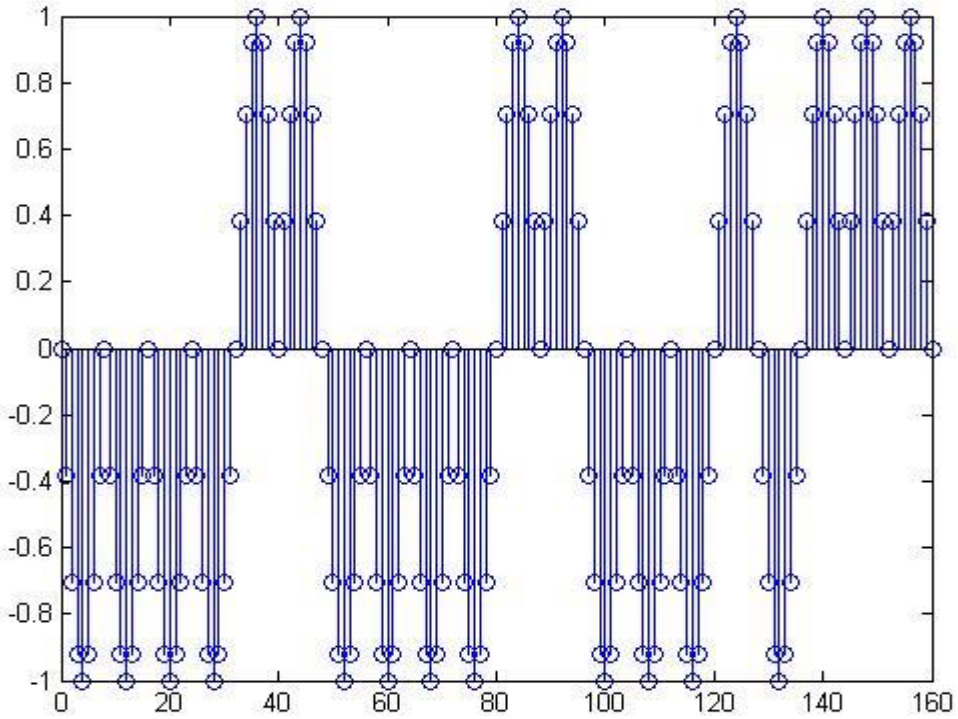
Рисунок 2.3 – Послідовність вхідних відліків у форматі NRZ для синфазного (а) й протифазного (б) каналів

2.2.4 Формування цифрових квадратурних каналів

Формування цифрових квадратурних каналів здійснюється шляхом передискретизації (зниження у двічі) частоти слідування вхідних імпульсів, нормування (виправлення поточного значення фази після передискретизації) й домножування на поточні значення квадратурних складових носійної частоти:

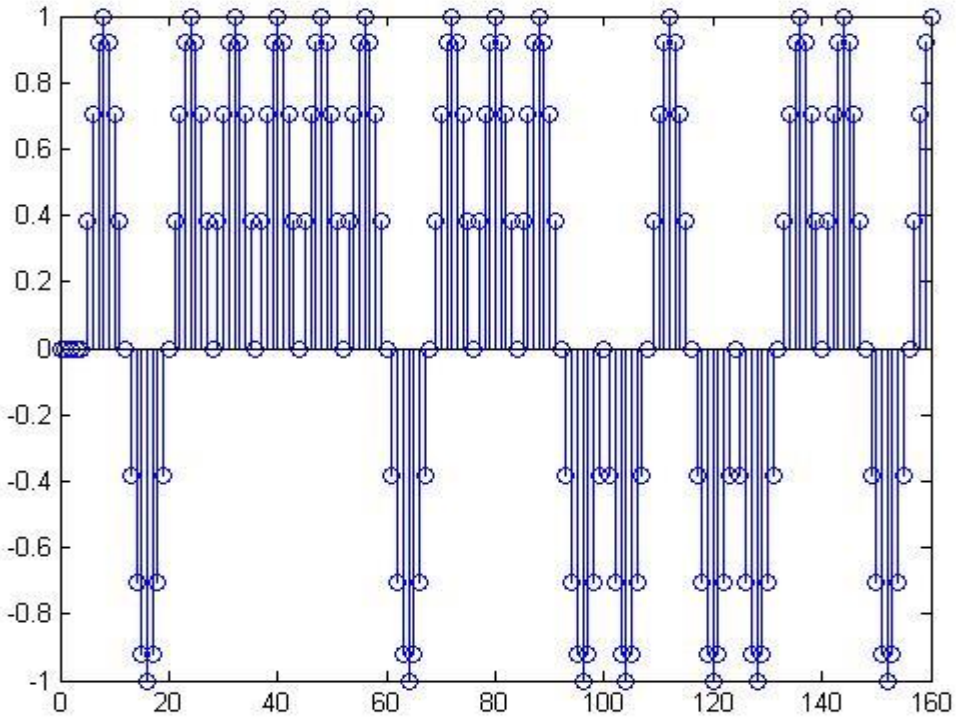
```
for ii = 1:length(ich)
   ich2((ii-1)*IPOINT+1:ii*IPOINT) = (-1)^(ii-1)*smooth1.*ich(ii);
   qch2((ii-1)*IPOINT+1:ii*IPOINT) = (-1)^(ii-1)*smooth1.*qch(ii);
end
ich21 = [ich2 zeros(1,IPOINT/2)];
qch21 = [zeros(1,IPOINT/2) qch2];
```

Зформовані квадратурні складові наведені на рис. 2.5.



а)

Рисунок 2.9 – Квадратурні складові І-каналу



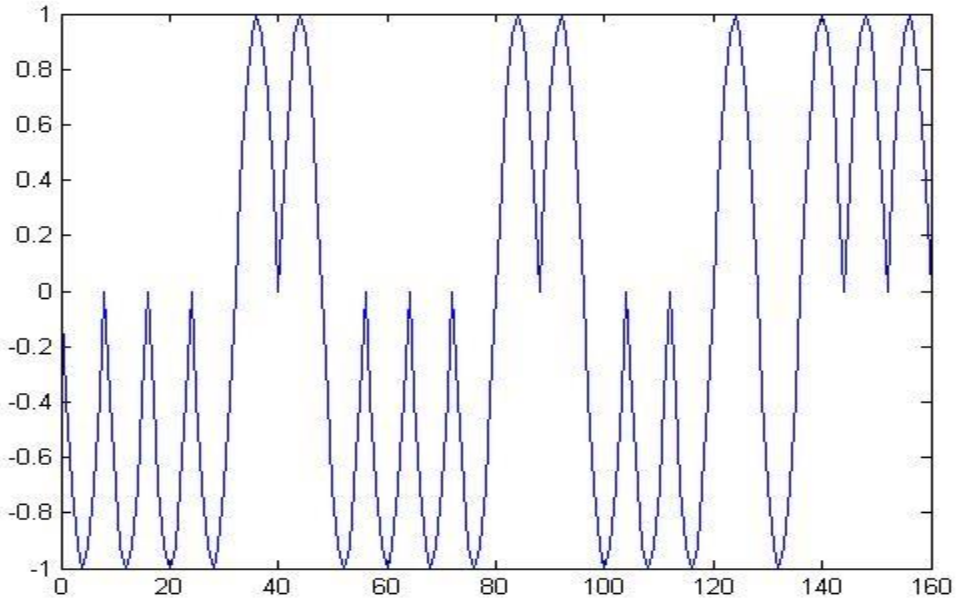
б)

Рисунок 2.5 – Квадратурні складові Q-каналу

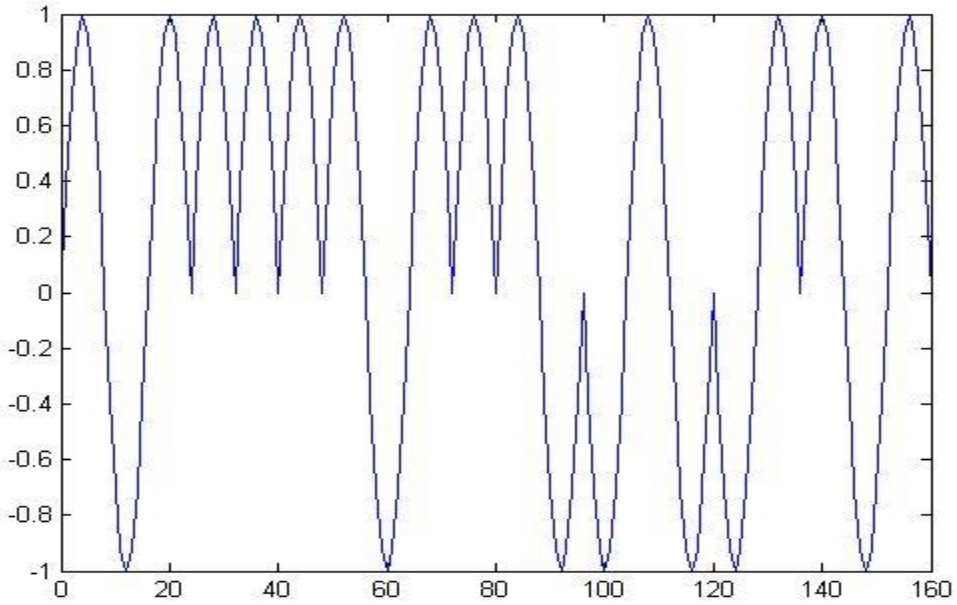
2.2.5 Формування аналогових квадратурних маніпулюючих сигналів

Отримані сигнали у вигляді цифрових квадратурних складових необхідно подати на ЦАП з метою формування аналогових квадратурних маніпулюючих сигналів. Форму квадратурних модулюючих коливань наведено на рис. 2.11.

Зформований сигнал використовується для безпосередньої модуляції високочастотної носійної з наступним підсиленням у радіочастотному тракті і передачею до каналу зв’язку.



а)



б)

а) I-канал; б) Q-канал

Рисунок 2.11 – Квадратурні модулюючі коливання сигналів з MSK

2.3 Моделювання MSK-сигналу на вході демодулятора

За моделювання MSK сигналу скористаємося алгоритмом, в якому MSK сигнал розглядається як FSK сигнал з безупинною зміною фази.

Як відомо, FSK сигнал з безупинною зміною фази можна подати так:

$$s(t) = A \cdot \cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \tag{2.15}$$

$$\varphi(t) = 2\pi \cdot k_f \int_{-\infty}^{t} u(\tau)d\tau, \tag{2.16}$$

$$u(t) = \sum d_k \Psi_T(t - kT), \tag{2.17}$$

де Ψ_T – прямокутна функція:

$$\Psi_T = \begin{cases} 1, & 0 < t \le T_b \\ 0, & t < 0, t > T_b \end{cases}, \tag{2.18}$$

а d_k – визначає значення рівня двохполярної модуляційної послідовності, що модулює : +1 чи -1.

Відповідно до (2.15)…(2.18) і структурної схеми рис. 2.15, пропонується наступний алгоритм формування квадратур модуляціїї.

В [3] показано, якщо задати значення індексу модуляції для FSK сигналу рівним $m = 2\Delta f T_b = 0{,}5$, то отримаємо MSK сигнал. Тому в програмі втілено наступний алгоритм формування безупинної фази:

$$\varphi(kT_b) - \varphi[(k-1)T_b] = 2\pi \cdot \Delta f \int_{(k-1)T_b}^{kT_b} u(\tau)d\tau, \tag{2.19}$$

чи:

$$\varphi(kT_b) = \varphi[(k-1)T_b]] + 2\pi \cdot \Delta f \int_{(k-1)T_b}^{kT_b} u(\tau)d\tau =$$
$$= \varphi[(k-1)T_b]] + 2\pi \cdot \Delta f T_b \cdot d_k = \quad (2.20)$$
$$= \varphi[(k-1)T_b]] + \frac{\pi}{2} \cdot d_k, \ (m = 2\Delta f T_b = 0{,}5).$$

де $m = 2 \cdot \Delta f \cdot T_b = 0{,}5$.

З огляду на те, що на інтервалі $(k-1)T_b < t < kT_b$ фаза змінюється безупинно, остаточно отримуємо:

$$\varphi(kT_b) = \varphi[(k-1)T_b]] + \frac{\pi}{2} \cdot d_k \frac{t-(k-1)T_b}{T_b}, \quad (2.21)$$

Підставляючи значення φ(t) відповідно до (2.15) і функціональної схемирис. 2.15, отримаємо MSK сигнал.

У термінах Matlab, послідовність операторів наступна:

```
th = zeros(1,length(data2)+1);
ich2 = zeros(1,length(data2)+1);
qch2 = zeros(1,length(data2)+1);
for ii = 2:length(data2)+1;
th(1,ii) = th(1,ii-1)+pi/2*data2(1,ii-1)./IPOINT;
end
ich2 = cos(th);
qch2 = sin(th);
```

2.4 Моделювання шумів радіоканалу

На приймальному боці випромінений сигнал підлягає впливу білого гаусівського шуму (AWGN канал).

Визначимо алгоритм формування залежності коефіцієнта бітової помилки від відношення E_b/N_0, де E_b – енергія , що приходиться на один біт, а N_0 – спектральна щільність шуму.

Енергія, що приходиться на один біт, визначається із співвідношення:

$$E_b = P_c T_b = \frac{P_c}{F} \quad [\text{Вт} \cdot \text{с/біт}]. \tag{2.22}$$

де P_c – потужність сигналу;

$F = 1/T_b$ – бітова швидкість.

Відповідно, спектральну щільність шуму можна визначити як:

$$N_0 = \frac{P_ш}{R} \quad [\text{Вт/Гц}], \tag{2.23}$$

де $P_ш$ – потужність сигналу;

R – символьна швидкість.

Тоді поєднуючи (2.16), (2.17) можна отримати:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_c}{F} \cdot \frac{R}{P_ш} \quad , \tag{2.24}$$

або

$$P_ш = \frac{P_c}{F} \cdot \frac{R}{E_b / N_0} \quad . \tag{2.25}$$

Оскільки E_b/N_0 задається, як правило, в децибелах, то можна останнє рівняння записати у вигляді:

$$P_{ш} = \frac{P_c}{F} \cdot \frac{R}{10^{\frac{E_b / N_0}{10}}} \quad . \tag{2.26}$$

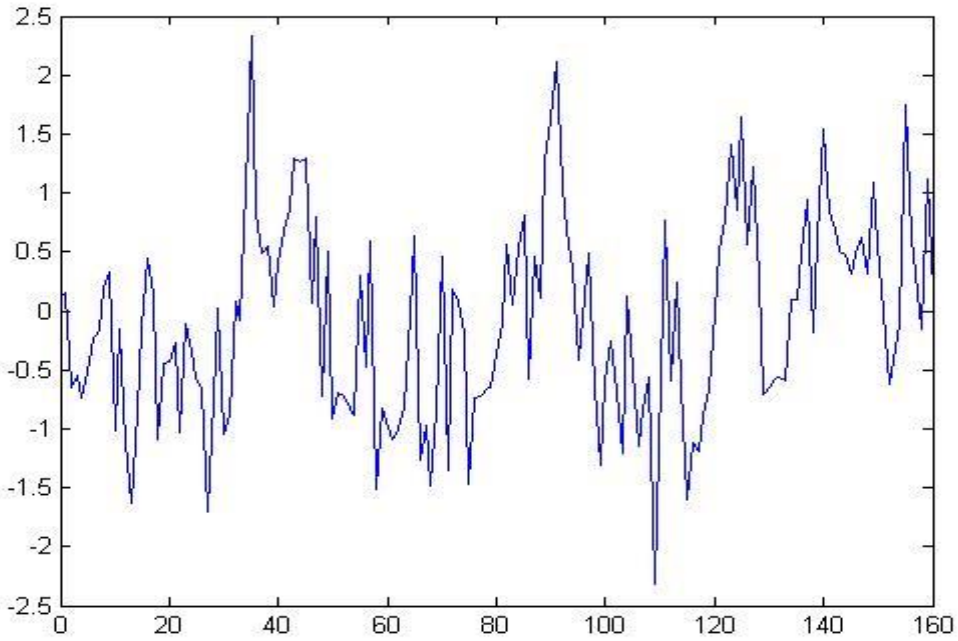
За моделювання передбачається, що амплітуда послідовності вхідних даних вимірюється у вольтах, тому шумовий сигнал теж мусить мати розмірність вольт. Враховуючи, що для загального варіанту застосування квадратурних модуляторів, шум однаково розподілений в I- та Q-каналах, введемо до програми шумову напругу attn:

$$\text{attn} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot P_{ш}} \, . \tag{2.27}$$

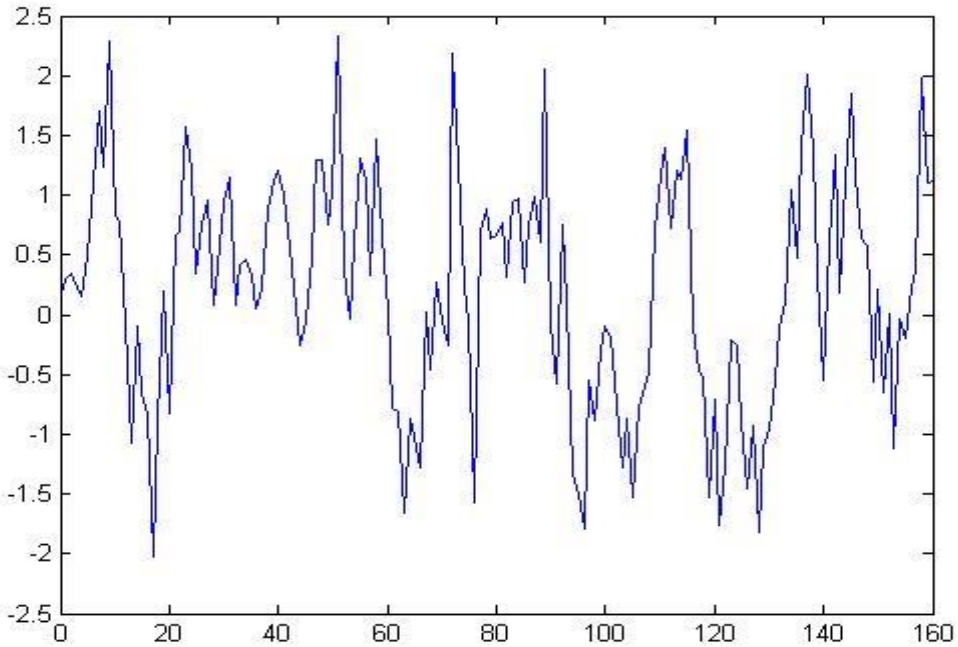
В програмі цей алгоритм втілено наступними операторами:

```
%***************** Attenuation Calculation ********************
spow  = sum(ich21.*ich21+qch21.*qch21)/nd/2;
% sum: built in function
attn = 0.5*spow*sr/br/2*10.^(-ebn0/10);
attn = sqrt(attn);   % sqrt: built in function
%********** Add White Gaussian Noise (AWGN) **********
[ich3,qch3] = comb(ich21,qch21,attn);
% add whiter gaussian noise
```

Низькочастотні сигнали на вході демодулятора з врахуванням шумів каналу зв’язку наведено на рис. 2.12 – 2.9 за значень E_b/N_0 3, 10, 20 та 35 дБ, відповідно.

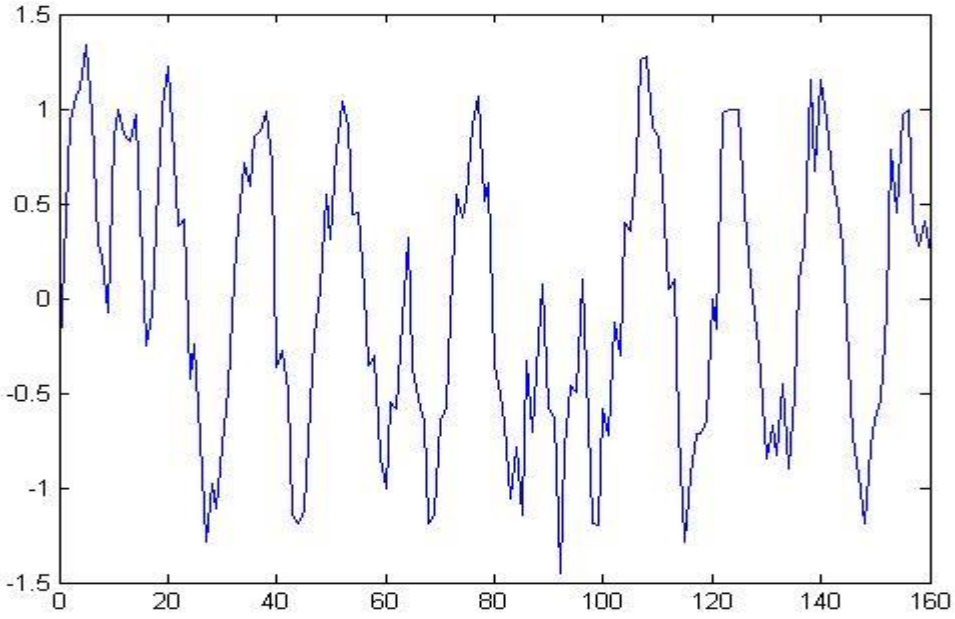


а)

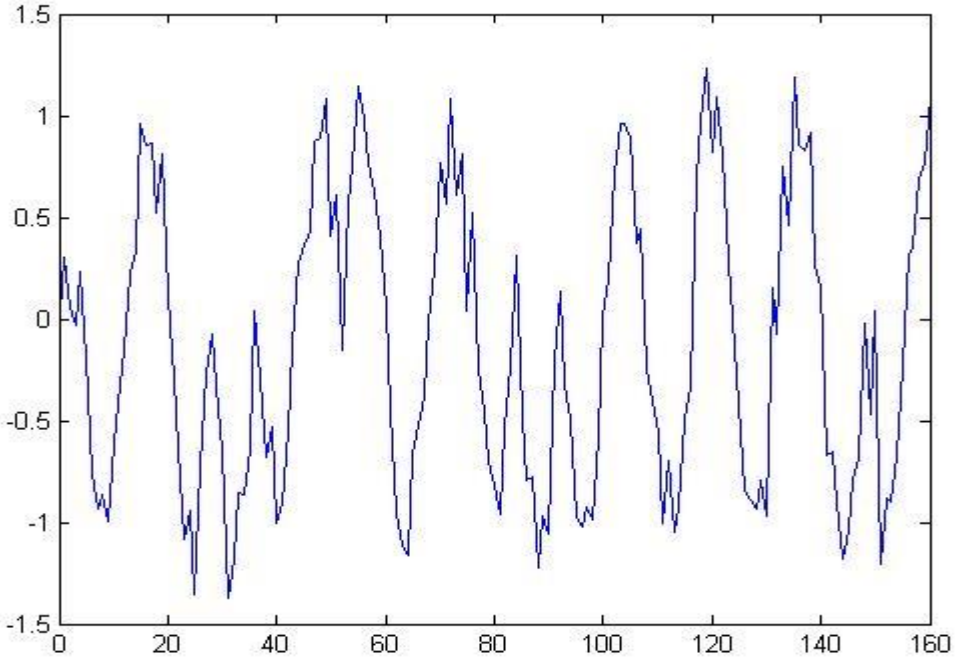


б)

Рисунок 2.12 – Низькочастотний сигнал на вході демодулятора з врахуванням шумів в I-каналі (а) й Q-каналі (б) за E_b/N_0 = 3 дБ

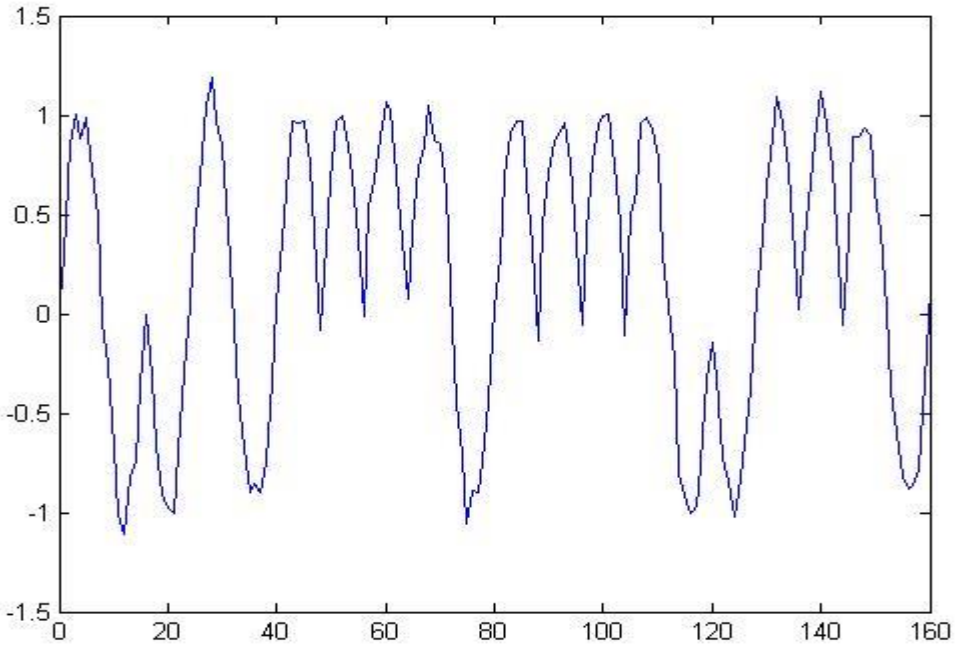


а)

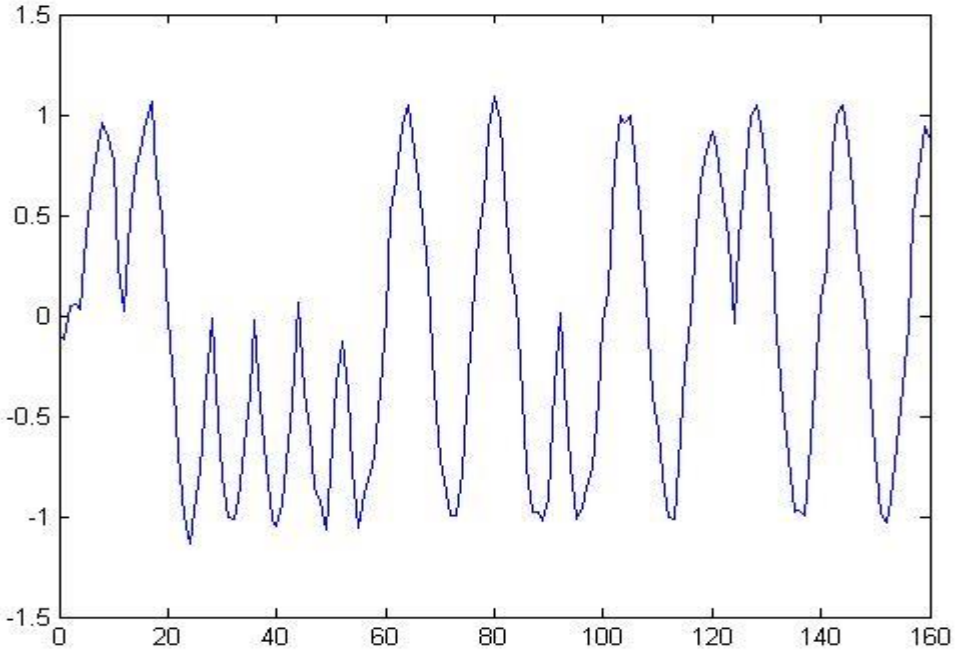


б)

Рисунок 2.7 – Низькочастотний сигнал на вході демодулятора з врахуванням шумів в I-каналі (а) й Q-каналі (б) за E_b/N_0 = 10 дБ

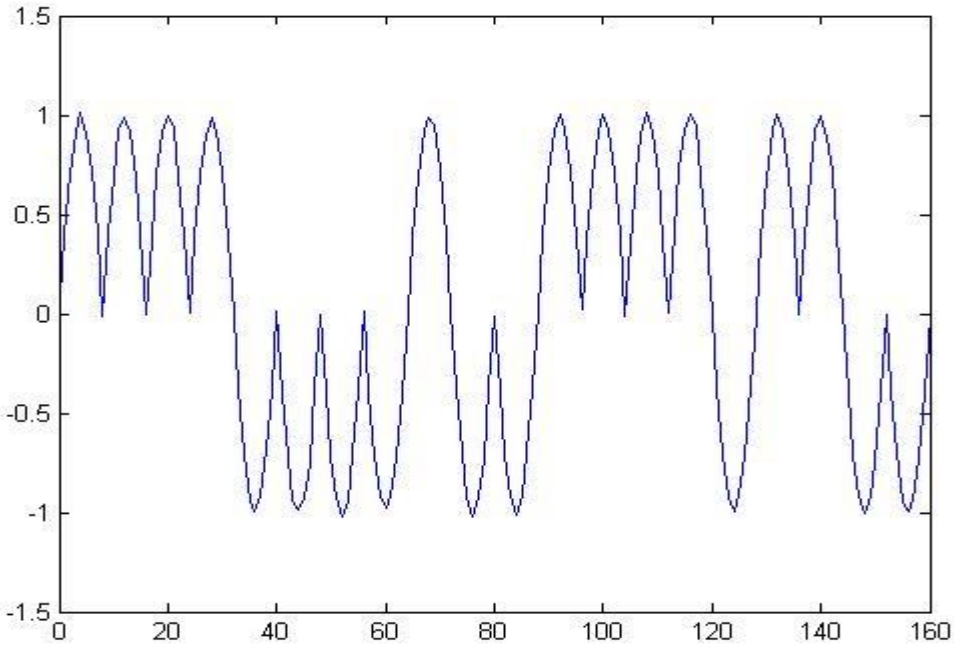


а)

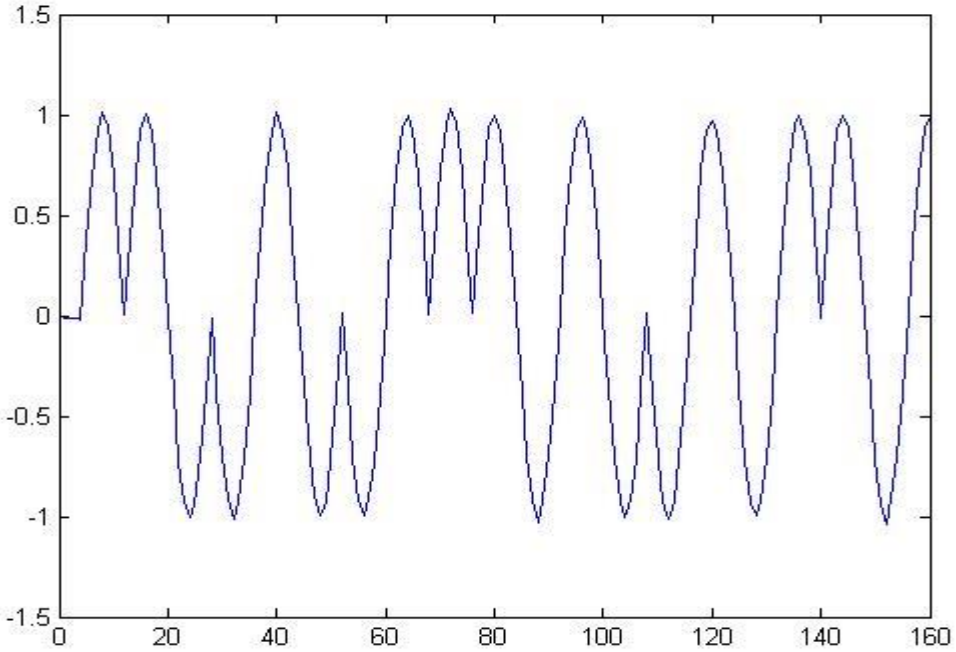


б)

Рисунок 2.8 – Низькочастотний сигнал на вході демодулятора з врахуванням шумів в I-каналі (а) й Q-каналі (б) за E_b/N_0 = 20 дБ



а)



б)

Рисунок 2.9 – Низькочастотний сигнал на вході демодулятора з врахуванням шумів в I-каналі (а) й Q-каналі (б) за E_b/N_0 = 35 дБ

2.5 Демодуляція

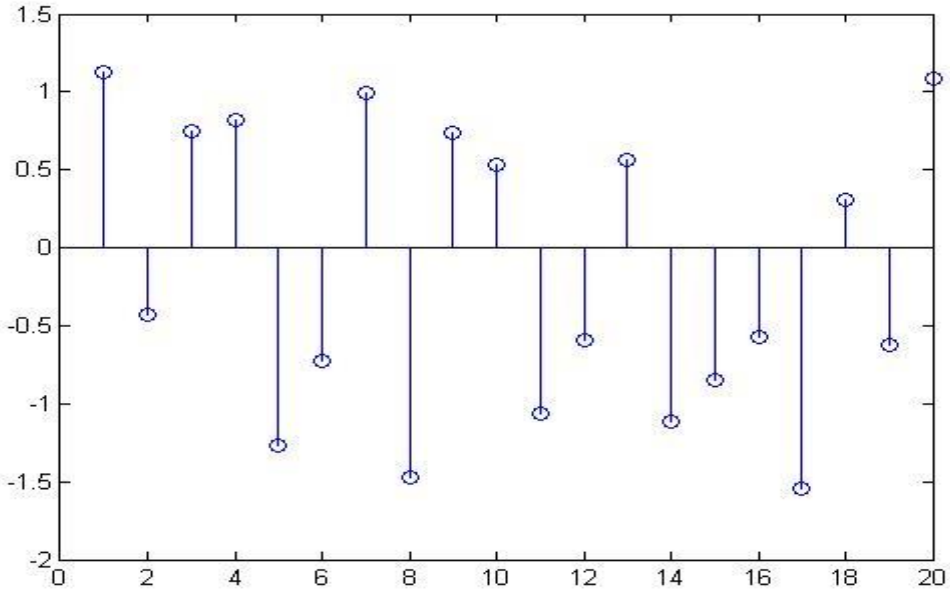
За демодуляції вхідних сигналів необхідно з прийнятого сигналу виділити квадратурні I, Q канальні символи. Для цього необхідно провести операцію, зворотну до передискретизації, що була виконана на передавальному боці. В підсумку, зформуються послідовності синфазного I-каналу (ich5) й протифазного Q-каналу (qch5):

```
syncpoint = 1;
ich5 = ich3(syncpoint:IPOINT:length(ich3));
qch5 = qch3(syncpoint:IPOINT:length(qch3));
```

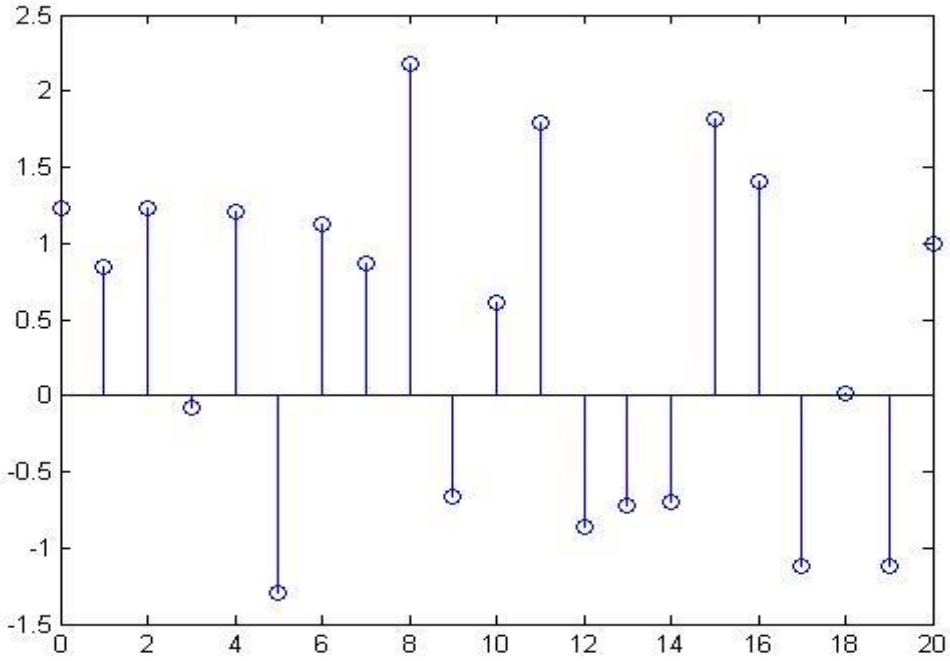
Після цього, виходячи з алгоритму формування фази й виразу (2.21), демодуляція символів модуляції здійснюється шляхом диференційного перемножування сформованих символів послідовностей ich5 I-каналу й qch5 Q-каналу і наступним перетворенням рівнів сигналів (з двополярного формату NRZ до рівнів логічних "нуля" й "одиниці"):

```
%******************MSK Demodulation**********************
demoddata2(1,1) = -1;
for k = 3:2:nd*ml+1
   demoddata2(1,k) = ich5(1,k)*qch5(1,k-1)*cos(pi*(k))>0;
end
for n = 2:2:nd*ml+1
  demoddata2(1,n) = ich5(1,n-1)*qch5(1,n)*cos(pi*(n))>0;
end
[demodata] = demoddata2(1,2:nd*ml+1);
```

Демодульований дискретизований сигнал у вигляді двополярних вибірок наведено на рис. 2.10.



а)



б)

Рисунок 2.10 – Демодульована послідовність відліків I-каналу (а) та Q-каналу (б) у форматі NRZ

Перші сорок відліків демодульованої кінцевої послідовності наведено на рис. 2.11. Якщо їх порівняти із вхідними даними (рис. 2.2), то, можна побачити, що демодуляція відбувається без помилок.

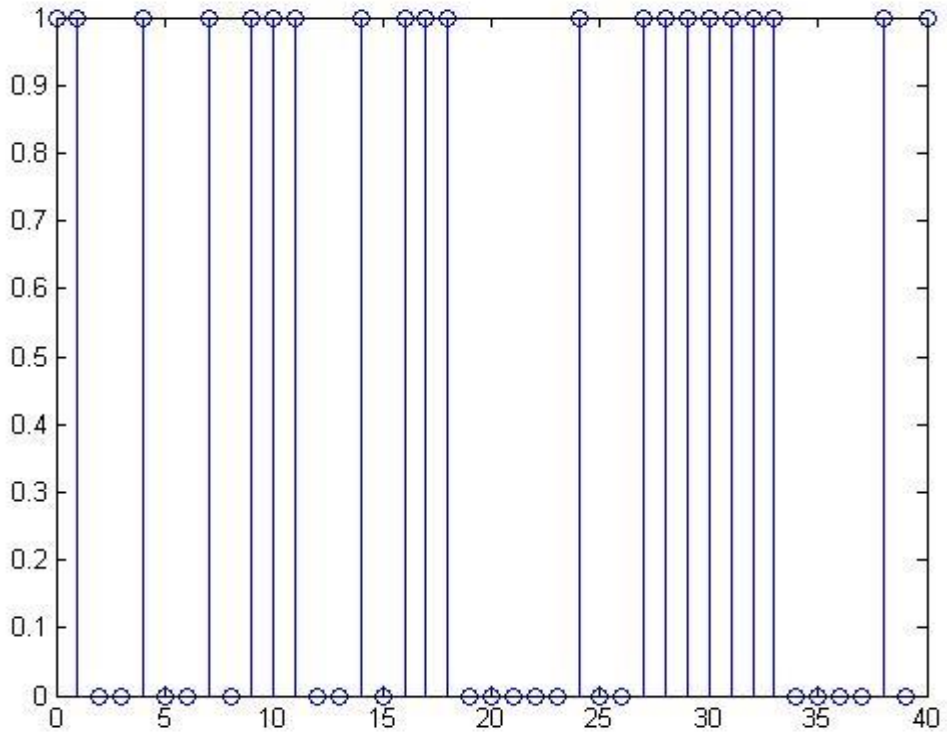


Рисунок 2.11 – Демодульована послідовність прийнятих даних

Відсутність помилок за демодуляції MSK – сигналів відбувається через велике відношення сигнал/шум. Проаналізуємо, як впливає рівень шумів на укладену програмну модель.

2.6 Моделювання імовірності помилкового прийому

Для розрахунку імовірності помилкового прийому одного біта необхідно визначити відношення кількості помилково прийнятих бітів до загальної кількості переданих бітів.

Щоб розрахувати кількість переданих даних необхідно визначити довжину вектора даних. У термінах Mathlab цю операцію можна виконати за допомогою вбудованої команди length. Визначимо в програмі кількість переданих даних у змінній nod.

Для розрахунку кількості помилок використаємо наступний алгоритм. Спочатку зробимо обчислення переданих даних з послідовності прийнятих на приймальному боці даних. Якщо помилок за прийому не виявлено, то отримаємо нульовий вектор довжиною nod. У випадку появи помилково декодованих даних, отримаємо вектор довжиною nod, у якому на позиціях помилкових бітів з'являться значення +1 чи -1. Вектор помилок визначимо як змінну subdata.

Застосувавши операцію виділення абсолютного значення, можна отримати вектор, що має одиничні значення на помилкових позиціях. Виконавши операцію додавання всіх елементів цього вектора, можна розрахувати кількість помилок, що виникають при декодування. Визначимо кількість помилок у змінній noe.

Після проведених операцій можна розрахувати імовірність помилкового прийому одного біта як відносини помилково декодованих бітів до загальної кількості переданих даних. У термінах Mathlab, послідовність операцій наступна:

```
%******************Bit Error Rate (BER)**********************

    noe2 = sum(abs(data1-demodata));
    % sum: built in function
    nod2 = length(data1);      % length: built in function
    noe = noe+noe2;
    nod = nod+nod2;
    end    % for iii = 1:nloop

%******************Output  result ***********************
    ber = noe/nod;
```

Теоретичний вираз для імовірності помилкового прийому одного біта (коефіцієнт бітової помилки BER) за умови відносного кодування вхідних даних і реалізації когерентного детектування, має наступний вид:

$$\mathrm{BER}_{\mathrm{MSK,AWGN}} = \mathrm{erfc}(\sqrt{\mathrm{E_b} / \mathrm{N_0}}), \qquad (2.28)$$

Для заданих у програмі початкових умов, виведення результатів щодо ймовірності помилкового прийому, виводитиметься лише для одного певного значення E_b/N_0. З метою формування графічної залежності BER = F(E_b/N_0) перед основним циклом (оператор for iii=1:nloop) створимо додатковий цикл за параметром E_b/N_0.

З цією метою вводяться три нових масиви:

1) ebn0_array – масив значень E_b/N_0 від одного до 40 дБ з кроком 1 дБ;

2) ber_array – масив значень BER, який визначається за результатами моделювання для відповідних значень E_b/N_0 ;

3) ber_array_theory – масив значень BER, який визначається з теоретичного виразу (2.21) для відповідних значень E_b/N_0 .

Відповідно, цикл реалізовано такими операторами:

```
ebn0_array = 0:1:40;
ber_array = zeros(length(ebn0_array),1);
ber_array_theory = zeros(length(ebn0_array),1);
for ebn0_loop = 1: length(ebn0_array) ;
ebn0 = ebn0_array (ebn0_loop) ;
```

Для виведення результатів щодо BER, необхідно після основного циклу визначити розраховані масиви помилок, а саме:

```
ber_array(ebn0_loop) = ber;
ber_array_theory(ebn0_loop) = erfc(sqrt(10^(ebn0_array (ebn0_loop)/10)));
end % for ebn0_loop

h = semilogy(ebn0_array, ber_array,'o', ebn0_array, ber_array_theory);
set(h,{'DisplayName'},{'Experiment','Theory'});
legend show
```

На рис. 2.12 наведено залежності коефіцієнта бітової помилки, розраховані за теоретичним виразом (2.28) (суцільна лінія) й отримані в

результаті моделювання (помічено "×"). Результати моделювання досить повно узгоджуються з теоретичними характеристиками MSK сигналу.

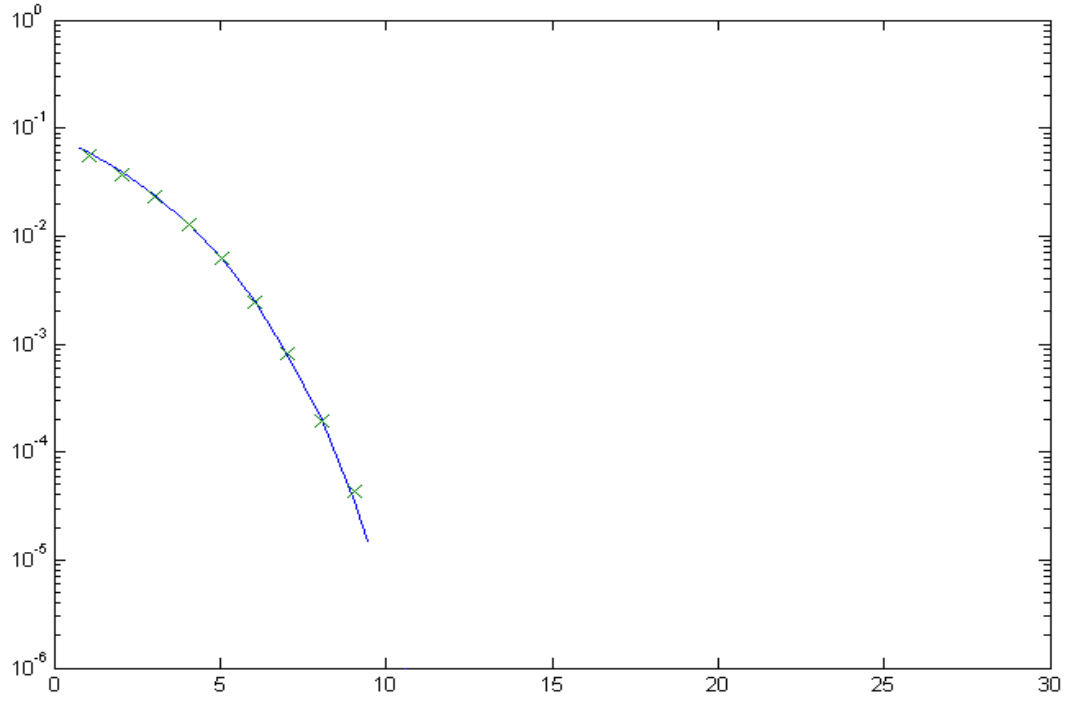


Рисунок 2.12 – Залежність імовірності бітової помилки від відношення E_b/N_0

2.7 Моделювання впливу рівня шумів на фазове сузір’я сигналів MSK

Промоделюємо й проаналізуємо як впливає рівень шумів на фазове сузір’я сигналів MSK (рис. 2.13 − 2.16).

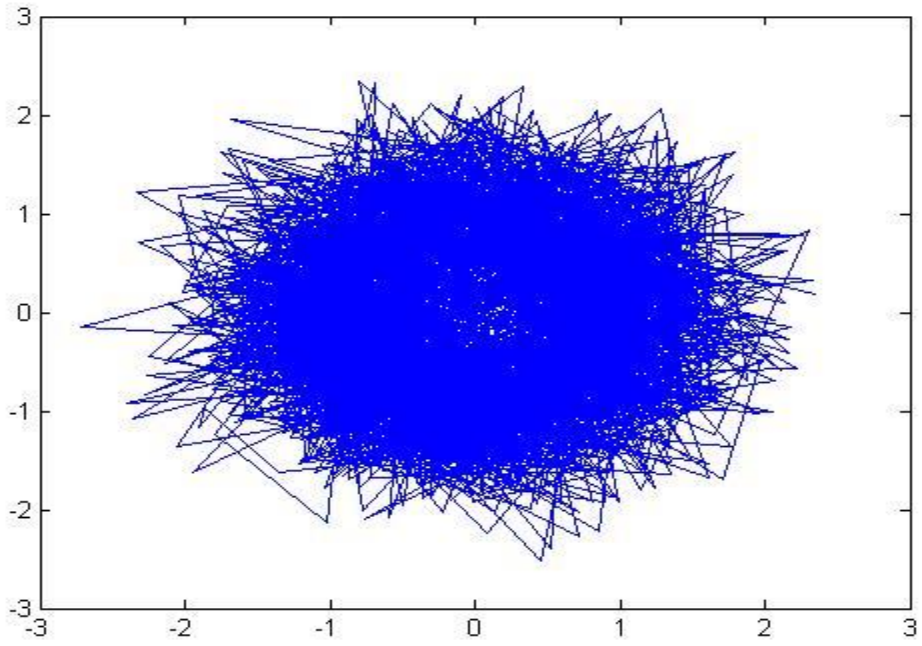


Рисунок 2.13 – Діаграма фазових переходів за значення E_b/N_0 = 3 дБ

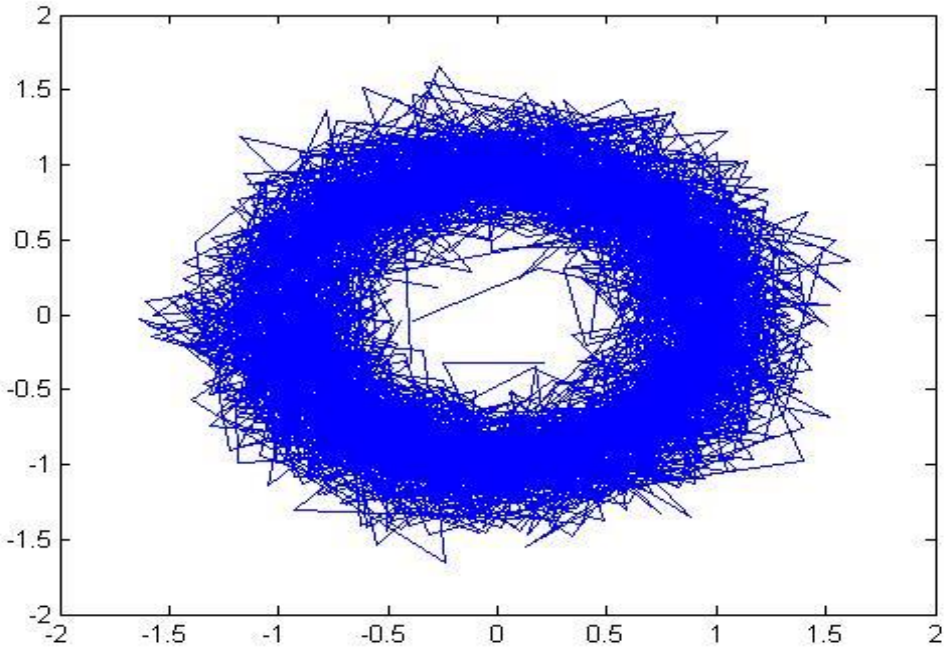


Рисунок 2.14 – Діаграма фазових переходів за значення E_b/N_0 = 10 дБ

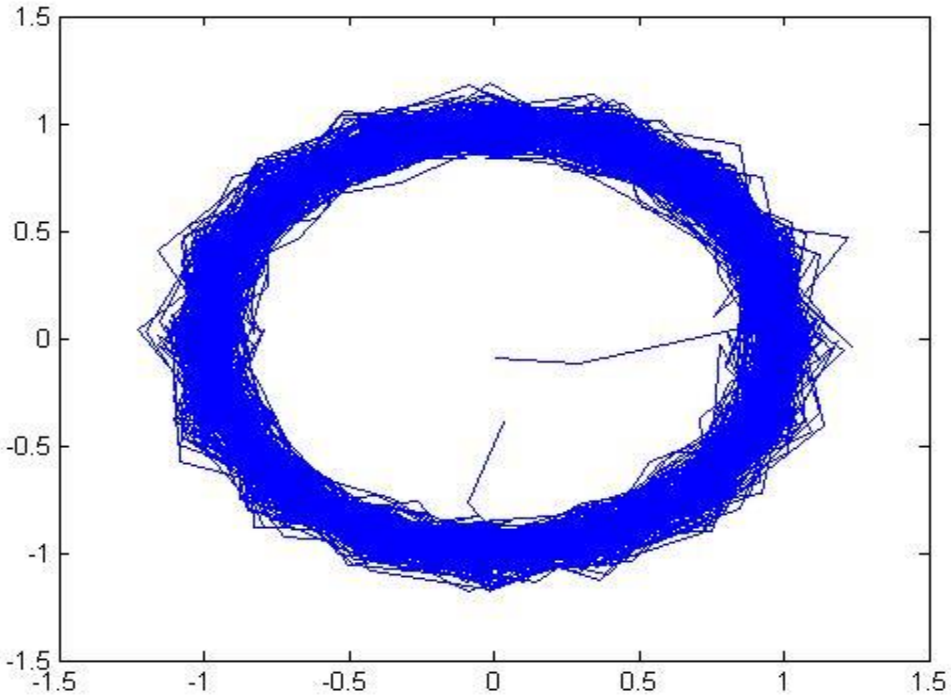


Рисунок 2.15 – Діаграма фазових переходів за значення E_b/N_0 = 20 дБ

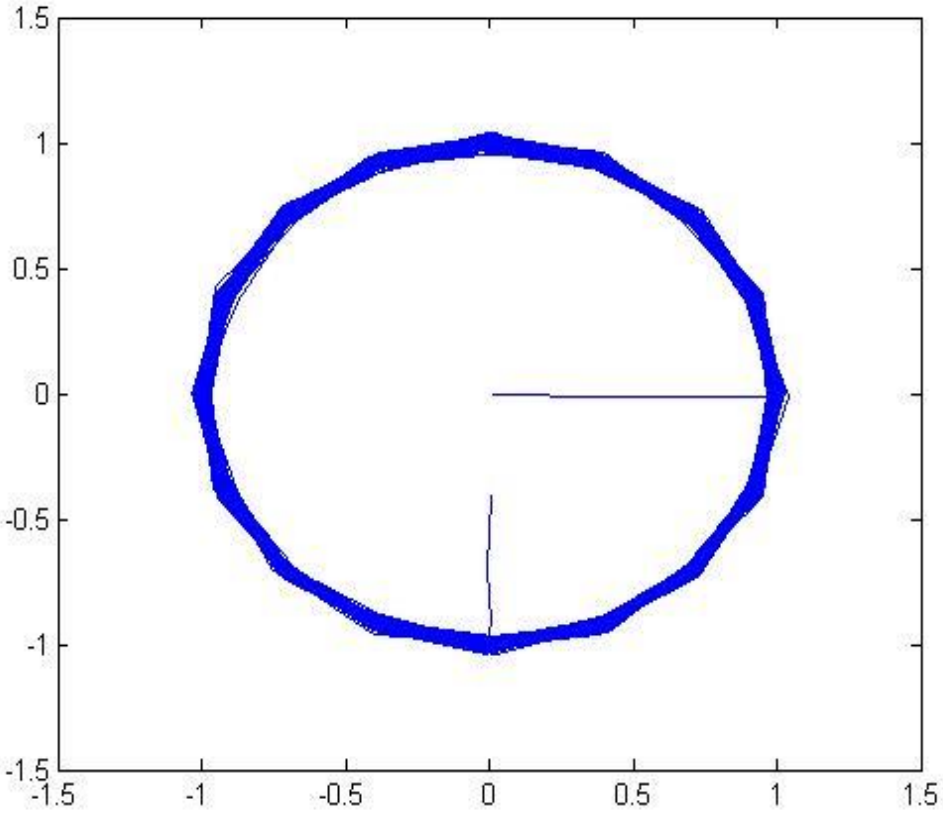


Рисунок 2.16 – Діаграма фазових переходів за значення E_b/N_0 = 35 дБ

На рис. 2.13 значення E_b/N_0 складає лише 3 дБ. Очевидно, що така діаграма майже не відтворює ідеального фазового сузір’я і свідчить про вкрай важкі умови, в яких приймачеві необхідно розпізнавати чергового демодульованого біта. Як наслідок, можна очікувати, що значення BER за таких умов буде достатньо великим.

Наступна діаграма фазових переходів (рис. 2.14) відповідає значенню E_b/N_0 = 10 дБ. Для цієї діаграми переходів вже відстежується наближення до фазового сузір’я ідеального каналу без шумів.

На рис. 2.15 – 2.16 зображено діаграми фазових переходів для відносно великих значень E_b/N_0: 20 дБ і 35 дБ, відповідно.

3 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Обґрунтування актуальності теми з позиції маркетингу

Аналіз, дослідження та робота над даною темою носить актуальних характер в сучасних мовах. Про це також свідчить активізація активності досліджень та нових розробок у заданому напрямі.

Телекомунікаційний ринок є одним з найбільш перспективних та швидко зростаючих напрямків галузі зв’язку України. На даний час система телекомунікацій в Україні знаходиться на шляху швидкого розвитку, що в цілому орієнтоване на вхід української системи зв'язку в світову, як рівноправного партнера. Однією з галузей зв'язку, що має бурний розвиток, є мобільний зв'язок. Щороку відбувається злиття та поглинання одних мобільних операторів іншими, а самі мобільні оператори розширюють спектр послуг, які вони надають, з метою отримання більшої частки на ринку. Традиційні методи моделювання розвитку даного ринку ускладнені постійною появою нових технологій, що кардинально змінюють характер розвитку ринку.

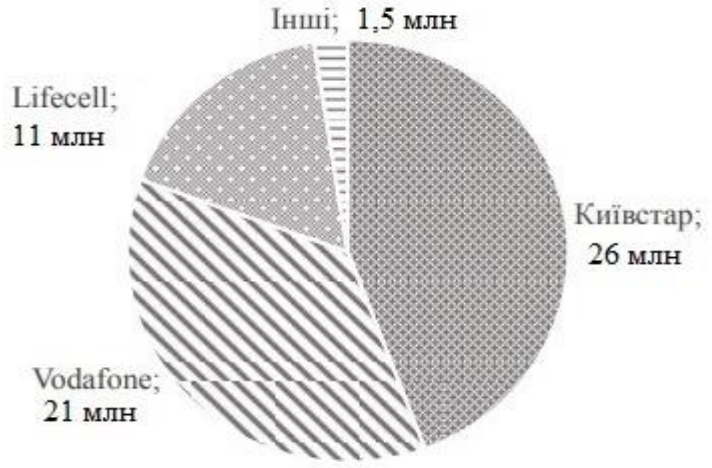


Рисунок 3.1 – Структура ринку стільникового зв’язку України на 2018 р.

Индекс Херфиндаля-Хиршмана − це показник рівня монополізації ринку. Вираховуєтьсявін за наступною формулою:

$$HHI = \sum_{i=1}^{n} S_i^2$$
$$HHI = S_1^2 + S_2^2 + \ldots + S_n^2 \qquad (3.1)$$

де S – доля учасника ринку, %.

Звідси:

$$\text{HHI} = 43^2 + 41^2 + 9^2 + 7^2 = 3660.$$

В принципі, класифікація за рівнем конкуренції може бути будь-якою. Однак, базуючись на нашому зразку, виведемо три основні групи:

I група – ринки з високим рівнем монополізації (концентрації) (монополістичні ринки) 1 800 < HHI < 10 000.

II група – ринки з сильним рівнем монополізацій (концентрації) (олігополістичні ринки) 1 000 < HHI < 1 800.

III тип – ринки з низьким рівнем монополізацій (концентрації) (конкурентні ринки) HHI < 1 000.

Як бачимо, ринок стільникового зв’язку відноситься до першої групи.

Оскільки з кожним роком все більше зростає кількість користувачів мобільним зв’язком, це означає збільшення обсягу передавання інформації, а отже збільшення навантаження на технічну частину, що обслуговує абонентів. Цю проблему вирішують цифрові методи модуляції.

Більш складні за алгоритмом роботи цифрові методи модуляції (у порівнянні з аналоговими методами) вимагають ускладнення апаратурної (технічної) реалізації системи. Саме цифрові методи модуляції використовуються у більшості сучасних системах мобільного зв’язку.

Темою дипломного проекту є «Моделювання каналу зв'язку з використанням методів MSK». Ця тема охоплює знання, які формують загальну інформацію про протоколи множинного доступу та їх призначення, як вони застосовуються в безпроводових мережах, засоби проектування,

конструювання та матеріалізації відповідних технічних процесів та явищ у конкретних об’єктах та системах, які стосуються теми дипломного проекту.

Питання досліду цифрових методів модуляції, а саме створення спеціального програмного забезпечення для формування сигналів вивчалося недостатньо. Загалом матеріал викладено у навчальних посібниках носить загальний характер, у той час як у різних статтях та публікаціях за даною тематикою розглядаються більш вузькі питання, що стосуються заданої теми. Проте потребується більш детальніше врахувати сучасні умови при дослідженні проблематики заданої теми.

Висока значимість та недостатня практична розробленість визначають безсумнівну новизну даного дослідження, а отже й підвищують ступінь його значущості для нових технологій у сфері зв’язку.

3.2 Визначення трудомісткості та тривалості роботи

Основною умовою раціонального планування дослідження є скорочення строків виконання при мінімальних витратах трудових, матеріальних та грошових ресурсів. Для цього необхідно вирішити наступні питання: визначення трудомісткоті та тривалості; складання календарного графіка виконання; визначення витрат на проведення і ефективність дослідження.

Комплекс науково – дослідницьких робіт може бути поділений на етапи. Для кожного етапу необхідно вказати його найменування, виконавців, трудомісткість і тривалість робіт. В даній роботі беруть участь один молодший науковий співробітник і один старший науковий співробітник. Результати розподілу наведені в таблиці 3.1.

Через те, що важко встановити трудомісткість виконання робіт, у зв'язку з елементами незвичайності, в процесі виконання більшості науково-дослідницьких робіт, використовується ймовірнісний метод. При цьому використовують дві або три вірогідних оцінки часу. Ці оцінки є вихідними для розрахунку очікуваного часу виконання роботи за формулою (3.1):

$$t_{оч} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (3.2)$$

де: $t_{оч}$ – очікувана оптимальна оцінка часу виконання роботи, днів;

t_{min} – мінімально необхідний час на виконання роботи при найбільш сприятливих умовах, днів;

t_{max} – максимальні витрати часу на виконання роботи за неспрятливих умов, днів.

Таблиця 3.1 – Оцінка довготривалості та трудомісткості етапів робіт.

№	Етапи роботи	Часова оцінка, дн.			Дис-пер-сія	Виконавці		Трива-лість, днів.
		t_{min}	t_{max}	$t_{оч}$		Спеціальність	Кіл-сть, чол.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Отримання технічного завдання	1	2	2	0,2	Молодший науковий співроб.	1	3
2	Огляд літературних джерел	3	7	5	0,8	Молодший науковий співроб.	1	2
3	Аналіз основних принципів організації	2	4	3	0,4	Молодший науковий співроб.	1	3
4	Підготовчий (техніко - економічне обґрунтування) етап	14	20	17	1,2	Молодший науковий співроб.	1	13
5	Написання модулюючої програми	13	15	14	0,4	Старший науковий співроб.	1	12

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Аналіз результатів програми	13	19	16	1,2	Старший науковий співроб.	1	12
7	Вибір та купівля необхідного обладнання та матеріалів	2	4	3	0,4	Молодший науковий співроб.	1	3
8	Експериментальні дослідження	20	22	21	0,6	Молодший науковий співроб.	1	20
9	Аналіз отриманих даних, коригування програми	5	7	6	0,4	Старший науковий співроб, Молодший науковий співроб.	2	7
10	Висновки та пропозиції	8	10	9	0,4	Старший науковий співроб.	1	10
11	Складання та обговорення технічного звіту	2	2	2	0,0	Старший науковий співроб.	1	1
12	Впровадження результатів	2	2	2	0,0	Молодший науковий співроб.	1	1
	Разом	85	114	100	–	–	–	87

Ступінь правильності визначення перевіряється розрахунком дисперсії – різниці між мінімальною та максимальною оцінками часу, що визначається за формулою (3.2):

$$\sigma = \frac{t_{max} - t_{min}}{5} \quad (3.3)$$

Розраховані значення для кожного етапу занесені у табл. 3.1.

Дана дипломна робота повинна виконуватися поетапно, у лінійній послідовності, так без отримання необхідних результатів дослідів не можна виконувати наступний пункт. Використовуючи дані табл. 3.1, збудуємо лінійний календар (рис. 3.3).

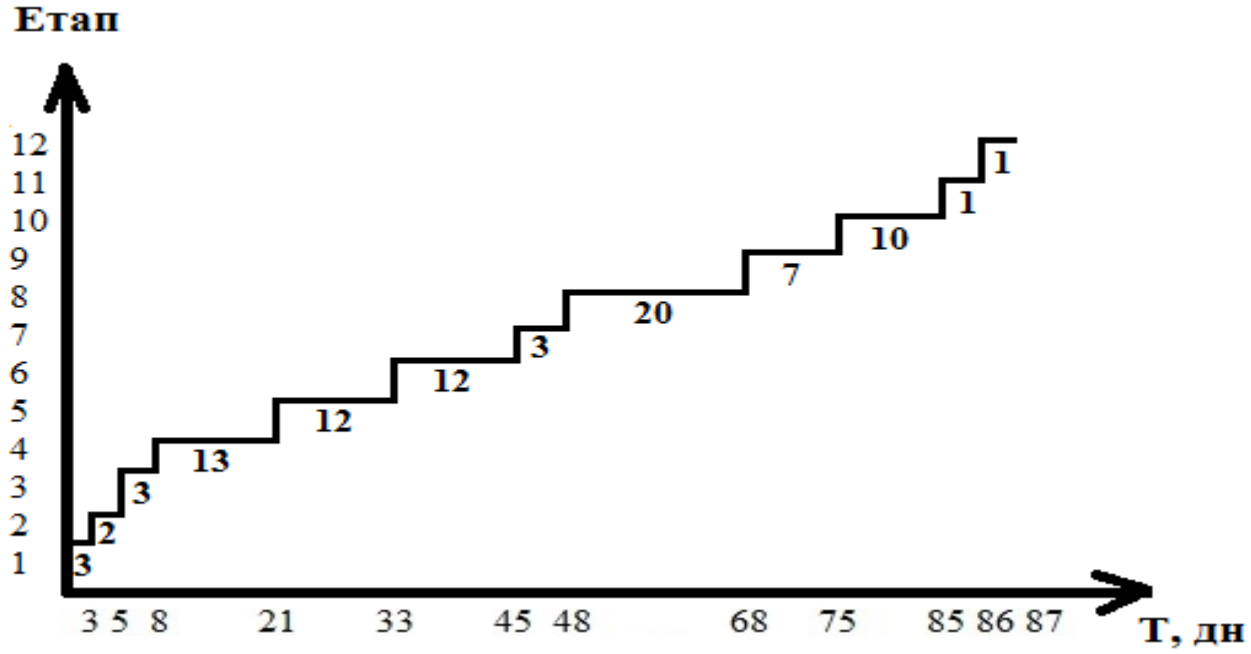


Рисунок 3.3 – Лінійний календарний графік

3.3 Розрахунок кошторису витрат на практичну реалізацію магістерської роботи

До складу витрат на реалізацію проекту враховується вартість усіх ресурсів, необхідних для проведення комплексу робіт. Проте в даному випадку, при роботі над заданою темою дипломного проекту розрахунок багатьох статей ускладнений через невизначеність, яка виражається в тому, що заздалегідь невідомо необхідну кількість деяких матеріалів, деталей, послуг, а також величини витрат.

Вирішенням даного питання є використання методики збільшених розрахунків. Дана методика передбачає по перше первинний розрахунок

основної заробітної плати, а вже після цього – процентних частин інших статей витрат на реалізацію проекту.

Статті, витрати за якими можуть бути розраховані більш точно, розраховуються за звичайною методикою.

З метою визначення витрат на реалізацію проекту складено кошторис витрат (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Кошторис витрат на реалізацію наукової роботи

Статті витрат	Умовне позначення	Сума	
		грн.	частка, %
Матеріали, покупні вироби і напівфабрикати (за відрахуванням відходів, що реалізуються)	М	1168,5	2,34
Спеціальне устаткування для реалізації проекту	СУ	5200	42,1
Основна і додаткова заробітна плата виробничого персоналу	ЗП	21 199,92	26,1
Відрахування на соціальне страхування (від суми основної і додаткової заробітної плати)	ОТЧ	4663,98	5,74
Накладні витрати	НВ	15 899,94	23,7
Всього витрат на реалізацію проекту	–	48 132,32	100

3.3.1 Розрахунок вартості матеріалів

До статті витрат на матеріали включаються вартість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для розробки проекту. За період проведення науково-дослідницьких робіт співробітниками будуть використані наступні матеріали (табл. 3.3). Транспортно-заготівельні витрати: 3 - 10% від вартості матеріалів.

Таблиця 3.3 – Розрахунок вартості матеріалів

Матеріал	Марка, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Кількість	Ціна за одиницю, грн/шт.	Витрати за матеріали	Частка, %
Папір А4	UNI Office A4	500	0,25	125	76,9
Папір А2	Xerox A2	4	3	12	7,1
Папір А1	Xerox A1	5	5	25	14,8
Транспортно-заготівельні витрати	–	–	–	6,5	3,8
Разом	–	–	–	168,5	

3.3.2 Спеціальне устаткування

У цій статті враховуються витрати на оренду, доставку і монтаж лабораторних установок, вимірювальних та регулювальних пристроїв, приладів, випробувальної апаратури тощо (табл. 3.4).

Балансова вартість обчислювальної техніки становить 10000 грн. за один комп'ютер. Для проведення науково – дослідницької роботи використовується 1 компьютер.

Таблиця 3.4 – Витрати на спеціальне устаткування

Перелік устаткування	Марка, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Собівартість експлуатації, грн. / год.
Разом	Ноутбук	1	5000	5000
Транспортно-заготівельні витрати	–	–	–	200
Разом	–	–	–	5200

3.3.3 Розрахунок заробітної плати

Витрати на основну заробітну плату складаються з планового фонду заробітної плати всіх категорій працівників, зайнятих в розробці проектованого пристрою.

Розрахунок заробітної плати ведеться на основі даних про трудомісткість (табл. 3.1). Результати розрахунків зведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок основної заробітної плати.

Посада виконавця	Кіль - сть людей	Місячний оклад, грн	Середньоденна зар.плата, грн.	Кількість робочих днів	Сума зар. плати, грн.
Старший науковий співробітник	1	4500	214,2	42	9000
Молодший науковий співробітник	1	3500	166,6	52	8666,6
Разом	2	–	–	–	17 666,6

Додаткову заробітну плату приймаємо рівною 10% від основної заробітної плати. Розрахунок основної та додаткової заробітної плати наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Основна та додаткова заробітна плата.

Спеціальність виконавця	Додаткова заробітна плата, грн.	Сума основної та додаткової заробітної платні, грн.
Старший науковий співробітник	1800	10 800
Молодший науковий співробітник	1733,32	10 399,92
Разом	–	21 199,92

3.3.4 Відрахування на соціальне страхування

Відрахування на соціальне страхування й в інші фонди визначаються в розмірі 22 % від суми основної та додаткової заробітних плат.
Таким чином, відрахування на соціальне страхування становить:

$$Відр = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 0{,}22 \quad (3.4)$$

де $ЗП_{осн}$ – основна заробітна плата,грн.;

$ЗП_{доп}$ – додаткова заробіна плата, грн.

$$Відр = 21\ 199{,}92 \cdot 0{,}22 = 4663{,}98 \text{ грн.}$$

3.3.5 Накладні витрати

До накладних витрат відносять витрати на загальне управління та загальногосподарські потреби (на заробітну плату апарату управління, канцелярські витрати та інше), на утримання і експлуатацію будівель і споруд.

Накладні витрати включаються у вартість проведення роботи непрямим шляхом – у відсотках від основної заробітної плати співробітників.

Накладні витрати становлять 80 − 100% від основної заробітної плати співробітників, що в нашому випадку становить:

$$НВ = 17\ 666{,}6 \cdot 0.9 = 15\ 899{,}94 \text{ грн.}$$

3.3.6 Бальна оцінка економічної ефективності проекту

Наукові дослідження, прямий підрахунок економічної ефективності яких неможливий, оцінюють за допомогою бальної системи.

Бальна оцінка проводиться за наступними показниками:

– важливість розробки $К_1 = 1$, обирається з табл. 3.7;

Таблиця 3.7 – Шкала для оцінки важливості розробки $К_1$.

№ з/п	Показник	Бали
1	Ініціативна робота, що не є частиною комплексної програми, або завданням відомчих органів	1
2	Робота, виконана за договором про науково технічну допомогу	3
3	Робота представляє частину відомчої програми	5
4	Робота представляє частину відомчої комплексної програми	7
5	Робота представляє частину міжнародної комплексної програми	8

– можливість використання результатів розробки $К_2 = 8$ (табл. 3.8);

Таблиця 3.8 – Шкала оцінки можливості використання результатів розробки К2.

№ з/п	Показник	Бали
1	У даному підрозділі	1
2	У даній організації	3
3	У багатьох організаціях	5
4	У масштабах країни	8

– теоретична значимість і рівень новизни дослідження $К_3 = 2$ (табл.3.9)

Таблиця 3.9 – Шкала оцінки показників складності дослідження К4.

№ з/п	Показник	Бали
1	Аналіз, узагальнення й класифікація відомої інформації. Подібні результати були відомі в досліджуваній області	2
2	Одержання нової інформації, що доповнює знання про сутність досліджуваних процесів, не відомі в досліджуваній області	3
3	Одержання нової інформації, що змінює уявлення про сутність досліджуваних процесів, не відомої раніше	5
4	Створення нових теорій, методик	6
5	Одержання інформації, що сприяє формуванню напрямків, не відомих раніше	8

– складність розробки $К_4$ = 5 (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Шкала оцінки показників складності дослідження К4.

№ з/п	Показник	Бали
1	Робота виконується одним підрозділом, витрати менш 10000 грн.	1
2	Робота виконується одним підрозділом, витрати 10000 - 50000 грн.	3
3	Робота виконується одним підрозділом, витрати 50000 - 100000 грн.	5
4	Робота виконується за участю багатьох підрозділів, витрати 100000 - 500000 грн.	7
5	Робота виконується декількома організаціями, витрати понад 500000 грн.	8

Загальна оцінка встановлюється за добутком коефіцієнтів:

$$П_с = К_1 \cdot К_2 \cdot К_3 \cdot К_4, \quad (3.5)$$

$$П_с = 1 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5 = 80 \text{ балів.}$$

Питомий ефект на кожний бал – 1 000 грн.

Загальний ефект від розробки складає:

$$Е = Пс \cdot 1000, \quad (3.6)$$

$$Е = 80 \cdot 1000 = 80\,000 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від реалізації дипломного проекту визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, що характеризує частку загального ефекту від розробки, що приходиться на одну грн. витрат (собівартості НДР) :

$$К_е = Е/К_{ндр}, \quad (3.7)$$

$$К_е = 80\,000 / 48\,132{,}34 = 1{,}66.$$

В даному розділі було проведено аналіз і обґрунтування економічної ефективності науково – дослідницької роботи. Розраховано, що для проведення дослідження необхідно близько 87 днів. При цьому сумарні витрати на дослідження становлять 48 132,34 грн., з них:

– заробітна плата – 21 199,92 грн. (44,04 %);
– накладні витрати – 15 899,94 грн. (33,03 %);
– спеціальне обладнання для реалізації проекту – 5200 грн. (10,8 %);
– відрахування на соціальне страхування – 4663,98 грн. (9,68 %);
– витратні матеріали, куповані вироби і напівфабрикати – 1168,5 грн. (2,42 %).

Обґрунтованість ефективності дослідження підтверджується розрахованим коефіцієнтом економічної ефективності, який становить – 1,66.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Тема дипломного проекту «Моделювання каналу зв'язку з використаних методів MSK» передбачає проведення робіт в дослідницькому приміщенні, обладнаному персональним комп'ютером з візуальними дисплейними терміналами (моніторами).В зв’язку з цим виконані заходи щодо забезпечення безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки для приміщення з персональним комп'ютером.

На основі вивчення та аналізу, існуючих і нових технологічних процесів і обладнання, що застосовується, згідно з ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація », виявлені небезпечні виробничі фактори, вплив яких на робочих може привести до погіршення умов праці або травматизму.

Робоче місце радіоінженера для виконання даного проекту є набором різної комп'ютерної техніки з візуальними дисплейними терміналами і периферією. Небезпека в ході робіт полягає при використанні джерел живлення, підключенні і відключенні приладів за допомогою вилок, розеток, перехідних пристроїв, подовжувачів.

Основні небезпечні виробничі фактори з якими можуть стикатися робочі:

− ураження електричним струмом через підвищений значення напруги в електричному ланцюзі або пробою ізоляції, замикання якого може відбутися через тіло людини і привести до травми або смерті;

− вплив електричного поля через підвищеної напруженості;

електричних полів, внаслідок чого порушуються фізіологічні функції: ритм серцевих скорочень, рівень кров'яного тиску, активність мозку, хід обмінних процесів і імунна активність;

− проходження електричного розряду через підвищеного рівня статичної електрики і провокування рефлекторного руху людини, що в ряді випадків може привести до різкого руху і травмі.

Санітарно - гігієнічні небезпечні виробничі фактори, пов'язані з роботою:

− погіршення самопочуття людини через гарячих або холодних місцях повітря робочої зони, внаслідок порушення обмінних процесів в організмі і виникнення різних гострих і хронічних простудних захворювань відповідно;

− попадання в легені і на слизові оболонки пилу, через підвищеної запиленості повітря робочої зони і провокування алергічних захворювань органів зору та дихання;

− зорове стомлення і біль в очах, через недостатню освітленість робочої зони, які призводять до зниження уваги і можливості травмування;

− розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів і емоційні перевантаження через недотримання режиму роботи за ПК, що призводить до підвищення стомлюваності, зниження уваги і, як наслідок, підвищується ймовірність травмування працівника на робочому місці;

− ризик для здоров'я і життя персоналу через недотримання правил протипожежної безпеки, що може призвести до травм, смерті і матеріальних втрат;

− отримання травм і матеріальних втрат через неправильне поводження персоналу при НС.

4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

Техніка безпеки − система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають вплив небезпечних виробничих факторів. При роботі з персональними комп'ютерами і периферійними пристроями, головним небезпечним фактором є електрику.

Ураження електричним струмом може призвести до смерті або втрати працездатності.

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму:

− випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;

− поява напруги дотику на конструктивних металевих частинах електрообладнання в результаті пошкодження ізоляції;

− поява напруги на відключених струмопровідних частинах, на яких працюють люди, внаслідок помилкового включення установки.

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, так як в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, яка під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на дію струму виникає лише при протіканні його через тіло людини. При цьому через тіло людини проходить електричний струм, який викликає термічне, електролітичне, механічне та біологічний вплив.

Згідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальніх установок» та ПУЕ «Правил улаштування електроустановок приміщення», в якому знаходяться пристрої, відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналу електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35°С, а також відсутні хімічно агресивні середовища.

Заходи щодо забезпечення електробезпеки розроблено відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «Електробезпека. Терміни та визначення».

Для захисту доторку людини до частин обладнання, що знаходяться під напругою, відповідно до ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Захисне заземлення, занулення», використовується захисне заземлення опором 4 Ом. Сучасні персональні комп'ютери включаються в розетку за допомогою триполюсною

вилки, один з полюсів якої служить для заземлення. З ним з'єднані металеві неструмопровідні частини обладнання, які можуть опинитися під напругою.

У конструкторському бюро використовуються тільки триполюсні розетки, у яких відповідний полюс з'єднаний з шиною заземлення. Електрична мережа вмикається і вимикається за допомогою пускової апаратури (рубильником).

Приміщення для роботи вибрано зі струмонепровідною підлогою, без заземлених металевих конструкцій. Для забезпечення потрібних характеристик повітряного середовища передбачена вентиляція і очищення повітря. Шнури живлення персональних комп'ютерів виконані з проводів в подвійній ізоляції. Для відключення електричної мережі, при виникненні короткого замикання, приміщення обладнане пристроями захисного відключення (УЗО).

Розрядні струми статичної електрики частіше за все виникають при дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів, вони можуть привести до виходу з ладу ЕОМ.

Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в приміщенні використовується покриття технологічних підлог з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. До загальних заходів захисту від статичної електрики в приміщенні також відноситься загальне і місцеве періодичне зволоження повітря.

Відповідно до ДСТУ 7237: 2011. «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту »для забезпечення безпеки робіт були виконані організаційні заходи (призначення осіб, відповідальних за організацію і проведення робіт, інструктаж з ТБ під час виконання робіт, допуск до роботи, оформлення перерв в роботі).

Відповідно до ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. "Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги "проведені ергономічні заходи. Робоче місце радіоінженера і взаємне розташування всіх його елементів відповідає антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Стіл

обраний висотою 750 мм, стілець з можливістю регулювання висоти сидіння, візуальний комп'ютерний дисплей з можливістю регулювання кута нахилу.

4.3 Заходи по санітарії та гігієни праці

Людина в процесі роботи на персональному комп'ютері може піддаватися впливу шкідливих виробничих факторів. Довгий час, проведений за роботою з персональним комп'ютером, може викликати розумове перенапруження а також значне навантаження на зоровий апарат працівника. Дуже важливо правильно організувати робоче місце, що б знизити до мінімуму вплив шкідливих факторів. Для зниження або нейтралізації їх впливу були проведені наступні заходи.

Заходи з оздоровлення повітряного середовища проведено відповідно до значень оптимальних метеорологічних параметрів, встановлених ГОСТ 12.1.005-76 «Повітря робочої зони» і санітарними нормами СН512-72 «Інструкція з проектування будинків і приміщень для електронно-обчислювальних машин» (табл. 7.1) . Для забезпечення цих значень метеорологічних параметрів і чистоти повітря відповідно до ДБН Д.2.6-3-2000Сборнік №3 «Системи вентиляції і кондиціонування повітря» в приміщенні передбачається вентиляція.

Передбачається очистка повітря, використовуваного для вентиляції. Очищення необхідна не тільки для запобігання негативного впливу пилу на здоров'я працюючих, а й тому, що пил, може потрапляти всередину корпусу персонального комп'ютера через вентиляційні отвори і осідати на мікросхемах та інших частинах компонентів персонального комп'ютера. Це може привести до виходу з ладу готельних компонентів і зменшення ремонтопридатності. Вентиляція, охолодження і очищення повітря здійснюються побутовими кондиціонерами, встановленими в вікнах.

З метою забезпечення потрібної температури в холодну пору року передбачено опалення приміщення і нагрівання повітря, використовуваного для

вентиляції згідно з ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Таблиця 7.1 – Оптимальні значення метеорологічних параметрів

Назва параметру	Оптимальне значення
Температура	20 - 22°С в холодный період, 20 - 24°С в теплий період
Відносна вологість	40-60 %
Швидкість руху повітря	Не більше 0.2 м/с в холодный період Не більше 0.3 м/с в теплий період

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, благотворно впливає на виробниче середовище, надаючи позитивну психологічну дію на працівника, підвищує безпеку праці і знижує травматизм.

Згідно ДБН.В. 2.5.-28-2006 «Збірник 28. Природнє та штучне освітлення» в приміщенні застосували систему комбінованого освітлення. Комбіноване освітлення − освітлення, при якому недостатнє за норма природне освітлення доповнюється штучним.

Дотримуються вимога до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість складає 300 лк. Як джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, які попарно об'єднуються в світильники, які розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями.

Як вже було написано вище - робота з персональними комп'ютерами пов'язана з нервово-психічними перевантаженнями, які пов'язані з розумовою

перенапруженням, перенапруженням аналізаторів (особливо зорових), монотонністю праці, емоційними перевантаженнями. Для зменшення впливів цих факторів передбачаються п'ятнадцятихвилинні перерви через кожну годину роботи, відповідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейної терміналами електронно-обчислювальних машин».

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки спрямовані на забезпечення безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, створення умов для успішного гасіння пожежі.

Даний тип приміщення по пожежної відноситься до категорії «Д» відповідно до НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки України».

Джерелом пожежонебезпеки є ЕОМ і периферійне устаткування. Вони характеризуються високою щільністю розміщення електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, комутаційні кабелі. При протіканні струму можливий їх перегрів, плавлення ізоляції і, як наслідок, коротке замикання, яке супроводжується іскрінням, перевантаженнями елементів електронних схем.

Для запобігання утворенню горючого середовища проведені наступні заходи:

− ізолювання апаратури від статевих покриттів і меблів вогнестійкими матеріалами або використанням спеціальних меблів для робочого місця;

− складування легкозаймистих носіїв інформації), а також твердих копій (роздруківок), архівних документів (нормативно - технічної документації), які не потрібні в даний момент (фарбувальні стрічки, картриджі тощо), а також спиртовмісних рідин в окреме вогнеізолююче приміщення або сейфи.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях застосовуємо вогнегасники. Згідно з рекомендаціями по оснащенню приміщень переносними

вогнегасниками для приміщень категорії Д (до 1200 м^2) і класу пожежі Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок) встановлено два вуглекислотних вогнегасники ОУ-5 місткістю 5 л відстань між ними має бути не більше 70 м. Вогнегасники обрані для оснащення приміщення конструкторського бюро, до того ж допускаються для гасіння пожежі класу А (пожежі твердих горючих речовин, в основному органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням, таких як, пластик, текстиль, папір, дерево).У приміщенні встановили автоматичний сповіщувач автоматичної пожежної сигналізації (АГТС).

З огляду на високу вартість обладнання, наявність розгалужених систем кондиціонування і вентиляції повітря, великого числа прихованих комунікацій, а також специфіку загоряння апаратури, обраний димовий сповіщувач ІП-212-41М з розрахунку один сповіщувач на 25 м2 площі, яка захищається згідно НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про Пожежа та управління евакуацією людей в будинках та спорудах» та ДБН В.2.5-13-98 «Інженерне обладнання будників і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд». Оскільки площа приміщення состовляет 18 м^2, встановили 2 датчика − сповіщувача.

4.5 Заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація на підставі Закону "Про Цивільну оборону України" (1999 р.) Визначається, як порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, з стихійним лихом, епідемією, епізоотією, пожежею, використанням засобів масового ураження , яке призвело або може призвести до людських або матеріальних втрат [15].

До головних ознак надзвичайної ситуації відносять:

- небезпека для життя і здоров'я значної кількості людей;
- істотне порушення екологічної рівноваги;
- повне або часткове припинення господарської діяльності;

– значні матеріальні та економічні збитки.

У разі надзвичайної ситуації може здійснюватися евакуація населення. Евакуація - це організоване виведення чи вивезення населення із зон можливого ураження, затоплення або терористичного нападу.

Існує також комбінований спосіб евакуації за територіально-виробничим принципом. Він має на увазі, що вивезення працівників і членів їх сімей, студентів та учнів організовується підприємствами, установами або навчальними закладами. Час, що залишився населення евакуюється за допомогою ЖЕКів і домоуправлінь за місцем проживання.

Планування розосередження і евакуації населення є одним із важливих завдань штабів цивільного захисту всіх рівнів. Для допомоги штабам Цивільного захисту в містах, районах, на підприємствах, в навчальних закладах створюються евакуаційні комісії.

Розосередження і евакуація проводиться через збірні евакуаційні пункти, на яких є адміністрація збірного евакуаційного пункту в яку входять: начальник, заступник, група оповіщення, група реєстрації та обліку, довідкова, група охорони.

У кожній установі встановлюється відповідний порядок оповіщення людей про надзвичайну ситуацію, з якими необхідно ознайомити всіх працівників. Території закладів, установ і організацій слід постійно утримувати в чистоті. Дороги, проїзди і під'їзди до будівель повинні бути завжди вільними. Розміщення меблів і обладнання в класах, кабінетах, майстернях, спальнях, їдальнях та інших приміщеннях не повинно заважати евакуації людей. У коридорах, вестибюлях, холах, на сходових клітках і дверях евакуаційних виходів слід мати вказівні знаки безпеки. Евакуаційні проходи, виходи, коридори, тамбур і сходи заборонено змушувати будь-якими предметами і обладнанням.

У разі аварії евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які перебувають в приміщенні, через евакуаційні виходи. Виходи називаються евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень першого

поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку; будь-якого поверху, крім першого, в коридор, що веде до сходової клітки; сусіднього приміщення на тому ж поверсі, яке забезпечено евакуаційними виходами. Евакуаційних виходів з будинку кожного поверху повинно бути не менше двох. Ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 м, дверей − 0,8 м. Установка гвинтових сходів, підйомних дверей, воріт, а також обертових турнікетів на шляхах евакуації не допускається.

Двері на шляху евакуації повинні відкриватися в напрямку виходу з будівлі. Складається план евакуації, що включає в себе заходи, які забезпечують своєчасне оповіщення про НС; виведення всіх людей з приміщення найбільш короткими і безпечними шляхами; спокій і порядок на своєму шляху, порядок і послідовність евакуації майна.

План евакуації також називають ще інструкцією про порядок дій у разі НС. Крім плану складається схема евакуації.

Схемою евакуації називається документ, в якому вказані евакуаційні шляхи і виходи і відповідні пояснення до них, показані місця розміщення вогнегасників, пожежних кранів та інших первинних засобів пожежогасіння. У плані евакуації встановлені правила поведінки людей, а також порядок і послідовність дій персоналу, що обслуговує об'єкт, на випадок надзвичайної ситуації. При складанні схеми і плану евакуації працівників з приміщення особливу увагу приділено шляхам евакуації. Схема евакуації при надзвичайній ситуації є графічний план приміщень з вказаними маршрутами руху евакуації людей (їх слід складати в масштабі 1: 100 або 1: 200). Напрямок руху евакуаційних потоків відзначають кольоровими стрілками. Для будівель складної конфігурації з різними комплексами приміщень креслять кілька схем евакуації, для багатоповерхових будинків − схеми евакуації по поверхах з указівкою маршрутів руху.

При різної плануванні поверхів схеми евакуації складаються окремо для кожного поверху. Для поверхів, які мають однакову планування, складають одну схему з відміткою поверхів, до яких він належить. На схемах позначають

приміщення (кабінет, аудиторія, балкон першого ярусу, коридор та ін.) Цифрами або буквами. Нумерують також всі евакуаційні виходи та сходи. Це дозволяє простіше позначити схеми руху. На схемі евакуації показують двері у відкритому вигляді. При цьому важливо, щоб вони відкривалися по ходу руху. В іншому випадку необхідно переважити двері по ходу руху людського потоку в бік виходу назовні. Якщо окремі евакуаційні виходи в нормальних умовах закриті, на схемі отвір показують закритим і відзначають місце зберігання ключів. Іноді ключі від зовнішніх дверей зберігають в ящиках, які прикріплені до зовнішньої стіни поряд з виходом.

Для складання плану евакуації призначають спеціальну особу або створюють комісію (для великих об'єктів). До складу комісії входять: голова комісії, заступник директора (завідувач) з адміністративно-господарської частини та начальник охорони об'єкта або начальник добровільної пожежної охорони.

При проведенні евакуації необхідно:

− з урахуванням обстановки, визначити безпечні евакуаційні шляхи і виходи до безпечної зони у найкоротший термін;

− ліквідувати умови, що сприяють виникненню паніки;

− евакуацію людей слід починати з приміщення, в якому виникла надзвичайна ситуація і суміжних з ним приміщень.

При надзвичайної ситуації люди можуть стикатися з різними небезпеками: можливість потрапити під завали, відчувати радіоактивні, хімічні впливи, впливу високих температур, знижений вміст кисню в повітрі, а також зіткнуться з поганою видимістю через задимлення. Це викликає у людей потребу покинути приміщення. Рух людей в такому випадку називається вимушеною евакуацією. Щоб забезпечити можливість евакуації, необхідно передбачити евакуаційні шляхи. Люди, які знаходяться в приміщенні, при вимушеній евакуації повинні покинути його з гарантією повної безпеки, в короткий термін.

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація »проведено аналіз потенційних небезпек. В якому були виявлені такі небезпечні фактори, як: ураження електричним струмом; недостатня освітленість; норми мікроклімату; освітленість; ергономічні вимоги; розумове перенапруження при роботі з обчислювальною технікою; ризик при недотримання правил пожежної безпеки.

Відповідно до ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. «Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту »та ДСТУ 7237: 2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту» проведено інструктажі з техніки безпеки. Відповідаючи ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги» облаштовані робочі місця радіоінженерів (стіл 70 см, крісло з регулюванням висоти сидіння, монітор з регулюванням кута нахилу). Згідно ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ «Електробезпека. Захисне заземлення, занулення »встановлена захисна автоматика зі швидкістю спрацьовування 0.3 с, а також встановлено заземлення.

Відповідно до ГОСТ 12.1005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» і ДСН 3.3.6-042-99 «санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в приміщенні підтримується оптимальна температура 20 - 22 ° С в осінньо-зимовий період і 20 − 24 ° С в літній період. Відповідаючи ДБН В.2.5-28-2006 «Природне и штучне освітлення» встановлені лампи типу ЛБ з освітленістю 300 лк необхідної для робіт з високою точністю, а також на вікнах встановлені жалюзі.

Виходячи з НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах» та ДБН В.2.5-13-98 «Інженерне обладнання будників і споруд.

Пожежна автоматика будинків і споруд »приміщення дослідного центру обладнано трьома димовими сповіщувача ИП-212-41М і двома вуглекислотними вогнегасниками ОУ-5 місткістю 5 л.

Відповідно до закону "Про цивільну оборону України" (1999 р.)

проведено заходи з підготовки персоналу на випадок екстреної евакуації, вивішені плани евакуації, переважені двері по ходу руху людського потоку, проведена правильна розстановка меблів.

ВИСНОВКИ

1. Здійснено моделювання каналу зв'язку з використанням методів MSK:

а) двійкової частотної маніпуляції;

б) частотної маніпуляції з мінімальним зсувом.

2. Укладено набір формул, який дозволяє створити модель модулятора й демодулятора сигналів MSK не у вигляді "чорної скрині" Matlab з обмеженим функціоналом (закладений фірмою-розробником), а як інструмент для здійснення досліджень для довільних умов використання.

3. Створено програмну модель каналу зв’язку. Проведене імітаційне моделювання підтвердило відповідність створеної моделі теорії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кабак В.С. Функціональні пристрої телефонів мобільного зв’язку: Навчальний посібник. / В.С. Кабак, Р.В. Уваров – Запоріжжя, 2008. – 370 с.

2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра / Перевод с английского под редакцией В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 519 с.

3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Первод с английского под общей редакцией А.В. Назаренко. – Москва-Санкт-Петербург-Киев, 2003. – 1099 с.

4. Прокис Дж. Цифровая связь: пер. с англ. / под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.

5. Harada H. Simulation and Software Radio for Mobile Communications / H. Harada, R. Prasad // Artech House, 2002. – 468 p.

6. Коробко О.В. Методичні вказівки з дисципліни « Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»./ О.В. Коробко, А.Є Островська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014 – 22с.

ДОДАТОК А

А.1 Основна програма

```
% msk.m
%
% Simulation program to release MSK transmission sys-
tem
%
% Programmed by H. Harada and T. Yamamura
%

%**********************Preparation part***************

sr=256000.0;       % Symbol rate
ml=1;              % ml:Number of modulation levels
br=sr.*ml;         % Bit rate
nd = 1000;          % Number of symbols that simulates
in
                   % each loop
ebn0=10;           % Eb/N0
IPOINT=8;          % Number of oversamples

%*************** START CALCULATION *****************

nloop=1000; % Number of simulation loops

noe = 0; % Number of error data
nod = 0; % Number of transmitted data
```

```
    for iii=1:nloop

    %************ Data generation ********************

    data1=rand(1,nd) > 0.5; % rand: built in function

    %***************** MSK modulation ******************

    [ich,qch]=qpskmod(data1,1,nd/2,2);
    smooth1=cos(pi/2*[-1+1./4.*[0:IPOINT-1]]);
    %IPOINT point filtering

    for ii=1:length(ich)
        ich2((ii-1)*IPOINT+1:ii*IPOINT)=(-1)^(ii-
1)*smooth1.*ich(ii);
        qch2((ii-1)*IPOINT+1:ii*IPOINT)=(-1)^(ii-
1)*smooth1.*qch(ii);
    end

    ich21=[ich2 zeros(1,IPOINT/2)];
    qch21=[zeros(1,IPOINT/2) qch2];

    %****************Attenuation                    Calcula-
tion***************

    spow=sum(ich21.*ich21+qch21.*qch21)/nd/2;
    % sum: built in function
    attn=0.5*spow*sr/br/2*10.^(-ebn0/10);
    attn=sqrt(attn);   % sqrt: built in function

    %************** Fadding Channel **************
```

```
    [ifade,qfade]=sefade2(data2,qdata1,itau,dlvl1,th1,n0,
itnd1,now1,length(data2),fftlen2,fstp,fd,flat);

    %**********  Add  White  Gaussian  Noise  (AWGN)
**********

    [ich3,qch3]= comb(ich21,qch21,attn);  % Generatr ad-
ditive gaussian noise
    % add whiter gaussian noise

    syncpoint=1;

    ich5=ich3(syncpoint+IPOINT/2:IPOINT:length(ich2));
    qch5=qch3(syncpoint+IPOINT:IPOINT:length(ich2)+IPOINT
/2;

    ich5(2:2:length(ich5))=-1*ich5(2:2:length(ich5));
    qch5(2:2:length(ich5))=-1*qch5(2:2:length(ich5));

    %********************MSKDemodulation****************
***

    [demodata]=qpskdemod(ich5,qch5,1,nd/2,2);

    %*************     Bit     Error     Rate     (BER)
******************

    noe2=sum(abs(data1-demodata));
    % sum: built in function
    nod2=length(data1);
    % length: built in function
    noe=noe+noe2;
```

```
    nod=nod+nod2;

    fprintf('%d\t%e\n',iii,noe2/nod2);
    % fprintf: built in function
    end % for iii=1:nloop

    %****************** Output result ************

    ber = noe/nod;


    fprintf('%d\t%d\t%d\t%e\n',ebn0,noe,nod,noe/nod);
    % fprintf: built in function
    fid = fopen('BERmsk.dat','a');
    fprintf(fid,'%d\t%d\t%d\t%e\n',ebn0,noe,nod,noe/nod);
    % fprintf: built in function
    fclose(fid);


    %***************** end of file *********************

     figure;
stem(0:40,data1(1:41),'DisplayName','data1');
     figure;   stem(0:20,ich(1:21),'DisplayName','ich');
     figure;   stem(0:20,qch(1:21),'DisplayName','qch');
        fig-
ure;stem(0:20*IPOINT,ich2(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','i
ch2');
        figure;
stem(0:20*IPOINT,qch2(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','qch2'
);
       fig-
```

```
stem(0:2*IPOINT,ich21(1:2*IPOINT+1),'DisplayName','ich21'
);
        figure;
stem(0:2*IPOINT,qch21(1:2*IPOINT+1),'DisplayName','qch21'
);

        %figure;
plot(0:20*IPOINT,ich2(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','ich2'
);
        %figure;
plot(0:20*IPOINT,qch2(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','qch2'
);
        %figure;
plot(0:20*IPOINT,ich3(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','ich3'
);
        %figure;
plot(0:20*IPOINT,qch3(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','qch3'
);
     %figure;
plot(0:20*IPOINT,ich3(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','ich2'
);
     %figure;
plot(0:20*IPOINT,qch3(1:20*IPOINT+1),'DisplayName','qch2'
);
     figure;
stem(0:20,ich5(1:21),'DisplayName','ich5');
     figure;
stem(0:20,qch5(1:21),'DisplayName','qch5');
     figure;
stem(0:40,demodata(1:41),'DisplayName','demodata');
     figure;   plot(ich3,qch3,'DisplayName','phaser');
```

```
%*******************End of file ************************
```

А.2 Підпрограма qpskmod

```
% qpskmod.m
%
% Function to perform QPSK modulation
%
% Programmed by H. Harada
%

function [iout,qout] = qpskmod(paradata,para,nd,ml)

% ***************** variables ****************

% paradata : input data (para+by+nd matrix)
% iout :output Ich data
% qout :output Qch data
% para : Number of parallel channels
% nd : Number of data
% ml : Number of modulation levels
% (QPSK -2 16QAM -4)

%*********************************************

m2=ml./2;
paradata2=paradata.*2-1;
count2=0;

for jj=1:nd
```

```
        isi = zeros(para,1);
        isq = zeros(para,1);

        for ii = 1 : m2
           isi      =      isi      +      2.^(m2      -
ii).*paradata2((1:para),ii+count2);
           isq      =      isq      +      2.^(m2      -
ii).*paradata2((1:para),m2+ii+count2);
        end

        iout((1:para),jj)=isi;
        qout((1:para),jj)=isq;

        count2=count2+ml;

    end

    %******************** end of file **************
```

А.3 Підпрограма comb

```
    % comb.m
    %
    % Generatr additive gaussian noise
    %
    % Programmed by H. Harada
    %
    function [iout,qout] = comb (idata,qdata,attn)

    %***************** variables ***************
    % idata : input Ich data
```

```
% qdata : input Qch data
% iuot output Ich data
% qout output Qch data
% attn : attenuation level caused by Eb/No or C/N
%*****************************************

iout = randn(1,length(idata)).*attn;
qout = randn(1,length(qdata)).*attn;

iout = iout+idata(1:length(idata));
qout = qout+qdata(1:length(qdata));

%**************** End of file **************
```

A.4 Підпрограма qpskdemod

```
% qpskdemod.m
%
% Function to perform QPSK demodulation
%
% Programmed by H. Harada
%

function[demodata]= qpskdemod(idata,qdata,para,nd,ml)

% *************** variables ***************

% idata :input Ich data
% qdata :input Qch data
% demodata :demodulated data (para+by-nd matrix)
```

```
    % para : Number of parallel channels
    % nd : Number of data
    % ml : Number of modulation levels
    % (QPSK -2 16QAM -4)

    %*****************************************

    demodata=zeros(para,ml*nd);
    demodata((1:para),(1:ml:ml*nd-
1))=idata((1:para),(1:nd))>=0;
    demoda-
ta((1:para),(2:ml:ml*nd))=qdata((1:para),(1:nd))>=0;

    %************* end of file ******************
```