

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження завадостійкості каналу зв'язку з фазовою модуляцією

Виконав: студент 6 курсу, групи РРМ-61  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Щирба О.Ю.</u> (підпис)	<u>Щирба О.Ю.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Дунець В.Л.</u> (підпис)	<u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Хвостівська Л.В.</u> (підпис)	<u>Хвостівська Л.В.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Дунець В.Л.</u> (підпис)	<u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>.</u> (підпис)	<u>.</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Щирбі Олександрю Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження завадостійкості каналу зв'язку з фазовою модуляцією  
Модуляцією

Керівник роботи Дунець Василь Любомирович, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від «06» 12 2022 року № 4/7-989

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на виконання роботи		
2	Аналіз отриманого завдання		
3	Виконання розділу 1		
4	Виконання розділу 2		
5	Виконання розділу 3		
6	Виконання розділу 4		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення презентаційного матеріалу		
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на антиплагіат		
10	Попередній захист кваліфікаційної роботи		
11	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Щирба О.Ю.  
\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Дунець В.Л.  
\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження завадостійкості каналу зв'язку з фазовою модуляцією» // Кваліфікаційна робота // Щирба Олександр Юрійович // ТНТУ, ФПТ, група РРм-61 // Тернопіль, 2022 // с. – 70, рис. – 44, табл. – 2, додат. – 2, бібліогр. – 40.

Ключові слова: завадостійкість, фазова модуляція, канал зв'язку, дослідження.

У роботі описано процес розробки методу оцінки завадостійкості каналу зв'язку при фазовій модуляції під час приймання та передаванні сигналів під впливом каналних завад.

Побудовано математичну модель сигналу як суми корисної та шумової компонент у радіозв'язкових каналах при застосуванні фазової модуляції. Такий вид моделі забезпечив розробку узагальненої структури дослідження показників завадостійкості каналу зв'язку при виявленні сигналів. Як базові показники при такому дослідженні використано показники ймовірностей критерію Неймана-Пірсона (помилка, достовірність) та енергетичних відношень сигнал-шум.

Здійснено комп'ютерне дослідження процесів виявлення та оцінювання при застосуванні Matlab шляхом модуляції-демодуляції сигналів при різних параметрах несучих та фазових девіацій щодо тестових сигналів при шумових спотвореннях різної інтенсивності.

## ANNOTATION

Theme of qualification work: «Investigation of interference immunity of the communication channel with phase modulation» // Qualification work // Shchyrb Oleksandr Yuriyovych // TNTU, FPT, group RRm-61 // Ternopil, 2022 // p. – 70, fig. – 44, tab. – 2, Add – 2, Ref. – 40.

Key words: immunity, phase modulation, communication channel, research.

The work describes the process of developing a method for evaluating the interference resistance of a communication channel during phase modulation during the reception and transmission of signals under the influence of channel interference.

A mathematical model of the signal as the sum of the useful and noise components in radio communication channels with the application of phase modulation has been built. This type of model provided the development of a generalized structure for the study of indicators of the interference resistance of the communication channel during signal detection. The probabilities of the Neumann-Pearson test (error, reliability) and energy signal-to-noise ratios were used as basic indicators in this study.

A computer study of detection and evaluation processes using Matlab was carried out by modulation-demodulation of signals with different parameters of carrier and phase deviations with respect to test signals with noise distortions of various intensities.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Канали зв'язку.....	11
1.2 Модуляція в каналах радіозв'язку як метод організації процесу передачі та прийому сигналів.....	22
1.3 Види перешкод та спотворень, що впливають на інформаційні сигнали у каналах зв'язку Амплітудна модуляція в системах радіозв'язку.....	15
1.4 Висновки до розділу 1.....	18
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Передумови щодо побудови математичної моделі сигналу в каналах радіозв'язку із фазовою модуляцією.....	19
2.2 Адитивна модель сигналів в каналах зв'язку із фазовою модуляцією.....	20
2.3 Структурна схема експериментального дослідження.....	20
2.4 Фазова модуляція як спосіб передачі сигналів в каналах радіозв'язку.....	21
2.5 Метод оцінювання достовірності каналу зв'язку із фазовою модуляцією під впливом завад адитивного характеру.....	21
2.5.1 Реалізація фазової модуляції.....	27
2.5.2 Генерування білого гаусівського шуму як елементу впливу на канал радіозв'язку.....	29
2.5.3 Реалізація спектрального аналізу.....	30
2.6 Алгоритм експериментального дослідження.....	32
2.7 Висновки до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3. НАКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	35
3.1 Генерування тестового сигналу для дослідження каналу зв'язку.....	35
3.2 Реалізація фазової модуляції тестового сигналу.....	35

3.3	Реалізація адитивного впливу завади.....	38
3.4	Актуальність використання середовища Matlab для дослідження каналу радіозв'язку із фазовою модуляцією.....	48
3.4	Реалізація процесу демодуляції.....	41
3.5	Результати оцінювання завадостійкості та достовірності каналу зв'язку із фазовою модуляцією.....	43
3.6	Висновки до розділу 3.....	54
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>		<b>55</b>
4.1	Охорона праці.....	55
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	60
4.3	Висновки до розділу 4.....	69
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>		<b>70</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>		<b>71</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>		<b>77</b>
<b>ДОДАТОК А. Програма для дослідження каналу зв'язку із амплітудною модуляцією.....</b>		<b>78</b>
<b>ДОДАТОК В. Теза конференції.....</b>		<b>81</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Підвищення ефективності радіоелектронних пристроїв та систем різного призначення, у тому числі систем передачі та обробки інформації, все ще є актуальним перед сучасною радіоелектронікою. Наявність вільних ділянок радіочастотного спектру, придатних для використання в системах інформаційного обміну, багато років було як стимулом, так і неодмінною умовою неперервного розвитку радіосистем передачі інформації по каналам радіозв'язку. На перший план висувається завдання підвищення ефективності використання систем та їх завадостійкості, що працюють в добре освоєних ділянках спектра [1].

Одним з варіантів вирішення означеної проблеми є застосування для передачі даних односмугових сигналів. Останні дозволяють більш раціонально використовувати частотний ресурс: з'являється можливість майже дворазового збільшення числа каналів в заданому діапазоні частот [2].

До теперішнього часу добре вивчені питання передачі неперервних повідомлень за допомогою односмугових переносників [3]. Широко відомим є спосіб передачі однієї бічної смуги неперервного амплітудно-модульованого коливання [4, 5], Недоліком якого є невисока потенційна завадостійкість [6]. Тим не менше, окремі види односмугових амплітудо-модульованих сигналів рекомендуються Міжнародним консультативним комітетом по радіо (МККР) для вирішення проблеми тісноти у смугах частот сухопутного рухливого радіозв'язку [7], а на Всесвітній адміністративній радіоконференції по високочастотному радіомовленню в 1987 р було прийнято рішення про підготовці до переходу на односмугове радіомовлення в термін до 31 грудня 2015 [8].

Подальшим розвитком систем односмугового зв'язку є використання для передачі інформації сигналів з неперервною односмуговою фазовою модуляцією, потенційна завадостійкість яких вища, чому у односмугових сигналів з амплітудною модуляцією [9]. Істотна несиметричність спектра



сигналів з неперервною двосмуговою фазовою модуляцією [10] створила певні перешкоди на цьому шляху. В результаті було створено кілька методів формування сигналів з фазовою модуляцією [1, 12, 13], що розрізняються способами подолання цього протиріччя.

Два перших методи [11, 12] мають значні недоліки, в результаті чого індекс модуляції практично обмежений величиною близькою до одиниці. В [11] Волковим А.А. запропоновано новий спосіб формування сигналу з неперервною односмуговою фазовою модуляцією. Останній був ретельно досліджений в роботах Шахмаєва М.М. [14] і Смородинова А.А. [3]: були запропоновані різні схеми прийому такого сигналу, оцінена завадостійкість.

Незважаючи на зазначені вище обставини дослідження передачі повідомлень за допомогою односмугових сигналів з фазовою модуляцією не проводилися. Отже, дослідження показів завадостійкості каналу зв'язку при передачах чи прийомах сигналів при фазовій модуляції є актуальним завданням.

**Мета і задачі дослідження.** *Метою дослідження є дослідження та оцінювання показів завадостійкості каналу зв'язку при фазовій модуляції:*

1. Здійснити аналітичний огляд існуючих рішень щодо дослідження завадостійкості каналів зв'язку при фазовій модуляції.
2. Побудувати модель сигналу у радіозв'язкових каналах при використанні фазової модуляції
3. Запропонувати метод/алгоритм дослідження завадостійкості радіозв'язкових каналів при фазовій модуляції та вибір ефективних показників цього дослідження.
4. Програмно реалізувати метод/алгоритм дослідження завадостійкості радіозв'язкових каналів при фазовій модуляції під дією каналних шумів.
5. Здійснити експериментальне дослідження каналів при фазовій модуляції та оцінити рівень їх завадостійкості.

*Об'єкт дослідження:* процес дослідження завадостійкості каналів зв'язку при фазовій модуляції під впливом каналних завад.

*Предмет дослідження:* модель сигналів у каналах зв'язку при фазовій модуляції під впливом каналних завад

**Наукова новизна.**

Вперше при застосуванні критерію Неймана-Пірсона досліджено рівень завадостійкості каналів зв'язку при фазовій модуляції під впливом каналних завад.

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Канали зв'язку

Канали зв'язку характеризуються ємністю (об'ємом)  $V_k$ , який визначається по формулі:

$$V_k = T_k F_k D_k, \quad (1.1)$$

де  $T_k$  – час можливої передачі інформації через канал;

$F_k$  – смуга пропускання каналу;

$D_k$  – динамічний діапазон каналу:

$$D_k = \frac{P_s}{P_i}, \quad (1.2)$$

де  $P_s$  – допустима в каналі потужність передаючого сигналу,

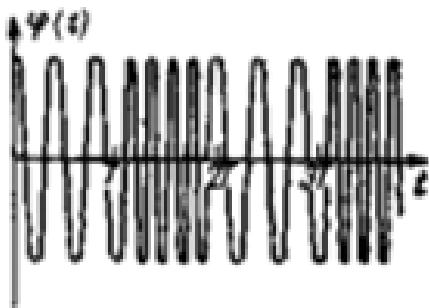
$P_i$  – потужність завади в каналі.

### 1.2 Модуляція в каналах радіозв'язку як метод організації процесу передачі та прийому сигналів

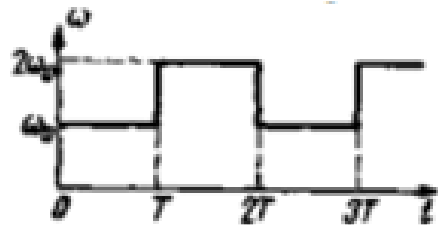
У сигналах амплітудна модуляція (АМ) амплітуда несучого коливання модулюється повідомленням  $f(t)$  і, отже, інформація, що міститься в  $f(t)$ , переноситься змінами амплітуди несучої. Оскільки синусоїдальне коливання залежить від трьох змінних – амплітуди, частоти і фази, існує можливість передачі тієї ж інформації зміною або частоти, або фази несучої. Синусоїдальне коливання, однак, за визначенням є нескінченним коливанням з постійними амплітудою, частотою і фазою.

Тому необхідно розповсюдити поняття синусоїдального коливання на функцію загального вигляду, амплітуда, частота і фаза якої можуть змінюватися у часі. Поняття змінної амплітуди було введено раніше при вивченні сигналів АМ. Тепер розглянемо зміни частоти і фази.

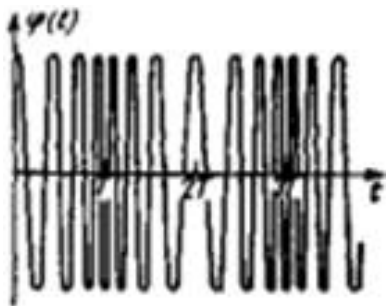
Щоб краще зрозуміти значення змін частоти, необхідно означити миттєву частоту. На рис. 1.1,а зображено синусоїдальний сигнал  $\varphi(t)$ , який має постійну частоту  $\omega_0$  при  $t < T$ . В момент  $t = T$  частота стрибком змінюється до значення  $2\omega_0$  і залишається такою до  $t = 2T$ , а потім знову змінюється до значення  $\omega_0$ . Таким чином, функція  $\varphi(t)$  є синусоїдальний сигнал, який має частоту  $\omega_0$  в інтервалах часу  $2nT < t < (2n+1)T$  і  $2\omega_0$  в інтервалах часу  $(2n+1)T < t < (2n+2)T$  ( $n$  ціле число).



(а)



(б)



(в)



(г)

Рис. 1.1. До означення миттєвої частоти сигналу: а) сигнал із стрибкоподібною зміною частоти; б) стрибкоподібна зміна частоти; в) сигнал з безперервною зміною частоти; г) безперервна зміна частоти.

Розглянемо тепер плавну зміну частоти. Тут частота сигналу змінюється безперервно з постійною швидкістю від значення  $\omega_0$  до  $2\omega_0$  в інтервалі  $T$ . Значить, в кожний момент часу частота різна. Строго кажучи, сигнал  $\varphi(t)$  на рис.1.1,в не можна виразити через початкове синусоїдальне коливання. Як же бути у разі безперервних змін частоти синусоїдального сигналу? Для цього необхідно ввести означення узагальненого синусоїдального сигналу:

$$\varphi(t) = A \cos \theta(t), \quad (1.3)$$

де  $\theta$  - фаза синусоїдального сигналу.

У разі сигналу з постійною частотою:

$$\varphi(t) = A \cos(\omega_0 t + \theta_0). \quad (1.4)$$

Отже,

$$\theta(t) = \omega_0 t + \theta_0 \text{ і } \omega_0 = d\theta / dt \quad (1.5)$$

Тут частота  $\omega_0$  постійна і визначається як похідна від кута  $\theta(t)$ . У загальному випадку ця похідна може не бути постійною. Назвемо  $d\theta/dt$  миттєвою частотою  $\omega_i$ , яка може змінюватися в часі. Таким чином, між кутом  $\theta(t)$  і миттєвою частотою  $\omega_i$  має місце співвідношення:

$$\omega_i = d\theta/dt, \quad \theta = \int \omega_i dt \quad (1.6)$$

Тепер легко уявити, як можна передавати інформацію, що міститься в повідомленні  $f(t)$ , за допомогою зміни фази несучої  $\theta$ . Модуляція, при якій фаза несучої змінюється деяким чином як функція  $f(t)$ , називається кутовою.

Звичайно використовуються два різновиди кутової модуляції: фазова (ФМ) і частотна (ЧМ). Якщо кут  $\theta(t)$  змінюється прямо пропорційно  $f(t)$ , то

$$\theta(t) = \omega_0 t + \theta_0 + k_p f(t). \quad (1.7)$$

Тут  $k_p$  деяка постійна. Така зміна кута називається фазовою модуляцією.

Таким чином, сигнал  $A \cos[\omega_0 t + \theta_0 + k_p f(t)]$  є несучою, модульованою по фазі.

Помітимо, що миттєва частота  $\omega_i$  сигналу ФМ визначається виразом

$$\omega_i = d\theta / dt = k_p df / dt. \quad (1.8)$$

Отже, при фазовій модуляції миттєва частота змінюється прямо пропорційно похідній модулюючої функції. Якщо ж пропорційно модулюючій функції  $f(t)$  миттєва частота має зміни, то виходить частотна модуляція. Таким чином, для модульованої по частоті несучої

$$\omega_i = \omega_0 + k_f f(t). \quad (1.9)$$

$$\theta(t) = \int \omega_i dt = \omega_0 t + k_f \int f(t) dt + \theta_0. \quad (1.10)$$

Модульована по частоті несуча записується як  $A \cos[\omega_0 t + \theta_0 + k_f \int f(t) dt]$ .

З викладеного слідує, що хоч ФМ і ЧМ є різними формами кутової модуляції. Якщо спочатку проінтегрувати модулюючу функцію  $f(t)$ , а потім цим коливанням модулювати несучу по фазі, то одержиться сигнал ЧМ. Подібним же чином, якщо продиференціювати  $f(t)$  і це коливання використати для ЧМ, то вийде сигнал ФМ. Дійсно, при отриманні сигналів ЧМ одним з можливих способів повідомлення  $f(t)$  інтегрується, а потім модулює несучу по фазі. Фактично ЧМ і ФМ невіддільні, оскільки будь-які зміни фази несучої приводять до змін частоти і навпаки. Тому тут буде розглянута тільки частотна

модуляція, однак всі отримані висновки в рівній мірі справедливі і для фазової модуляції. Приклади сигналів ЧМ показані на рис. 1.1а і в.

Якщо сигнали ФМ і ЧМ позначені відповідно  $\varphi_{\text{ФМ}}(t)$   $\varphi_{\text{ЧМ}}(t)$ , то

$$\begin{cases} \varphi_{\text{ФМ}}(t) = A \cos[\omega_0 t + k_p f(t)] \\ \varphi_{\text{ЧМ}}(t) = A \cos[\omega_0 t + k_f \int f(t)] \end{cases} \quad (1.11)$$

де  $f(t)$  – модулююче повідомлення. Початкова фаза  $\theta_0$  в цих формулах покладається рівною нулю без втрати загальності.

1.3 Види перешкод та спотворень, що впливають на інформаційні сигнали у каналах зв'язку.

При передачі інформації фізичними каналами передану інформацію спотворюють електромагнітні перешкоди різного роду. До цих природних перешкод належать: атмосферні та космічні перешкоди. Атмосферні перешкоди виникають у результаті руху електричних набоїв в атмосфері під впливом різних причин. Основні перешкоди створюються потужними грозами, проте відчутні перешкоди можуть виникнути навіть у момент стікання зарядів під час електризації дроту антени приймального інформаційного пристрою [55]. Потужні грози спостерігаються досить часто. У середньому на землі є близько 100 блискавок за секунду, кожна з яких — серія гігантських іскрових розрядів, що створюють потужне поле, яке іноді поширюється на відстані до 5 — 20 тис. км від місця розряду. Перешкоди від окремих розрядів блискавок створюють гасіння коливання в антені з тривалістю до декількох мілісекунд. Найбільш сильні та часті грози спостерігаються влітку в екваторіальних та тропічних областях (над Південною Америкою, Африкою, Індостаном, Малайєю), більшість перешкод приходить у Північну півкулю з півдня, з боку екватора. Інтенсивність атмосферних перешкод падає із зростанням частоти.

Космічні перешкоди викликаються радіовипромінюванням будь-яких об'єктів космосу, наприклад, будь-яких сузір'їв. Сонце також є джерелом випромінювань у радіодіапазоні. На характеристики випромінювання Сонця, зокрема, впливають сонячні плями. Космічні перешкоди мають найбільший вплив на інформаційні комунікації, особливо при збігу напрямів прийому корисних сигналів та випромінювання перешкод.

Численні джерела індустриальних перешкод можна розділити на дві великі групи: пристрої, що генерують коливання високої частоти, та пристрої, що не генерують коливань, але створюють перешкоди під час роботи. До 1-ї групи відносяться (у порядку зменшення ступеня їх впливу): радіопередавачі промислового призначення, радіо- та телевізійні пристрої (наприклад, гетеродини приймачів, системи розгортки телевізорів), ВЧ генератори промислового, медичного та побутового призначення, іскрові ВЧ установки. Перешкоди, створювані переліченими пристроями, носять періодичний характер, слабо згасають, випромінюються на основній робочій частоті та її гармоніках. ВЧ генератори можуть створювати потужні наведення на дроти силових мереж, особливо у разі розташування їх на невеликих підприємствах серед житлових масивів.

Кращим методом боротьби з індустриальними перешкодами є застосування протиперешкодних пристосувань, що підключаються до джерел перешкод, тобто придушення перешкод безпосередньо разом з їх виникнення, наприклад, за допомогою фільтрів, різних блокувальних конденсаторів, додаткових резисторів і установки екранів. На жаль, частина цих пристроїв буває недостатньо досконалою, а часом і несправною. Деяка частина установок залишається позбавленою протиперешкодних пристроїв.

За способом впливу перешкоди на форму сигналу, в якому закодовані дані, що передаються по інформаційних комунікацій, можна класифікувати на адитивні і мультиплекативні:

- адитивна перешкода, це перешкода  $\xi(t)$ , яка складається із сигналом  $S(t)$  і на вхід приймача діє їхня сума:



$$X(t) = \zeta(t) + S(t). \quad (1.12)$$

- мультиплікативна перешкода, у свою чергу, дорівнює добутку перешкоди та інформаційного сигналу:

$$X(t) = \zeta(t) \cdot S(t) \quad (1.13)$$

Перешкоди розрізнять за типом: детерміновані і випадкові. Детерміновані перешкоди виникають від різних промислових пристроїв чи інших систем передачі змінного струму. Детерміновані перешкоди є полігармонічні паразитні сигнали.

Характерною особливістю імпульсних перешкод є відсутність накладень у приймальному пристрої, який забезпечує декодування інформації, що передається, перехідних процесів від окремих імпульсів. Імпульсні перешкоди в загальному випадку є послідовністю імпульсів випадкової амплітуди, тривалості і з випадковими моментами появи окремих імпульсів.

Імпульсні перешкоди, впливаючи на антену та вхідні ланцюги приймача, що забезпечує декодування даних в інформаційних комунікаціях, створюють у його контурах загасаючі коливання різної інтенсивності. Коли імпульси йдуть рідко, після згасання збуджених ними в контурах приймача коливань приймач продовжує успішно приймати корисний сигнал на частоті налаштування. Коли імпульси різної тривалості та амплітуди впливають на приймач часто, деякі коливання в контурах не встигають згасати до приходу наступного обурення, і на детектор приймача в цьому випадку діє сума багатьох змінних напруг, в якій можна усереднити амплітуди вхідних сигналів; тому характер впливу імпульсних перешкод у цьому випадку нагадуватиме гладку перешкоду. Якщо подібних випромінюваних в ефір імпульсів дуже багато і вони мають велику амплітуду (як, наприклад, імпульси від потужних джерел промислових перешкод у великому місті), вони утворюють інтенсивне поле перешкод, на тлі впливу якого і відбувається прийом.

Флуктуаційні перешкоди мають вигляд безперервного коливання, що випадково змінюється. Найчастіше трапляються перешкоди, амплітуда яких підпорядкована нормальному закону розподілу. У таких перешкод ймовірність, що амплітуда викиду перевищить значення потрібної величини ефективного значення, мала. Основним джерелом флуктуаційного шуму є безладний тепловий рух електронів у провіднику, що викликає випадкову різницю потенціалів на його кінцях.

Перешкоди також можна класифікувати за шириною її спектра. Існують широкосмугові перешкоди, діапазон яких можна порівняти або ширше діапазону сигналу, на який відбувається вплив. Одним із прикладів таких перешкод можуть бути флуктуаційні перешкоди, що мають рівномірну спектральну щільність потужності широкої смуги частот.

#### 1.4 Висновки до розділу 1

В розділі проаналізовано основні види модуляції, такі як частотна та фазова модуляції. Із урахуванням того, що всі модуляції є важливими і залежними, а їх дослідження є важливим для радіозв'язку пр достовірному та завадостійкому обмін сигналами, тому використано фазову модуляцію для дослідження на завадостійкість та достовірність.

## РОЗІДЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Передумови щодо побудови математичної моделі сигналу в каналах радіозв'язку із фазовою модуляцією

В сучасних умовах, які характеризуються складністю задач, які вирішуються системами радіозв'язку для виділення корисних сигналів у каналах радіозв'язку, і різноманітністю завадного середовища, розробка достатньо досконалих систем можлива на базі сучасних методів оптимізації (синтезу). Загальну проблему синтезу систем виділення умовно можна розділити на дві часткові задачі:

- 1) Вибір “найкращих” сигналів для досягнення необхідного результату з врахуванням реальної обстановки
- 2) Оптимальне виділення сигналів в системах радіозв'язку.

Головна задача виділення сигналів із фазовою модуляцією (СФМ) зводиться до найкращого відновлення корисної інформації по сигналу. В багатьох практичних ситуаціях виділення СФМ повинно здійснюватися при найбільших відношення сигнал-шум.

Основну проблему оптимального виділення СФМ сформульовано так. Нехай наперед (априорні) відомі деякі характеристики СФМ і завади, і також їх функціональні взаємодії, необхідно отримати оптимальний виявляючий або розв'язуючий пристрій, який б найкращим чином приймало рішення з найменшими помилками про присутність у суміші корисного СФМ із завадами.

Вибір оптимального методу виділення СФМ насамперед залежить від конкретно вибраної математичної моделі СФМ, яка найзагальнішим чином визначає його структуру та його програмну та апаратну реалізацію.

## 2.2 Адитивна модель сигналів в каналах зв'язку із фазовою модуляцією

Канал зв'язку із фазовою модуляцією в якому здійснюється процес прийому та передачі сигналів піддається постійному впливу завад різного роду, які породжуються паразитними магнітними та електричними полями. З урахуванням такого трактування адекватною моделю сигналів в таких каналах зв'язку буде випадковий процес у вигляді адитивної суміші корисного сигналу і завади у вигляді виразу:

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad t \in \mathbb{R} \quad (2.1)$$

де  $s(t)$  - корисний СФМ;  
 $n(t)$  - завада.

## 2.3 Структурна схема експериментального дослідження

Технології передачі інформації займають в сучасному світі все більш важливе місце, роблячи вкрай актуальними питання розрахунку і моделювання систем зв'язку.

Такі завдання можуть вирішуватися з використанням програмних продуктів двох категорій: спеціалізованих середовищ моделювання і універсальних математичних пакетів. Перевагами спеціалізованих програм є їх оптимізація для конкретних завдань і що досягається завдяки цьому велика швидкість роботи.

Для передачі на велику відстань є доцільним використання радіозв'язку, з певним типом модуляції. Загальна структура експерименту зображена на рисунку 2.1.

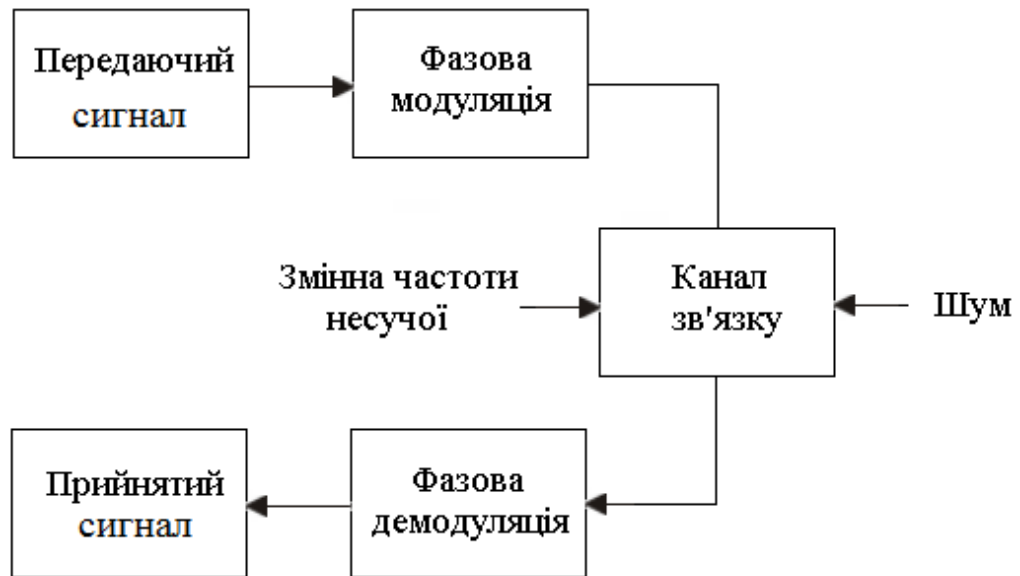


Рис. 2.1. Експериментальна схема дослідження

Згідно до схеми експерименту сигнал відбувається процес дослідження впливу дії шумів на канал зв'язку із фазовою модуляцією. Зокрема:

- Передаючий сигнал піддаємо фазовій модуляції;
- Фазо-модульований сигнал передаємо адитивному впливу завад;
- Здійснюємо процедуру демодуляції, тобто виделння корисного сигналу із несучої;
- Оцінюємо рівень впливу завад на прийнятий сигнал, саме його достовірність та завадостійкість.

За результатами експерименту наведемо факт стійкості (завадостійкі) до впливу зовнішніх і внутрішніх завад каналу зв'язку із фазовою модуляцією.

#### 2.4 Фазова модуляція як спосіб передачі сигналів в каналах радіозв'язку

Для дослідження даного експерименту використано тип модуляції – фазова модуляція.

Припущено, що модульований сигнал  $m(t)$  є простою синусоїдою і задається виразом:

$$m(t) = V_M \cos \omega_M t \quad (2.1)$$

В такому разі коливання з фазовою модуляцією можна записати наступним чином:

$$g(t) = A \cos[2\pi f_M t + \Delta\theta \cos(2\pi f_M t)] \quad (2.2)$$

де  $\cos(2\pi f_M t)$  — немодулююча несуча;  $\Delta\theta$  дорівнює  $kV_M$ ;

де  $k$  — константа модулятора, в радіанах.

Вираз  $\Delta\theta \cos(2\pi f_M t)$  може бути відображений графічно в часовій області, як показано на рисунку 2.2. Як слідує з формули, функція має вигляд косинусоїди і змінюється в межах  $\pm \Delta\theta$  радіан. Відповідно, з рівняння (2.2) можна сказати, що фазомодульований сигнал має середню частоту  $f_c$ , фаза якої модулюється синусоїдально таким чином, що максимальне відхилення фази (або девіація фази) складає  $\pm \Delta\theta$  радіан. Фазомодульований сигнал можна відобразити і в вигляді векторної діаграми, як приведено нижче.

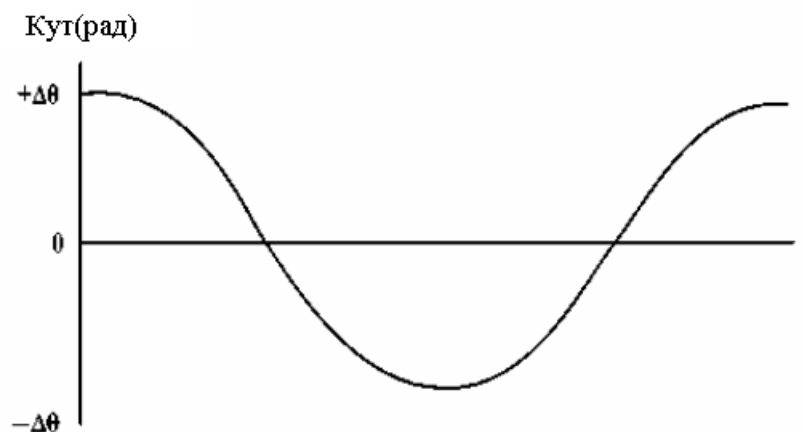


Рис. 2.2. Фазова модуляція

На рисунку 2.2 видно, що вектор з амплітудою  $A$  обертається з середньою кутовою швидкістю  $\omega_H$  відхиляючись від середнього (нульового) значення на величину  $\pm \overline{\Delta\theta}$

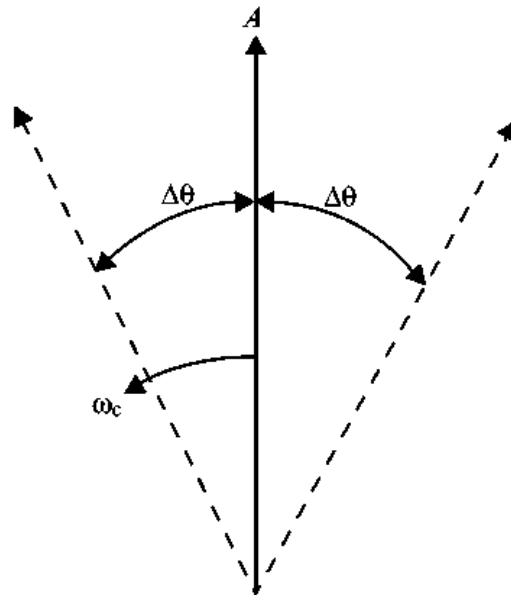


Рис. 2.3. Векторна діаграма

Швидкість, з якою результуючий вектор переміщається відносно немодулюючої несучої, пропорційна девіації частоти щодо значення  $f_H$ , котре, в свою чергу, пропорційне величинам  $f_M$  і  $V_M$ .

З рисунку 2.3 видно також, що миттєва частота модульованого сигналу змінюється синусоїдально щодо частоти  $f_H$ .

Фазова модуляція рідко застосовується в аналогових системах, тому що частотна модуляція дозволяє використовувати для прийому відносно прості частотні дискримінатори. Демодуляція фазомодульованих сигналів складніша - доводиться, наприклад, використовувати ЧМ-ДЕМОДУЛЯТОР включений послідовно з додатковим інтегратором. Проте ФМ широко застосовується при цифровій передачі.

2.5 Метод оцінювання достовірності каналу зв'язку із фазовою модуляцією під впливом завад адитивного харатеру

Підставимо вираз (8) в (7) і, виконавши певні перетворення, отримаємо:

$$q = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi(i\Delta t) \overbrace{s(i\Delta t)}^{H_0} \frac{E}{N_0} + \ln(\Lambda_0) = U_0, \quad (2.3)$$

Якщо СФМ є присутній (гіпотеза  $H_1$ ), тоді випадкова величина  $q$  рівна:

$$q(\xi/H_0) = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m (s(i\Delta t) + n(i\Delta t))s(i\Delta t), \quad (2.4)$$

Якщо СФМ відсутній (гіпотеза  $H_0$ ), то випадкова величина  $q$  рівна:

$$q(\xi/H_0) = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m n(i\Delta t)s(i\Delta t) \quad (2.5)$$

Густина імовірностей  $p(q/H_0)$  та  $p(q/H_1)$  зображені на рис. 2.4.

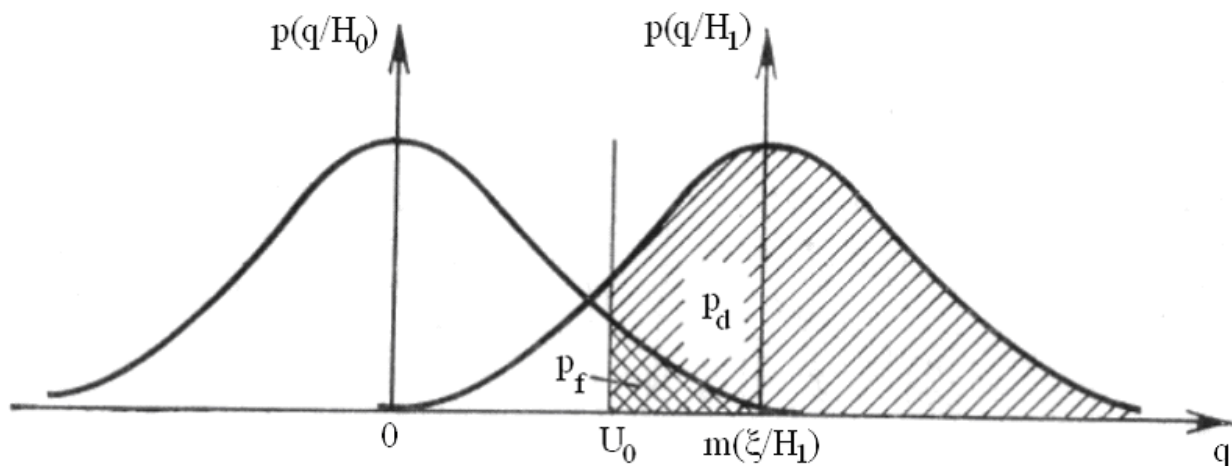


Рис. 2.4. Розподіл густини імовірностей

Враховуючи вираз (2.9) визначимо відносний поріг  $U_0$ :



$$U_0 = \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \Phi^{-1}(1 - 2p_f) + \frac{E}{N_0}. \quad (2.6)$$

Вираз для імовірності правильного рішення:

$$p_d = \frac{1}{2} \left( 1 + \Phi \left( \frac{\sqrt{\frac{2E}{N_0}}}{2} - \Phi^{-1}(1 - 2p_f) \right) \right). \quad (2.7)$$

Формули (2.5) і (2.7) показують, що ймовірність хибного рішення  $p_f$ , як і ймовірність правильного виявлення  $p_d$ , однозначно визначаються відношенням порогового рівня  $U_0$  і піковою величиною сигнал-шум, який рівний  $\sqrt{2E/N_0}$ . Тому по заданій ймовірності хибного рішення  $p_f$  однозначно визначається рівень  $U_0$ , і знаючи його, знайдемо ймовірність правильного виявлення  $p_d$ .

Метод, який дасть можливість з підвищеною достовірністю  $p_d$  і з мінімальною помилкою рішення  $p_f$  оцінювати завадозахищеність шляхом достовірного виявлення СФМ у суміші, матиме вигляд:

- 1) формування відношення правдоподібності для шуму і суміші СФМ з шумом;
- 2) порівняння отриманого значення з порогом  $U_0$
- 3) вибір рішення (присутній або відсутній).

За вище наведеним методом будуюмо структурну схему алгоритму виявлення СФМ, яку наведено на рис. 2.5.

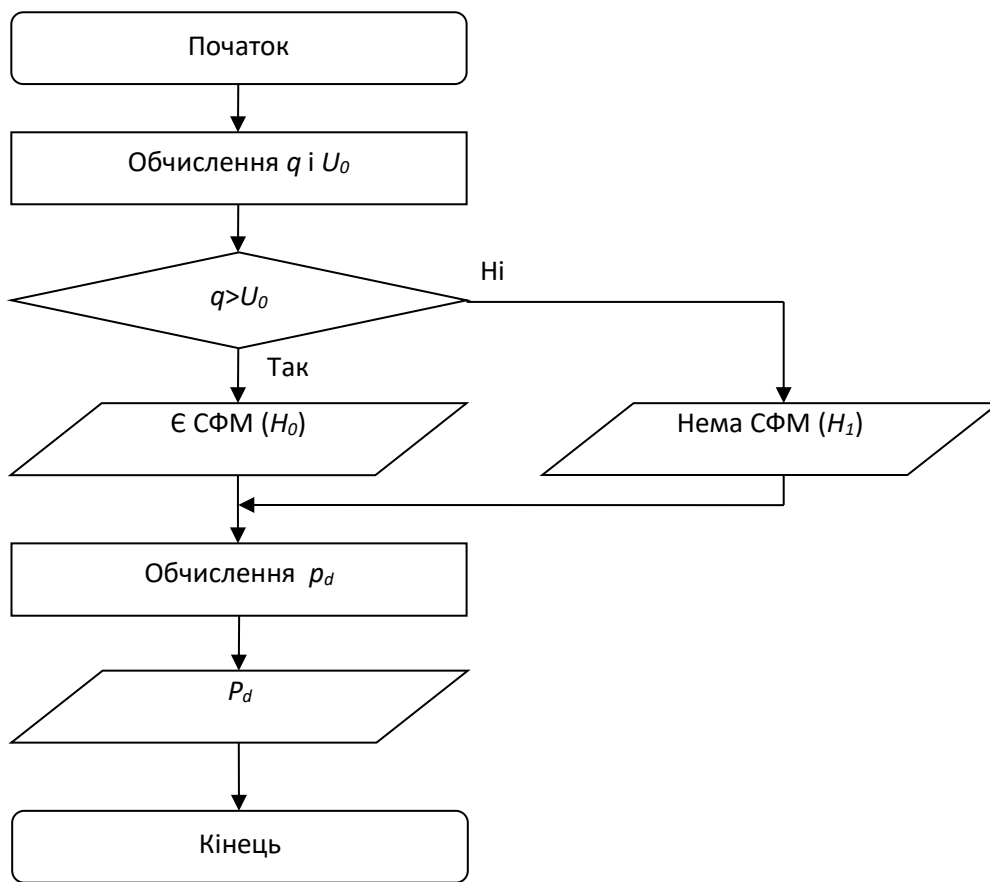


Рис. 2.5. Алгоритм оцінювання достовірності як показника завадостійкості в каналах радіозв'язку із фазовою модуляцією

Базуючись на структурній схемі 2.5, на рис. 2.6. розроблено структурну схему оптимального виділення СФМ у суміші із завадами як способу оцінювання достовірності як показника завадостійкості в каналах радіозв'язку (рис.2.6).

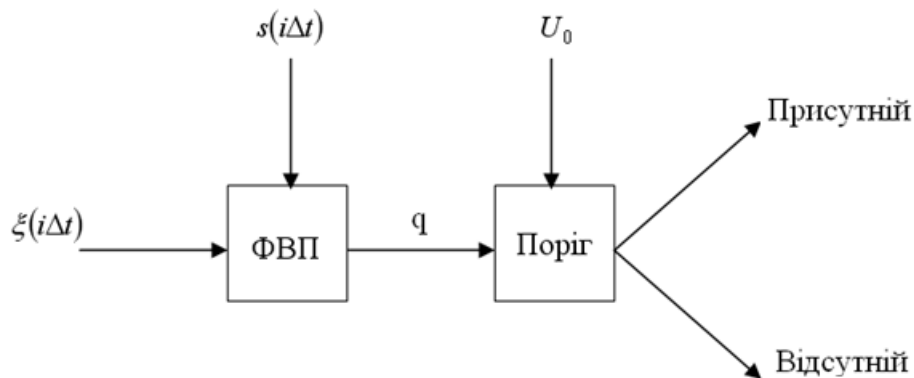


Рис. 2.6. Структурна схема оптимального виявляча СФМ

Таким чином, оптимальний за критерієм Неймана-Піросна виявляч повинен для спостережуваного сигналу  $s(i\Delta t)$  обчислювати відношення правдоподібності, порівнювати його з порогом  $U_0$  і видавати рішення „СФМ присутній” при перевищенні порогу, і „СФМ відсутній” – за відсутності перевищення.

### 2.5.1. Реалізація фазової модуляції

В середовищі Matlab існує великий ряд пакетів прикладних програм за допомогою яких можна зробити відповідну обробку даних. Пакет **Communications** містить функції для реалізації аналогової и цифрової модуляції і демодуляції. При аналоговій модуляції вхідним сигналом є відліки деякої *функції*, при цифровій — послідовність *символів*.

Модулюючий сигнал можна представити або в дійсному виді (passband simulation), або в виді комплексної відхиляючої (baseband simulation), відповідно приведеній класифікації є 8 функцій:

- ammod - ампліудна модуляція (АМ);
- amdemod - ампліудна демодуляція;
- fmmmod - частотна модуляція (FM);
- fmdemod - частотна демодуляція;
- pmmod - фазова модуляція (PM);
- pmdemod - фазова демодуляція;
- ssbmod – односмугова ампліудна модуляція (SSB);
- ssbdemod - односмугова ампліудна демодуляція.

Оскільки в нашій роботі проводиться дослідження односмугової ампліудної модуляції, то будемо основну увагу приділити команді ssbmod і ssbdemod.

Використовує інформаційний вхідний сигнал  $x$  для фазової модуляції колювання, з несучою частотою  $F_c$  (Гц). Несуче колювання, і модулюючий сигнал  $x$  мають однакову частоту дискретизації  $F_s$  (Гц), яка повинна бути не

менше, ніж  $2 \cdot F_c$ . Вхідний параметр `phasedev` задає девіацію фази модульованого сигналу в радіанах (при значенні модулюючого сигналу, рівному одиниці, відхилення фази буде рівне `phasedev` радіан). Модульований сигнал має нульову початкову фазу.

Те ж, що попередній варіант синтаксису, але додатковий вхідний параметр `ini_phase` задає початкову несучу фазу коливання в радіанах.

Приклади використання функцій MATLAB для реалізації процесу фазової модуляції та демодуляції наведено гіше по тексту.

У приведеному нижче коді проводиться фазова модуляція з використанням модулюючого сигналу у вигляді суми двох синусоїд. Потім моделюється канал зв'язку з адитивним білим гауссовим шумом, проводиться демодуляція зашумленого сигналу і виводяться графіки початкових сигналів, що демодулюються.

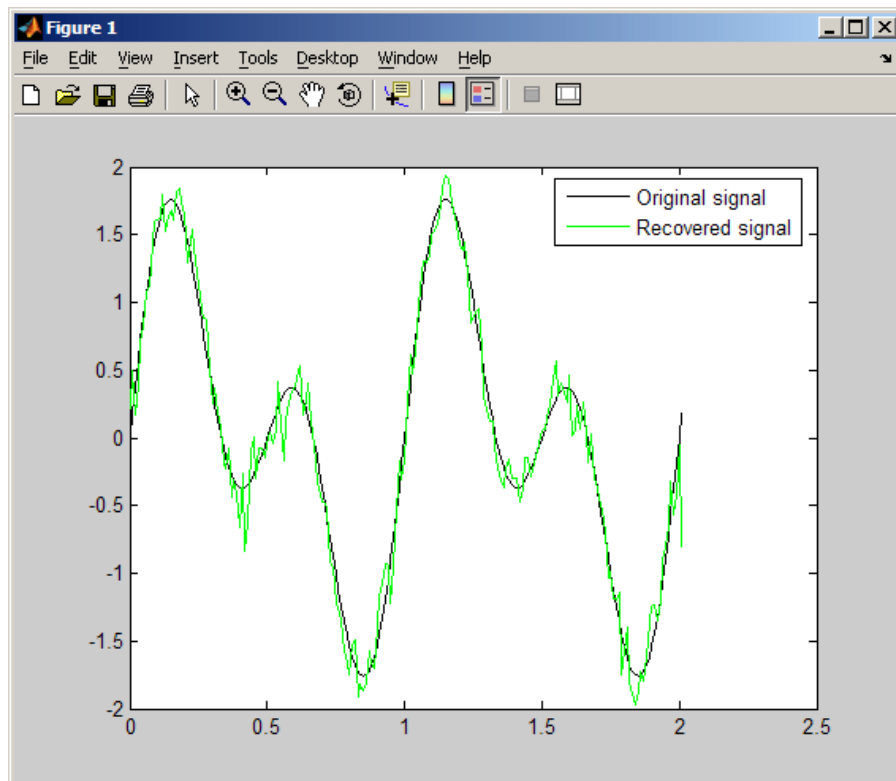


Рис. 2.7. Фазова модуляція

```
Fs = 100;           % Частота дискретизації
t = [0:2*Fs+1]/Fs; % Вектор моментів часу
% Створюємо модулюючий сигнал у вигляді суми двох синусоїд
```

```
x = sin(2*pi*t) + sin(4*pi*t);
Fc = 10;           % Несуча частота
```

Демодулює сигнал  $y$ , модульований по фазі при частоті несучого коливання  $F_c$  (Гц). Несуче коливання, і модульований сигнал  $y$  мають однакову частоту дискретизації  $F_s$  (Гц), яка повинна бути не менше, ніж  $2 \cdot F_c$ . Вхідний параметр `phasedev` задає девіацію фази, використану при модуляції (передбачається, що при значенні модулюючого сигналу, рівному одиниці, відхилення фази рівне `phasedev` радіан). Передбачається, що модульований сигнал має нульову початкову фазу.

Те ж, що попередній варіант синтаксису, але додатковий вхідний параметр `ini_phase` задає початкову фазу коливання, що несе, в радіанах.

#### *Приклади*

Приклад використання функції `pmdemod` наведений в розділі з описом функції `pmmod`.

### 2.5.2 Генерування білого гаусівського шуму як елемента впливу на канал радіозв'язку.

В якості завади використовуємо генератор білого гаусівського шуму, з нормальною функцією розподілу, за допомогою функції `normrnd`.

Функція `normrnd` генерує нормальний розподілені компоненти з математичним сподіванням  $\mu$  і стандартними середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ .

Згенеруємо білий гаусівський шум з математичним сподіванням рівним 0 і середньоквадратичним відхиленням 2 і з довжиною компонент 100:

```
y=normrnd(0,10,100,1);
plot (y);
```

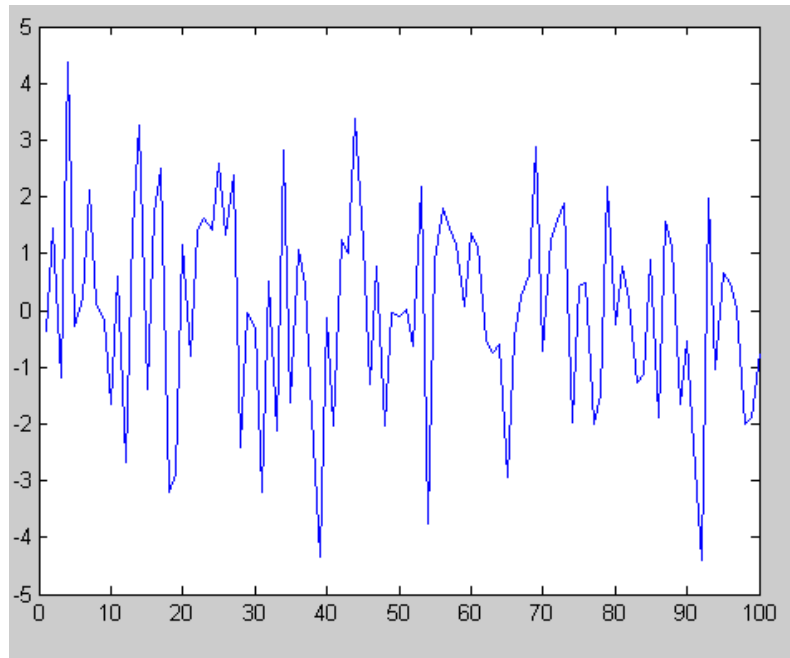


Рис. 2.8. Білий гаусівський шум

### 2.5.3 Реалізація спектрального аналізу

Функція призначена для побудови дискретного перетворення Фур'є.

Для матриць, операція FFT є прикладною для кожної колонки. Для N-D масивів, операція FFT діє на перший неоднаковий масив.

$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j) \omega_N^{(j-1)(k-1)} \quad (2.8)$$

$$x(j) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{k=1}^N X(k) \omega_N^{-(j-1)(k-1)} \quad (2.9)$$

де  $\omega_N = e^{\frac{-2\pi i}{N}}$  - частота.

Опис:

Fft повертає дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) вектору X, вважають алгоритмом із швидким перетворенням Фур'є (FFT).

Якщо X матриця, то fft повертає фур'є перетворення кожної колонки матриці.

Якщо X багатовимірний масив, то fft діє на перший неодиночний масив.

Y = fft повертає n-точок DFT. Якщо довжина X є менш ніж n, то X доповнюється з кінцевими нулями до довжини n. Якщо довжина X є більш ніж

n, послідовність X є обрізаною. Коли X є матрицею, довжина колонок скорочується в твку же форму.

Приклади:

Загальне використання Фур'є перетворює - знайти частотні компоненти сигналу, похованого в замаскованому сигналі інтервалу часу. Розглядайте дані, що пробуються в 1000 гц. Сформуємо сигнальні частоти 50 гц і 120 гц і спотворити деяким деякий нульовий-середній випадковий шумом. Результат програми зображено на рисунку 2.9.

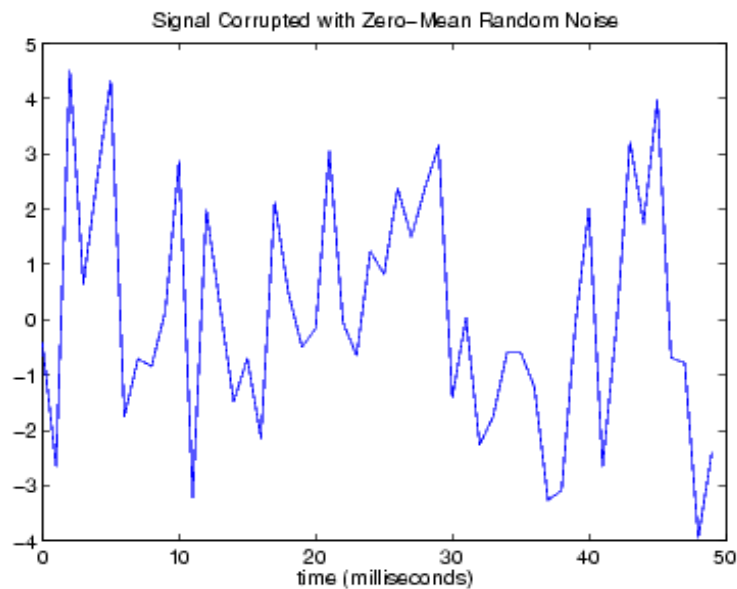


Рис. 2.9. Генерація суми синусоїд з частотами 50 і 120 Гц із шумом

Важко ідентифікувати частотні компоненти, проглядаючи оригінального сигналу. Перетворюючи на частотну область, дискретне перетворення Фур'є шумового сигналу у є знайдено взяттям 512-точок швидкого пертворення Фур'є (ШПФ):  $Y = \text{fft}(y, 512)$ ;

Спектри потужності, вимірюють потужність на різних частотах, як:

$$P_{yy} = Y .* \text{conj}(Y) / 512;$$

Побудуємо графік перших 257 відліків (інші 255 відліків надмірні) на значущій частотній сітці:

$$f = 1000 * (0:256) / 512;$$

`title('Frequency content of y')`

xlabel('frequency (Hz)')

Результат наведений на рисунку 2.10.

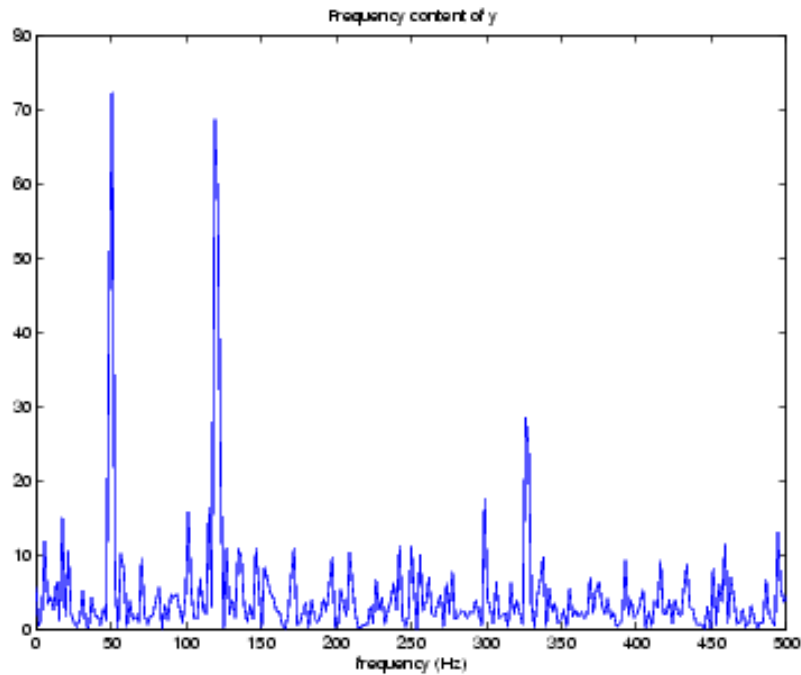


Рис. 2.10. Спектри потужності

### 2.6.1 Алгоритм експериментального дослідження

При проведенні експериментального дослідження засобами комп'ютерного моделювання з використанням Matlab, необхідно встановити послідовність операцій, за якими буде працювати програма експерименту. Тому ми встановимо послідовну ланку зв'язків, і представимо її у вигляді блок схеми, яка зображена на рисунку 2.11

Етапи алгоритму:

- 1) Під визначену зміну завантажуюмо сигнали, які піддаються передачі;
- 2) За допомогою функції `rtmod` проводимо модуляцію сигналу
- 3) З допомогою функції `normrnd` генеруємо БГШ;
- 4) Адитивно накладаємо згенерований шум на модульований сигнал;
- 5) За допомогою функції `rtdemod` проводимо демодуляцію сигналу
- 6) Визначаємо енергії сигналу і вихідного шуму



## 7) Визначаємо достовірність отриманих даних



Рис. 2.11. Алгоритм експерименту

8) Будуємо графіки, а саме:

- залежність сигналу від часу;
- залежність генерованого шуму від часу;
- залежність модульованого сигналу від часу;
- залежність суми шуму і модульованого від часу;
- залежність демодульованого сигналу від часу;
- Спектральні компоненти всіх реалізацій;
- Значення ВСШ при середньоквадратичному відхиленню вихідного сигналу від вхідного при несучих частотах (60 - 140 Гц);
- Залежність SNR від середньоквадратичному відхиленню вихідного сигналу від вхідного для несучих частотах (60 - 140 Гц)
- Криві виявлення.

На основі даного алгоритм проведемо експеримент, результати якого наведені в розділі 2.

## 2.7 Висновки до розділу 2

В розділі було наведено схему експерименту, розглянуто фазову модуляцію, а також наведенні основні функції Matlab для реалізації експерименту дослідження фазової модуляції, а також побудовано алгоритм експериментального дослідження.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведення експериментальних досліджень з використанням програмного пакету Matlab дозволить оцінити детально (поетапно) роботу процесу передачі тестового сигналу по радіоканалу з використанням фазової модуляції.

#### 3.1 Генерування тестового сигналу для дослідження каналу зв'язку

Аналіз експериментального дослідження будемо проводити згідно блок-схеми, яка наведена в попередньому розділі, поетапно.

За допомогою команди **load** завантажуюємо дані тестового сигналу, у вигляді суми двох синусоїди, дані якого зберігаються під змінною **x**.

```
% Генерування тестового сигналу
Fs=400; % Частота дискретизації
t=[0:2*Fs-1]'/Fs; % Формування осі часу
x=2*sin(2*pi*t)+sin(4*pi*t); % Формування тестового
сигналу
```

Використовуючи графічний інтерфейс Matlab виведемо тестовий сигнал на графіку, за допомогою команди **plot(t,x)** результат якої зображений на рисунку 3.1.

#### 3.2 Реалізація фазової модуляції тестового сигналу

При передачі сигналу на відстань необхідно тестовий сигнал (рис.3.1) перетворити в інший, який би мав певну фіксований частотний склад, за допомогою якого можна було би відрізнити сигнал від інших в радіоканалі. Тому необхідно модулювати сигнал в вигляді простого коливання, яке описується рівнянням (2.1), і виконується командою, як казалось в

попередньому розділі, **pmmod**. Відповідно задамося значеннями несучих частот  $F_c$  (6, 11, 16, 21, 26 Гц) і визначимо частоту дискретизації  $F_s$  у вхідному сигналі, і відповідно підставимо у задану функцію.

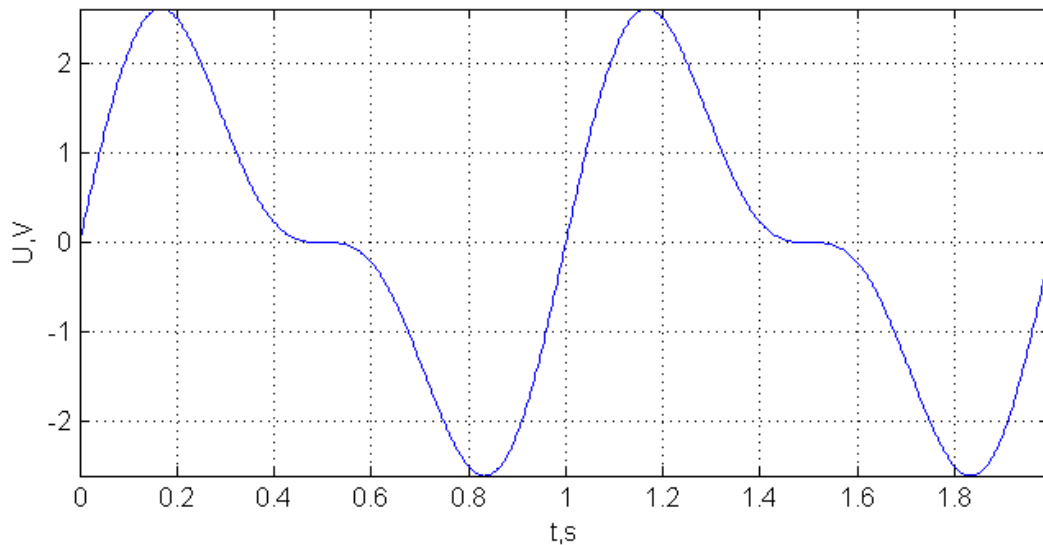


Рис. 3.1. Тестовий сигнал з параметрами частоти дискретизації 400Гц

За допомогою функції **figure** встановимо фігури на яких будемо виводитися графіки відображених модельованих тестових сигналів за допомогою фазової модуляції, які зображенні на рисунках 3.2-3.6, і програми яка наведена нижче.

```
% Фазова модуляція з частотами несучих 6, 11, 16, 210, 26
Гц
Fc = 0; % Частоти несучих
phasedev = pi/4; % Девіація фази для фазової модуляції
for i=1:5
Fc=5*i;
y=pmmod(x,Fc,Fs,phasedev); % Фазова модуляція
ym(i,:)=y;
figure(i+1);
plot(t,y);
axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');
end;
```

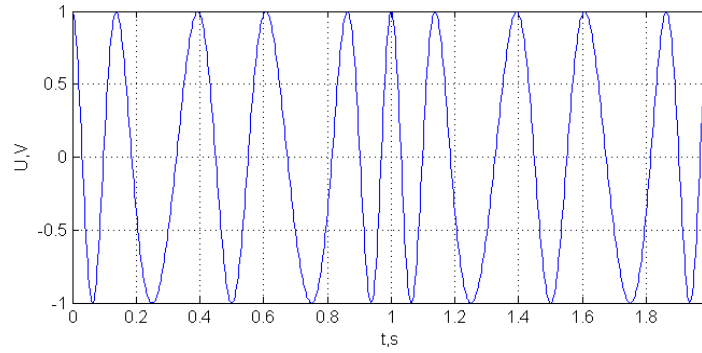


Рис. 3.2. Фазова модуляція з несучою 5 Гц, і дев'ятією  $\pi/4$  радіан

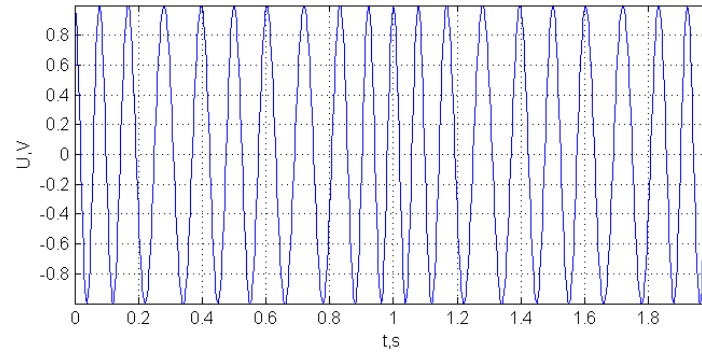


Рис. 3.3. Фазова модуляція з несучою 10 Гц, і дев'ятією  $\pi/4$  радіан

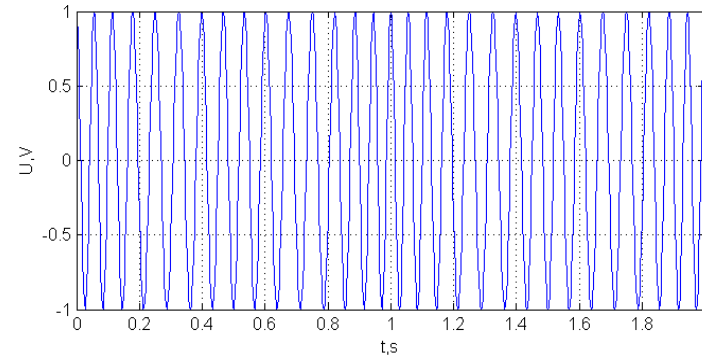


Рис. 3.4. Фазова модуляція з несучою 15 Гц, і дев'ятією  $\pi/4$  радіан

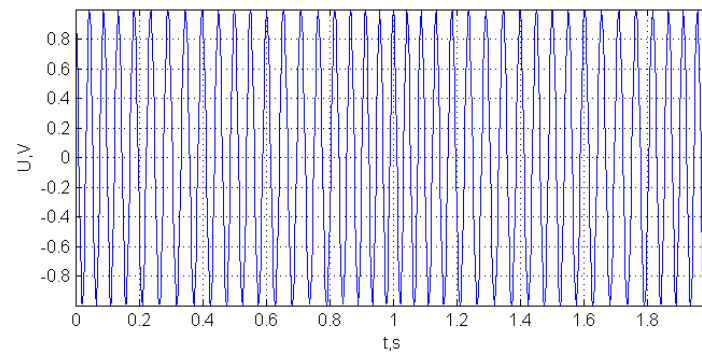


Рис. 3.5. Фазова модуляція з несучою 20 Гц, і дев'ятією  $\pi/4$  радіан

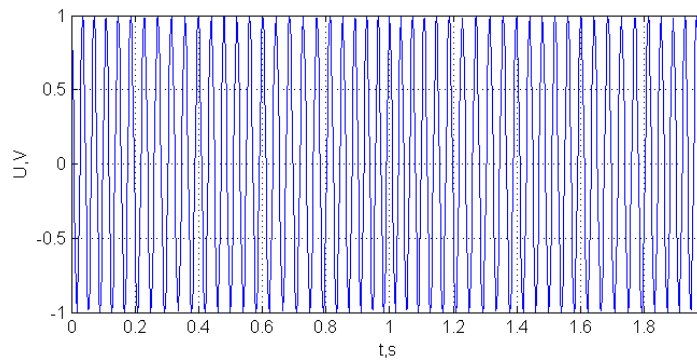


Рис. 3.6. Фазова модуляція з несучою 25 Гц, і девациєю  $\pi/4$  радіан

### 3.3 Реалізація адитивного впливу завади

Для визначення завадостійкості будемо дані модульованих сигналів зашумлювати білим гаусівським шумом з середнім квадратичним відхиленням рівним 0,2В.

За допомогою функції **normrnd(a,b,c,d)** будемо генерувати білий дискретний гаусівський шум (ДБГШ), входними параметрами якої є: **a**-математичне сподівання, **b**-середньоквадратичне відхилення, **c**-кількість відліків, **d**-кількість генерацій.

```
%Білий шум
l=length(ym);
n=normrnd(0,0.2,l,1);
figure(7);
plot(t,n);
axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');
```

Графік відображення БГШ зображено на рисунку 3.7, відповідно з середньоквадратичним відхиленням рівним 0,05 і математичним сподіванням рівним 0.

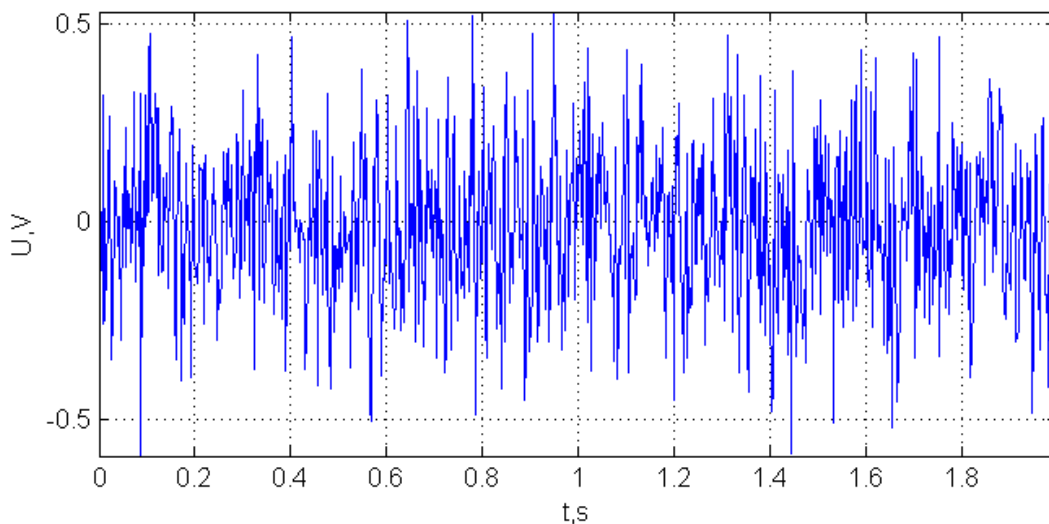


Рис. 3.7. Білий гаусівський шум

Використовуючи функцію циклу **for** будемо адитивно накладати шум на модульовані сигнали, графіки яких наведено на рисунках 3.8-3.12, які реалізується за допомогою програми, яка наведена нижче

```

for i=1:5
for j=1:length(y)
summa(i,j)=ym(i,j)+n(j);
end;
figure(i+7);
plot(t,summa(i,1:length(y)));
axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');
end;

```

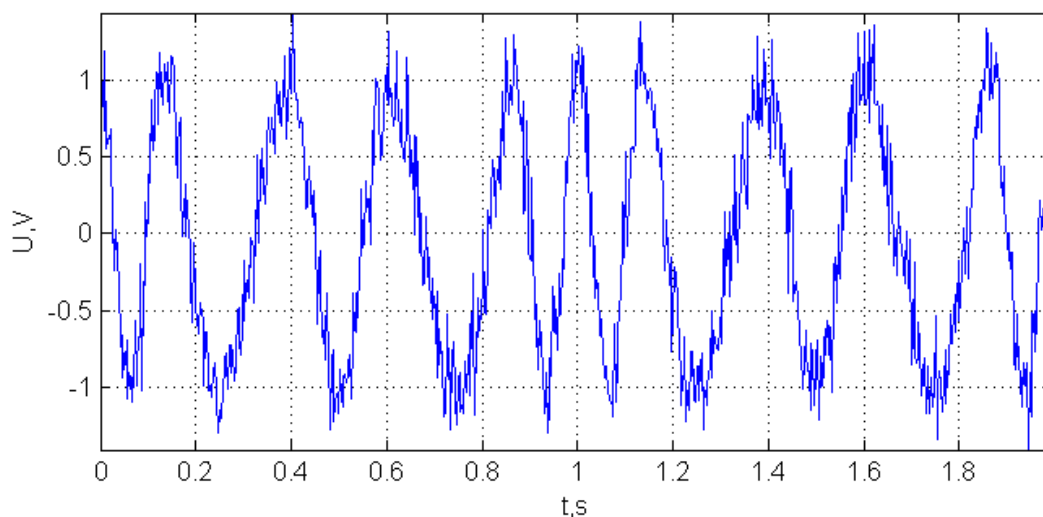


Рис. 3.8. Суміш модульованого сигналу (несуча 5Гц) і шуму

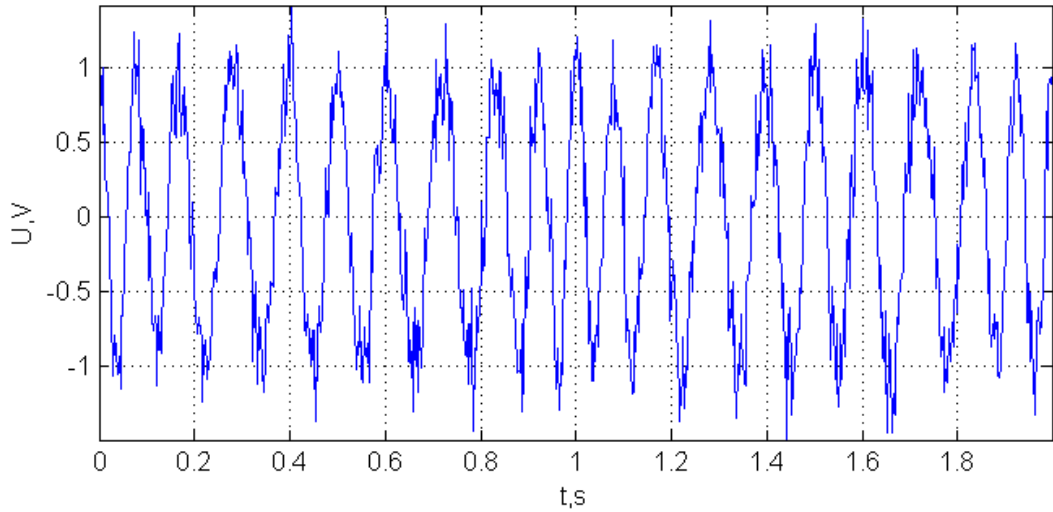


Рис. 3.9. Суміш модульованого сигналу (несуча 10Гц) і шуму

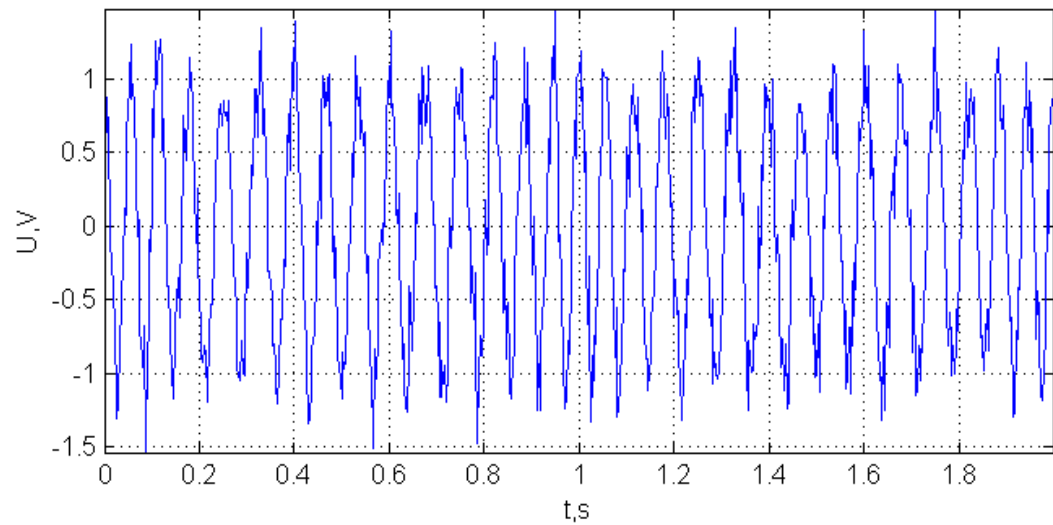


Рис. 3.10. Суміш модульованого сигналу (несуча 15Гц) і шуму

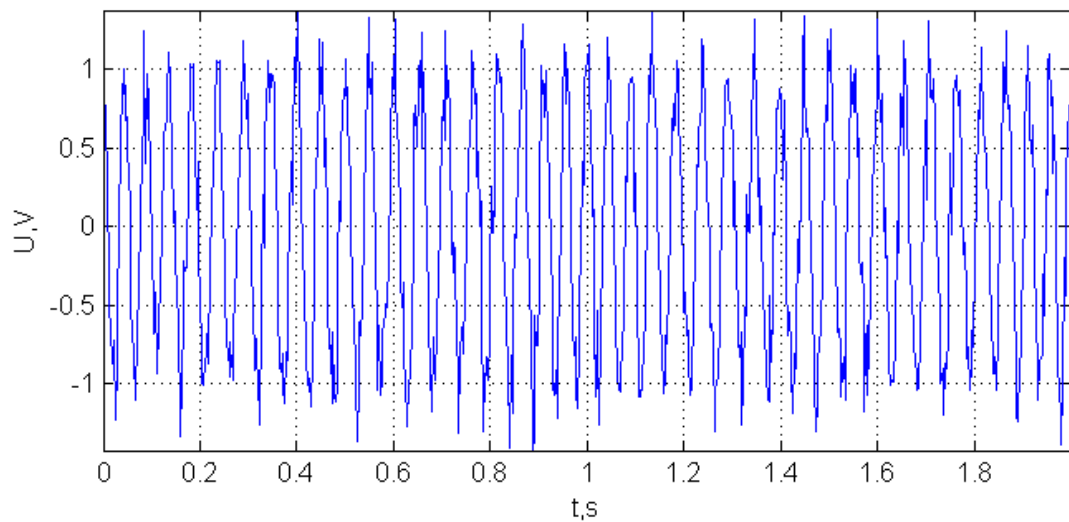


Рис. 3.11. Суміш модульованого сигналу (несуча 20Гц) і шуму



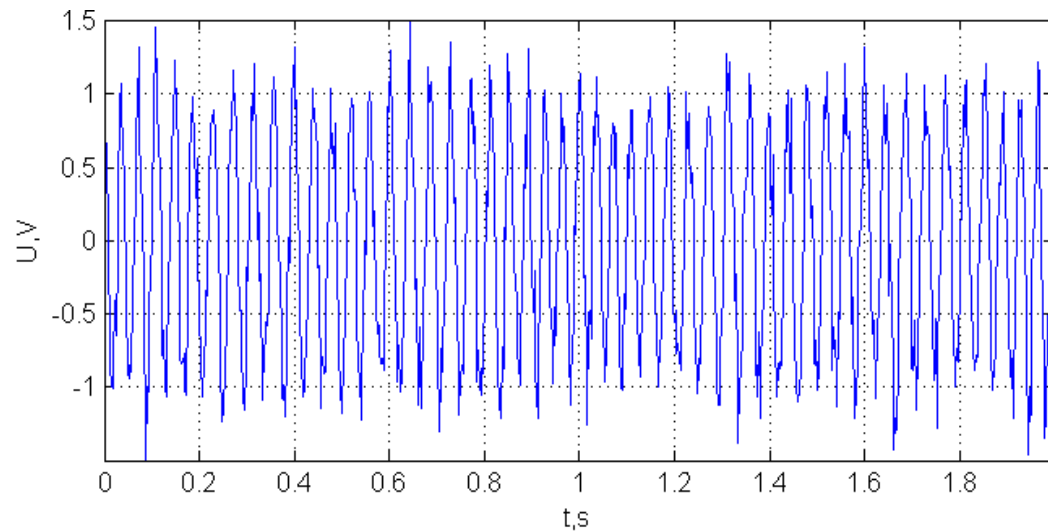


Рис. 3.12. Суміш модульованого сигналу (несуча 25Гц) і шуму

### 3.4 Реалізація процесу демодуляції

За допомогою функції **pmdemod**, яка описана в розділі 2, здійснено процес демодуляції.

```
% Демодуляція
for i=1:5
    Fc=5*i;
    z=pmdemod(summa(i,:),Fc,Fs,phasedev);
    zm(i,:)=z;
    figure(i+12);
    plot(t,z);
    axis tight;
    grid on;
    xlabel('t,s');
    ylabel('U,V');
    z=0;
end;
```

Графіки демодельованих сигналів зображено на рисунках 3.13-3.17.

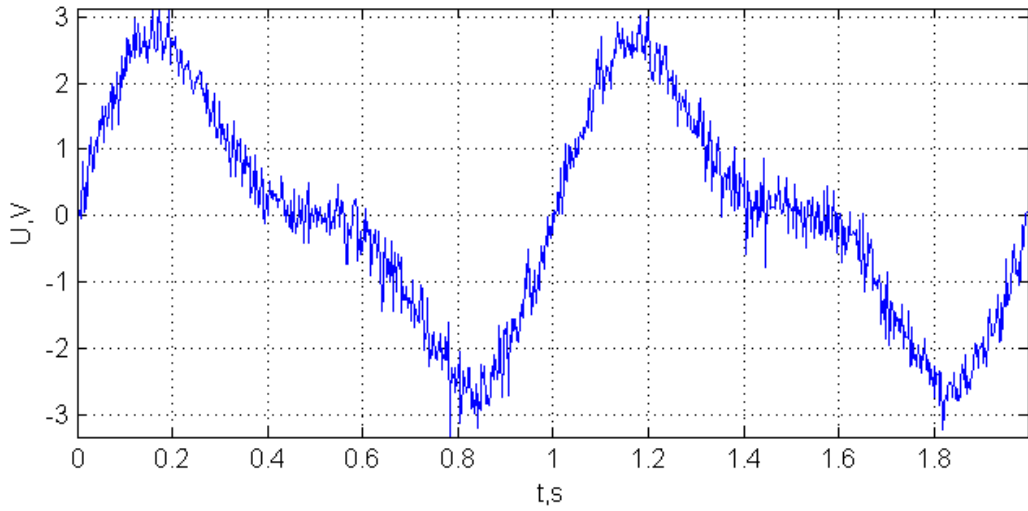


Рис. 3.13. Реалізація демодульованого сигналу (несуча 5 Гц)

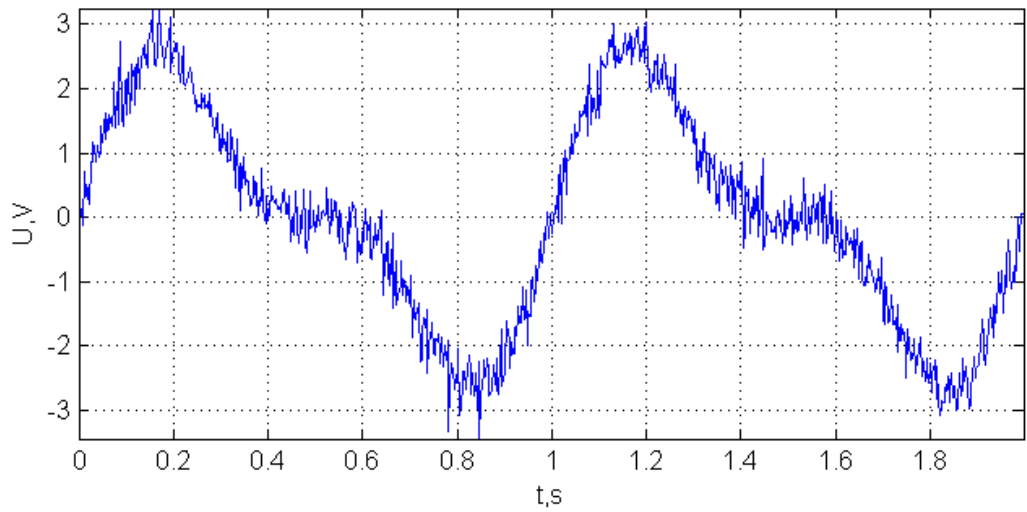


Рис. 3.14. Реалізація демодульованого сигналу (несуча 10 Гц)

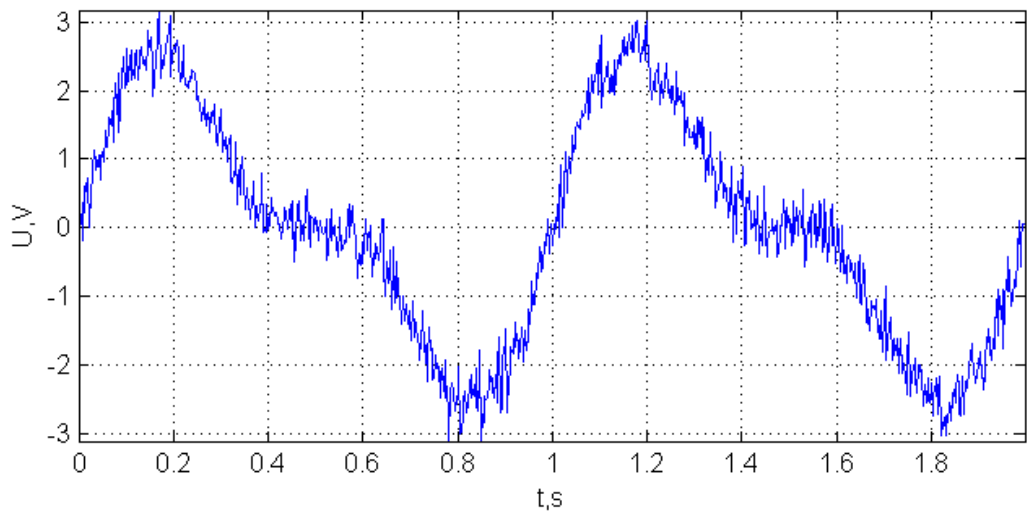


Рис. 3.15. Реалізація демодульованого сигналу (несуча 15 Гц)

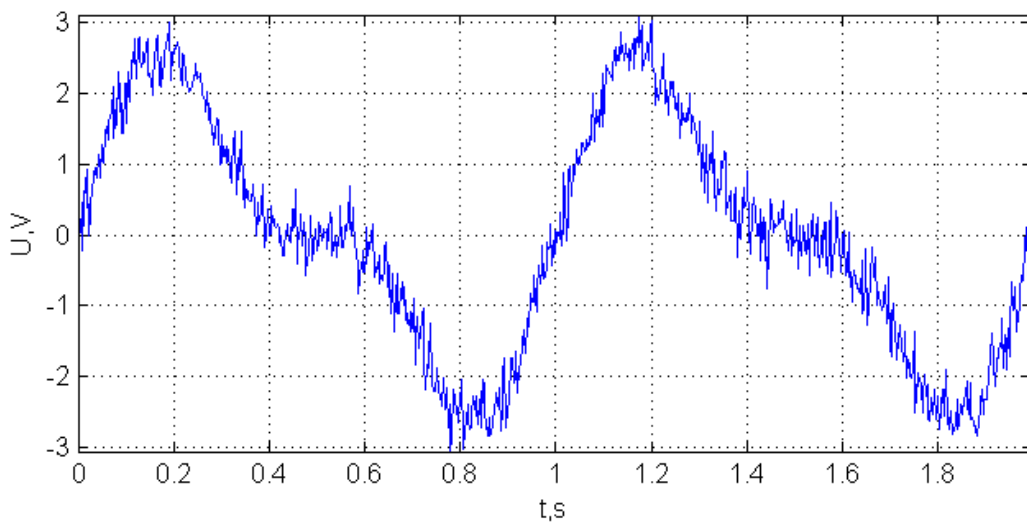


Рис. 3.16. Реалізація демодульованого сигналу (несуча 20 Гц)

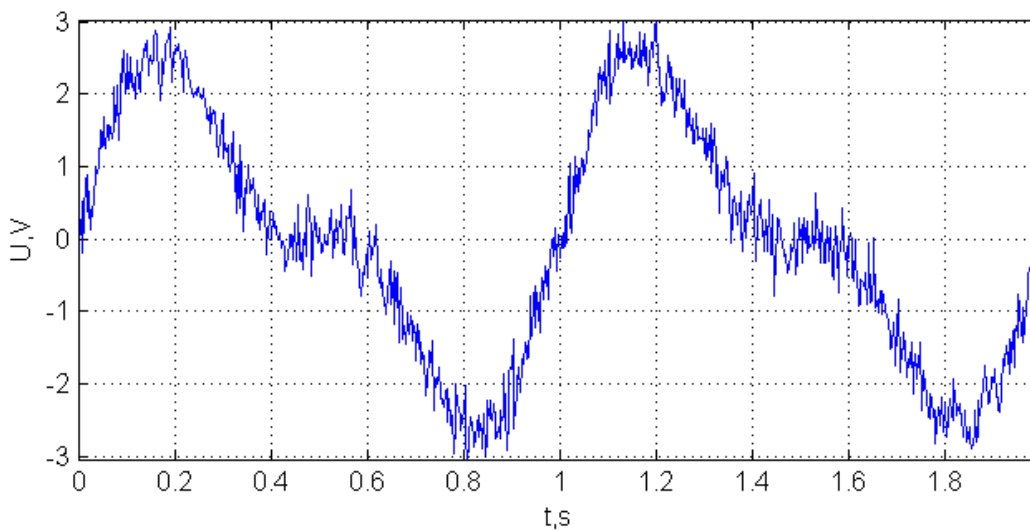


Рис. 3.17. Реалізація демодульованого сигналу (несуча 25 Гц)

На рисунках 3.13-3.17 видно, що процедура амплітудної модуляції не є завадозахищеною при різних частотах несучого коливання, що відображається у наявності шуму в демодульованих сигналах.

3.5 Результати оцінювання завадостійкості та достовірності каналу зв'язку із фазовою модуляцією

Основним параметром завадостійкості при модуляції є взаємозв'язок сигнал/завада і достовірність.

Взаємозв'язок сигнал/завада обчислюється виразом  $q = 10 \log \left( \frac{E_{СИГНАЛУ}}{E_{ВИХ.ШУМУ}} \right)$

згідно, де  $E_{СИГНАЛУ}$  - енергія сигналу,  $q = 10 \log \left( \frac{E_{СИГНАЛУ}}{E_{ВИХ.ШУМУ}} \right)$  - енергія вихідного шуму

Відповідно для того, щоб визначити енергію сигналу, необхідно знайти його частотні компоненти (АЧХ), і просумувавши суму квадратів його гармонік отримаємо енергію:

$$E = |A_n|^2, \quad (3.1)$$

де  $A_n$  - амплітуда  $n$ -ої гармоніки.

Використовуючи дискретне перетворення Фур'є за допомогою функції  $[s,f]=\text{dft}(a,b,c)$ , де  $s$ -масив амплітудних гармонік на відповідних  $f$  частотах,  $a$ -масив вхідного дискретного сигналу,  $b$ -кількість відліків по частоті сигналу.

```
% Побудова спектру тестового сигналу
[s1,f1]=dft(x,1/Fs,30);
figure(18);
bar(f1,s1,0.3);
```

Графік спектру вхідного сигналу зображено на рисунку 3.18 за допомогою функції **bar**

Враховуючи те, що тестових сигнал є сумою двох синусоїдальних сигналів із частотами 1 Гц та 2 Гц, тому на побудованому спектрі (рис.3.18) такі піки гармонік і є відображеними на вказаних частотах.

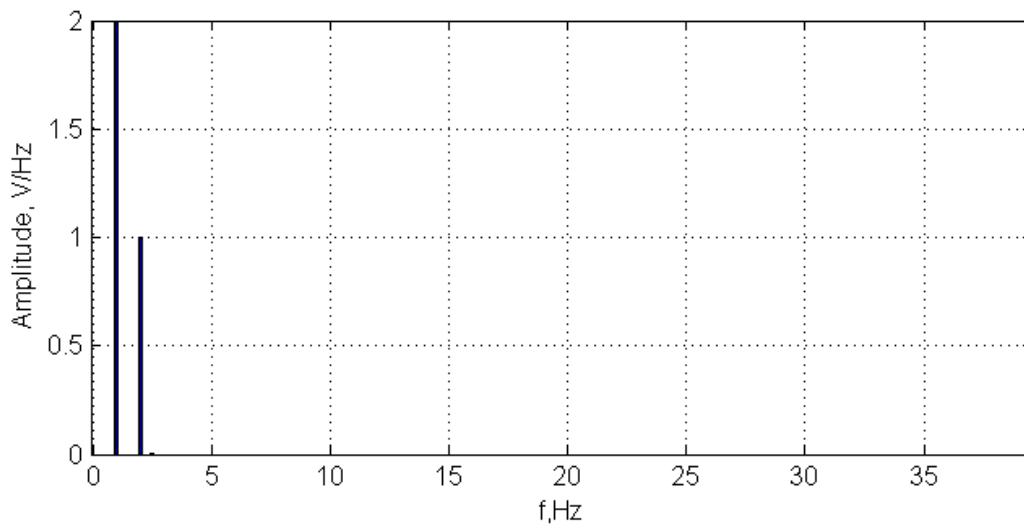


Рис. 3.18. Спектр вхідного тестового сигналу

Побудуємо графіки для модельованих і де модельованих сигналів, за відповідним лістингом програми, який наведений нижче. Рисунки зображенні на рисунках 3.19-3.23, відповідно модельовані сигнали, на рисунках 3.24-3.28 – демодельованні сигнали.

```
% Спектр модульованих сигналів
for i=1:5
[s(i,1:80),f2]=dft(ym(i,1:length(y)),1/Fs,80);
figure(18+i);
bar(f2,s(i,1:80),0.3);
axis tight;
end;
```

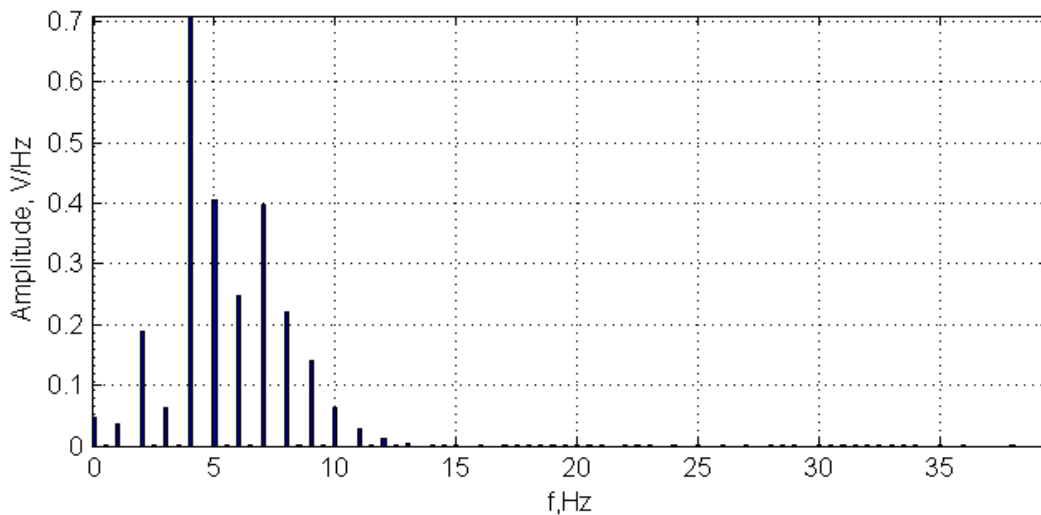


Рис. 3.19. Спектр фазово-модельованого сигналу (несуча 5 Гц)

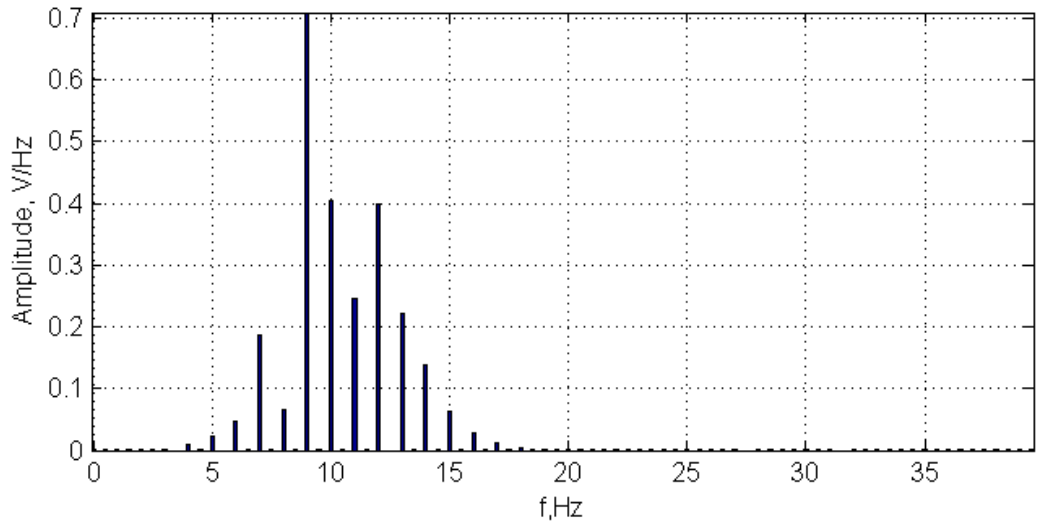


Рис. 3.20. Спектр фазово-модельованого сигналу (несуча 10 Гц)

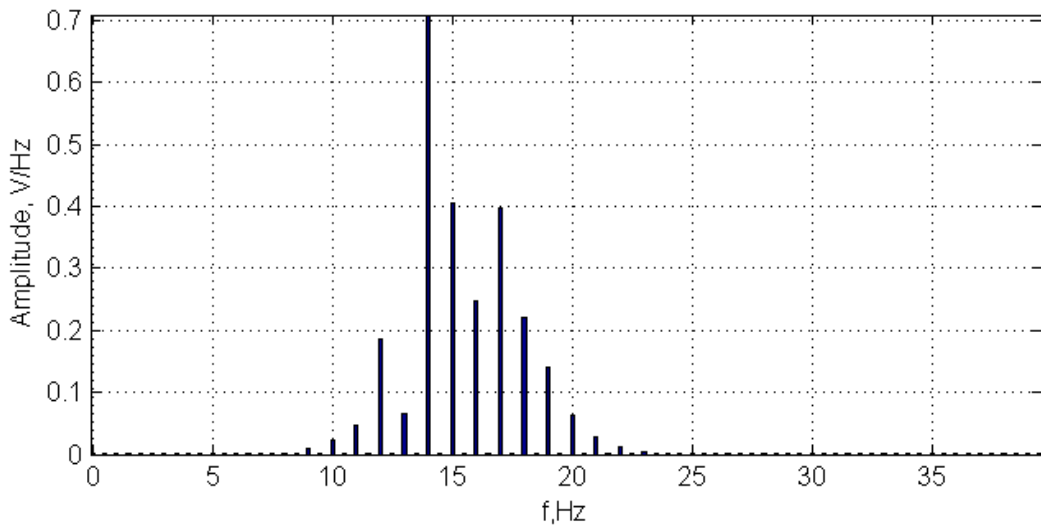


Рис. 3.21. Спектр фазово-модельованого сигналу (несуча 15 Гц)

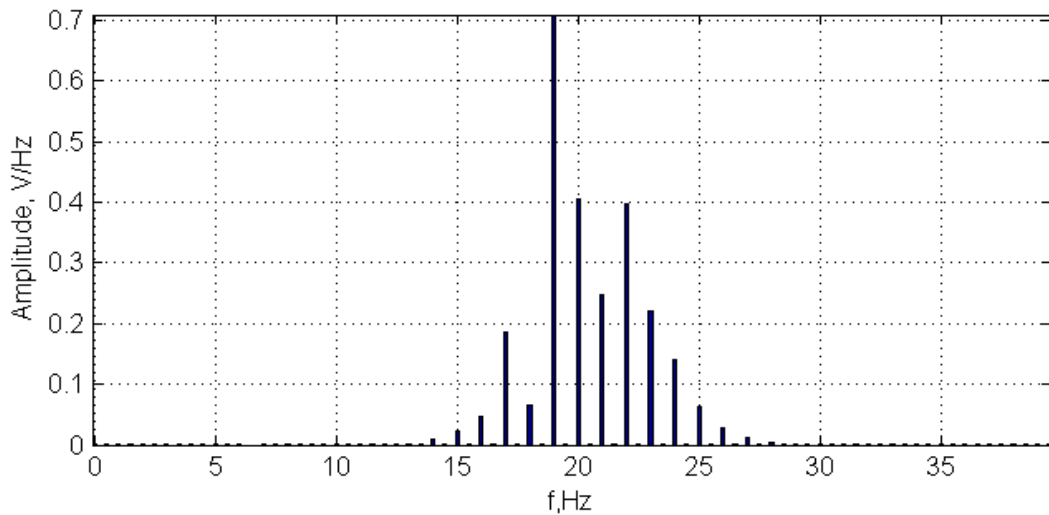


Рис. 3.22. Спектр фазово-модельованого сигналу (несуча 20 Гц)

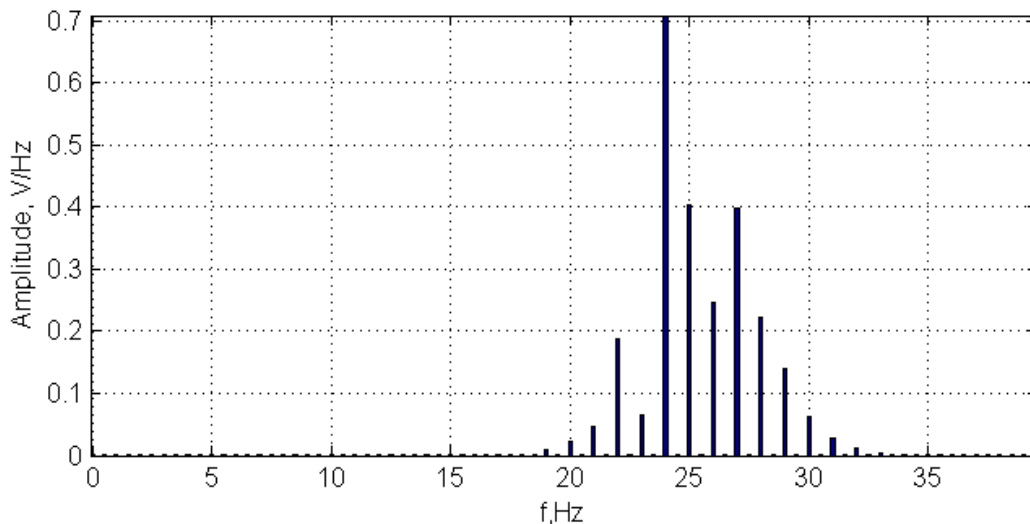


Рис. 3.23. Спектр фазово-модельованого сигналу (несуча 25 Гц)

На рис 3.19 спостерігається виділення основних спектральних складних, які відповідають значенню гармоніки несучого коливання, тобто 6, 11, 16, 21 та 26 Гц.

Лістинг програми для побудови спектри демодельованих сигналу:

```
% Спектри демодульованих сигналів
for i=1:5
[sd(i,:), f4]=dft(zm(i,1:length(y)), 1/Fs, 150);
figure(29+i);
bar(f4, sd(i,1:150), 0.3);
axis tight;
grid on;
```

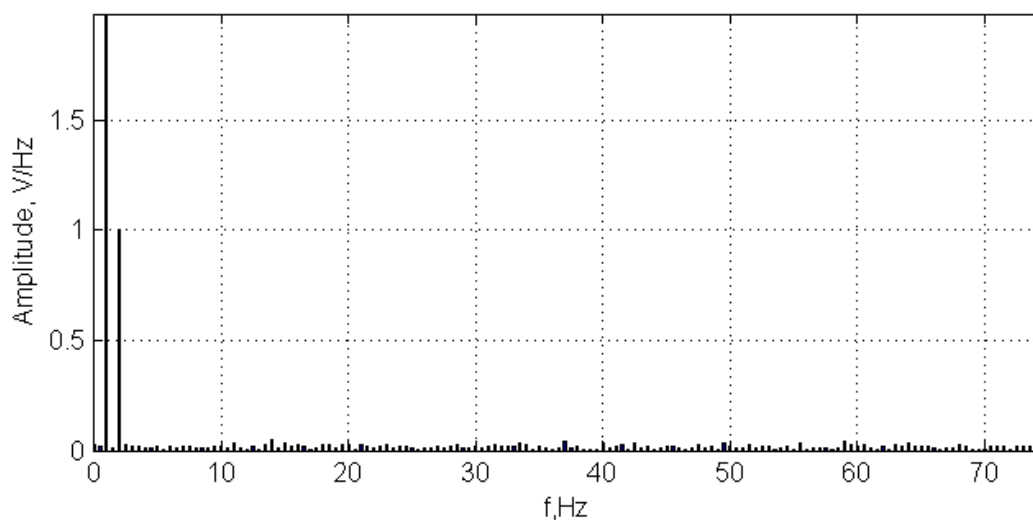


Рис. 3.24. Спектр демодульованого сигналу (несуча 5 Гц)

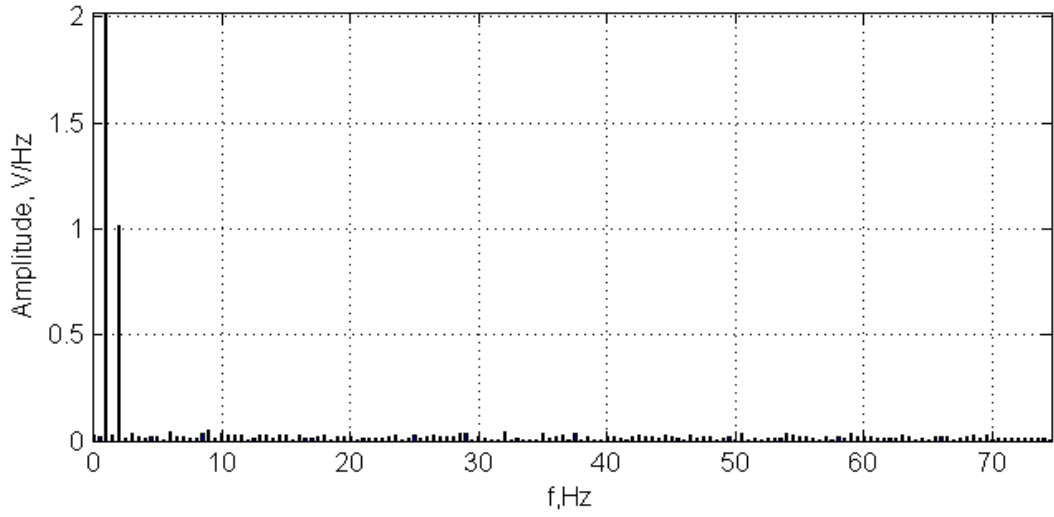


Рис. 3.25. Спектр демодульованого сигналу (несуча 10 Гц)

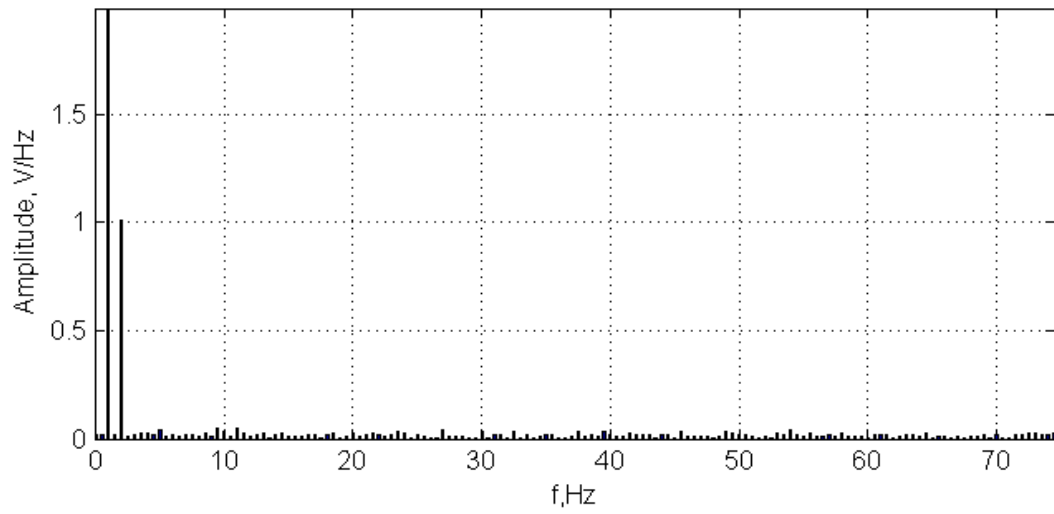


Рис. 3.26. Спектр демодульованого сигналу (несуча 15 Гц)

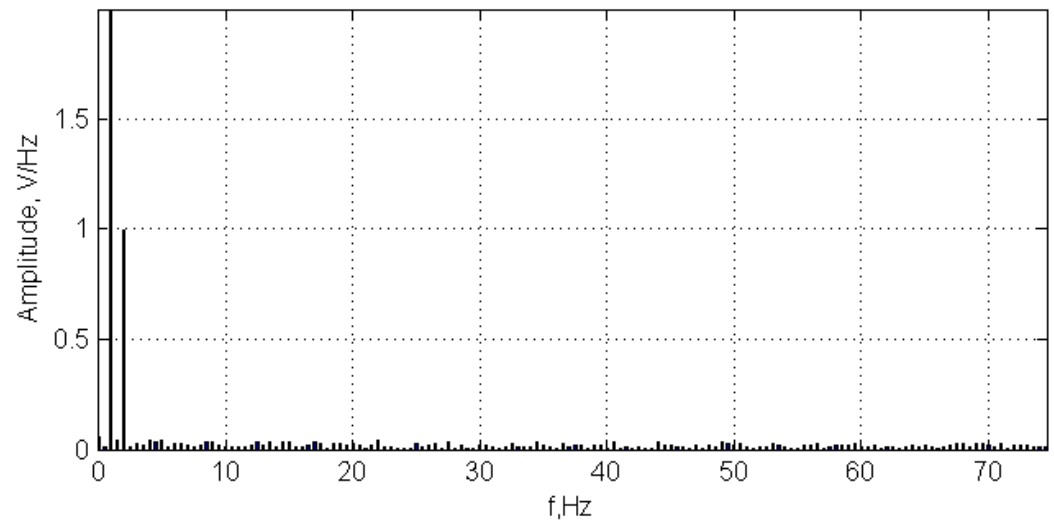


Рис. 3.27. Спектр демодульованого сигналу (несуча 20 Гц)



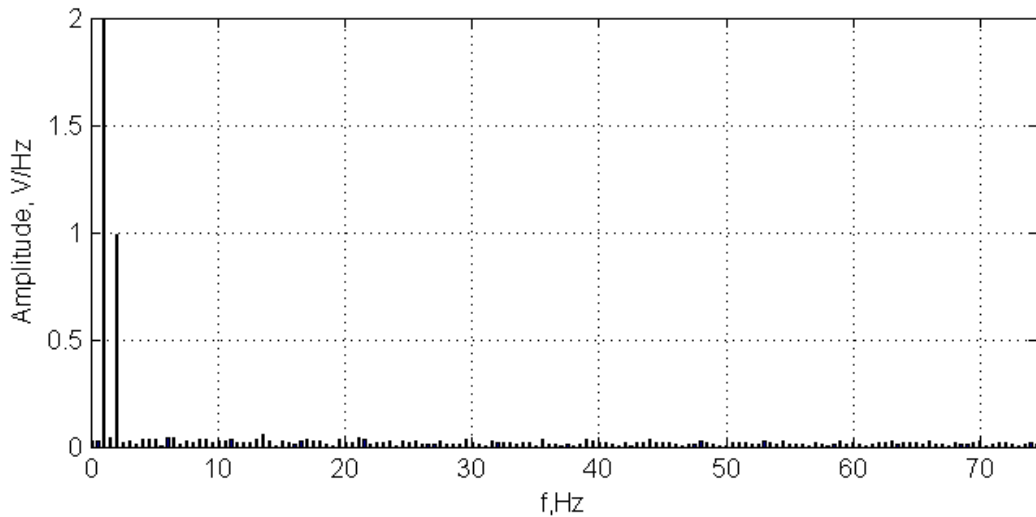


Рис. 3.28. Спектр демодульованого сигналу (несуча 25 Гц)

За результатами побудованих спектрів демодульованих сигналів (рис.3.24-3.28) встановлено, що завада типу білого шуму вносить вагомий внесок у спектральну структуру вихідного сигналу та є рівномірно розподілена по усій частотній області.

Визначимо енергію передаючого сигналу згідно формули 3.1 і за допомогою лістингу програми, яка наведена нижче визначимо енергію:

```
% Енергія тестового сигналу
Ein=sum(s1)^2;
```

Відповідно, для визначення енергій скористаємося лістингом програми, яка наведена нижче:

```
% Енергія вихідних шумів при різних несучих
Eoutsignal=sum(sd'.^2);
Eoutnoise=abs(Eoutsignal-Ein);
```

З вище приведених графіків 3.24 і 3.28 видно, що спектральні складові змінені, тобто є шумовий вклад в загальну енергію сигналу, яка рівна різниці енергій вхідного і демодельованого, тобто модуля різниці енергії демодельованого і вхідного сигналу.

Побудуємо графік залежності відношення сигнал-шум від частоти несучої за допомогою програми, яка наведена нижче:

```
% Відношення сигнал-шум, дБ
for k=1:5
    snr(k)=10*log(Ein/Eoutnoise(k));
end;
figure(35);
hold on;
plot(fcc,snr);
axis tight;
grid on;
xlabel('Fc,Hz');
ylabel('SNR,dB');
```

Проробивши вище приведену програму в циклі при зміні середньоквадратичного відхилення білого дискретного гаусівського шуму отримали графік, який зображено на рис. 3.29.

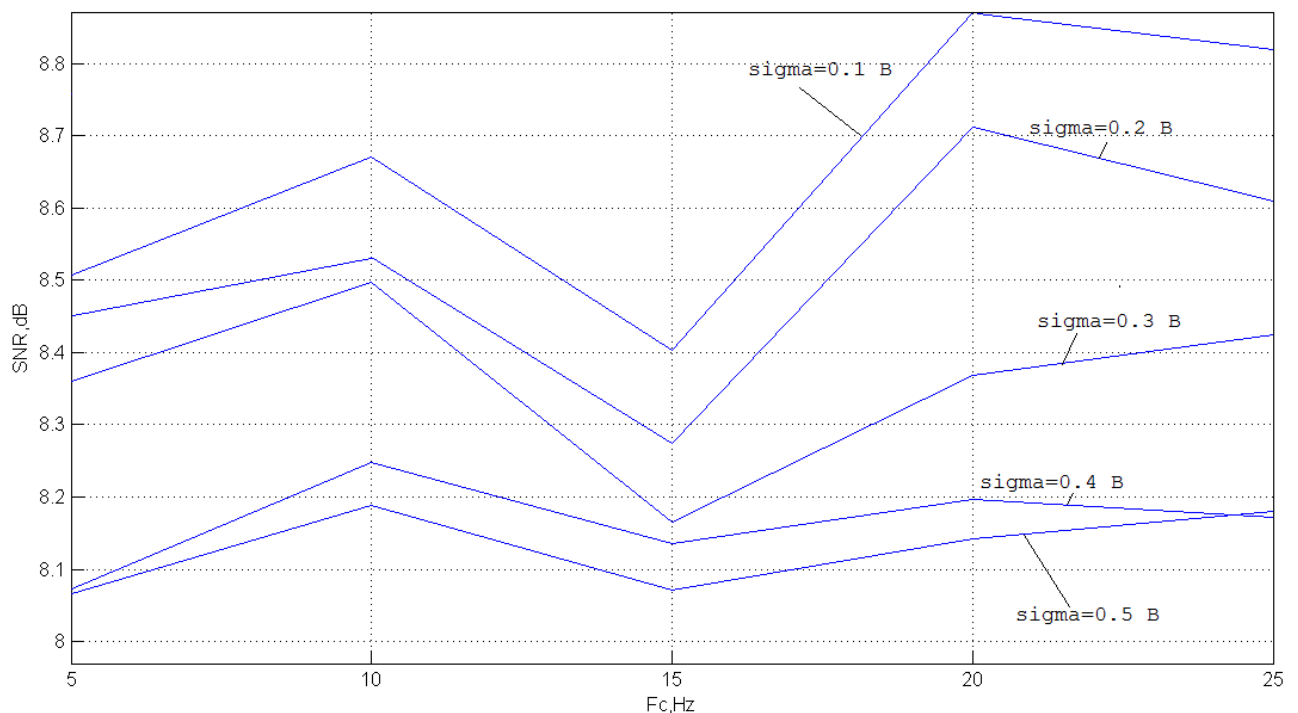


Рис. 3.29. Залежність відношення сигнал/шум від частоти несучої при різних середньоквадратичних відхиленнях БГШ

З рис.3.29 видно, що значення відношення сигнал/шум демодельованого сигналу зростає при збільшенні енергії вхідного шуму і збергіє свою структуру при різних частотах несучих.

Показником передачі даних по радіозв'язку, окрім відношення сигнал-шум, є ще середньоквадратичне відхилення вихідного від вхідного, тому за допомогою програми, яка наведена нижче, будемо залежність SNR від середньоквадратичного відхилення при різних несучих.

Середньоквадратичне відхилення обчислимо за наступною формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - M\{x\})^2}{N-1}}, \quad (3.2)$$

де  $N$ -кількість відліків;

$M\{x\}$  - математичне сподівання різниці вихідного від вхідного сигналу.

Використовуючи формулу 3.2 написали програму, і графік наведений на рисунку 3.30.

```
for i=1:5
for j=1:length(x);
wym(i,j)=abs(x(j)-zm(i,j));
end;
vidhul(i)=std(wym(i,1:length(x)));
end;
figure(36);
bar(snr,vidhul,0.4);
axis tight;
grid on;
ylabel('SIGMA');
xlabel('SNR,dB');
```

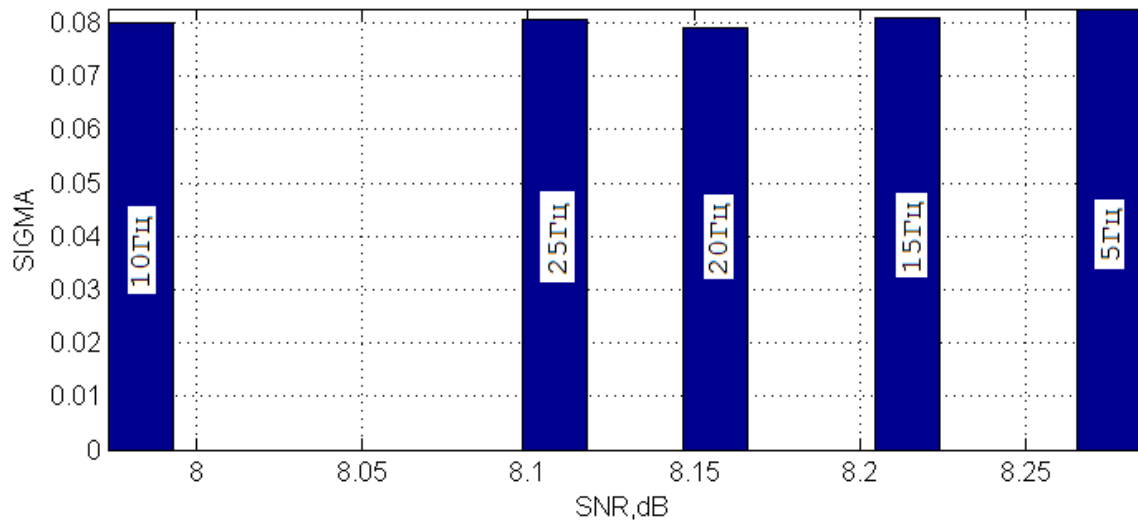


Рис. 3.30. Значення SNR при середньоквадратичному відхиленню вихідного сигналу від вхідного при несучих частотах (6,11,16,21,26 Гц)

За результатами значень рисунку 3.31 встановлено, що при усіх частотах, які застосовано в експерименті, середньоквадратичне відхилення шуму демодельованого сигналу при різних частотах несучого коливання зберіється майже одинаковими. Такі результати підтверджують однорідність завадозахищеності на різних частотатх.

Тепер побудуємо графіки залежності окремо для кожної несучої (рис.3.31), за допомогою генерування вхідних шумів впливу на модульований сигнал різної потужності, яке реалізується за допомогою програми, яка наведена нижче:

```
% Sigma out signal/SNR
figure(37);
nn=normrnd(0,h(i),1,1);
for j=1:l ssumma(j)=nn(j)+ym(k,j); end;
zz=pmdemod(ssumma,fc(k),Fs,phasedev);
[ss,ff]=dft(zz,1/Fs,80);
EE=abs(sum(ss)^2-Ein); ssnr(i)=10*log(Ein/EE);
    for j=1:length(x);
        wymm(i,j)=abs(x(j)-zz(j));
    end;
    vidhull(i)=std(wymm(i,1:length(x)));
end;
plot(ssnr,vidhull); hold on;
```

```
end;
hold off; axis tight; grid on; ylabel('out SIGMA');
xlabel('SNR,dB');
```

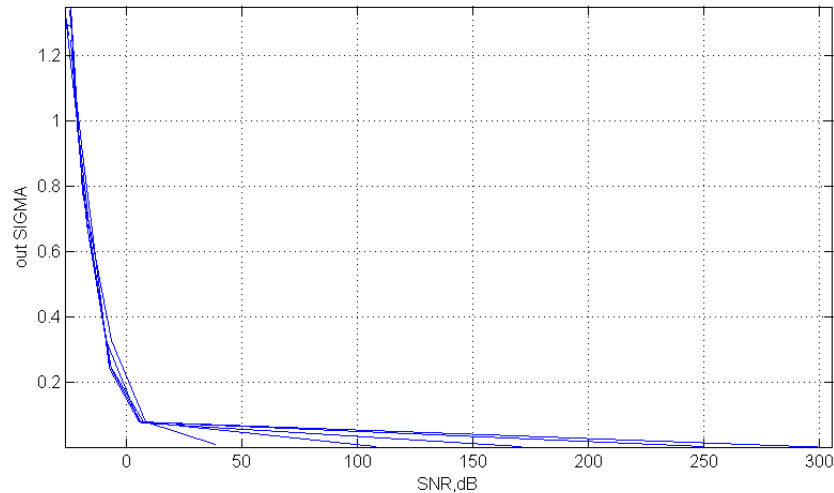


Рис. 3.31. Залежність SNR при середньоквадратичному відхиленню вихідного сигналу від вхідного для несучих частотах (6,11,16,21,26 Гц)

За даними рисунку 3.31 встановлено, що при збільшенні відношення сигнал/шум вхідного сигналу середньоквадратичне відхилення шуму вихідного сигналу при різних частотах експоненціально згасає. Криві виявлення фазово-модульованого тестового сигналу на тлі завад зображено на рис.3.32. Повний текст програми вище проведених досліджень наведено в додатку А.

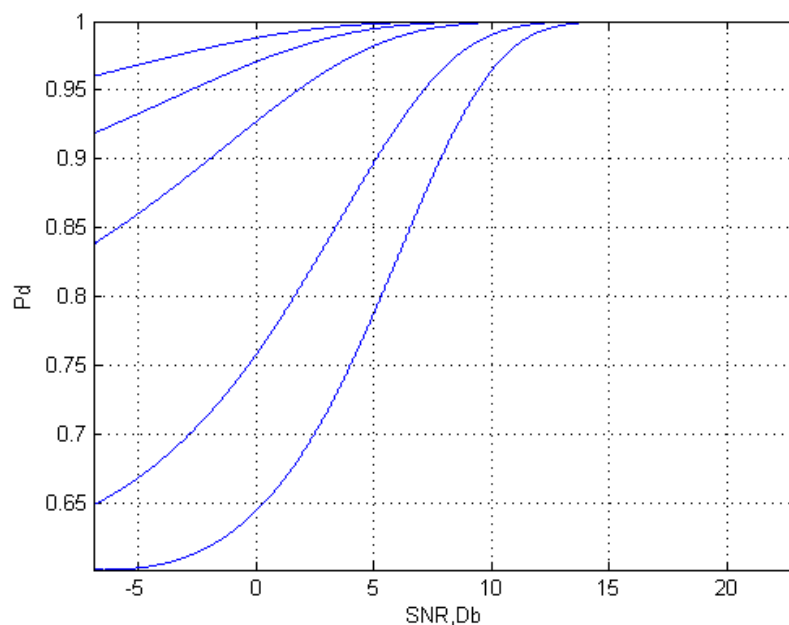


Рис. 3.32. Криві виявлення тестового сигналу

### 3.6 Висновки до розділу 3

У розділі наведено результати експериментального дослідження, а саме здійснено експериментальне дослідження каналів при фазовій модуляції при зміні частоти несучого коливання та потужності завади, оцінено рівень їх завадостійкості.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

##### 4.1.1 Актуальні проблеми охорони праці в наукових дослідженнях

Вимоги безпеки до лабораторних приміщень та обладнання для наукових досліджень.

Організація наукових досліджень та основні наукові проблеми в галузі охорони праці. Наукова база охорони праці. Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, галузеві науково-дослідні інститути з питань охорони праці, відділи та лабораторії з питань охорони праці галузевих науково-дослідних інститутів. Кафедри охорони праці та інші підрозділи вищих навчальних закладів.

Програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. Загальнодержавна (національна), галузеві, регіональні програми.

Аналіз професійного та виробничого ризиків. Аналіз, прогнозування, профілактика травматизму та професійної захворюваності. Мета і методи аналізу. Використання статистичної звітності і актів розслідування нещасних випадків і професійних захворювань в аналітичній роботі. Показники частоти та тяжкості травматизму. Автоматизовані системи управління охороною праці, обліку, аналізу та дослідження травматизму.

Основні заходи пожежної профілактики на галузевих об'єктах

Класи виробничих та складських приміщень по вибуховій та пожежній небезпеці. Вогнестійкість будівельних конструкцій і матеріалів.

Протипожежні перешкоди. Забезпечення безпечної евакуації персоналу. Пожежна безпека технологічного устаткування, електрообладнання, систем опалення, вентиляції. Державний пожежний нагляд. Пожежна профілактика при проектуванні і експлуатації промислових об'єктів, будинків, споруд, технологічного обладнання.

Пожежна сигналізація і зв'язок. Засоби гасіння пожеж. Протипожежне водопостачання. Первинні засоби пожежогасіння. Автоматичні засоби пожежогасіння на об'єктах галузі.

Державний нагляд і громадський контроль за станом охорони праці

Органи державного нагляду за охороною праці. Основні принципи державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності.

Держгірпромнагляд. Права і відповідальність посадових осіб Держгірпромнагляду. Перелік питань для здійснення планових заходів державного нагляду у сфері промислової безпеки та охорони праці.

Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів.

Соціальне страхування від нещасного випадку та професійного захворювання на виробництві

Завдання страхування від нещасного випадку. Принципи та види страхування.

Суб'єкти та об'єкти страхування. Види страхування. Страховий ризик і страховий випадок. Фонд соціального страхування від нещасних випадків. Правління Фонду. Виконавча дирекція Фонду. Страхові експерти з охорони праці, їх функції і повноваження. Фінансування страхових виплат, соціальних послуг та профілактичних заходів. Джерела фінансування Фонду. Страхові тарифи. Страхові виплати. Обов'язки та права суб'єктів страхування від нещасних випадків. Обов'язки Фонду. Права та обов'язки застрахованої особи. Права та обов'язки роботодавця як страхувальника.

4.1.2 Організація наукових досліджень та основні наукові проблеми в галузі охорони праці.

В процесі проведення НДР із застосування системи реєстрації пульсового сигналу, яка підключена до електромережі 220 В, може виникнути електротравматизм як факторів негативного впливу на умови праці обслуговуючого персоналу при роботі із системою. Тому розробка



рекомендацій по питанням охорони праці щодо мінімізації негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із системою реєстрації пульсового сигналу із застосуванням стандартів ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Електробезпека. Терміни і визначення» та ГОСТ 12.1.038-88 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» є актуальною задачею.

Струм, який проходить крізь людину, є головним ушкоджуючим фактором при електротравмі. Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм) [22]:

- відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0-1,5 мА);
- невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10-15 мА);
- фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості діє струму 2-3с, параліч дихання (90-100 мА).

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму під експлуатації системи:

- випадковий дотик до струмопровідних частин пристрою, що перебувають під напругою;
- поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах пристрою (корпусах) у результаті пошкодження ізоляції або з інших причин;

Гранично допустимі значення напруги доторкання та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного (пристрій має певні пошкодження) режимів пристрою при проходженні струму через тіло людини по шляху „рука - рука” чи „рука - ноги” регламентуються ГОСТ 12.1.038-88 (таблиці 7.1 та 7.2) [22].

*Таблиця 4.1*

Граничнодопустимі значення напруги та сили струму, що проходить через тіло людини при нормальному режимі пристрою

Вид струму	U <sub>дон</sub> , В (не більше)	I <sub>л</sub> , мА (не більше)
Змінний, 50 Гц	2	0,3
Постійний	8	1

При виконанні роботи в умовах високої температури (більше 25 °С) і відносної вологості повітря (більше 75 %) значення таблиці 7.1 необхідно зменшити у три рази.

Таблиця 4.2

Граничнодопустимі значення струму, що проходять через тіло людини при аварійному режимі пристрою [22]

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму t, с
Змінний, 50 Гц, <i>U<sub>дом</sub></i> , В (не більше) <i>I<sub>л</sub></i> , мА (не більше)	0,1 500 500	0,2; 0,5; 0,7; 1,0; Більше 1,0 250; 100; 70; 50; 36 250; 100; 70; 50; 6
Постійний <i>U<sub>дом</sub></i> , В (не більше) <i>I<sub>л</sub></i> , мА (не більше)	500 500	400; 250; 230; 200; 40 400; 250; 230; 200; 15

Електробезпека згідно ГОСТ 12.1.009-76 та ГОСТ 12.1.038-88 – це система організаційних і мехнічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом при експлуатації системи:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусі системи, що досягається захисним заземленням або захисним відключенням;
- захист від випадкового дотику до струмопровідних частин системи застосуванням кожухів або подвійної ізоляції;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції системи;
- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- організація безпечної експлуатації системи.

Профілактика пошкоджень ізоляції системи спрямована на забезпечення її надійної роботи. Насамперед необхідно виключити механічні пошкодження, зволоження, хімічний вплив, запилення, перегріву. Але навіть у нормальних умовах ізоляція поступово втрачає свої початкові властивості, "старіє". З часом

розвиваються місцеві дефекти. Опір ізоляції починає різко зменшуватися, а струм витoku - непропорційно зростати. У місці дефекту з'являються часткові розряди струму, ізоляція вигорає. Відбувається так званий пробій ізоляції, внаслідок чого виникає коротке замикання, що, у свою чергу, може спричинити пожежу чи ураження людей струмом. Щоб підтримувати діелектричні властивості ізоляції пристрою, необхідно систематично виконувати профілактичні випробування, огляди, видаляти непридатну ізоляцію і замінити її.

Таким чином, врахувавши вище сформульовані рекомендації по питанням охорони праці при експлуатації системи реєстрації сигналу, буде забезпечено небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

4.1.3 Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, галузеві науково-дослідні інститути з питань охорони праці, відділи та лабораторії з питань охорони праці галузевих науково-дослідних інститутів

Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці (ННДПБОП) створений Державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки (Держгірпромнагляд) відповідно до Закону України "Про охорону праці" за рішенням Уряду України.

Діяльність інституту спрямована на наукове забезпечення промислової безпеки та охорони праці, збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності. На рисунку 7.1 показана структурна схема роботи інституту.

В своєму складі інститут має наступні науково-дослідні лабораторії: лабораторія аналізу виробничого травматизму та наглядової діяльності; лабораторія інформаційних технологій; лабораторія промислової безпеки; лабораторія стратегії та економічної політики управління промисловою безпекою та охороною праці; лабораторія аналізу та розробки

системи управління охороною праці; лабораторія науково-організаційної підтримки; лабораторія нормативного забезпечення.

Структурним підрозділом ННДПБОП є науково-дослідний відділ державного нагляду за промисловою безпекою та охороною праці (відділ № 1). У складі відділу три науково-дослідні лабораторії: промислової безпеки, інформаційних технологій, аналізу виробничого травматизму, наглядової діяльності та розробки профілактичних заходів.

## 4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Структура та завдання Єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР). Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР) включає в себе центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організують проведення роботи із запобігання НС техногенного та природного походження і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат.

Основною метою створення ЄДСЗР є забезпечення реалізації державної політики у сфері запобігання і реагування на НС, забезпечення цивільного захисту населення.

Завданнями ЄДСЗР є:

– розробка нормативно-правових актів, а також норм, правил та стандартів із питань запобігання надзвичайним ситуаціям та забезпечення захисту населення і територій від їх наслідків;

- забезпечення готовності центральних та місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на НС;
- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню НС;
- навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення НС;
- виконання цільових і науково-технічних програм, спрямованих на запобігання НС, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- збирання й аналітичне опрацювання інформації про НС, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків НС;
- прогнозування й оцінка соціально-економічних наслідків НС, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на НС;
- та інше.

ЄДСЗР складається з постійно діючих функціональних і територіальних підсистем і має 4 рівні: загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий.

Функціональні підсистеми створюються міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади для організації роботи, пов'язаної з запобіганням НС та захистом населення і територій від їх наслідків.

Кожний рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління щодо розв'язання завдань у сфері запобігання НС, захисту населення і території від їх наслідків, систему повсякденного управління, сили і засоби, резерви матеріальних та фінансових ресурсів, системи зв'язку та інформаційного забезпечення.

До системи повсякденного управління ЄДСЗР входять оснащені необхідними засобами зв'язку оповіщення, збирання, аналізу і передачі інформації:

- центри управління в НС, оперативно-чергові служби уповноважених органів з питань НС та цивільного захисту населення усіх рівнів;
- диспетчерські служби центральних і місцевих органів виконавчої влади, державних підприємств, установ та організацій.

До складу сил і засобів ЄДСЗР входять відповідні сили і засоби функціональних і територіальних підсистем, а також недержавні (добровільні) рятувальні формування, які залучаються до виконання відповідних робіт.

4.2.2. Техногенні небезпеки та їх вплив на життєдіяльність людини. У результаті активної діяльності людини в середовищі існування воно поволі змінювало свій вигляд, що призвело до порушення біосфери і появи штучного середовища, яке називають техногенним (техносферою). За науковими даними, на сьогоднішній день майже все середовище, в якому перебуває людина, є техногенним. Штучно створена людиною техносфера охоплює практично всю планету і навіть вийшла за її межі у космос.

Техногенне середовище (техносфера) як складова навколишнього середовища є похідною діяльності людини, яка виникла як наслідок впливу антропогенних чинників.

Діючи у техногенному середовищі, людина безперервно виконує, як мінімум, два основних завдання:

- забезпечує своє комфортне перебування у середовищі проживання;
- створює та використовує системи захисту від його негативних чинників впливу.

Вплив негативних чинників техносфери на людину. До середини ХХ століття людина ще була неспроможною ініціювати великомасштабні аварії та катастрофи, які б викликали зміни у біосфері. Поява об'єктів ядерної енергетики, потужних хімічних підприємств та висока концентрація їх у певних

регіонах зумовили руйнування екосистеми. Класичними прикладами є трагедія у Чорнобилі (Україна), Бхопалі (Індія). Створена руками і розумом людини техніка ніби й була покликана максимально задовольнити її потреби у комфорті та безпеці, але загалом не виправдала сподівань. Біосфера у багатьох регіонах планети активно змінювалася техносферою. Це, у свою чергу, призвело до зниження якості компонентів системи "Л — НС" і, перш за все, природного середовища. За прогнозами вчених, цей вплив буде і в подальшому збільшуватися із поглибленням глобалізації світової економіки.

Розрізняють прямий і непрямий вплив на навколишнє середовище та організм людини негативних чинників техносфери.

Прямий вплив — це виробничий і побутовий травматизм, професійні захворювання.

Непрямий вплив — це погіршення складу повітря, якості води, їжі тощо.

При певних умовах цей негативний вплив може призвести до зростання концентрації домішок у біосфері і погіршення екологічної рівноваги, збільшення кількості захворювань населення та тварин, посилення епідеміологічного неблагополуччя.

Середовище техносфери сучасного існування людини поділяють на побутове та виробниче.

Виробниче середовище — це простір, де людина провадить свою трудову діяльність. До нього належать підприємства, організації, установи, заклади освіти, транспорт, комунікації тощо. Виробниче середовище характеризується певними параметрами його життєздатності і життєдіяльності, специфічними для кожного виробництва. В умовах виробничого середовища на здоров'я людини можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НіШВФ).

Деякими з таких факторів є:

- електричний струм;
- рівень шуму;
- рівень вібрації;
- рівень теплового, електромагнітного випромінювань;

— ступінь загазованості, запиленості.

Перелічені небезпечні і шкідливі виробничі фактори повинні відповідати певним параметрам, які людина визначає сама, проектуючи і будуючи ті чи інші об'єкти. Межа зміни параметрів повинна гарантувати безпеку, а у деяких випадках — і комфорт трудової діяльності. При цьому функціонування об'єкта загалом повинно бути безпечним.

Дія небезпечних і шкідливих виробничих факторів може призвести до травматизму і професійного захворювання людини.

Кожні 3 хвилини у світі внаслідок к виробничого травматизму чи професійного захворювання помирає людина.

Щороку в Україні на виробництві травмується понад 60 тисяч осіб. З них приблизно до 2 тисяч осіб зі смертельним наслідком. 10 тисяч осіб набувають професійних захворювань і 6 тисяч стають інвалідами. Щорічно в результаті нещасних випадків на виробництві економіка України зазнає збитків у розмірі 4 млрд. грн.

4.2.3. Призначення першої долікарської допомоги та загальні принципи її надання. У результаті виникнення й розвитку будь-якої надзвичайної ситуації можуть з'явитися постраждалі або навіть жертви. Характер надзвичайної ситуації не дає змоги заздалегідь підготувати ресурси, необхідні для надання медичної допомоги (медичний персонал, медикаменти, лікувальні установи, спеціалізований транспорт). У зв'язку з цим постає питання про надання першої долікарської допомоги потерпілим.

Перша долікарська допомога — це комплекс простих термінових дій, спрямованих на збереження здоров'я і життя потерпілого.

Якщо людина постраждала в результаті надзвичайної ситуації, треба передусім звільнити її, винести з небезпечної зони, вжити потрібних заходів щодо відновлення життєво важливих функцій організму і запобігти ускладненням, що становлять загрозу для життя людини. Вчасно й правильно здійснена перша долікарська допомога рятує життя потерпілому і попереджає



розвиток несприятливих результатів. У разі відсутності поблизу людей потерпілий має сам подбати про себе.

При організації надання першої медичної допомоги особливу увагу необхідно звернути на її своєчасність, зокрема при травмах, що супроводжуються кровотечею, шоком, асфіксією, втратою свідомості, отруєнням. В обсязі першої долікарської допомоги особливого значення набуває виконання таких заходів, як зупинення зовнішньої кровотечі за допомогою тампонів, перев'язувальних пакетів, накладення джгута (закручення за допомогою підручних засобів), введення знеболювальних засобів, усунення асфіксії, проведення штучного дихання, непрямий масаж серця з метою відновлення серцевої діяльності, закриття поверхні рани пов'язкою тощо.

Не менш важливим етапом надання першої допомоги постраждалому є раціональне його транспортування до лікарської установи, де йому буде надано кваліфіковану медичну допомогу.

При наданні першої долікарської допомоги необхідно:

1) керуватися принципами правильності, доцільності, швидкості, продуманості, рішучості, спокою;

2) дотримуватись послідовності таких дій:

- усунути вплив на організм факторів, що загрожують здоров'ю та життю потерпілого (звільнити від дії електричного струму, винести із зараженої зони чи з приміщення, що горить, погасити палаючий одяг, дістати з води);

- оцінити стан потерпілого, визначити характер і тяжкість травми, що становить найбільшу загрозу життю потерпілого, і послідовність заходів щодо його рятування;

- виконати необхідні дії щодо рятування потерпілого в порядку терміновості (забезпечити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, іммобілізувати місце перелому, накласти пов'язку тощо);

- викликати швидку медичну допомогу чи лікаря або вжити заходів для транспортування потерпілого в найближчу медичну установу;



Рис. 4.1. Структурна схема роботи ННДПБООП

- підтримувати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника, пам'ятаючи, що зробити висновок про смерть потерпілого має право лише лікар.

Засвоєння знань прийомів надання першої долікарської допомоги постраждалим у надзвичайних ситуаціях є однією з найважливіших складових підготовки працівників служби цивільного захисту України.

Науково-дослідний відділ № 1 здійснює свою діяльність відповідно до виконання тематичних планів науково-дослідних робіт (НДР) лабораторіями та забезпечує загальне керівництво науково-дослідними лабораторіями, направляє, контролює та координує їх діяльність.

Керівництво та координація здійснюється за такими напрямками:

- 1) дослідження стану наглядової діяльності за охороною праці та її впливу на рівень виробничої безпеки в Україні;
- 2) аналіз виробничого травматизму, аварій, умов і безпеки праці в галузях економічної діяльності;
- 3) дослідження та аналіз досягнень в області безпеки технологічних процесів у гірництві, розроблення науково-методичних положень щодо забезпечення безпеки у технологічних процесах;
- 4) аналіз сучасних інформаційних технологій, розробка програмного продукту для прийняття оптимізованих рішень в сфері охорони праці та промислової безпеки;
- 5) розроблення науково-обґрунтованих пропозицій щодо підвищення ефективності заходів з профілактики виробничого травматизму.

Структурним підрозділом ННДПБОП є науково-дослідний відділ управління промисловою безпекою та охороною праці на виробництві (відділ № 2) є структурним підрозділом ННДПБОП. До складу відділу входять два структурних підрозділи:

- науково-дослідна лабораторія стратегії та економічної політики управління промисловою безпекою та охороною праці;

- науково-дослідна лабораторія аналізу та розробки систем управління охороною праці.

Науково-дослідний відділ № 2 здійснює свою діяльність, основу на планах науково-дослідних робіт (НДР) підпорядкованих науково-дослідних лабораторій. Цей відділ координує наукові дослідження за такими напрямками: дослідження стану науково-технічної підтримки наглядової діяльності за охороною праці; наукові дослідження з ефективності економічного стимулювання при управлінні промисловою безпекою та охороною праці; удосконалення нормативно-правового забезпечення державного нагляду в сфері охорони праці; дослідження з питань виявлення виробничих небезпек, аналізу ризиків, аудиту, менеджменту безпеки виробництва та наукової підтримки експертизи в частині розроблення нової та перегляду існуючої нормативної документації з охорони праці та промислової безпеки; розроблення науково-обґрунтованих пропозицій щодо підвищення ефективності заходів з профілактики виробничого травматизму, на основі удосконалення науково-технічної підтримки державного нагляду в сфері охорони праці.

Завданнями відділу № 2 є : 1) вивчення, дослідження і узагальнення вітчизняного і світового досвіду у вирішенні проблем ефективності управління охороною праці, зокрема економічних та адміністративних методів стимулювання; систем управління охороною праці на державному, галузевому рівні та на рівні підприємства, профілактики виробничого травматизму та профзахворювань на цих рівнях; 2) на основі результатів аналізу чинного законодавства, нормативно-правових актів у сфері промислової безпеки та охорони праці розроблення і впровадження нормативно-правових актів в частині проведення аудиту систем управління охороною праці, що відповідають сучасному стану розвитку економіки України; 3) надання методичної та консультаційної допомоги підприємствам при вирішенні питань у сфері промислової безпеки та охорони праці, що пов'язані з аналізом ризиків, розроблення систем управління охороною праці, організацією аудиту, менеджментом безпеки виробництва та наукової підтримки експертизи; 4) забезпечення виконання наказів і розпоряджень керівництва ННДПБООП з

питань діяльності відділу; 5) підготовка інформаційних матеріалів щодо виконаних робіт; 6) підготовка пропозицій стосовно ефективності і покращення якості наукових розробок, скорочення строків виконання і впровадження результатів НДР.

#### 4.3 Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці розглянуто проблеми охорони праці в наукових дослідженнях. У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано техногенні небезпеки та їх вплив на життєдіяльність людини.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі досліджено та оцінено показники завадостійкості каналу зв'язку при передачах чи прийомах сигналів при фазовій модуляції.

Результати:

1. На підставі аналітичного огляду існуючих рішень встановлена потреба в ефективному оцінюванні достовірності та завадостійкості каналів зв'язку при фазовій модуляції під впливом каналних завад.

2. Побудовано модель сигналів у радіозв'язкових каналах при використанні фазової модуляції під дією каналних завад як сума корисної та шумової компонент.

3. Запропоновано метод/алгоритм дослідження завадостійкості радіозв'язкових каналів при фазовій модуляції під дією каналних шумів за показниками ймовірностей критерію Неймана-Пірсона (помилка, достовірність) та енергетичних відношень сигнал-шум

4. При використанні MATLAB програмно реалізовано метод/алгоритм дослідження завадостійкості радіозв'язкових каналів при фазовій модуляції під дією каналних шумів.

2 Здійснено експериментальне дослідження каналів при фазовій модуляції при зміні частоти несучого коливання та потужності завади, оцінено рівень їх завадостійкості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаров С.Б., Цикин И.А. Передача дискретных сообщений по радиоканалам с ограниченной полосой пропускания. — М.: Радио и связь, 1988.-304 с.
2. Сванидзе В.Г., Соколов М.А. Потенциальная помехоустойчивость приема по двухотсчетной схеме сигналов с дискретной однополосной угловой модуляцией//Проблемы транспорта. — 2004. — № 10. — С. 192— 198
3. Смородинов А.А. Потенциальная помехоустойчивость систем связи с однополосной угловой модуляцией: Дис. канд. техн. наук. — СПб., 1998.- 124 с.
4. Верзунов М.В. Однополосная модуляция в радиосвязи. М: Воениз-дат, 1972.-360 с.
5. Верзунов М.В., Лобанов И.В., Семенов А.М. Однополосная модуляция. — М.: Связьиздат, 1962. — 299 с.
6. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. — М.: Связь, 1972. 360 с.7 899 отчет МККР, XV Пленарная Ассамблея. Женева, 1982 - Т. 8.
7. Вербанский А. Организация мирового радиовещания// Радио. — 1991. № 6. - С.35-39
8. Волков А.А. Потенциальная помехоустойчивость систем связи с однополосной угловой модуляцией//Изв. вузов. Радиоэлектроника. — 1985.- №3.-С. 35-39.
9. Картьяну Г. Частотная модуляция. — Изд-во академии Румынской народной республики, 1961. — 580 с.
10. Патент 3.054.073 (США)/К.Н. Powers, September, 1962.
11. Патент 32284 (Япония). Однополосная система связи на базе угловой модуляции/Исигами Хакайти, Найкоми Тайпиро, 12.09.1971.
12. А.С. 792526 (СССР). Устройство формирования однополосного сигнала с угловой модуляцией/А.А. Волков. Оpubл. В БИ. -1980. — № 48.

13. Шахмаев М.М. Однополосная угловая модуляция в радиосвязи. — Казань: Изд-во Казан, ун-та, 1991. — 149 с.
14. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи/Под ред. М.А. Вознюка. Спб.: Изд-во СПб ГУТ, 1999. - 331 с.
15. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. — М.: Связьиздат, 1963. — 321с.
16. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988.-448 с.
17. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1982. - 624 с.
18. Лэм Г. Аналоговые и цифровые фильтры/ Под. ред. И.Н. Теплюка; Пер. с англ. М.: Мир, 1982. - 592 с.
19. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике.- М.: Изд-во Советское радио, 1971. — 328 с.
20. Хемминг Р.В. Численные методы/ Под. ред. Р.С. Гутера; Пер. с англ.- М.: Наука, 1972. 401 с.
21. Дьяконов В.П. Mathcad 8/2000. СПб.: Питер, 2000. - 592 с.
22. Подбельский В.В. Язык Си++: Учеб. Пособие. — 5-е изд. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 560 с.
23. Bedrosian E. The analytic signal representation of modulated wave forms// Proc. IRE. 1962. - Vol. 50, October. - P. 2071-2076.
24. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов.- М.: Связь, 1970. 368 с.
25. Kahn R.E., Thomas J.B. Bandwidth properties and optimum demodulation of single-sideband FM//IEEE Trans. 1966. - Vol. COM-14, № 2. - P. 113-117.
26. Mazo J.E., Salz J. Spectral properties of single-sideband angle modulation//IEEE Trans. 1968. - Vol. COM-16, № 1. - P. 52-62.



27. Кувшинов Б.И. Потенциальная помехоустойчивость систем связи с однополосной угловой модуляцией//Радиотехника. — 1970. — Т. 25. -№2.-С. 100-105.

28. Couch L.W. Signal-to-noise ratio out of ideal FM detector for SSB FM plus Gaussian noise at the input//IEEE Trans. (Concise Papers). — 1969. — Vol. COM-17, № 5. P. 591-592.

29. Snider A.J., Shilling D.L. The response of a quasi-SSB-FM system to noise//IEEE Trans. 1970. - Vol. COM-18, № 6. - P. 763-772.

30. Шахмаев М.М. К теории передачи информации однополосным сигналом с угловой модуляцией//Радиоэлектронные устройства. Межвузовский сборник. Казань. — 1978. — Вып.2. - С.91—93.

31. Шахмаев М.М. Система связи с однополосной частотной модуляцией//Радиотехника. 1991. - № 8. - С. 35-39.

32. Шахмаев М.М Помехозащищенность приемника с однополосной частотной модуляцией//Радиотехника. — 1992. № 9. — С. 12-15.

33. Шахмаев М.М Помехозащищенность приемника сигналов с однополосной частотной модуляцией//Радиотехника. — 1996. — № 6. — С. 3940.

34. Шахмаев М.М. Проблема порога в приемнике сигналов с однополосной частотной модуляцией//Радиотехника. 1992. — № 10-11. — С. 3840.

35. Шахмаев М.М. Приемник сигналов с однополосной фазовой модуляцией при индексах  $P \ll 0.5$  рад//Радиотехника. — 1996. № 1. — С. 11-13.

36. Смородинов А.А. К вопросу о потенциальной помехоустойчивости систем связи с однополосной угловой модуляцией. Санкт-Петербург, 1996. — 11с. — Рукопись предоставлена Санкт

37. Петербургской государственной академией аэрокосмического приборостроения. Деп. в ВИНТИ 20 ноября 1996, № 3372-В96.

38. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. — М.: Сов. Радио, 1975. — 704 с.

39. Градпггейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. — М.: Наука, 1971. — 1108 с.
40. Князев А.Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. — М.: Радио и связь, 1984. 336 с.
41. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Советское радио, 1970. — 728 с.
42. Коржик В.И. и др. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник/В .И. Коржик, Л.М. Финк, К.Н. Щелкунов: Под ред. Л.М. Финка. М.: Радио и связь, 1981. - 232 с.
43. Банда Б. Методы оптимизации. Вводный курс/Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
44. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Связь, 1979. 252 с.
45. Сванидзе В.Г. Потенциальная помехоустойчивость когерентного поэлементного приема по подоптимальной схеме сигналов с дискретной однополосной угловой модуляцией//Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2004. - № 1. - С. 35-42.
46. Сванидзе В.Г. Оптимизация интервала анализа при когерентном поэлементном приеме по подоптимальной схеме сигналов с дискретной однополосной угловой модуляцией//Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2004. - № 1. - С. 53-60.
47. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1977. 479 с.
48. Сванидзе В.Г., Соколов М.А. Определение вероятности ложного распознавания при приеме по двухотсчетной схеме сигналов с дискретной однополосной угловой модуляцией на основании машинного моделирования//Проблемы транспорта. — 2004. -№ 10. — С. 202-205
49. Сванидзе В.Г., Соколов М.А. Определение вероятности ложного распознавания при приеме по трехотсчетной схеме сигналов с дискретной

однополосной угловой модуляцией на основании машинного моделирования//Проблемы транспорта. 2004. - № 11. - С. 224—229

50. Цикин И.А. Дискретно-аналоговая обработка сигналов. — М.: Радио и связь, 1982. 160с.

51. Сванидзе В.Г. Соколов М.А. Оценка искажений, возникающих при дискретно-аналоговом методе формирования однополосных сигналов с фазовой манипуляцией//Проблемы транспорта. — СПб., 2004. — № 11.

52. Сванидзе В.Г. Выбор параметров дискретно-аналогового устройства формирования однополосных сигналов с фазовой манипуляцией//Аэрокосмические приборные технологии: Сб. докл. Межд. науч. симп./ СПбГУАП. СПб., 2004. - С. 148-153.

53. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1953. — 216с.

54. Теряев Б.Г. Исследование свойств сигналов с изменением фазы по треугольному закону//Радиотехника. — 1985. № 9. — С. 12-17.

55. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Советское радио, 1972.-448с.

56. Тихонов В .И . Оптимальный прием сигналов . – М.: Радио и связь , 1983. – 320 с .

57. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ радиотехнических устройств и систем: Учебное пособие для высших учебных заведений.– М.: Радио и связь, 1991. – 608с.

58. Ван Трис Г. Теория обнаружения ,оценивания и модуляция. Том 1. Пер. с англ. – М.: Сов. Радио, 1972. – 744 с.

59. Дунець В.Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 — математичне моделювання та обчислювальні методи / В.Л.Дунець — Тернопіль, 2013. — 22 с.

60. Крочак В. І. Метод розпізнавання сигналів іонізуючого випромінювання для газорозрядних давачів Гейгера-Мюллера / В. І. Крочак, В. Л. Дунець // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 8. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).

61. Method of detecting radio signals with phase modulation in a mixture with noise / Vasyl Dunets, Anatoly Martsenyuk, Kateryna Kamchatna-Stepanova, Bohdan Andreichuk // ICAAEIT 2021, 15-17 December 2021. — Tern. : TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk“» LLC, 2021. — P. 206–212. — (Mathematical modeling in power engineering and information technologies).

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

## Програма для дослідження каналу зв'язку із амплітудною модуляцією

```

clear all;
% Генерування тестового сигналу
Fs=400; % Частота дискретизації
t=[0:2*Fs-1]'/Fs; % Формування осі часу
x=2*sin(2*pi*t)+sin(4*pi*t); % Формування тестового сигналу
figure(1);
plot(t,x);
axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');

% Фазова модуляція з частотами несучих 5, 10, 15, 20, 25 Гц
phasedev = pi/4; % Девіація фази для фазової модуляції
for i=1:5
    Fc=5*i; % Частоти несучих
    y=pmmod(x,Fc,Fs,phasedev); % Фазова модуляція
    ym(i,:)=y;
    figure(i+1);
    plot(t,y);
    axis tight;
    grid on;
    xlabel('t,s');
    ylabel('U,V');
end;

%Білий шум
l=length(ym);
n=normrnd(0,0.1,l,1);
figure(7);
plot(t,n);
axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');

for i=1:5
    for j=1:length(y)
        summa(i,j)=ym(i,j)+n(j);
    end;
    figure(i+7);
    plot(t,summa(i,1:length(y)));
    axis tight;
    grid on;
    xlabel('t,s');
    ylabel('U,V');
end;

% Демодуляція
for i=1:5
    Fc=5*i;
    z=pmdemod(summa(i,:),Fc,Fs,phasedev);
    zm(i,:)=z;
    figure(i+12);
    plot(t,z);

```

```

axis tight;
grid on;
xlabel('t,s');
ylabel('U,V');
z=0;
end;

% Побудова спектру тестового сигналу
[s1,f1]=dft(x,1/Fs,80);
figure(18);
bar(f1,s1,0.3);
axis tight;
grid on;
xlabel('f,Hz');
ylabel('Amplitude, V/Hz');

% Спектр модульованих сигналів
for i=1:5
[s(i,1:80),f2]=dft(ym(i,1:length(y)),1/Fs,80);
figure(18+i);
bar(f2,s(i,1:80),0.3);
axis tight;
grid on;
xlabel('f,Hz');
ylabel('Amplitude, V/Hz');
end;

% Спектри демодульованих сигналів
for i=1:5
[sd(i,:),f4]=dft(zm(i,1:length(y)),1/Fs,150);
figure(29+i);
bar(f4,sd(i,1:150),0.3);
axis tight;
grid on;
xlabel('f,Hz');
ylabel('Amplitude, V/Hz');
end;

% Енергія тестового сигналу
Ein=sum(s1)^2;

% Енергія вихідних шумів при різних несучих
Eoutsignal=sum(sd'.^2); % Несуча 5,10,15,20,25 Hz
Eoutnoise=abs(Eoutsignal-Ein); % Несуча 5,10,15,20,25 Hz

% Відношення сигнал-шум, дБ
for k=1:5
snr(k)=10*log(Ein/Eoutnoise(k));
end;
fcc=[5 10 15 20 25];
figure(35);
hold on;
plot(fcc,snr);
axis tight;
grid on;
xlabel('Fc,Hz');
ylabel('SNR,dB');

% Залежність відношення сигнал шум від середньоквадратичного відхилення
for i=1:5
for j=1:length(x);
wym(i,j)=abs(x(j)-zm(i,j));
end;

```

```

vidhul(i)=std(wym(i,1:length(x)));
end;
figure(36);
bar(snr,vidhul,0.4);
axis tight;
grid on;
ylabel('SIGMA');
xlabel('SNR,dB');

% Sigma out signal/SNR
figure(37);
for k=1:5
fc=[5 10 15 20 25];
h=[0 0.1 0.3 0.5 0.7 0.9 1];
D=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
E=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
for i=1:length(h)
nn=normrnd(0,h(i),1,1);
for j=1:l ssumma(j)=nn(j)+ym(k,j); end;
zz=pmdemod(ssumma,fc(k),Fs,phasedev);
[ss,ff]=dft(zz,1/Fs,80);
EE=abs(sum(ss)^2-Ein);
ssnr(i)=10*log(Ein/EE);
for j=1:length(x);
wym(i,j)=abs(x(j)-zz(j));
end;
vidhull(i)=std(wymm(i,1:length(x)));
end;
plot(ssnr,vidhull);
hold on;
end;
hold off;
axis tight;
grid on;
ylabel('out SIGMA');
xlabel('SNR,dB');

```



## ДОДАТОК Б

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**  
тез доповідей

**XI Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
7-8 грудня 2022 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2022**

*Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року*

23.	<b>А.М. Паламар, Ю.А. Гук</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	147
24.	<b>Д.Р. Колісник, Д.В. Мидлик, І.Ю. Дедів, Л.Є. Дедів</b> ЗАДАЧА ОЦІНЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ У ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРИ	148
25.	<b>С.Р. Пискальний, Б.В. Сарняк, І.Ю. Дедів</b> ЗАДАЧА УЩІЛЬНЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ	149
26.	<b>М.П. Мотелюк, С.Т. Боїло, І.Ю. Дедів, В.Г. Дозорський</b> МЕТОДИ ОБРОБКИ МОВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ БЕЗПЕКОВИХ СИСТЕМ	150
27.	<b>Б.Є Томс, Г.П. Химич</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПТОВОЛОКОННИХ ЛІНІЙ У МІСЬКИХ УМОВАХ	151
28.	<b>А.О. Naida, L.V. Moroz</b> DATAFICATION: THE PROBLEM BENEATH THE SURFACE	153
29.	<b>О.В. Палка</b> МІКРОСЕРВІСНА АРХІТЕКТУРА РОЗУМНОГО МІСТА	155
30.	<b>О.В. Палка</b> ІНТЕГРОВАНА АРХІТЕКТУРА РОЗУМНОГО МІСТА З БЛОКЧЕЙНОМ ТА ІОТ	157
31.	<b>І. Гунчак, Г. Химич</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З СУПУТНИКОВИМИ СИСТЕМАМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ДРОНІВ	158
32.	<b>А.В. Атаманчук, І.Ю. Дедів</b> МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ БПЛА З ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	160
33.	<b>В.Л. Дунець, Н.І. Шилівський, О.Ю. Щирба, Д.О. Гуменюк, Т.В. Чирський</b> АЛГОРИТМ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ	162
34.	<b>В.В. Никитюк, к.т.н., О.Ф. Дозорська, к.т.н., А.К. Карнаухов</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТЕНТИФІКОВАНОГО ВХОДУ КОРИСТУВАЧІВ	163
35.	<b>С.В. Уніят, М.О. Хвостівський</b> АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРОБКИ ПУЛЬСОВИХ СИГНАЛІВ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ У КАРДІОДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМАХ	164
36.	<b>Ю.Б. Капаціла, С.Р. Дідур</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	165
37.	<b>Н.А. Гарматюк, П.О. Скалецький, В.О. Дуда</b> ХМАРНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ТА MICROSOFT AZURE	167
38.	<b>Н.В. Лісовий, А.Р. Ставицька, А.В. Гіжовський</b> ХМАРНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЛАТФОРМИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ	168
39.	<b>П.О. Скалецький, Н.А. Гарматюк, В.О. Дуда</b> ПЕРЕНЕСЕННЯ ДАНИХ УСТАНОВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙ З ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ДО ХМАРНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПЛАТФОРМ	169
40.	<b>Р. Новчук, Р. Трач, Р. Трембач</b> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗБОРУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	171

УДК 621.39

В.Л.Дунець, к.т.н., Н.І.Шилівський, О.Ю.Щирба, Д.О.Гуменюк, Т.В.Чирський  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### АЛГОРИТМ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

V.L. Dunets, Ph.D, N.I. Shylyvskyy, O.Yu. Shchyrba

### METHOD OF ASSESSING THE INTERRUPTION PROTECTION OF A COMMUNICATION CHANNEL

Задача визначення рівня завадозахищеності каналу зв'язку при передачі радіосигналів з різними типами модуляцій є актуальною, оскільки завади та завмирання сигналів чинять негативний вплив на показник якості передачі радіосигналів та спричиняють до появи помилок в приймальному сигналі.

Для визначення рівня завадозахищеності каналу зв'язку розроблено алгоритм, який зображено на рис.1.

При визначенні рівня завадозахищеності запропоновано оцінювати показники у вигляді відношення вихідного сигнал/шум (ВСШ) від середньоквадратичного відхилення вхідного білого гаусового шуму, залежності середньоквадратичного відхилення демодульованого шуму від ВСШ та залежності вхідного ВСШ від вихідного.

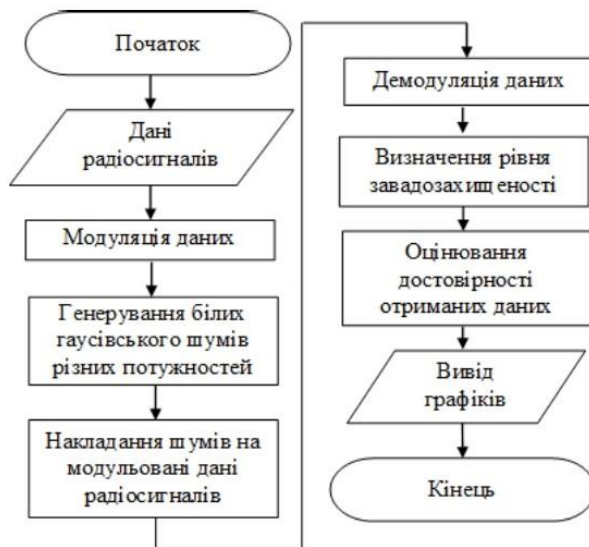


Рис.1. Алгоритм оцінювання завадозахищеності каналу зв'язку при різних модуляціях

Для оцінювання достовірності даних радіосигналу після процесу їх демодуляції застосовано критерій Неймана-Пірсона згідно виразу [1]:

$$p_D = 1 - \Phi\left(h / \sqrt{\frac{2E}{N}} - \sqrt{\frac{2E}{N}}\right), \quad (1)$$

де  $p_F$  - ймовірність помилки:

$$p_F = 1 - \Phi\left(h / \sqrt{\frac{2E}{N}}\right), \quad (2)$$

$\Phi$  - інтеграл ймовірності:

$$\Phi(U) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^U e^{-t^2} dt, \quad (3)$$

$h$  - поріг прийняття рішення;

$E$  - енергія корисного радіосигналу;

$N$  - потужність завади,

Формули (1) і (2) відображають те, що ймовірність помилки  $p_F$ , достовірність отриманих демодульованих даних радіосигналу  $p_D$ , визначаються відношенням порогу прийняття рішення  $h$  і піковою величиною ВСШ, яка рівна  $\sqrt{2E/N}$ .

#### Література

1. Deepali Kamble, S.A.Manjare. MIMO Signal Detection Using Neyman Pearson Signal Detection. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering. Vol. 3, Issue 2, February 2015. P.151-156. DOI 10.17148/IJIREICE.2015.3232