

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)

кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь)

на тему: Генератор тестових радіосигналів для випробування
алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем

Виконав: студент VI курсу, групи РРМ-61
спеціальності _____

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Ісаєнко Д.-А.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Дедів І.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Дедів І.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра радіотехнічних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри радіотехнічних систем

«_____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ісаєнку Денису-Антону Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Генератор тестових радіосигналів для випробування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем

Керівник проекту (роботи) Дедів І.Ю., к.т.н.

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

Затверджені наказом по університету від «_____» _____ 201_ року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Об'єкт дослідження: процес генерування тестових радіосигналів для випробування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем

Предмет дослідження: модель генератора тестових радіосигналів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз моделей генераторів тестових радіосигналів

2. Модель генератора тестових радіосигналів

3. Метод генерування тестових радіосигналів

4. Комп'ютерне генерування тестових радіосигналів

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності;

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація; 8. Екологія.

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

1. Актуальність роботи

2. Модель генератора тестових радіосигналів

3. Метод генерування тестових радіосигналів

4. Алгоритм генерування тестових радіосигналів

5. Комп'ютерне генерування тестових радіосигналів

6. Наукова новизна отриманих результатів;

7. Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальна частина</i>	<i>Дедів І.Ю., доц. РТ</i>		
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Зелінський І.М., доц. каф. ПВ</i>		
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	<i>Клепчик В.М., ст. викл. кафедри ОХ</i>		
<i>Екологія</i>	<i>Кирич Н.Б., зав. кафедри МА</i>		
	<i>Зварич Н.М., доц. кафедри ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Отримання завдання</i>		
2.	<i>Аналіз завдання</i>		
3.	<i>Написання розділу 1</i>		
4.	<i>Написання розділу 2</i>		
5.	<i>Написання розділу 3</i>		
6.	<i>Написання розділу 4</i>		
7.	<i>Спеціальна частина</i>		
8.	<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>		
9.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
10.	<i>Екологія</i>		
11.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>		
12.	<i>Оформлення презентаційних матеріалів</i>		
13.	<i>Попередній захист</i>		
14.	<i>Захист</i>		

Студент _____
(підпис)

Ісаєнко Д.-А.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ісаєнко Денис-Антон Костянтинович. Генератор тестових радіосигналів для випробування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 172 Радіотехніка та телекомунікації, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Дипломну роботу присвячено розробленню комп'ютерного генератора радіосигналів. У роботі вперше розроблено генератор тестового радіосигналу в просторі одного повтору у вигляді амплітудо-модульованої суміші трансльованих в часовому просторі складових хвиль радіосигналу, а із врахуванням повторності – у вигляді амплітудо-модульованої суміші трансльованих по всій часовій осі k -их повторів радіосигналів.

Розроблений генератор дає змогу по заданим параметрах генерувати тестові радіосигнали із високою точністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із стохастичності.

Ключові слова: радіосигнал, модуляція, імітаційна модель, генерування, випробування, радіотехнічна система.

Список публікацій здобувача:

1. Хвостівська Л.В. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) /Хвостівська Л.В., Дедів І.Ю., Ісаєнко Д.В.// М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 108-109.

ANNOTATION

Isaenko Denis-Anton. Test radiosignal generator for testing algorithmic support of radiosystems. - Manuscript.

Master's thesis on specialty 172 Radio Engineering and Telecommunications, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2019.

This thesis is devoted to the development of a computer radiosignal generator. For the first time, the generator of the test radiosignal in the space of one repetition was developed in the form of an amplitude-modulated mixture of radiosignal wave constituents transmitted in the temporal space, and, taking into account the repetition, in the form of an amplitude-modulated mixture of k-s repeats transmitted throughout the time axis.

The developed generator allows to generate test radiosignals with high accuracy of reproduction and taking into account the combination of properties of repetition with stochasticity according to given parameters.

Keywords: radiosignal, modulation, simulation model, generation, testing, radiosystem.

List of publications by the subject of diploma work:

1. Hvostivska L. Actual problems of modern technologies : book of abstracts of the VIII International scientific and technical conference of young researchers and students, (Ternopil, 27th-28th of November 2019.) /L.Hvostivska, I.Dediv, D.Isayenko// Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. – Ternopil : TNTU, 2019. – 143.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АМ – амплітудна модуляція;

РС – радіосигнал;

НДР – науково-дослідна робота;

ПЗ – програмне забезпечення;

РТС – радіотехнічна система.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ГЕНЕРАТОРІВ ТЕСТОВИХ

РАДІОСИГНАЛІВ.....	12
1.1 Радіозв'язок та радіотехнічні системи зв'язку.....	12
1.1.1 Радіорелейний зв'язок.....	12
1.1.2 Тропосферний радіозв'язок.....	13
1.1.3 Супутниковий зв'язок.....	14
1.2 Математичні моделі генераторів радіосигналів в радіотехнічних системах.....	15
1.2.1 Детерміновані моделі генераторів радіосигналів.....	15
1.2.2 Статистичні моделі генераторів радіосигналів.....	24
1.3 Висновок до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ ГЕНЕРАТОРА ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ.....	30
2.1. Модель генератора тестових радіосигналів в калах зв'язку.....	30
2.2. Модель генератора тестового радіосигналу під впливом завад.....	35
2.3. Висновки до розділу 2.....	37
РОЗДІЛ 3. МЕТОД ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ.....	38
3.1 Структура радіосигналів.....	38
3.2 Алгоритм генерування тестових радіосигналів.....	39
3.3 Імітаційна модель генератора тестових радіосигналів.....	45
3.4 Генерування тестового радіосигналу.....	49
3.5 Висновки до розділу 3.....	55
РОЗДІЛ 4. КОМП'ЮТЕРНЕ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ	
РАДІОСИГНАЛІВ.....	56
4.1. Блок-схема комп'ютерного генерування тестових радіосигналів.....	56
4.2. Розробка програмного забезпечення генерування тестових радіосигналів.....	58
4.2.1. Розробка програми функції генератора радіосигналу.....	58

4.2.2 Розробка оболонки програми генерування тестового радіосигналу.....	62
4.3. Результати генерування тестового радіосигналу.....	68
4.4. Висновки до розділу 4.....	74
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	75
5.1 Призначення системи комп'ютерної програми MATLAB.....	75
5.2 Склад комп'ютерної програми MATLAB.....	77
5.3 Висновки до розділу 5.....	79
РОЗДІЛ 6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	80
6.1 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	80
6.2 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи.....	85
6.3 Висновки до розділу 6.....	88
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	89
7.1 Охорона праці.....	89
7.1.1 Вимоги безпеки до лабораторних приміщень та обладнання для наукових досліджень.....	89
7.1.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконанні науково-дослідної роботи.....	91
7.1.3 Забезпечення нормальних умов праці на робочому місці.....	94
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	96
7.3 Висновки до розділу.....	101
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЯ.....	103
8.1 Робота з банками екологічної інформації.....	103
8.2 Джерела теплового забруднення атмосфери і методи його зменшення.....	108
8.3 Висновки до розділу 8.....	110
ВИСНОВКИ.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	112
Додатки.....	116

Додаток А. Програма генератора тестового радіосигналу.....	117
Додаток Б. Програма генератора радіосигналів із графічною оболонкою.....	119
Додаток В. Копія тези конференції.....	141

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних ринкових умовах спостерігається значне прогресування у розвитку комп'ютерних радіотехнічних систем і їх широке використання у різних сферах діяльності. Процес проектування/розробки комп'ютерних радіотехнічних систем включає у свою структуру важливий етап експериментального налагодження і випробування шляхом відпрацювання алгоритмів обробки радіосигналів [1].

Натурні дослідження (випробування та налагодження) комп'ютерних радіотехнічних систем зумовлені складністю інтерпретації отриманих результатів (отримують шляхом обробки радіосигналів) в умовах експерименту із зміни умовами та вимагають великих фінансових і часових затрат.

Розроблення комп'ютерного генератора радіосигналів (РС) є важливою задачею при випробуванні коректності роботи програмного забезпечення комп'ютерних радіотехнічних систем. Результати тестування дають змогу виявити помилки в роботі програмного забезпечення, яке розроблено на основі алгоритмічного забезпечення, що в подальшому вплине на коректність роботи системи в цілому.

Відомі генератори авторів Сухаревського О.І., Кловського Д.Д., Корнєвої Ю.А Введенського Б.А., Самойлова А.Г. Васильця В.А., Галкіна А.П., Басса Ф.Г., Кларка Р.Х. Соколова А.В., Потапова А.А. та Борзової А.Б. не дають змогу генерувати РС випадкового та періодичного характеру, що є притаманною властивістю для реальних радіосигналів.

Тому розроблення нового генератора тестових радіосигналів є важливою задачею в галузі електроніки та телекомунікацій при розробці та випробуванні алгоритмічного та програмного забезпечень комп'ютерних радіотехнічних систем.

Метою дослідження є розробка генератора тестових радіосигналів для випробування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести огляд відомих генераторів радіосигналів з метою вибору напрямку наукового дослідження.

2. Розробити модель генератора тестових радіосигналів, яка уможливило врахування у своїй структурі параметри випадковості та повторності для адекватного дослідження та випробування алгоритмів обробки реальних радіосигналів.

3. Провести процес генерування тестових радіосигналів.

4. Розробити програмне забезпечення для проведення процесу генерування тестових радіосигналів.

Об'єкт дослідження: процес генерування тестових радіосигналів для випробування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем

Предмет дослідження: модель генератора тестових радіосигналів.

Методи дослідження. Для програмної реалізації генератора тестових радіосигналів використано теорію випадкових процесів та пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено модель генератора тестових радіосигналів у вигляді амплітудо-модульованих повторно трансльованих сумішей синусоїдних коливань з експонентційним затуханнями на визначених часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та часів, яка забезпечує за відомими параметрами генерувати радіосигнали різної структури із високою точністю відтворення по відношенню до експериментальних сигналів для випробування алгоритмів роботи комп'ютерних радіотехнічних систем.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ГЕНЕРАТОРІВ ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ

1.1 Радіозв'язок та радіотехнічні системи зв'язку

Радіозв'язок - різновид бездротового зв'язку, при якому в якості носія сигналу використовуються радіохвилі, які вільно розповсюджуються в просторі. Передача відбувається наступним чином: на передавальній стороні формується сигнал з необхідними характеристиками (частота та амплітуди сигналу). Далі передаючий сигнал модулює більш високочастотне коливання, яке виконує функцію носія в просторі. Отриманий модульований сигнал випромінюється антеною в простір. На приймальному боці радіохвилі наводять модульований сигнал в антені, після чого він демодулюється і фільтрується ФНЧ (позбавляючись тим самим від високочастотної складової - несучої). Таким чином, відбувається виділення корисного сигналу. Отримуваний сигнал може дещо відрізнитися від переданого передавачем (спотворення внаслідок перешкод і наведень).

1.1.1 Радіорелейний зв'язок. Радіорелейний зв'язок - радіозв'язок по лінії (радіорелейна лінія, РРЛ), утвореної колом приймально-передавальних (ретрансляційних) радіостанцій. Наземний радіорелейний зв'язок здійснюється звичайно на деци-і сантиметрових хвилях (від сотень мегагерц до десятків гігагерц).

За призначенням радіорелейні системи зв'язку діляться на три категорії:

- місцеві лінії зв'язку від 0,39 ГГц до 40,5 ГГц;
- внутрішньозонові лінії від 1,85 ГГц до 15,35 ГГц;
- магістральні лінії від 3,4 ГГц до 11,7 ГГц.

Цей поділ пов'язано з впливом середовища поширення на забезпечення надійності радіорелейного зв'язку. До частоти 12ГГц атмосферні явища чинять слабкий вплив на якість радіозв'язку, на частотах вище 15ГГц цей вплив стає помітним, а вище 40ГГц визначальним, крім того, на частотах вище 40ГГц

значний вплив на якість зв'язку надає загасання в газах, що складають атмосферу Землі.

Атмосферні втрати, в основному, складаються із втрат в атомах кисню і в молекулах води. Практично повна непрозорість атмосфери для радіохвиль спостерігається на частоті 118.74 ГГц (резонансне поглинання в атомах кисню), а на частотах більше 60 ГГц погонне загасання перевищує 15 дБ / км. Ослаблення в водяних парах атмосфери залежить від їх концентрації та дуже велике у вологому теплому кліматі і домінує на частотах нижче 45 ГГц.

Також негативно на радіозв'язок впливають гідрометеорологічних, до яких відносяться краплі дощу, сніг, град, туман і пр. Вплив гідрометеорів помітно вже при частотах більше 6 ГГц, а в несприятливих екологічних умовах (при наявності в атмосферних опадах металізованої пилу, смогу, кислот або лугів) і на значно більш низьких частотах.

Антени сусідніх станцій розташовують у межах прямої видимості (за винятком тропосферних станцій). Для збільшення довжини інтервалу між станціями антени встановлюють якомога вище - на щоглах (вежах) висотою 10-100 м (радіус видимості - 40-50 км) і на високих будівлях. Станції можуть бути як стаціонарними, так і рухливими (на автомобілях).

Принциповою відмінністю радіорелейної станції від інших радіостанцій є дуплексний режим роботи, тобто прийом і передача відбуваються одночасно (на різних частотах, що несуть).

Довжина наземної лінії радіорелейного зв'язку - до 10000 км, ємність - до декількох тисяч каналів тональної частоти в аналогових лініях зв'язку, і до 622 мегабіт в цифрових лініях зв'язку. У загальному випадку, протяжність і ємність (швидкість передачі даних) знаходяться в обернено пропорційній залежності один від одного: як правило, чим більше відстань, тим нижче швидкість, і навпаки.

1.1.2 Тропосферний радіозв'язок. Тропосферний радіозв'язок заснований на використанні явища перевипромінювання електромагнітної

енергії в електричному неоднорідному тропосфері при поширенні в ній радіохвиль; здійснюється в діапазонах дециметрових і сантиметрових хвиль.

Електрична неоднорідність тропосфери (неоднорідність її діелектричної проникності ϵ) обумовлена випадковими локальними змінами температури, тиску і вологості повітря, а також регулярним зменшенням цих величин з збільшенням висоти. Перевипромінювання енергії відбувається в області перетину діаграм спрямованості передавальної і приймальної антен. Відстань між пунктами передачі і прийому може досягати 1000 км. Однак на практиці зазвичай споруджують лінії радіорелейного зв'язку, в яких тропосферних радіозв'язок використовують в усіх ланках лінії або тільки в деяких з них. Протяжність таких ліній досягає кілька тис. км.

Енергетичні параметри сучасної прийомо-передаючої системи дозволяють створювати до 120-240 телефонних каналів в одному високочастотному стовбурі при $R = 150-250$ км і до 12 каналів при $R = 800-1000$ км. Передача телевізійних сигналів можлива лише при $R < 150-200$ км, причому через прихід до пункту прийому безлічі хвиль з різним часом запізнювання якість передачі виявляється невисокою.

1.1.3 Супутниковий зв'язок. Супутниковий зв'язок - один з видів радіозв'язку, заснований на використанні штучних супутників землі як ретрансляторів.

Супутниковий зв'язок здійснюється між земними станціями, які можуть бути як стаціонарними, так і рухливими.

Супутниковий зв'язок є розвитком традиційної радіорелейного зв'язку шляхом винесення ретранслятора на дуже велику висоту (від сотень до десятків тисяч км). Так як зона його видимості в цьому випадку - майже половина Земної кулі, то необхідність у ланцюжку ретрансляторів відпадає - в більшості випадків достатньо і одного.

У перші роки досліджень використовувалися пасивні супутникові ретранслятори, які представляли собою простий відбивач радіосигналу (часто - металева або полімерна сфера з металевим напиленням), що не несе на борту

якого-небудь прийомопередаючого обладнання. Такі супутники не набули поширення. Всі сучасні супутники зв'язку є активними. Активні ретранслятори обладнані електронною апаратурою для прийому, обробки, посилення і ретрансляції сигналу. Супутникові ретранслятори можуть бути нерегенеративними і регенеративними. Нерегенеративний супутник, прийнявши сигнал від однієї земної станції, переносить його на іншу частоту, підсилює й передає іншій земної станції. Супутник може використовувати кілька незалежних каналів, що здійснюють ці операції, кожний з яких працює з певною частиною спектру (ці канали обробки називаються транспондерами).

Регенеративний супутник виробляє демодуляцію прийнятого сигналу і заново модулює його. Завдяки цьому виправлення помилок здійснюється двічі: на супутнику і на приймаючій земної станції. Недолік цього методу - складність (а значить, набагато більш висока ціна супутника), а також збільшена затримка передачі сигналу.

1.2 Математичні моделі генераторів радіосигналів в радіотехнічних системах

1.2.1 Детерміновані моделі генераторів радіосигналів. В ідеальних каналах зв'язку на сьогодні використовують моделі генераторів радіосигналів із використанням амплітудної та фазової модуляції.

1.2.1.1 Амплітудно-модульований радіосигнал. Модель амплітудно-модульованого (АМ) радіосигналу утворюється при зміні амплітуди несучого коливання пропорційно до модулюючого сигналу:

$$A_m(t) = A_{m0} + k \cdot u(t), \quad (1.1)$$

де A_{m0} – амплітуда несучого (немодульованого) коливання; k — коефіцієнт пропорційності; $u(t)$ – модулюючий сигнал).

Повна фаза АМ-сигналу змінюється у часі так, як і повна фаза несучого коливання, тобто за лінійним законом:

$$\psi = \omega_0 t + \varphi_0, \quad (1.2)$$

де ω_0 та φ_0 – кутова частота та початкова фаза несучого коливання.

Отже, математична модель АМ-сигналу записуємо у вигляді:

$$S_{AM}(t) = A_m(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1.3)$$

Із виразу (1.3) видно, що АМ-сигнал є добутком обгинаючої $A_m(t)$ і високочастотного коливання $\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$.

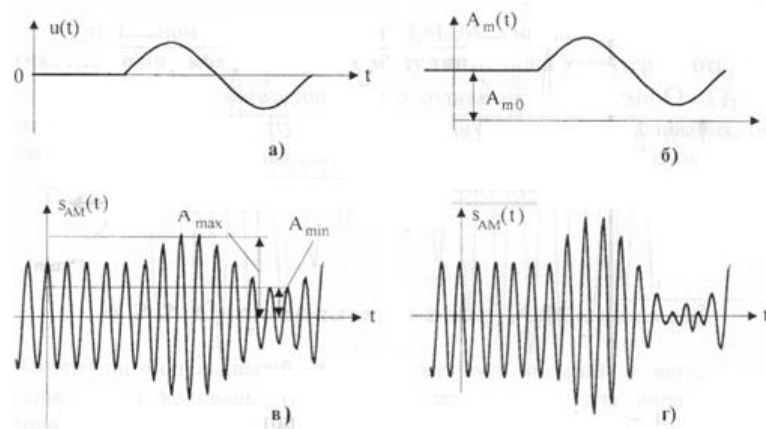


Рис. 1.1. Реалізації модулюючого сигналу (а), обгинаючої амплітуди (б) та АМ-сигналів при різних значеннях коефіцієнта модуляції (в, г).

На рис. 1.1 (а) зображено приклад модулюючого сигналу $u(t)$, на рис. 1.5(б) – обгинаючу амплітуди $A_m(t)$, на рис. 1.1 (в) – АМ-сигнал при $|ku(t)|_{\max} < A_{m0}$, а на рис. 1.1(г) – при $|ku(t)|_{\max} > A_{m0}$.

На рис.1.1. видно, що між миттєвими значеннями модулюючого сигналу $u(t)$ та обгинаючої $A_m(t)$ за умови, що $|ku(t)|_{\max} < A_{m0}$, існує однозначний пропорційний зв'язок. При невиконанні вказаної умови форми обгинаючої та

модулюючого коливання не збігаються (рис.1.1, г) – виникає небажане явище спотворення обгинаючої АМ-сигналу.

У найпростішому випадку однотональної модуляції модулюючий сигнал є гармонічним коливанням з частотою $\Omega \ll \omega_0$ та початковою фазою Φ_0 , тобто:

$$k \cdot u(t) = U_{\Omega} \cos(\Omega t + \Phi_0). \quad (1.4)$$

Для цього випадку математичну модель генератора АМ-сигналу можна записати:

$$S_{AM}(t) = A_{m0} \left[1 + \frac{U_{\Omega}}{A_{m0}} \cos(\Omega t + \Phi_0) \right] \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1.5)$$

Графік коливання (1.5) показано на рис.1.2.

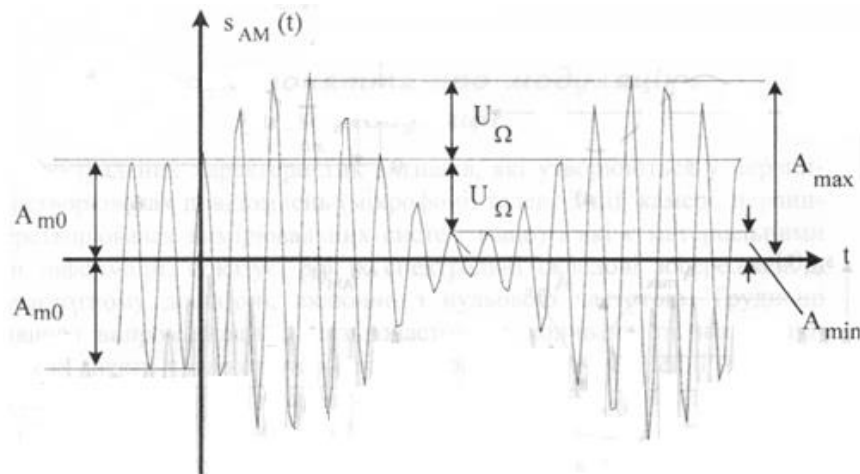


Рис.1.2. Часова діаграма АМ-сигналу при однотональній модуляції

Відношення $M = U_{\Omega} / A_{m0}$ називають коефіцієнтом модуляції. Для здійснення модуляції без спотворень треба, щоб коефіцієнт модуляції задовольняв умову: $0 \leq M \leq 1$.

При тому амплітуда коливання змінюється у межах від мінімальної величини $A_{\min} = A_{m0}(1 - M)$ до максимальної $A_{\max} = A_{m0}(1 + M)$. Коефіцієнт модуляції можна також визначити через A_{\max} та A_{\min} :

$$M = (A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\max} + A_{\min}). \quad (1.6)$$

Такий спосіб визначення значення M часто використовують на практиці, коли наявна реалізація АМ-сигналу. У більш загальному випадку коли модулююче коливання складається з N гармонічних складових, тобто

$$k \cdot u(t) = \sum_{i=0}^N U_i \cos(\Omega_i t + \Phi_i).$$

Математична модель модульованого коливання записано у вигляді:

$$\begin{aligned} S_{AM}(t) &= \left[A_{m0} + \sum_{i=1}^N U_i \cos(\Omega_i t + \Phi_i) \right] \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = \\ &= A_{m0} \left[1 + \sum_{i=1}^N M_i \cos(\Omega_i t + \Phi_i) \right] \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \end{aligned} \quad (1.7)$$

В отриманому виразі величини $M_i = U_i / A_{m0}$ називають парціальними (частинними) коефіцієнтами модуляції. Вони характеризують вплив окремих складових багатотонального коливання з частотами $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N$ на загальну зміну амплітуди модульованого коливання. Коливання, описане виразом (1.7), називають складно-модульованим. Коливання (1.5) є частинним випадком складно-модульованого коливання при $N = 1$.

1.2.1.2. Частото-модульований та фазо-модульований радіосигнал. У сигналах 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.

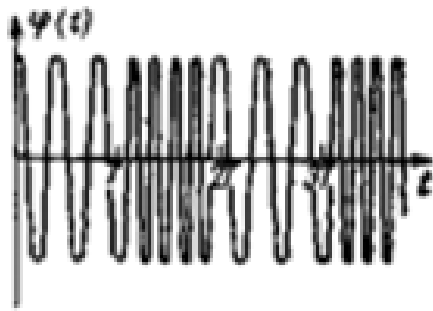
Тому необхідно розповсюдити поняття синусоїдального коливання на функцію загального вигляду, амплітуда, частота і фаза якої можуть змінюватися у часі. Поняття змінної амплітуди було введено раніше при вивченні сигналів АМ. Тепер розглянемо зміни частоти і фази.

Щоб краще зрозуміти значення змін частоти, необхідно означити миттєву частоту. На рис. 1.3,а зображено синусоїдальний сигнал $\varphi(t)$, який має постійну частоту ω_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 ω_0 . Таким чином, функція $\varphi(t)$ є синусоїдальний сигнал, який має частоту ω_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).

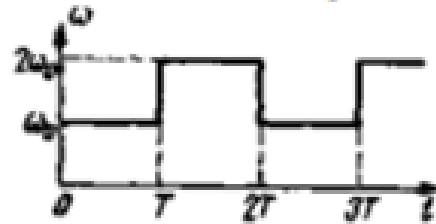
Розглянемо тепер плавну зміну частоти, як показано на рис.1.3,г. Тут частота сигналу змінюється безперервно з постійною швидкістю від значення ω_0 до $2\omega_0$ в інтервалі T . Значить, в кожний момент часу частота різна. Строго кажучи, сигнал $\varphi(t)$ на рис.1.3,в не можна виразити через початкове синусоїдальне коливання. У разі безперервних змін частоти синусоїдального сигналу введено означення узагальненого синусоїдального сигналу:

$$\varphi(t) = A \cos \theta(t), \quad (1.8)$$

де θ - фаза синусоїдального сигналу, що є функцією часу.



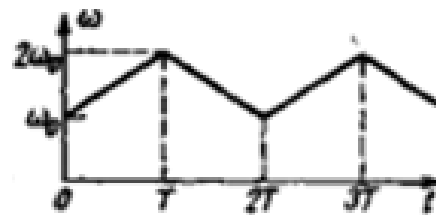
(а)



(б)



(в)



(г)

Рис. 1.3. 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.

У разі сигналу з постійною частотою:

$$\varphi(t) = A \cos(\omega_0 t + \theta_0). \quad (1.9)$$

Отже,

$$\theta(t) = \omega_0 t + \theta_0 \text{ і } \omega_0 = d\theta/dt \quad (1.10)$$

Тут частота ω_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 ω_i , яка може змінюватися в часі. Таким чином, між кутом $\theta(t)$ і миттєвою частотою ω_i має місце співвідношення:

$$\omega_i = d\theta/dt, \quad \theta = \int \omega_i dt \quad (1.11)$$

Тепер легко уявити, як можна передавати інформацію, що міститься в повідомленні $f(t)$, за допомогою зміни фази несучої θ . 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

$$\theta(t) = \omega_0 t + \theta_0 + k_p f(t). \quad (1.12)$$

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.

Миттєва частота ω_i сигналу ФМ визначається виразом

$$\omega_i = d\theta / dt = k_p df / dt. \quad (1.13)$$

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

$$\omega_i = \omega_0 + k_f f(t). \quad (1.14)$$

$$\theta(t) = \int \omega_i dt = \omega_0 t + k_f \int f(t) dt + \theta_0. \quad (1.15)$$

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, відмінність між ними не така істотна. При ФМ фаза змінюється лінійно з модулюючою функцією, тоді як при ЧМ фаза змінюється лінійно з інтегралом модулюючої функції.

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 модуляції частоти, 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. Помітимо, що для кутової модуляції амплітуда сигналу залишається постійною. Приклади сигналів ЧМ показані на рис.5.1а і в.

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

$$\begin{cases} \varphi_{\text{ФМ}}(t) = A \cos[\omega_0 t + k_p f(t)] \\ \varphi_{\text{ЧМ}}(t) = A \cos[\omega_0 t + k_f \int f(t)] \end{cases}, \quad (1.16)$$

де $f(t)$ – модулююче повідомлення. Початкова фаза θ_0 в цих формулах покладається рівною нулю без втрати загальності.

При частотній модуляції амплітуда несучого коливання не змінюється ($A_{m0} = \text{const}$), а модулюючий сигнал $u(t)$ керує повною фазою $\psi(t)$. При тому можливі два варіанти модуляції:

а) пропорційно до модулюючого сигналу змінюється миттєве значення частоти стосовно частоти несучого коливання:

$$\omega_0(t) = \omega_0 + ku(t). \quad (1.17)$$

У цьому разі повна фаза $\psi(t)$ змінюється за лінійним законом пропорційно інтегралові від модулюючого сигналу:

$$\psi(t) = \int_0^t \omega(t) dt = \omega_0 t + \varphi_0 + k \int_0^t u(t) dt + \varphi_0. \quad (1.18)$$

Такий варіант кутової модуляції називають частотною модуляцією.

Математична модель частотно-модульованих сигналів (ЧМС) має вигляд:

$$s_{\text{чм}}(t) = A_{m0} \cos \left[\omega_0 t + \varphi_0 + k \int_0^t u(t) dt \right]. \quad (1.19)$$

б) пропорційно до модулюючого сигналу змінюється повна фаза стосовно лінійного закону:

$$\psi(t) = \omega_0 t + \varphi_0 + ku(t). \quad (1.20)$$

Із (1.20) випливає, що кутова частота при тому не залишається незмінною, а змінюється пропорційно похідній від модулюючого сигналу відносно частоти ω_0 несучого коливання:

$$\omega(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} = \omega_0 + k \frac{du(t)}{dt}. \quad (1.21)$$

Цей варіант кутової модуляції називають фазовою модуляцією.

Математична модель фазо-модульованих сигналів (ФМС) має вигляд:

$$s_{\text{фм}}(t) = A_{m0} \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + ku(t)]. \quad (1.22)$$

Отже, із сказаного випливає, що ЧМС та ФМС тісно взаємозв'язані, тому що зміна частоти викликає зміну повної фази, і навпаки. В загальному випадку на основі спостереження осцилограм неможливо розрізнити між собою ЧМС та ФМС. Лише у випадку, коли модулюючий сигнал $u(t)$ міняється стрибкоподібно, то в осцилограмі ФМС можна спостерігати стрибки миттєвих значень сигналу. Сказане ілюструє рис. 1.4, на якому зображені осцилограми

ЧМС та ФМС при гармонічній та стрибкоподібній змінах модулюючого сигналу $u(t)$.

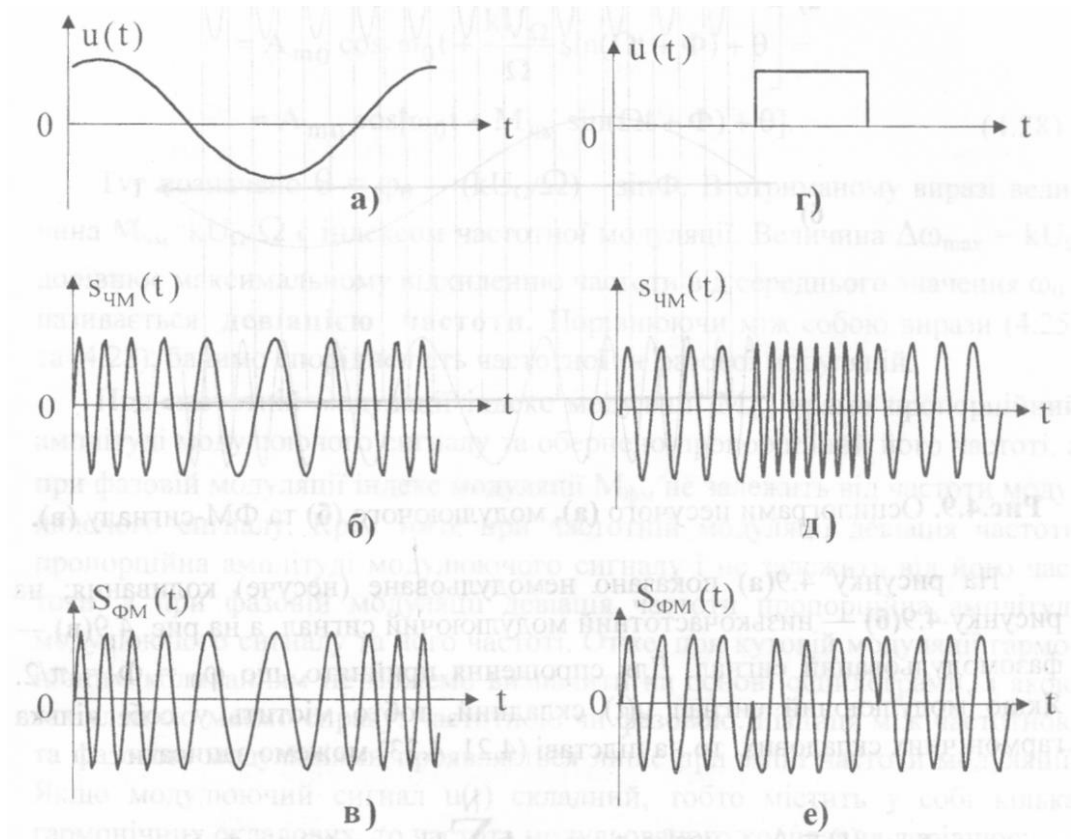


Рис. 1.4. Осцилограми модулюючого $u(t)$ та ЧМ- і ФМ-коливань при гармонічній (а, б, в) та стрибкоподібній (г, д, е) змінах модулюючого сигналу.

Різниця між частотною та фазовою модуляціями проявляється лише при зміні частоти модуляції.

1.2.2 Статистичні моделі генераторів радіосигналів. При побудові радіотехнічних систем зв'язку (рис.1.5) канал відбору, як правило, є заданою ланкою, з якою джерела і блоки повинні бути узгоджені.



Рис. 1.5. Загальний принцип побудови радіотехнічних систем зв'язку

Для порівняння можливих способів побудови радіотехнічних систем зв'язку для передачі радіосигналів і прогнозування її характеристик без безпосередніх експериментальних випробувань необхідно мати в своєму розпорядженні різні характеристики радіосигналів. Вичерпний опис радіосигналів, що дає змогу розрахувати або оцінити будь-які його характеристики, називають його моделлю. Модель слід відрізнити від часткового опису радіосигналу, що складається лише з окремих характеристик, необхідних в тих або інших конкретних випадках. Загальними вимогами до моделі є її простота (зручність використання) і точність (збіжність з експериментальними даними). Через складність реальних радіосигналів ці вимоги, як правило, суперечливі; при побудові моделі необхідний розумний компроміс.

Модель реального радіосигналу (якщо не цікавитися внутрішніми процесами в системі) зводиться до завдання математичній моделі сигналів на вході і виході каналу (або створюючих його електричних кіл) і зв'язків між ними. Зв'язок радіосигналів (у загальному випадку багатовимірних, векторних) на вході $s(t)$ виході $\xi(t)$ (останні називають також відгуком або реакцією системи) можна задати системним оператором:

$$\xi(t) = L\{s(t)\}. \quad (1.23)$$

Для опису каналу відбору, слід задати область V_x деякого функціонального простору, яка називається областю допустимих вхідних дій.

Вказівку цій області описує характер вхідних сигналів, які можуть бути безперервними, дискретними, цифровими детермінованими або випадковими. Аналогічно повинна бути визначена область у V допустимих вихідних сигналів.

Математичною моделлю радіосигналу називають сукупність системного оператора і L областей допустимих сигналів V_x і V_y . Класифікацію радіосигналів можна проводити на підставі характерних властивостей їх математичних моделей. Стаціонарні радіосигнали називають сигналами з

постійними в часі параметрами. Якщо властивості радіосигналу залежать від того, в який момент часу поступає вхідний сигнал, систему називають нестационарним.

Строго кажучи, всі фізичні канали зв'язку в радіотехнічних системах зв'язку і складові їх ланки (кола) в тому або іншому ступені нелінійні. Проте дуже багато каналів вельми точно описуються лінійними моделями. Розглянемо короткий опис моделі радіосигналу в лінійному каналі, а саме найпростішу модель – це корисний радіосигнал з адитивним шумом, який зображений на рис. 1.6.

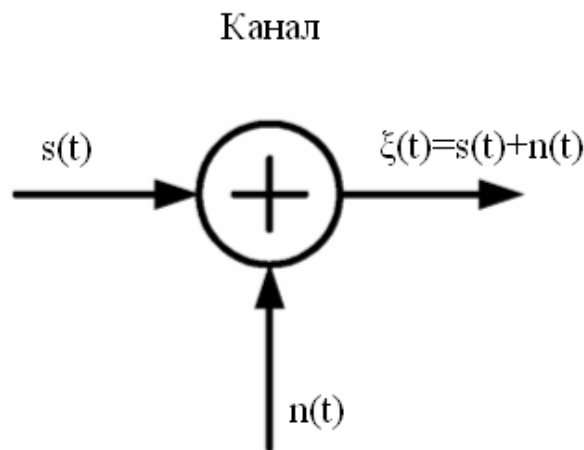


Рис. 1.6. Модель сигналу в каналах зв'язку систем передачі сигналу

У цій моделі радіосигнал $s(t)$ схильний до дії лише адитивного шумового процесу $n(t)$ у вигляді адитивної моделі:

$$\xi(t) = s(t) + n(t). \quad (1.24)$$

Фізично адитивний шум виникає від сторонніх електричних перешкод, електронних компонентів і підсилювачів в системі та ін.

Якщо шум обумовлений в основному електронними компонентами і підсилювачами в системі, його можна описати як білий шум Гауса.

Як наслідок, результуючу математичну модель зазвичай називають радіосигналом з адитивним шумом Гауса. Оскільки ця модель застосовна до широкого класу фізичних каналів зв'язку і має просту математичну

інтерпретацію, вона є переважаючою моделлю каналу при аналізі і синтезі систем передачі інформації.

Білий шум є стаціонарним випадковим процесом $n(i\Delta t)$, в якого автокореляційна функція описується дельта - функцією Дираку і, відповідно, спектральна густина потужності не залежить від частоти і має постійне значення $W(f) = \sigma^2$, рівне дисперсії значень $n(i\Delta t)$. Іншими словами, всі спектральні складові білого шуму мають однакову потужність (як білий колір містить всі кольори видимого спектру). По суті, це випадковий процес, що ідеалізується, з безконечною енергією. Але в разі постійності спектральної щільності потужності випадкового процесу в кінцевому діапазоні частот введення такої ідеалізації дозволяє розробляти досить легкі оптимальні методи фільтрації, що реалізуються. Багато перешкод в радіотехніці, в техніці зв'язку і в інших галузях, у тому числі в інформатиці, розглядають як білий шум, якщо ефективна ширина спектру сигналів B_s багато менше ефективної ширини спектру шумів B_n , а спектральна густина потужності шумів слабо змінюється в інтервалі спектру сигналу. Поняття "Білий шум" визначає лише спектральну характеристику випадкового процесу і під це поняття підпадають будь-які випадкові процеси, що мають рівномірний енергетичний спектр і різні закони розподілу.

Якщо частотний діапазон спектру, на якому розглядаються радіосигналу і завади, рівний 0-B, то спектральна густина шуму описується виразом:

$$W_n(f) = \sigma^2, 0 \leq f \leq B; W_n = 0, f > B, \quad (1.25)$$

при цьому кореляційна функція завади описується виразом:

$$R_n(\tau) = \sigma^2 B \sin(2\pi B \tau) / 2\pi B \tau. \quad (1.26)$$

Ефективний інтервал кореляції:

$$T_k = 2 \int_0^{\infty} |R_n(\tau)| d\tau / R_n(0). \quad (1.27)$$

Реальний інтервал кореляції доцільно визначати по ширині головного максимуму функції $R_n(\tau)$ (значення τ при перших пересіченнях нульової лінії), в якому зосереджена основна частина енергії шумів, при цьому $T_k = 1/B$ і $BT_k = 1$.

Як впливає зі всіх цих виразів і наочно видно на рис.1.7, при обмеженні частотного діапазону в шумах з'являється певна кореляція між значеннями, і, чим менше частотний діапазон шумів, тим більше їх радіус кореляції. По суті, обмеження шумів певним частотним діапазоном еквівалентно фільтрації білого шуму частотним фільтром з відповідною шириною смуги пропускання, при цьому, кореляційна функція імпульсного відгуку фільтру згортається з дельта – функцією білого шуму.

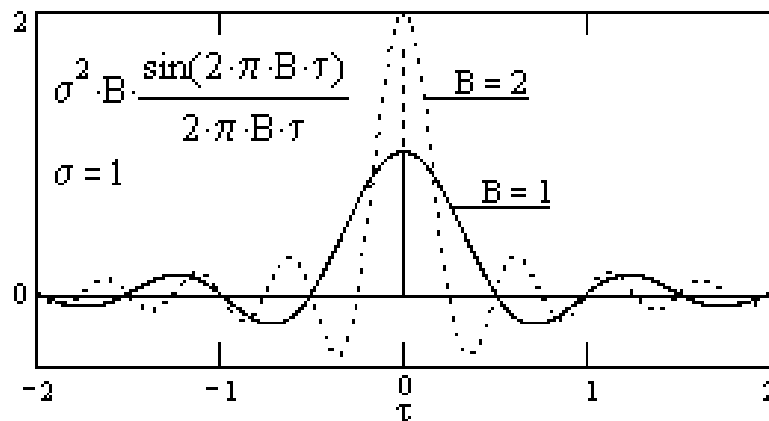


Рис. 1.7. Функції кореляції білого шуму в частотному інтервалі 0-В.

Модель дискретного білого шуму $n(i\Delta t)$ можна формувати як випадкову за часом (аргументу) послідовність дельта - імпульсів $\delta(k\Delta t)$ з випадковими амплітудними значеннями a_k :

$$n(i\Delta t) = \sum_{k=1}^N a_k \delta(i\Delta t - k\Delta t), \quad (1.28)$$

яка задовольняє умовам статистичної однорідності: постійне середнє число імпульсів в одиницю часу і статистична незалежність появи кожного імпульсу від попередніх. Такий потік імпульсів, який називають пуассоновим, є некорельованим і має рівномірний спектр густини потужності:

$$W_n(\omega) = c^2 = N\sigma_a^2,$$

де N - число імпульсів на інтервалі T реалізації випадкового процесу, σ_a^2 - дисперсія амплітуд імпульсів.

1.3 Висновки до розділу 1

Відомі детерміновані моделі генераторів радіосигналів в каналах зв'язку не урахують у своїй структурі фактору випадковості, що є притаманним для сигналів в реальних радіотехнічних системах.

Статистичні моделі генераторів радіосигналів враховують у своїй структурі випадковість параметрів та є найбільш поширеними при розробці алгоритмів роботи радіотехнічних систем.

Реальні радіотехнічні сигнали по своїй природі є періодичними, тобто його миттєві значення в часі повторюються, та випадковими (зумовлено впливом різних як внутрішніх так і зовнішніх факторів). Тому відомі статистичні моделі не забезпечують в повній мірі розробити адекватні алгоритми роботи комп'ютерних радіотехнічних систем із урахуванням усіх параметрів реальних сигналів.

Тому розроблення нової моделі генератора радіосигналів, які уможливають урахування у своїй морфологічних параметрів, та параметрів повторності і випадковості є актуальною науковою задачею при дослідженні алгоритмів обробки реальних комп'ютерних радіотехнічних систем.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЬ ГЕНЕРАТОРА ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ

2.1 Модель генератора тестових радіосигналів в калах зв'язку

В процесі розробки технічних систем обміну інформацією переважно виявляється, що частота радіосигналу, яке інше місце їх локалізації при заданих параметрах каналів радіозв'язку. Зокрема, є частою необхідністю передача декількох сигналів водночас. Цю задачу вирішують за допомогою є спектрального розділення частотоканалів, при якому різнотипні радіосигнали локалізуються в різних смугах радіочастотного пропускання з їх не перекриванням.

Переважно є необхідність того, щоб передаючий радіосигнал був з вузькою смугою пропускання. Зокрема треба, щоб ширина ефективного спектру була в багато разів меншою від частоти центральної:

$$\Delta f \ll f_0. \quad (2.1)$$

Перераховані проблеми в першу чергу приводять до необхідності такого перетворення радіосигналу, щоб вимоги до частотної смуги, яку обіймає сигнал, були дотриманими, а сам радіосигнал у точці прийому була б змога його відновити.

Розглянемо детально частотне (спектральне) та часове подання радіосигналу модульованою за параметрами амплітуди. На рис.2.1 зображено:

- а) сигнал-переносник $s_n(t)$;
- б) радіосигнал модульований за параметрами амплітуди $s_{AM}(t)$.
- в) тестовий корисний сигнал $s_i(t)$;

Подальший аналіз вказаного радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди зручно провести за допомогою моделі математичної. Розробимо

модель математичну сигналу-АМ. Як модель математичну переносника-сигналу подано виразом:

$$s_n(t) = U_m \cos(\pi\omega_n t + \varphi_0), \quad (2.1)$$

де U_m - амплітуда переносника-сигналу;

$$\omega_n - \text{частота переносника: } \omega_n = 2\pi f = \frac{2\pi}{T};$$

φ_0 - початкова фаза переносника.

Як модель сигналу корисного використано сигнал гармонічного типу у вигляді виразу:

$$s_i(t) = U_\Omega \cos\Omega t, \quad (2.2)$$

де U_Ω – амплітуда корисного сигналу;

Ω – частота корисного сигналу.

Слід відзначити, що між параметром частоти корисного сигналу і параметром частоти сигналу-переносника має передусім бути таке нерівність $\Omega \ll \omega_n$.

Модель математичну радіосигналу модульованьованого за параметрами амплітуди подано виразом, де є прийнятою значення фази $\varphi_0 = 0$:

$$s_{AM}(t) = U(t) \cos\omega_n t, \quad (2.3)$$

де $U(t)$ - крива огинання радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди.

З метою запобігання спотворення при демодуляційному процесі, амплітуда переносника-сигналу за рівнем має бути вищою, ніж рівень амплітуди сигналу корисного. Тоді крива огинання, яка представляє інформаційний сигнал, переважно за рівнем буде більше абсциси t . Вираз для кривої огинання радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди має зображення:

$$U(t) = U_m + U_\Omega \cos \Omega t, \quad (2.4)$$

Підставивши (2.4) в (2.3) отримано вираз моделі математичної тестового радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди:

$$s_{AM}(t) = (U_m + U_\Omega \cos \Omega t) \cos \omega_\Pi t, \quad (2.5)$$

Сигнал-переносник за структурою має бути гармонічного характеру параметром частоти, який повинен перевищувати верхню частоту характеристики спектральної корисного сигналу (рис.2.1).

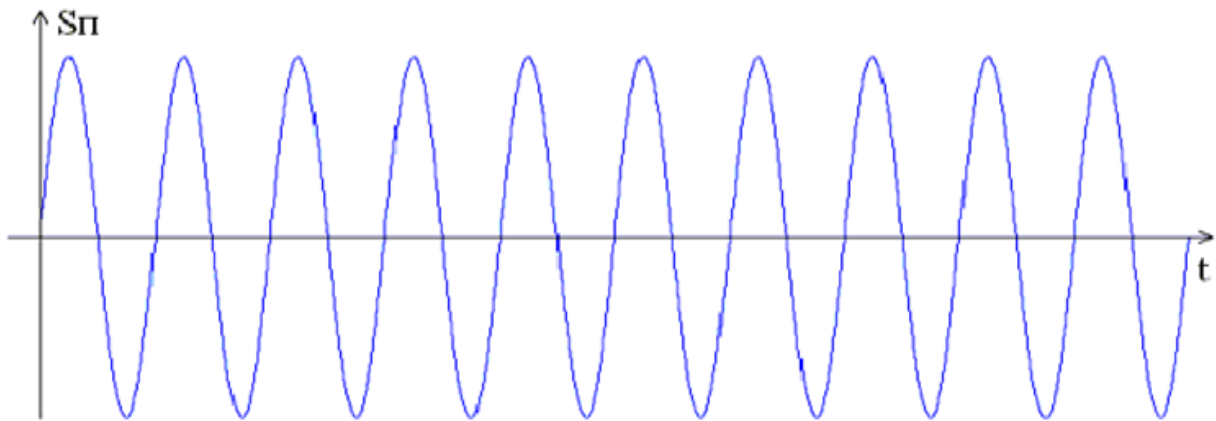


Рис.2.1. Переносник-сигнал

Корисний сигнал за структурою повинен бути неперервним сигналом аналогового виду. Отже, інформаційний сигнал буде подано як гармонічний (рис.2.2).

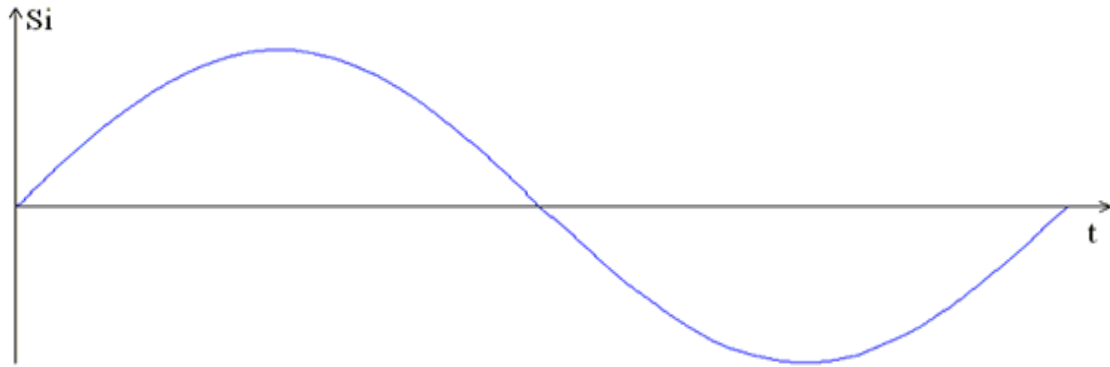


Рис.2.2. Сигнал корисний

Варіацію амплітуди переносника-сигнала буде передусім визначати форма сигналу корисного (рис.2.3).

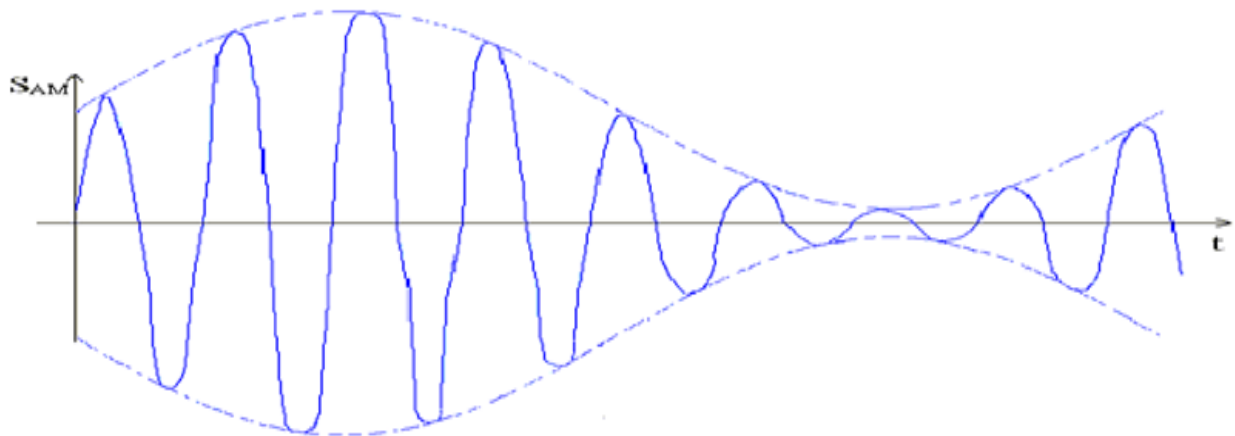


Рис. 2.3. Ілюстрація процесу утворення радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди

Слід відзначити, що при процедурі вкладання сигналу корисного в переносник-сигнал гармонічного виду, буде здійснено перенесенням спектру корисного сигналу в необхідний діапазон частот. Частота центральна відповідно діапазону буде визначати частоту переносника-сигналу гармонічного виду.

Для запобігання спотворень при процесі демодуляції, необхідно здійснити процедуру зрівноваження величини амплітуди сигналу корисного і переносника-сигналу. З цією метою у модель математичну (2.5) введено пропорційний коефіцієнт k , а саме:

$$s_{AM}(t) = (U_m + kU_\Omega \cos\Omega t) \cos\omega_n t, \quad (2.6)$$

Тут необхідно врахувати умову $kU_\Omega < U_m$.

Графічно спектру сигналу корисного та переносника-сигналу зображено на рис. 2.4.

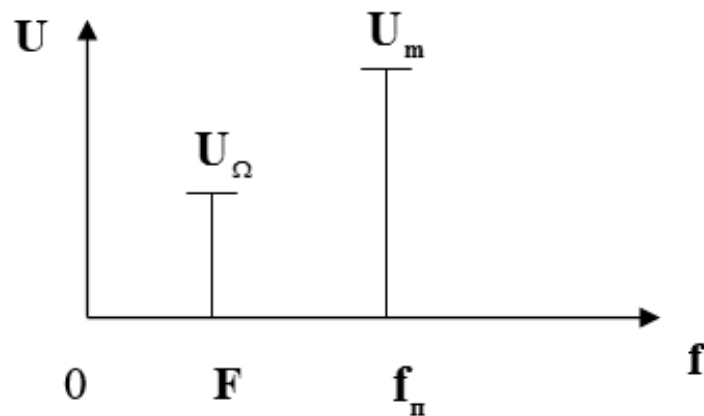


Рис. 2.4. Частотне зображення сигналу корисного та переносника-сигналу (F - частота корисного сигналу, f_n - частота переносника)

Для відображення складу частотного радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди використано модель математичну виразу 2.7. Треба здійснити трансформацію цього виразу таким чином, щоб він зображав сукупність функцій синуса та косинуса. Результат такої трансформації подано у вигляді виразу:

$$s_{AM}(t) = U_m \left(1 + \frac{kU_\Omega}{U_m} \cos\Omega t \right) \cos\omega_n t, \quad (2.7)$$

Введено у вираз наступне позначення $M = \frac{kU_{\Omega}}{U_m}$. Вираз (2.7) зображає параметр радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди та глибинний коефіцієнт модуляційного процесу.

Для здійснення перетворень математичного виразу (2.7) застосовано формулу :

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]. \quad (2.8)$$

В результаті виконаних трансформації одержано вираз (2.9), яке повністю відповідає вище сформульованим вимогам:

$$s_{AM}(t) = U_m \cos \omega_n t + \frac{U_m M}{2} \cos(\omega_n + \Omega)t + \frac{U_m M}{2} \cos(\omega_n - \Omega)t, \quad (2.9)$$

Згідно до виразу (2.9) встановлено, що в випадку нашому спектр радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди містить три базових гармонічних складових з частотними параметрами :

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}; \quad f_n + F = \frac{\omega_n + \Omega}{2\pi} \quad \text{та} \quad f_n - F = \frac{\omega_n - \Omega}{2\pi}. \quad (2.10)$$

Отже, спектральне зображення радіосигнал модульований за параметрами амплітуди буде мати зображення, яке представлено на рис. 2.3.

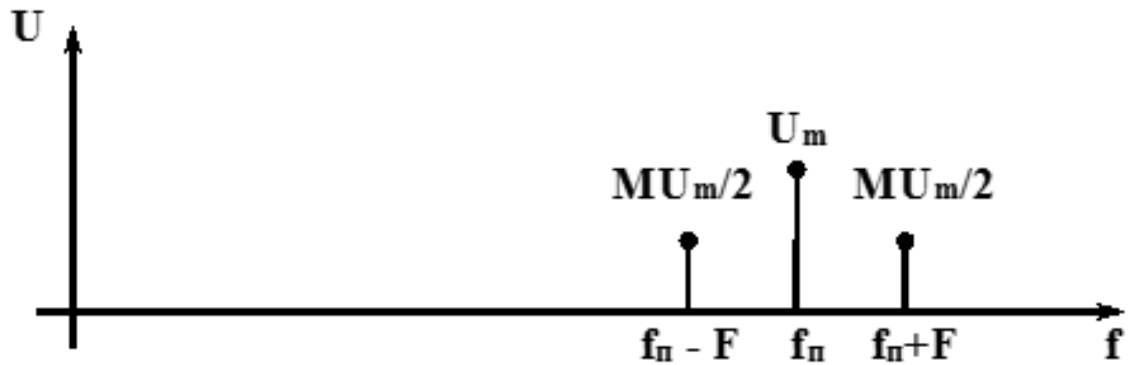


Рис. 2.5. Спектральне зображення радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди коли корисний сигнал представлено сигналом гармонічного виду

Слід зазначити, що в такому зображенні спектральному є відсутньою складова корисного сигналу на номері частоти F .

2.2 Модель генератора тестового радіосигналу під впливом завад

Ядра завад за механізмом їх походження як з зовні так внутрішні, які утворюються в радіотехнічних системах при передачі/прийомі даних.

Заваду подано функцією випадковою, значення якої залежать від часу (рис.2.6).

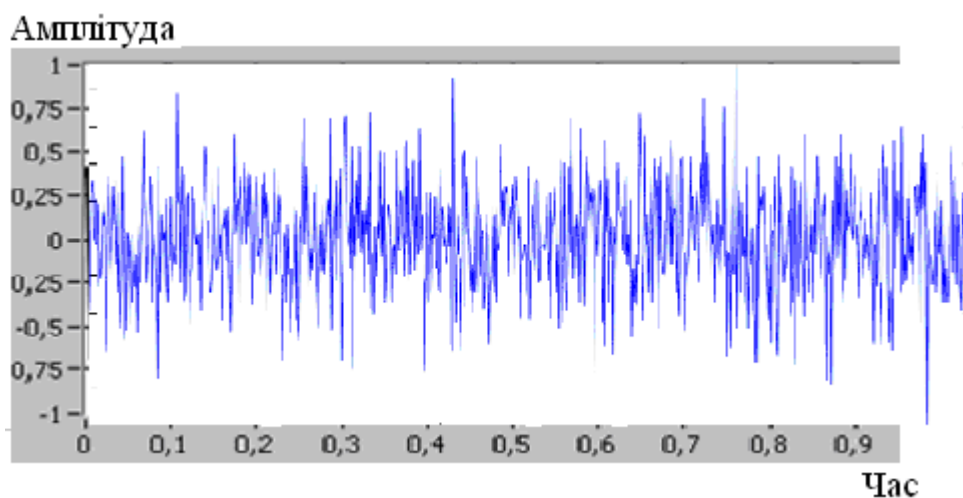


Рис.2.6. Вигляд форми завади в радіозв'язкових каналах

У загальному вигляді механізм впливу завади n на переданий/приймаючий радіосигнал модульований за параметрами амплітуди виражено перетворюючим оператором прийнятого/передаючого сигналу $\xi(t)$ через модель адитивного типу:

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad (2.8)$$

де $n(t)$ – завада в зв'язкових каналах систем радіотехнічних з параметрами шуму білого гаусівського типу (шум стаціонарноподібний з частотними складовими, що є рівномірно розподіленими в частотному просторі по частотах).

З позицій природніх аномалій та радіотехніки чистий шум білого типу не зустрічається через те, що корисний сигнал мав би параметри нескінченості за потужністю, проте під вид шумів білих підпадають шуми довільні в яких спектральна густина однакова у відповідному частотному діапазоні.

2.3 Висновки до розділу 2

У розділі розроблено модель математичну генератора тестового радіосигналів у вигляді сукупності корисного сигналу, який є модульовий за амплітудними параметрами, та шуму з гаусівськими властивостями. Така модель забезпечує розробку генератора сигналів для тестування радіотехнічних систем, алгоритмів їх роботи.

РОЗДІЛ 3

МЕТОД ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ

Під час розробки/проектування системи радіотехнічної необхідно передусім мати модель тестового радіосигналу, на базі якого розробляється/проектується відповідна система. Від вимог до такої моделі буде розроблятися/проектуватися дана системи радіотехнічна.

Завершальною процедурою розробки/проектування системи є процес її тестування, що є необхідним для перевірки коректності роботи алгоритму програми, яка є складовою і базовою частиною цієї системи.

Тому процедура генерування радіосигналу, яка б забезпечила процес ідентифікації параметричної з точним відтворенням даних радіосигналів є важливою задачею для перевірки коректності/адекватності роботи алгоритму програмного коду системи радіотехнічної.

3.1 Структура тестових радіосигналів

Тестовий радіосигнал є сигналом, що розповсюджується в часовому просторі із використанням радіохвиль. Радіосигнали тестові можуть передаватися/прийматися в усьому частотному просторі на різних частотах радіохвиль із застосуванням різних типів модуляції. Для передавання тестових радіосигналів застосовують інструментальні радіопередаючі засоби, а для приймання тестових радіосигналів використовують інструментальні радіоприймачі.

Прикладом корисного сигналу, який буде передаватися/прийматися часовому простору, будуть дані кількісного споживання активної потужності електроенергії протягом п'яти днів. Процес передачі/прийому забезпечується радіоканалом та в подальшому обробляється на центрі приймання, який оснащений спеціалізованою технікою обчислювальною.

На рис.3.1 зображено передаючий тестовий радіосигнал $\xi(t)$, який конструктивно складається із сукупності хвиль, які в сумі творять період радіосигналу, що передусім, призводить до сукупності k -их повторів (суток) радіосигналу із варіативними значеннями повторів (сутками) $T_1 = T_2 = \dots = T_k$.

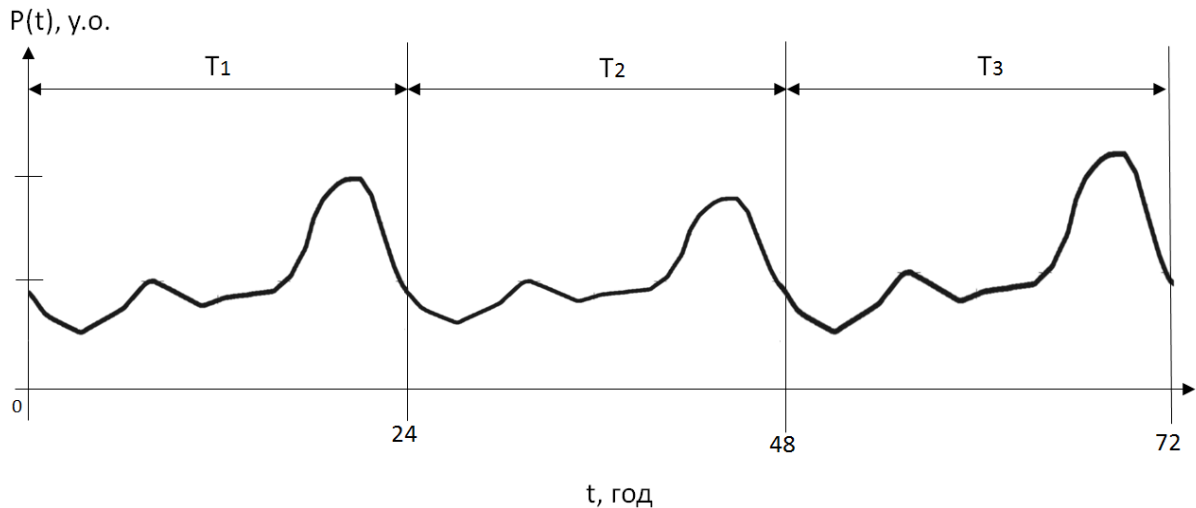


Рис. 3.1. Реалізація корисного сигналу енергоспоживання (населення 400000 люд.)

Із врахуванням конструктивної структури радіосигналу (рис.3.1) розроблено алгоритм генерування радіосигналу, який забезпечує генерування сигналів випадкоперіодичних.

3.2 Алгоритм генерування тестових радіосигналів

Із існуючих методів генерування є відомим те що, радіосигнали в межах одного періоду генерували за допомогою єдиної функції на всьому часовому інтервалі.

Проте дана модель не є точною в порівняння до відібраних експериментальних даних радіосигналів. Тому в роботі запропоновано генерувати радіосигнали із використанням функцій на заданих часових проміжках, процес розбиття яких наведено на рис.3.2.

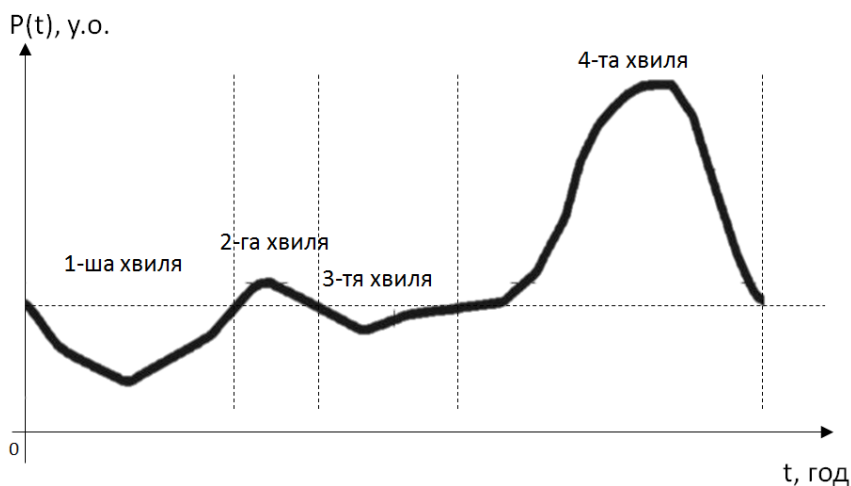


Рис.3.2. Розбиття корисного тестового радіосигналу на часові проміжки в області одного періоду

Оскільки радіосигнал в області періоду конструктивно складається з n -их складових кривих характерного виду, тому будемо генерувати кожену із кривих по окремо з подальшим їх об'єднанням в одну цілу сукупність, що забезпечить процес утворення тестового радіосигналу.

Алгоритм генерування тестового корисного радіосигналу в області періоду наведено на рис. 3.3.

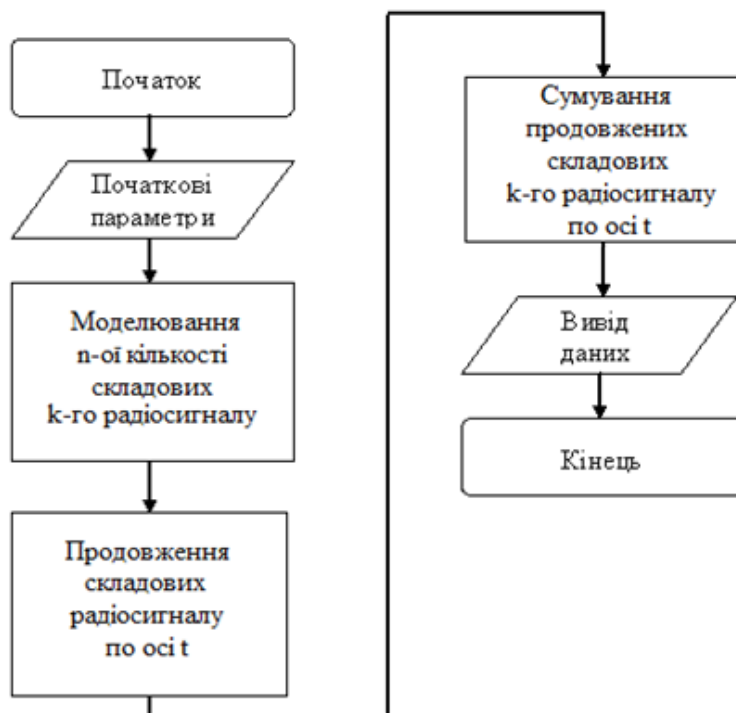


Рис. 3.3. Алгоритм генерування корисного тестового радіосигналу в області одного періоду

Відповідно до структури алгоритму, який наведено на рис. 3.3, на початковому етапі генеруються n -ні хвилі корисного тестового радіосигналу в області їх часової локалізації k -го періоду, а саме від 0 до T_{nk} . В подальшому згенеровані хвилі локалізують на шкалі часового простору у відповідності до їх послідовного розташування, а часовий простір в якому вони не існують обнулюються як наведено у виразі:

$$\xi_k(t) = \sum_{k \in Z} \tilde{\xi}_{nk}(t), \quad t \in [0, T_k) \quad , T_1 = T_2 = \dots = T_k, \quad (3.1)$$

де $\tilde{\xi}_{nk}(t)$ - трансльовані в часовому просторі хвилі радіосигналу $\xi_{nk}(t)$, $t \in [0, T_{nk})$ (3.1) (часовий простір не належності хвиль радіосигналу рівний за значеннями нулю) (перенесено ідею Хвостівської Л.В. та Хвостівсько М.О. з пульсових сигналів на радіосигнали [34]):

$$\tilde{\xi}_{nk}(t) = \begin{cases} \xi_{nk}(t), & t \in [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \\ 0, & t \notin [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \end{cases}, \quad (3.2)$$

де T_{nk} – часова область хвилі n -ої радіосигналу на k -му періоді, $T_{1k} \neq T_{2k} \neq \dots T_{kn}$.

Для більш конкретного розуміння ідеї формується тестового радіосигналу зображено рис.3.4. який ілюструю схему генерування тестового радіосигналу в області часового періоду.

Згідно схеми генерування тестового радіосигналу в області часового періоду, яку зображено на рис.3.4, продовжені в часовому просторі хвилі радіосигналу підсумовуються, що забезпечує одержання суцільного радіосигналу в області періоду.

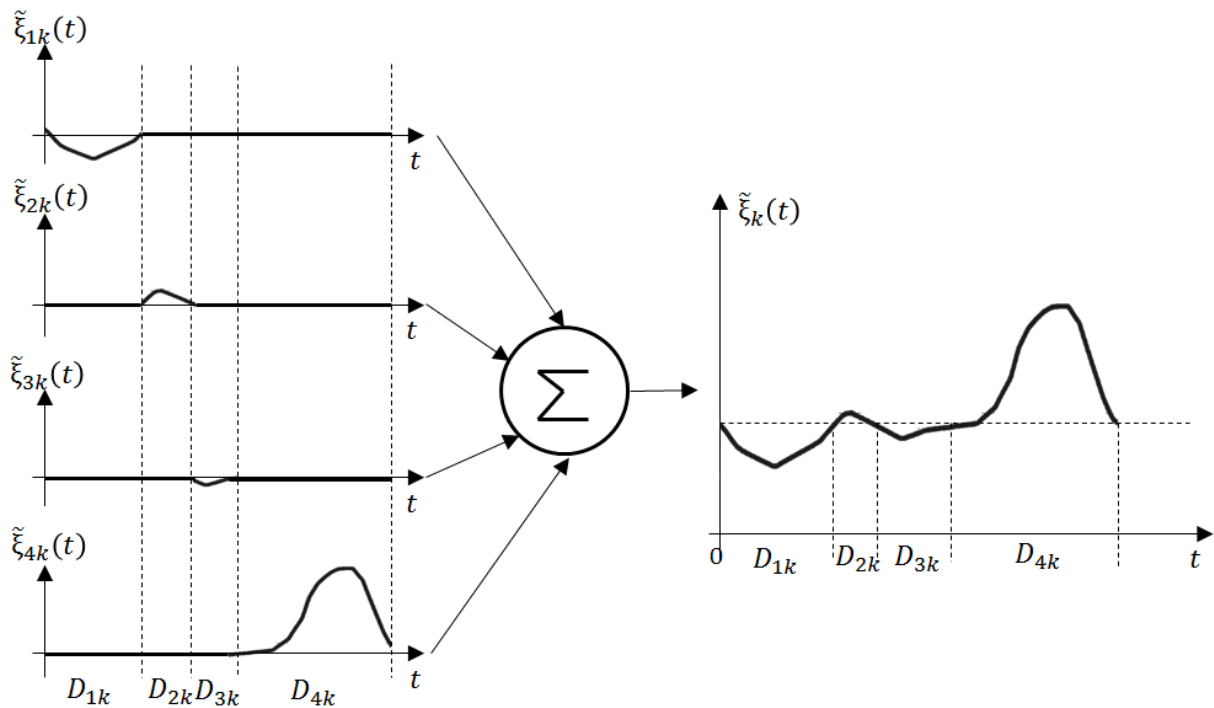


Рис.3.4. Схема утворення k -го тестового радіосигналу в області періоду

З врахуванням того, тестовий радіосигнал має бути періодичний або повторним, тому передусім потрібно генерувати сигнал на багатьох періодах, а саме сигнал потрібно транслювати на кількість n -ну періодів. Окрім періодичності тестовий радіосигнал характеризується стохастичністю амплітудних значень та їх інтервалів існування, тому імпортування параметрів стохастичної в генератор сигналів є актуальною задачею.

Алгоритм генерування тестового радіосигналу як стохастичного так і повторного зображено на рис. 3.5.

Із врахуванням структури алгоритму, який наведено на рис. 3.5, на початку генеруються k -те число тестових радіосигналів в просторі періоду, а саме від 0 до T_k .



Рис. 3.5. Алгоритм генерування тестового радіосигналу як стохастичного так і повторного

В подальшому генеровані радіосигнали локалізують на часовому просторі у відповідності до їх послідовної локалізаційного розташування, а часовий простір їх неналежності обнулюється за рівнем згідно виразу:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \tilde{\xi}_k(t), \quad t \in R \quad (3.3)$$

де $\tilde{\xi}_k(t)$ - періодично трансльований тестовий радіосигнал в часовому просторі, $\tilde{\xi}_k(t), t \in R$:

$$\tilde{\xi}_k(t) = \begin{cases} \xi_k(t), & t \in [T_{k-1}, T_k) \\ 0, & t \notin [T_{k-1}, T_k) \end{cases} \quad (3.4)$$

де $\xi_k(t)$ - тестовий радіосигнал в просторі k -го періоду T_k , $\xi_k(t), t \in [0, T_k)$

T_k - часовий простір k -го періоду тестового радіосигналу, $T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_k$.

На рис.2.6 проілюстровано схему генерування тестового радіосигналу в просторі періоду для більш зрозуміло як утворюється повторний радіосигнал з стохастичними параметрами.

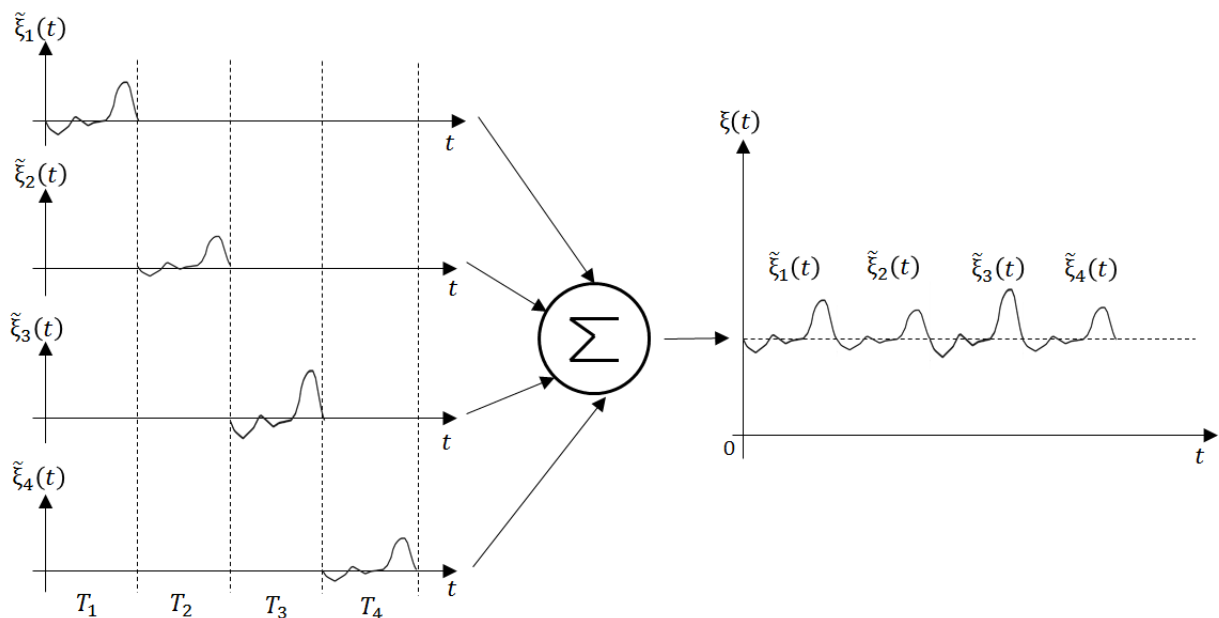


Рис.3.6. Схема генерування повторного радіосигналу з стохастичними параметрами

Для генерування радіосигналу модульованого за параметрами амплітуди, який наведено на рис.3.6, проведено процес модуляції у відповідності існуючих алгоритмів, реалізацію якого зображено виразом:

$$S_{AM}(t) = \xi(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi_0), \quad (3.5)$$

де $\xi(t)$ – амплітудні параметри тестового радіосигналу (рис.3.6);

f – значення частоти коливання несучого корисного радіосигналу;

f – значення початкової фази несучого колювання тестового радіосигналу.

Принцип генерування тестового радіосигналу в каналах з АМ-модуляцією зв'язку у радіотехнічних системах зображено на рис.3.7.

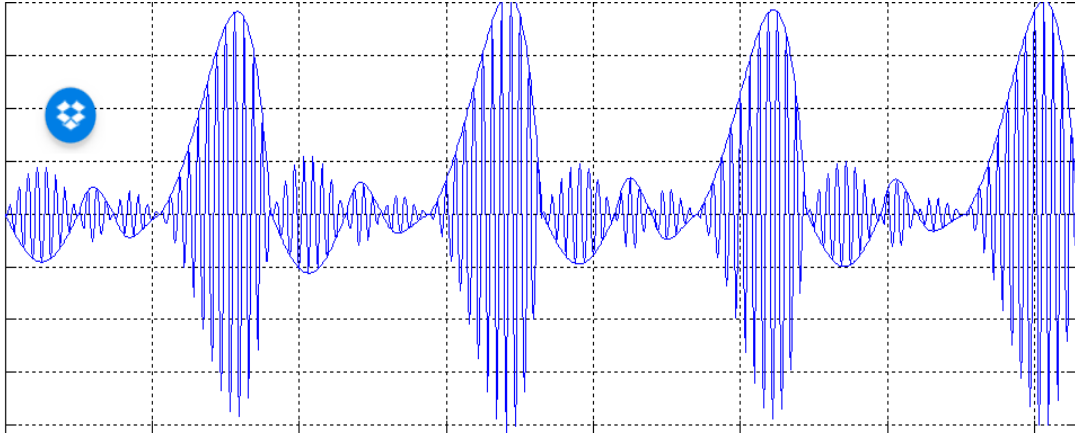


Рис.3.7. Принцип генерування тестового радіосигналу з АМ-модуляцією

3.3 Імітаційна модель генератора тестових радіосигналів

Опираючись на рис.3.6 імітаційну модель генератора тестових радіосигналів подано виразом:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \tilde{\xi}_k(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \sum_{n \in \mathbf{Z}} \tilde{\xi}_{nk}(t), \quad t \in \mathbf{R} \quad (3.6)$$

де $\tilde{\xi}_k(t)$ - трансльований в часовому просторі k -ий повтор тестового радіосигналу, $\tilde{\xi}_k(t), t \in \mathbf{R}$;

$\tilde{\xi}_{nk}(t)$ - трансльовані в часовому просторі n -ні хвилі тестового радіосигналу, $\tilde{\xi}_{nk}(t), t \in [0, T_{nk})$.

Імітаційну модель генератора n -ої хвилі тестового радіосигналу в області k -ого повтору T_k розроблено як вигляді синусоїдального колювання із експонентційним затуханням в заданому часовому просторі, яка забезпечує

урахування параметрів амплітуд складових хвиль, їх часових відліків та їх стохастичність:

$$s_{nk}(t) = A_{nk} \sin(2 \cdot \pi \cdot t \cdot f_{nk}) \cdot e^{-t \cdot K_{nk}} \cdot L_{nk}, \quad t \in [0, T_{nk}) \quad (3.7)$$

де n – поточний номер хвилі тестового радіосигналу на заданих проміжках часу, $n=1,2,\dots,N$;

N - число хвиль тестового радіосигналу;

T_{nk} – межа часового простору n -ої хвилі на k -му повторі;

A_{nk} - значення амплітуди nk -ої хвилі тестового радіосигналу;

f_{nk} - значення частоти коливань синусоїд для напівперіоду тестового радіосигналу;

K_{nk} - значення коефіцієнтів нахилу nk -ої складової хвилі тестового радіосигналу;

L_{skj} - значення коефіцієнтів масштабування nk -ої хвилі тестового радіосигналу;

В моделі тестового радіосигналу (3.7) значення амплітуд складових хвиль A_{nk} і часові локалізації T_{nk} є постійними величинами, тому у вираз (3.8) імпортовано стохастичну одиницю:

$$\xi_{nk}(t) = (A_{nk} + \psi_A) \sin(2 \cdot \pi \cdot (t + \psi_T) \cdot f_{nk}) \cdot e^{-t \cdot K_{nk}} \cdot L_{nk}, \quad t \in [0, T_{nk}) \quad (3.8)$$

де $\psi_A(M\{A\}, D\{A\})$ - стохастична одиниця амплітуди тестового радіосигналу (сподівання математичне $M\{A\}$ з величиною відхилення $D\{A\}$);

$\psi_T(M\{T\}, D\{T\})$ - стохастична одиниця інтервалу часу тестового радіосигналу (сподівання математичне $M\{T\}$ з величиною відхилення $D\{T\}$).

На рис.2.8. наведено ілюстрацію тестового радіосигналу із його базовими параметрами, котрі є потрібними для вирішення задачі ідентифікації параметричної моделі генератора тестових радіосигналів..

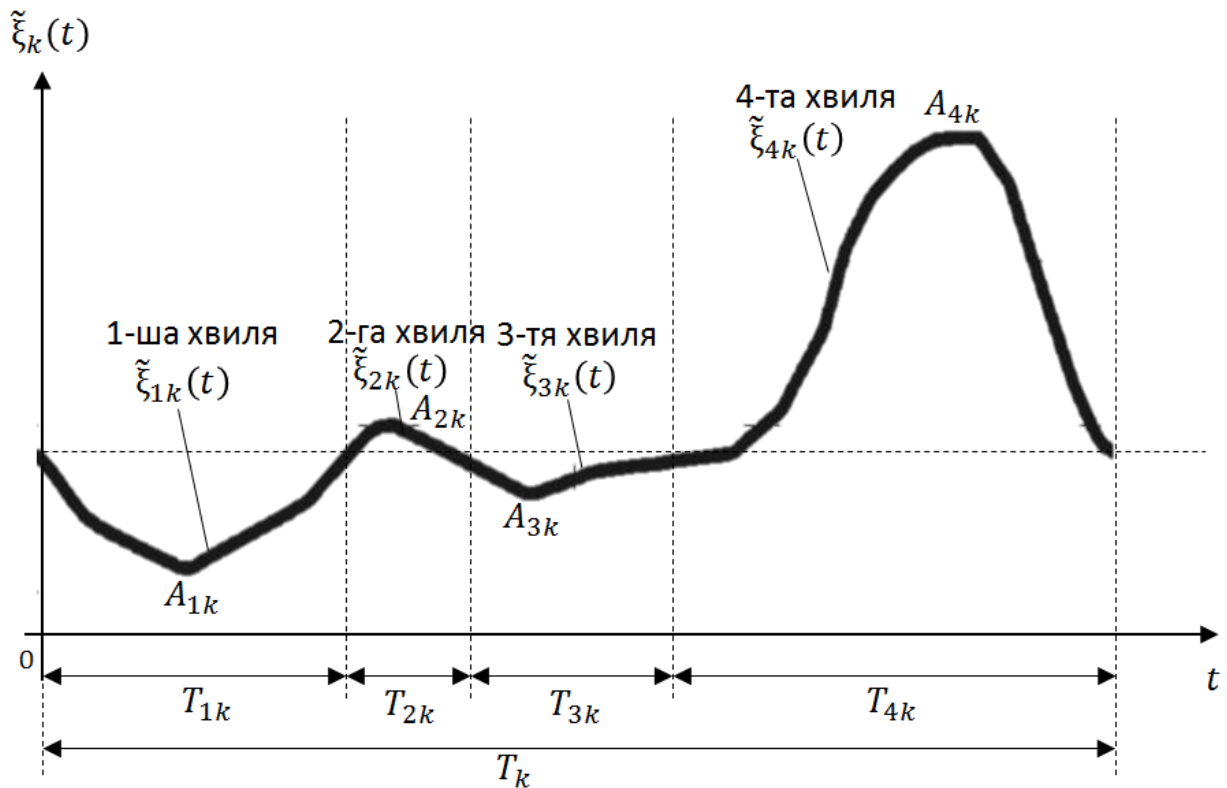


Рис.3.8. Тестовий радіосигнал та його параметри ($M = 4$)

Для генерування тестового радіосигналу, який зображено на рис.3.9, функції (3.8) n хвиль сигналу об'єднано в єдину множину функцій:

$$\xi_k(t) = \xi_{1k}(t_1) \cup \xi_{2k}(t_2) \cup \xi_{3k}(t_3) \dots \xi_{nk}(t_k), \quad (3.9)$$

де $t_{1k} \in [0, T_{1k})$ - часовий простір 1-ої хвилі тестового радіосигналу;

$t_{2k} \in [0, T_{2k})$ - часовий простір 2-ої хвилі тестового радіосигналу;

$t_{3k} \in [0, T_{3k})$ - часовий простір 3-ої хвилі тестового радіосигналу;

$t_{nk} \in [0, T_{nk})$ - часовий простір n -ої хвилі тестового радіосигналу;

$t \in [0, (T_{1k} + T_{2k} + T_{3k} + \dots + T_{nk}))$ - інтервал час, який тотожний за значенням тривалості повтору T_k тестового радіосигналу.

Вираз генерування тестового радіосигналу (3.9) переписано в компактному вигляді:

$$\xi_k(t) = \sum_{n \in Z} \tilde{\xi}_{nk}(t), \quad t \in [0, T_k) \quad (3.10)$$

де $\tilde{\xi}_{nk}(t)$ - трансльовані в часовому просторі n -ні складові хвилі тестового радіосигналу $\xi_{nk}(t)$, $\tilde{\xi}_{nk}(t)$, $t \in [0, T_{nk})$.

Вираз (3.9) відображає імітаційну модель генератора тестових радіосигналі в просторі k -го повтору T_k , яка поєднує стохастичність значень амплітуд та часі.

Підставлення виразів (3.3, 3.6) в вираз (3.1) та врахування адитивності шумів виразу (3.8) забезпечило одержання виразу моделі імітаційної генератора тестового радіосигналу:

$$\xi(t) = \sum_{k=1}^{N_k} \left(\sum_n^{M_n} \left(\begin{cases} (A_{nk} + \psi_A) \sin(2 \cdot \pi \cdot (t + \psi_T) \cdot f_{nk}) \cdot e^{-t \cdot K_{nk}} \cdot L_{nk}, & t \in [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \\ 0, & t \in [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \end{cases} \right) \right) + n(t), \quad (3.11)$$

де N_k - число повторів тестового радіосигналу;

M_n - число складових хвиль тестового радіосигналу в просторі k -го повтору.

Розроблений вираз (3.11) є характеризує імітаційну модель генератора тестового радіосигналу, яка поєднує стохастичність та повторність.

Алгоритм генерування тестового радіосигналу з виразом (3.11) має послідовність:

1. Ввід значень амплітуд складових хвиль тестового радіосигналу A_{nk} та їх інтервалів T_{kn} ;
2. Ввід значень числа повторів N_k та складових хвиль M_n тестового радіосигналу;

3. Ввід значень стохастичних $\psi_A(M(A), D(A))$ та $\psi_T(M(T), D(T))$ тестового радіосигналу;
4. Ввід значень коефіцієнтів нахилення складових хвиль L_{nk} тестового радіосигналу;
5. Генерування n -ної кількості складових хвиль тестового радіосигналу виразом (3.8) для k -ого числа кількості повторів тестового радіосигналу;
6. Трансляція n -них хвиль k -ого повтору тестового радіосигналу по всьому часовому простору повтору;
7. Формування адитивної сукупності n -них складових хвиль тестового радіосигналу для k -ого повтору;
8. Трансляція k -того числа кількості повторів тестового радіосигналу в усьому часовому просторі;
9. Трансляція k -тих повторів тестового радіосигналу;
10. Процедура модуляції амплітудної над тестовим радіосигналом;
11. Процедура адитивності завади.

3.4 Генерування тестового радіосигналу

Основними параметрами тестового радіосигналу є амплітудні значення хвиль та їх інтервали часи (рис. 3.8), які є найбільш необхідними у радіотехніці при тестування алгоритмічного забезпечення радіотехнічних систем.

Розглянемо детально процес генерування складових хвиль тестового радіосигналу. Хвилі тестового радіосигналу мають форму напівперіоду синусоїди із поступовим наростанням на піку кожної складової хвилі.

Використання рівнянь алгебри і основних її функції можемо утворити дану криву за допомогою добутку синуса на експоненту.

Вигляд експонентційної функції (вираз 3.12) зображено на рис. 3.9, а вигляд півперіоду синусоїди (вираз 3.9) зображений на рис.3.10:

$$s_{11}(t) = e^{tK_1}, \quad (3.12)$$

де t – час, K_1 – значення коефіцієнту наростання експоненти.

Експоненціальна функція (3.12) має зображення наростаючої кривої, і в залежності від коефіцієнту K нахил змінюється.

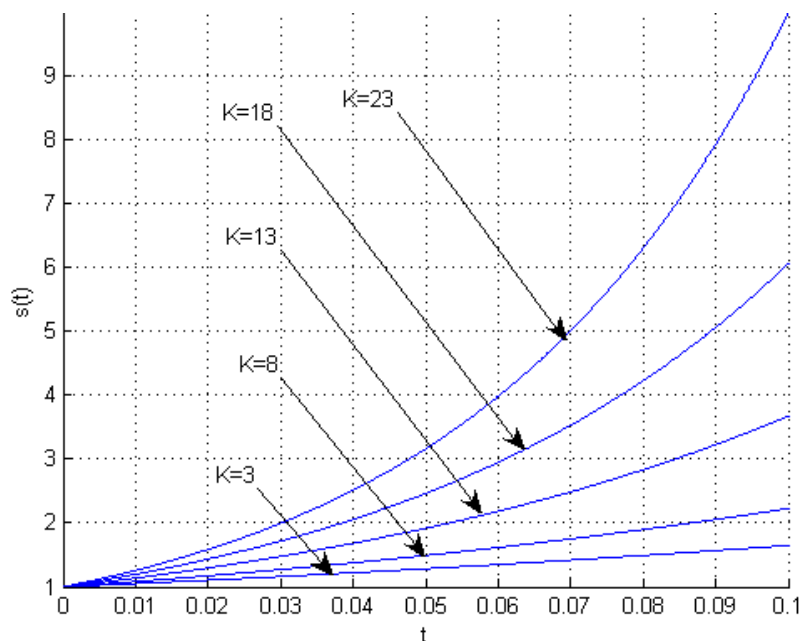


Рис. 3.9. Реалізація експоненціальної функції як одиниці генерування

Для того, щоб крива (рис. 3.10) мала коливний характер необхідно використати синусоїдальну функцію (півперіод) з додатною або від'ємною амплітудою (згідно рис.3.10), яка описується за допомогою виразу 3.13 та зображена на рисунку 3.10:

$$s_{12}(t) = A_2 \sin(2\pi f_2 t), \quad (3.13)$$

де A_2 – значення амплітуди, f_2 – частота коливання, t – час.

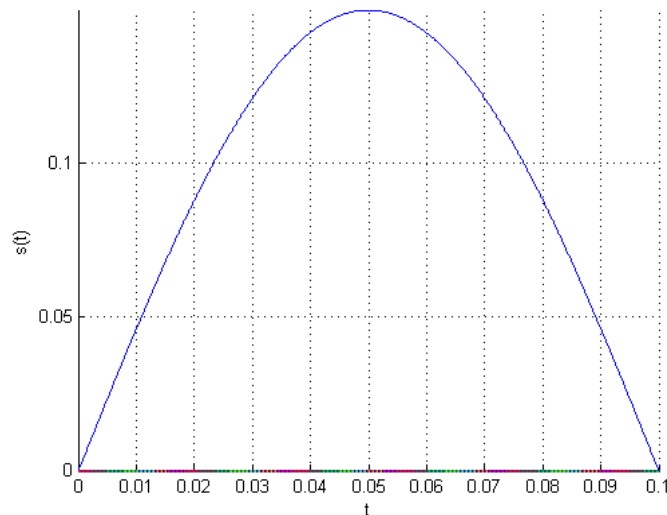


Рис. 3.10. Реалізація півперіоду синусоїди з додатною амплітудою

Записавши рівняння добутку обох функцій (3.12) і (3.13), отримано вираз (3.14), який показує доцільність побудови виразу (3.6):

$$s(t) = s_{11}(t) \cdot s_{12}(t) = A \sin(2\pi f t) e^{-tK}, \quad (3.14)$$

де A – амплітуда складової хвилі тестового радіосигналу, f – частота коливання складової хвилі тестового радіосигналу, t – час, K_2 – коефіцієнт наростання.

Результат генерування згідно виразу (3.14) зображено на рис. 3.11, при різних коефіцієнтах наростання ($K=3, 8, 13, 18, 23$).

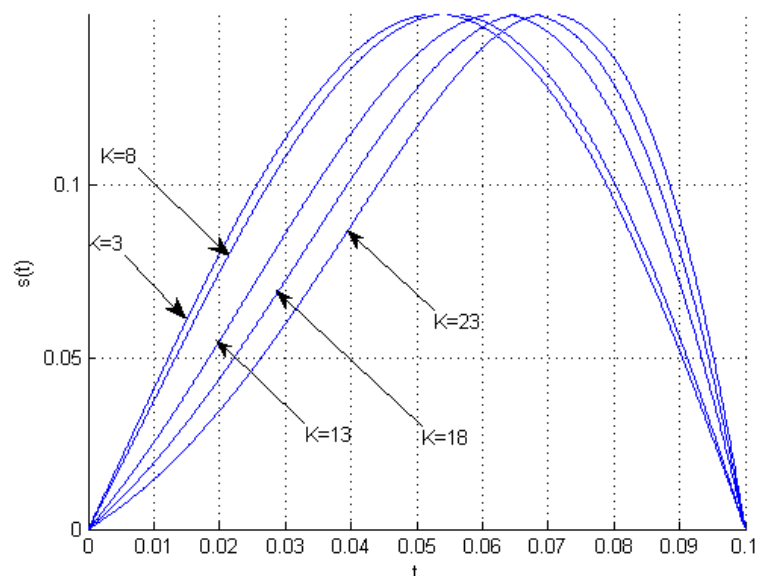


Рис. 3.11. Реалізація добутку експоненти і синуса

Отже 1-ша складова хвиля тестового радіосигналу подібна реалізації рис.3.12 з від'ємною амплітудою, тому її математичний опис буде аналогічний виразу 3.14.

Перша хвиля тестового радіосигналу описується наступним виразом:

$$s_1(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t) e^{-tK_1}, \quad (3.15)$$

Перша хвиля тестового радіосигналу має також плавний характер наростання, з від'ємною амплітудою коливання.

Результат виразу 3.15 зображено на рисунку 3.12.

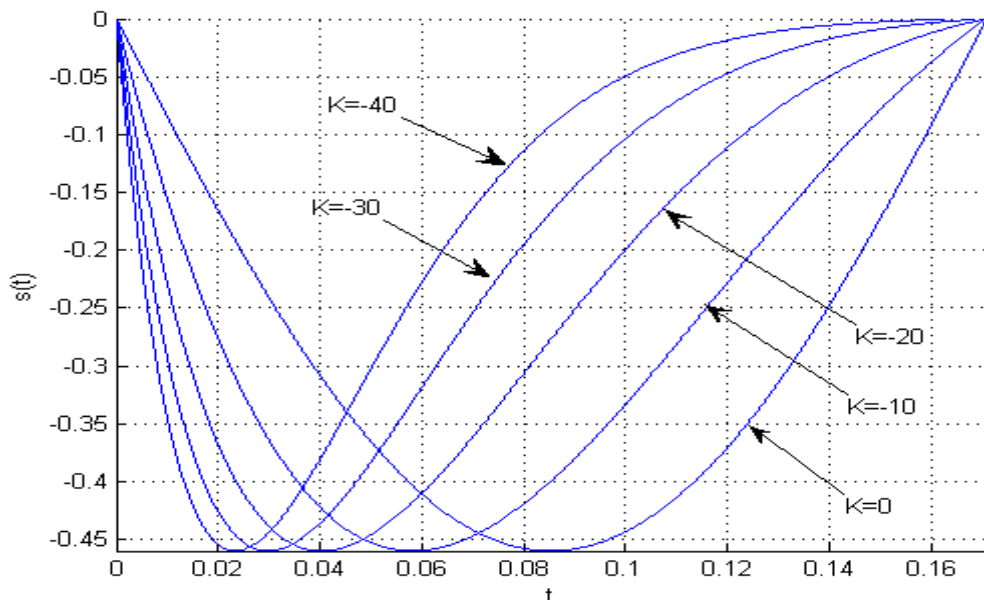


Рис 3.12. Модельована третьої хвилі тестового радіосигналу при різних коефіцієнтах нахилу

Друга хвиля РС подібна першій хвилі, але із додатною амплітудою, тому її математичний опис буде аналогічний виразу 3.15.

Друга хвиля описується наступним виразом:

$$s_2(t) = A_2 \sin(2\pi f_2 t) e^{-tK_2}, \quad (3.16)$$

Результат моделювання 2-ої хвилі згідно виразу (3.16) зображено на рис.3.13.

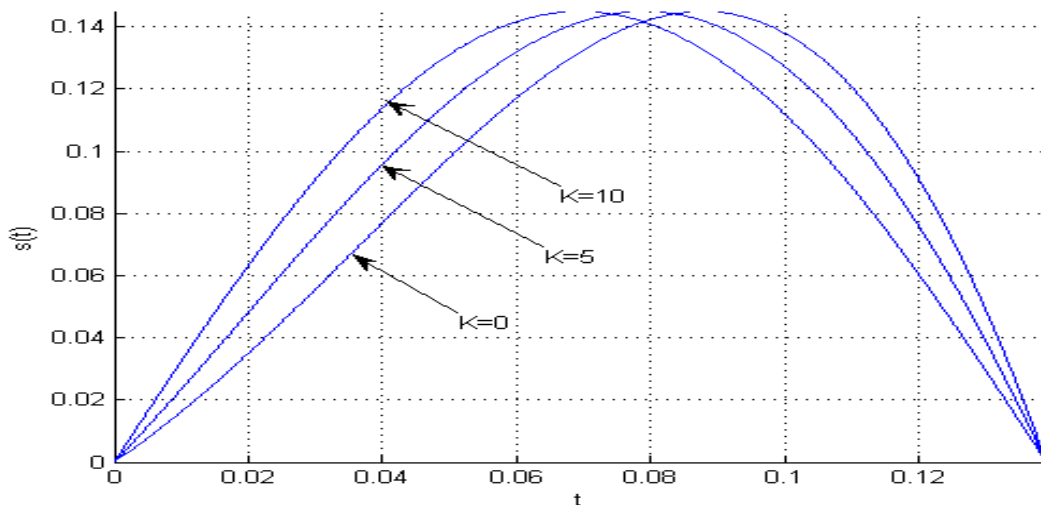


Рис. 2.13. Моделювання шостої хвилі тестового радіосигналу при різних K_2

Третя хвиля аналогічна першій хвилі і описується виразом:

$$s_3(t) = A_3 \sin(2\pi f_3 t) e^{-tK_3}, \quad (3.17)$$

Результат виразу 3.17 зображено на рисунку 3.14.

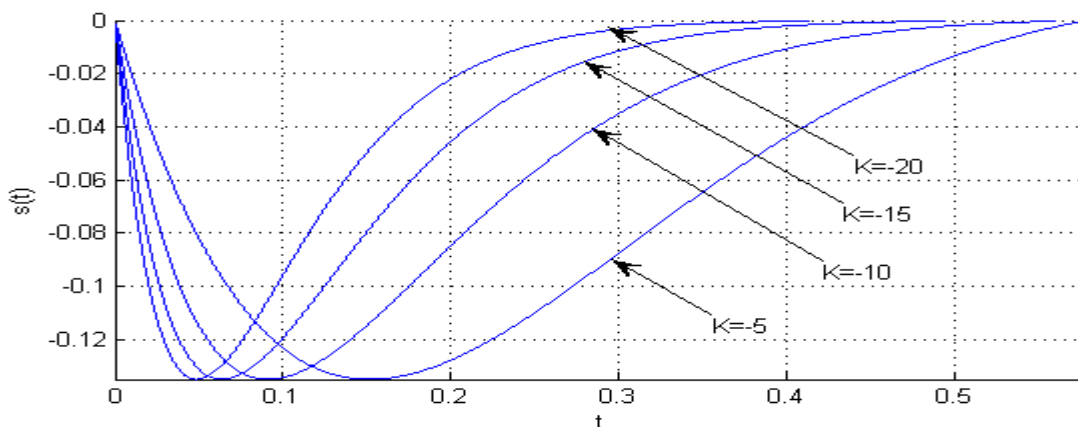


Рис. 3.14. Модельована третьої хвилі тестового радіосигналу при різних коефіцієнтах нахилу

Четверта хвиля тестового радіосигналу аналогічна 2-ій хвилі тестового радіосигналу і представляє собою синусоїдальне коливання із експонентційним затуханням в кінці інтервалу часу.

Опишемо четверту хвилю тестового радіосигналу за допомогою наступного виразу:

$$s_4(t) = A_4 \sin(2\pi f_4 t) e^{-tK_4}, \quad (3.18)$$

де A_4 – амплітуда 4-ої хвилі тестового радіосигналу, f_4 – частота коливання 4-ої хвилі, t – час, K_4 – коефіцієнт наростання хвилі тестового радіосигналу.

Результат моделювання виразу (3.18) зображено на рис. 3.15 при різних коефіцієнтах нахилу K .

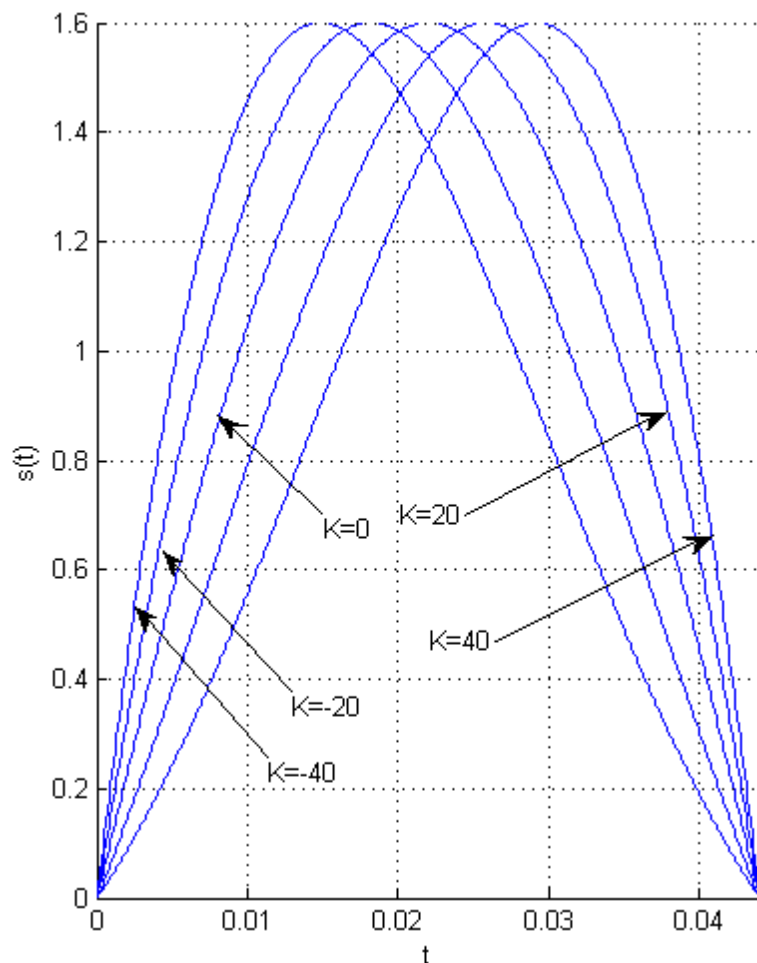


Рис. 3.15. Реалізація змодельованої четвертої хвилі тестового радіосигналу

Об'єднання усіх чотирьох функцій (вирази 3.15-3.18) в одну, згідно алгоритму генерування та виразу 3.11 з стохастичними параметрами часу та амплітуд, забезпечує процедуру отримання реалізації тестового радіосигналу в часовому просторі повтору T (рис. 3.8) з підібраними коефіцієнтами нахилу K_1 , K_2 , K_3 , K_4 .

Отже, з вище сказаного, стверджено, що тестовий радіосигнал в межах повтору T на певному часовому просторі веде себе як синусоїда з визначеними на її кінцях експонентційними затуханнями цього простору. Тому використовуючи вище сказане, побудовано модель у вигляді синусоїдального коливання із експонентційним затуханням на визначених часових рівнях в межах повтору T , яка врахує всі вище наведені параметри (амплітуди хвиль і їх часові тривалості) (параметрична ідентифікація).

Значення амплітуд та їх часових інтервалів тестового радіосигналу є випадковими, тому внесення випадкової величини в вираз (2.6) є доцільним.

Оскільки тестовий радіосигнал є не тільки випадковим, а ще й і повторним процесом, тому актуальним є, генерувати тестовий радіосигнал на k -их повторях, що дасть змогу наблизити генерований тестовий радіосигнал до реального сигналу.

3.5 Висновки до розділу 3

У розділі розроблено метод генерування тестових радіосигналів на основі його моделі імітаційної виду синусоїдального коливання із експонентційним затуханням з епізодами його часової трансляції та повторності. Така модель враховує параметри амплітуд, часів, стохастичності і повторності. На основі моделі тестового радіосигналу розроблено алгоритм його генерування та перевірено коректності його роботи при тестування алгоритмічного забезпечення систем радіотехнічних.

РОЗДІЛ 4

КОМП'ЮТЕРНЕ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ РАДІОСИГНАЛІВ

4.1 Блок-схема комп'ютерного генерування тестових радіосигналів

Комп'ютерного генерування тестових радіосигналів складається з двох частин:

- генератор тестових радіосигналів;
- оболонка комп'ютерної програми, яка забезпечує зв'язок оператора з програмою генерування тестових радіосигналів.

Блок-схему генерування тестових радіосигналів зображено на рис.4.1.



Рис. 4.1. Блок-схема генератора тестових радіосигналів

Основою блок схеми є генерування послідовності числових даних із значеннями складових хвиль y_1, \dots, y_4 тестового радіосигналу, а також генерування масиву часів під змінні i_1, \dots, i_4 . В подальшому згенеровані дані об'єднуємо в єдину послідовність, а саме $y=[y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4]$ та $i=[i_1 \ i_2 \ i_3 \ i_4]$.

Для організації повторності усі вище наведені операції повторюються k -ту кількість раз, яка дорівнює кількості повторів тестового радіосигналу. Обчислені значення y для кожного повтору об'єднуємо в одну спільну послідовність s та піддаємо АМ-модуляції з подальшою адитивністю шуму $s=s+n$.

Блок-схему оболонки комп'ютерної програми, яка забезпечує зв'язок оператора з програмою генерування тестових радіосигналів, наведено на рис.4.2.

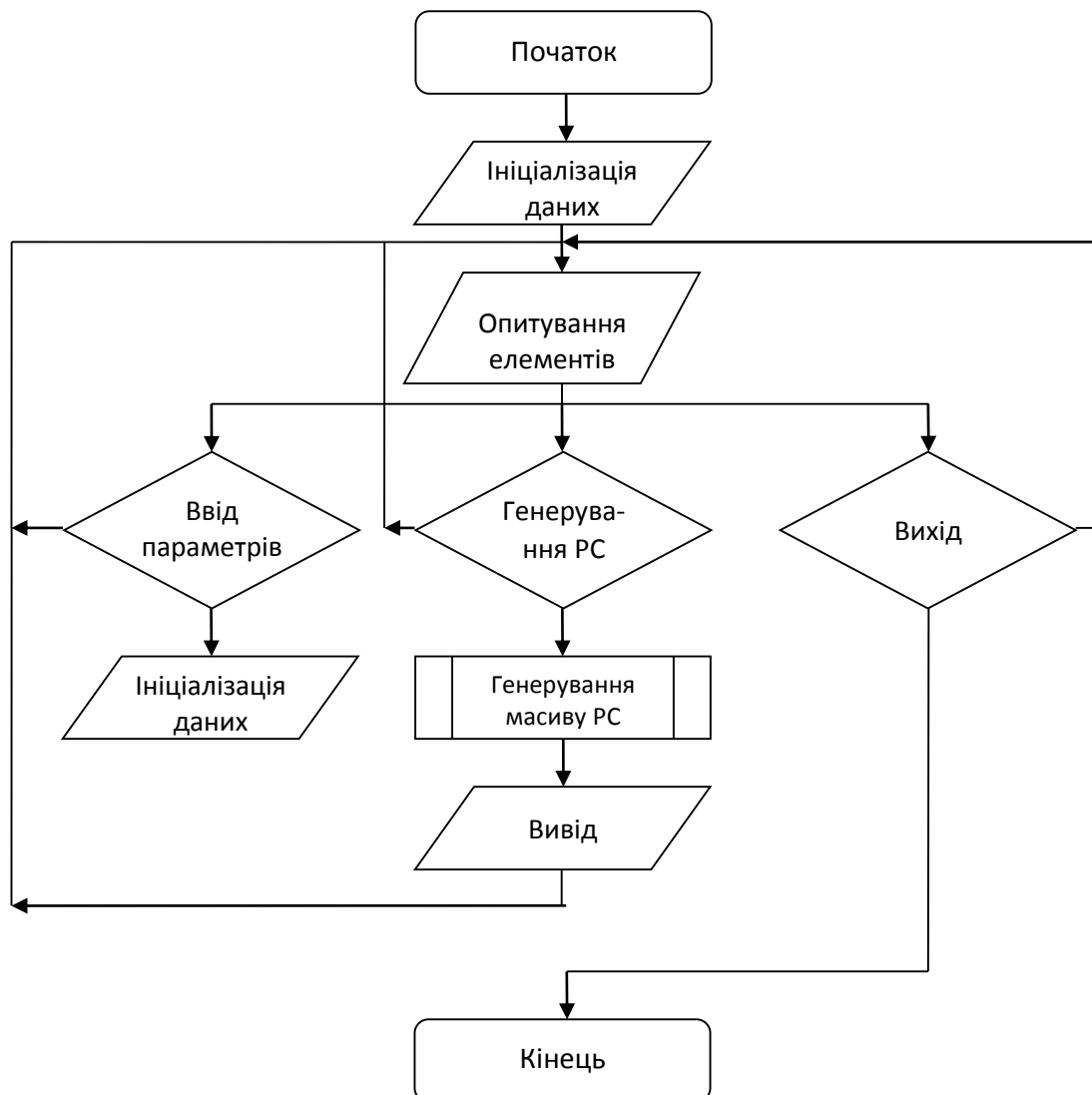


Рис. 4.2. Блок-схему оболонки комп'ютерної програми генерування тестових радіосигналів

Розроблені блок-схеми забезпечують розробку комп'ютерної програми генерування тестових радіосигналів.

4.2 Розробка програмного забезпечення генерування тестових радіосигналів

4.2.1 Розробка програми функції генератора радіосигналу. Основою даної програми є генератор тестового радіосигналу, в основі якого лежить вирази (3.5), (3.11) та блок-схема (рис. 4.1).

За допомогою мови програмування MATLAB створено основну функцію, яке буде створювати масив значень функції (3.11) під змінною **RS** і значення послідовності часу під змінною **i**:

```
function [i_RS RS]=imit_RS(A_RS,t_RS,kk_RS,dt_RS,ddA_RS,ddt_RS,N_RS);
```

Основними вхідними даними даної функції є змінні **A_RS** - масив амплітуд хвиль тестових радіосигналів, **t_RS** - масив тривалостей відповідних хвиль тестових радіосигналів, **kk_RS** – коефіцієнти нахилу хвиль тестових радіосигналів, **dt_RS** - крок дискретизації тестових радіосигналів, **ddA_RS** – величина відхилення амплітуди хвиль тестових радіосигналів, **ddt_RS** – величина відхилення часових інтервалів t тестових радіосигналів, **N** – кількість повторів тестових радіосигналів.

Сама транскрипція програми для даної функції наведена в додатку А

Функція **nargin** програмно перевіряє загальну кількість вхідних аргументів функції генерування тестових радіосигналів, якщо менше семи то видається повідомлення (**Введіть 7 аргументів**):

```
if nargin<7, error('Введіть 7 аргументів'); end; % перевірка арг.
```

Задаємо початкове значення послідовності **RS**, за допомогою виразу **RS=[]**. Для того, щоб забезпечити кількість повторів тестових радіосигналів необхідно використати цикл.

Задаємо значення стохастичності **rA(1)-rA(7)** для амплітуд **A_RS (1)-A_RS (7)** складових хвиль тестових радіосигналів:

```

for k=1:4                                % Цикл хвиль тестових радіосигналів
    rA(k)=normrnd(0,ddA_RS);              % Стохастичність
    A_RS(k)=A_RS (k)+rA(k);              % Адитивність стохастичності
end;                                     % Цикл хвиль (завершення)

```

Оскільки амплітуда першої хвилі тестових радіосигналів на практиці є завжди рівною або більше нуля, тому нижче наведеним скриптом забезпечимо цю умову:

```

if A_RS (1)>0 A_RS (1)=-A_RS(1); end; % амплітуда першої хвилі

```

Числимо значення стохастичності **rt(1),...,rt(4)** для інтервалів часу хвиль тестових радіосигналів **t_RS (1)-t_RS (4)**, при умові якщо відхилення часу відмінне від нуля:

```

if ddt_RS>0                                % перевірка наявності стохастичності
T=sum(t_RS);                                % об'єднаний масив часу
rt(1)=normrnd(0,ddt_RS);                    % стохастичність часу 1-ої хвилі РС
t_RS (1)=t_RS (1)+rt(1);                    % адитивність стохастичності часу 1-ої хвилі РС
tN(1)=round(t(1)/dt);                        % ціла частина відліків часу 1-ої хвилі РС
t_RS (1)=tN(1)*dt;                          % перехід від відліків до часу 1-ої хвилі РС
rt(2)=normrnd(0,ddt_RS);                    % стохастичність часу 2-ої хвилі РС
t_RS (2)=t_RS (2)+rt(2);                    % адитивність стохастичності часу 2-ої хвилі РС
tN(2)=round(t(2)/dt);                        % ціла частина відліків часу 2-ої хвилі РС

```

```

t_RS (2)=tN(2)*dt;           % перехід від відліків до часу 2-ої хвилі РС
rt(3)=normrnd(0,ddt_RS);    % стохастичність часу 3-ої хвилі РС
t_RS (3)=t_RS (3)+rt(3);    % адитивність стохастичності часу 3-ої хвилі РС
tN(3)=round(t(3)/dt);      % ціла частина відліків часу 3-ої хвилі РС t_RS
(3)=tN(3)*dt;              % перехід від відліків до часу 4-ої хвилі РС
rt(4)=normrnd(0,ddt_RS);    % стохастичність часу 4-ої хвилі РС
t_RS (4)=t_RS (4)+rt(4);    % адитивність стохастичності часу 4-ої хвилі РС
tN(4)=round(t(4)/dt);      % ціла частина відліків часу 4-ої хвилі РС
t_RS (4)=tN(4)*dt;         % перехід від відліків до часу 4-ої хвилі РС
end;                         %кінець визначення стохастичності параметрів

```

Задаємо змінній **i1_RS** масив часу для 1-ої хвилі тестового радіосигналу, і також задаємо частоту коливання синуса для напівперіоду під змінною **f1_RS**.

```

i1_RS =0:dt:t_RS (1); f1_RS =2*t(1);    % Часовий простір першої хвилі РС

```

Після задання необхідних вхідних параметрів для генерування 1-ої хвилі, під змінною **y1_RS** записуємо програмно вираз (3.11):

```

y1_RS =sin(2*pi*i1_RS /f1_RS).*exp(i1_RS *kk_RS (1)); %Перша хвиля

```

Для забезпечення введеного значення амплітуди хвилі **A_RS (1)**, яке змінилося після операції перемноженні експоненти на синус, перемножимо масив значень **y1_RS** на коефіцієнт відновлення амплітуди **K_RS**:

```

K_RS =A_RS (1)/max(y1_RS); y1_RS =y1_RS.*K_RS; % Коефіцієнт відновлення

```

Аналогічно визначимо і решту значень масивів **y2_RS -y4_RS** інших амплітуд, і масиви значень часу масивів **i2_RS -i4_RS**:


```

l1=length(y);           % Довжина третьої хвилі тестового радіосигналу
l2=length(y)+length(y4)-1; % Спільна довжина 1-4 хвиль тестового РС
y(l1:l2)=y4;          % Четверта хвиля тестового радіосигналу
i=(0:(length(y)-1))*dt; % Подання в області часу, перехід від відліків

```

Обчисленні значення сформовано в єдину послідовність даних, відповідно значення хвилі записано під масив **RS**, а масив числових значень часу записано під змінну масиву **i**.

Одержаний масив значень тестового радіосигналу у об'єднуємо із масивом **RS**:

```

RS=[RS y];           % Об'єднання хвиль тестового радіосигналу

```

Повторення вище зображених операцій в циклі **N** забезпечить одержання послідовності тестового радіосигналу:

```

for u=1:N           % Цикл генерування тестового радіосигналу
%генерування u-го повтору тестового радіосигналу
end;               % Кінець циклу генерування тестового радіосигналу

```

4.2.2 Розробка оболонки програми генерування тестового радіосигналу. Для створення відповідної оболонки програми генерування тестового радіосигналу використаємо утиліту **GUDE**, яка складовою частиною **MATLAB**.

Створення оболонки програми генерування тестового сигналу в середовищі візуального програмування **GUIDE** розпочинається командою **guide**, результатом якої буде відображення вікна діалогового (рис.4.3).

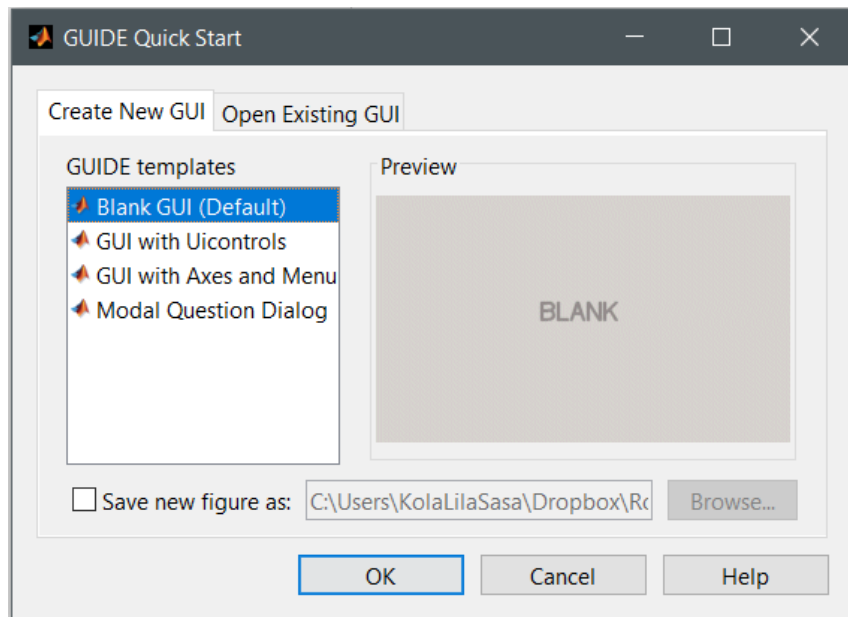


Рис. 4.3. Діалогове вікно guide при розробці оболонки

Вибір форми оболонки генератора тестових радіосигналів за замовчування має зображення виду, яке подано рис.4.4.

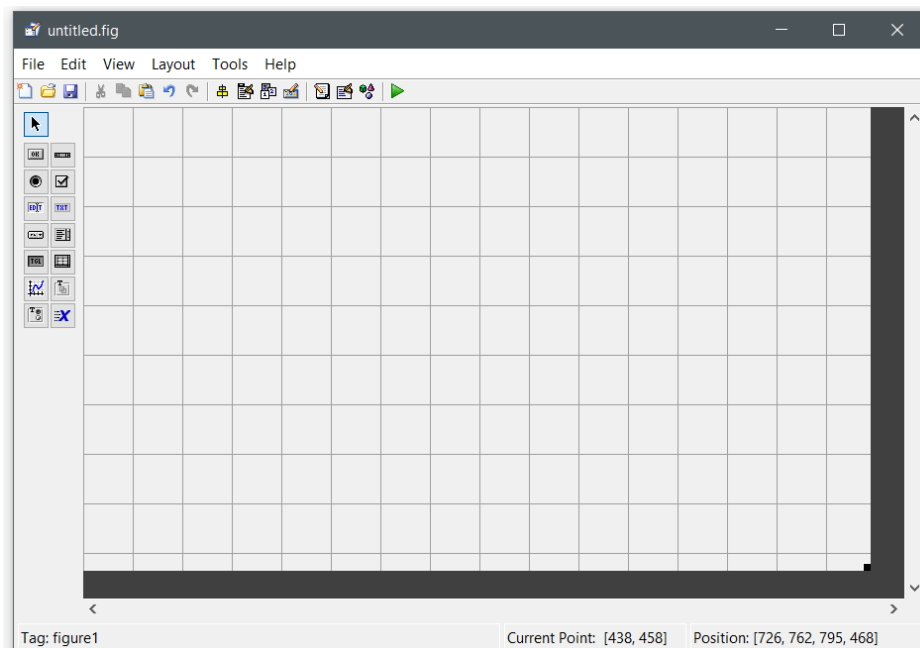


Рис. 4.4. Робоче діалогове вікно

Використання усіх графічних інструментів guide забезпечило розробку оболонки програми генерування тестових радіосигналів, яку наведено на рис.4.5.

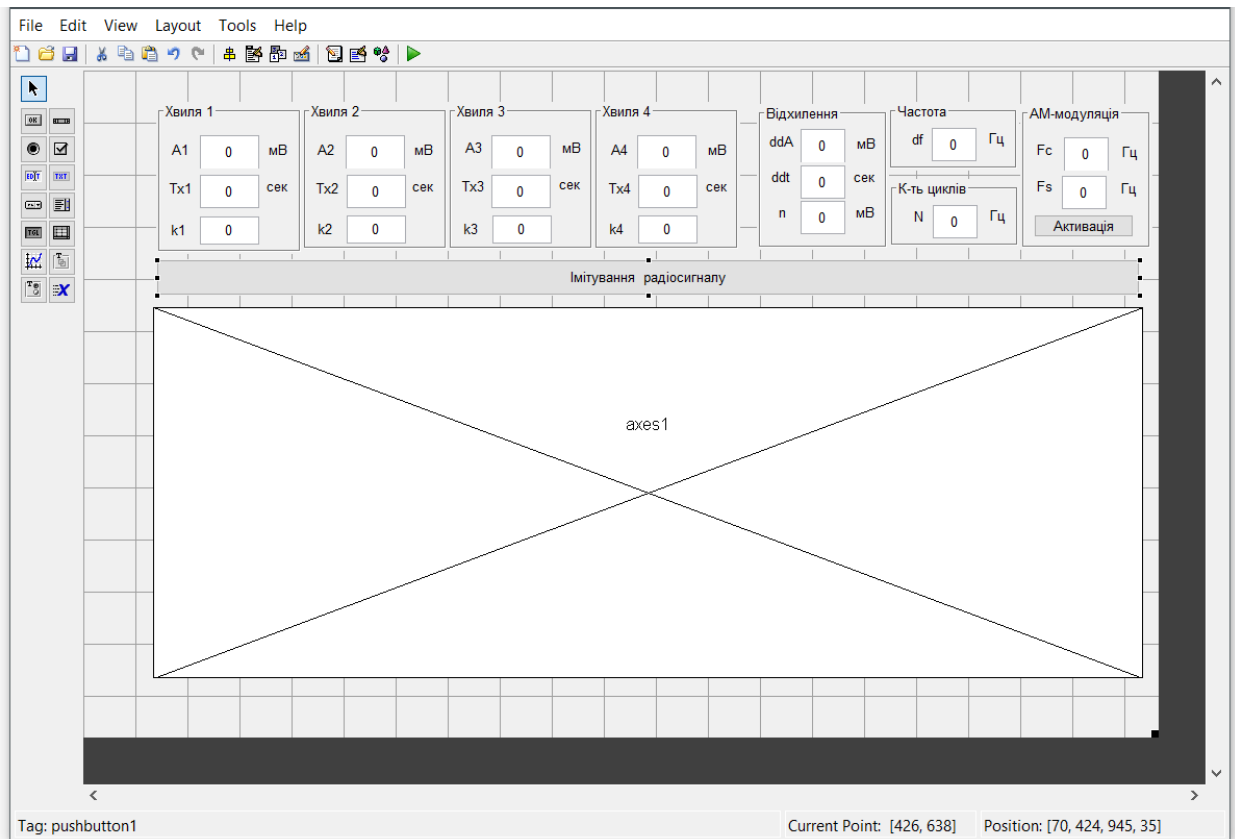


Рис. 4.5 Оболонка генератора тестових радіосигналів

При розробці оболонки застосовано елементи вводу, виводу (тексту та графіки), а також елемент кнопки для активації режиму генерування тестових радіосигналів.

Кожному елементу автоматично у відповідність створюється функція програмного типу, де вводиться відповідний код її виконання. Зокрема під кнопкою генерування/імітування буде згенеровано код функції **pushbutton1_Callback**, де буде інтегровано код генерування відповідних хвиль радіосигналу.

Виділимо основні операції програми генерування тестового радіосигналу, а увесь текст програми наведено в додатку записки.

Зокрема, перед початком генерування тестового радіосигналу відбувається процес зчитування параметрів генерування, такі як амплітуда, час, число повторів та стохастичність.

Для генерування застосовуємо програму функцію `imit_RS(A_RS,t_RS,k_RS,dt_RS,ddA_RS,ddt_RS,N_RS)` для імітування РС, яку описано в п.4.2.1:

```
[RS t]=imit_RS(A_RS,t_RS,k_RS,dt_RS,ddA_RS,ddt_RS,N_RS); % генератор РС
```

Код `plot` забезпечує візуальне зображення генерованого тестового радіосигналу:

```
plot(t,x); % відображення результату генерування радіосигналу тестового
```

Для подальшого збереження даних генерованого радіосигналу у файл, його дані перезаписуємо в глобальну пам'ять.

```
data(1,:)=t; % Масиву часу РС
data(2,:)=RS; % Масив значень амплітуд РС
set(об'єкт кнопки,'userdata',data); % Глобальна пам'ять кнопки
```

Для збереження даних генерованого тестового радіосигналу розроблено меню оболонки в Menu Editor, яке подано на рис. 4.6.

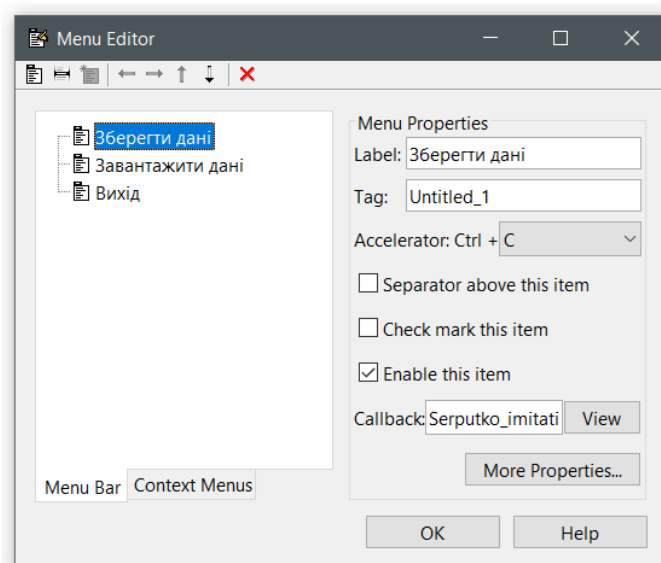


Рис. 4.6. Меню оболонки програми генерування тестового радіосигналу

Основними операторами програмними при збереженні даних було використано вікно форми [зміна назви файлу, зміна директорії розташування файлу] = **uiputfile**(файлове розширення, назва вікна діалогового) та власне сам запис у файл **dlmwrite**(шлях збереження файлу PC, масив даних PC, 'пустий рядок'). Цей процес збережено під функцією **Untitled_1_Callback**, яка має наступний код:

```
[назва, шлях до файлу] = uiputfile('.dat', 'Зберегти дані моделі'); % Вікно
dir=[pathname filename] % Шлях до файлу збереження
data=get(handles.pushbutton1,'userdata'); % зчитування даних PC
dlmwrite(dir,data,' '); % Запис даних тестового радіосигналу у файл
```

Результат вікна збереження генерованих даних тестового радіосигналу наведено на рис.4.7.

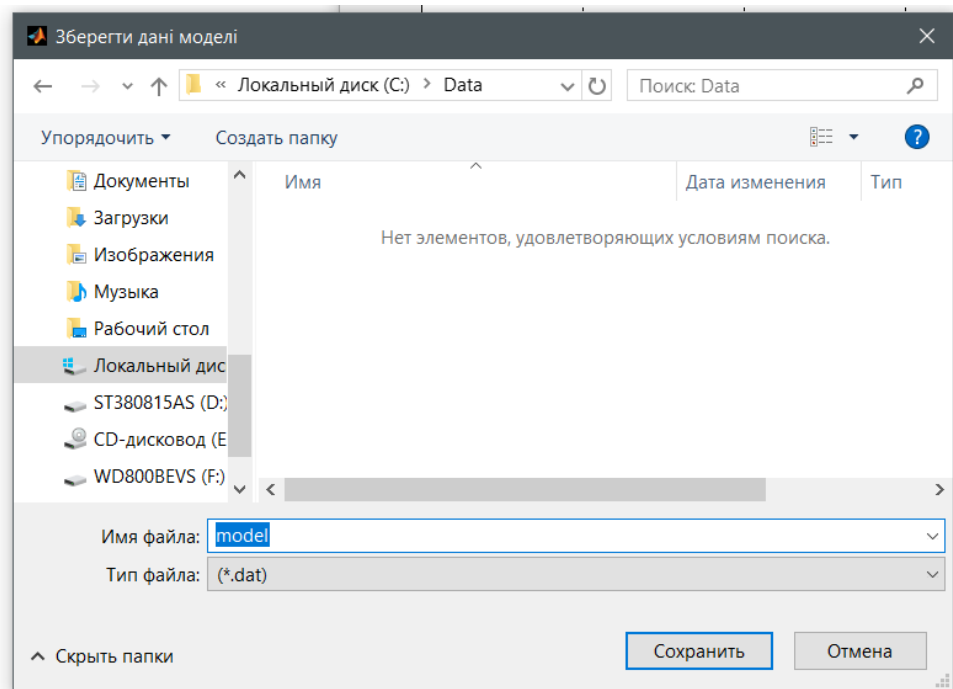


Рис. 4.8. Вікно збереження даних тестового радіосигналу

4.3 Результати генерування тестового радіосигналу

Результат роботи генератора тестового радіосигналу для одного простору без шумів та стохастичності наведено на рис.4.9

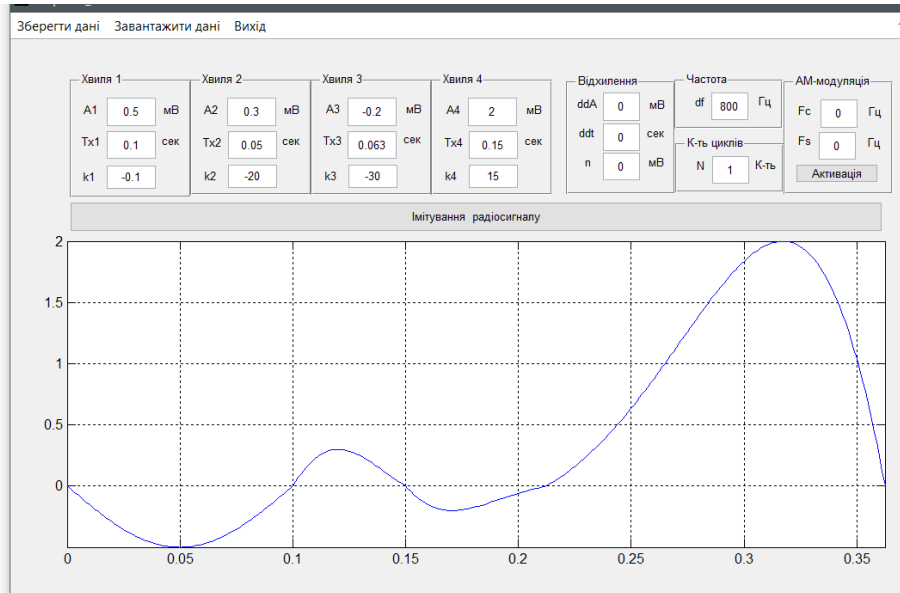


Рис. 4.9. Результат генерування тестового радіосигналу

Наведемо декілька реалізацій тестових радіосигналів з різною кількістю повторів (рис. 4.10-4.12).

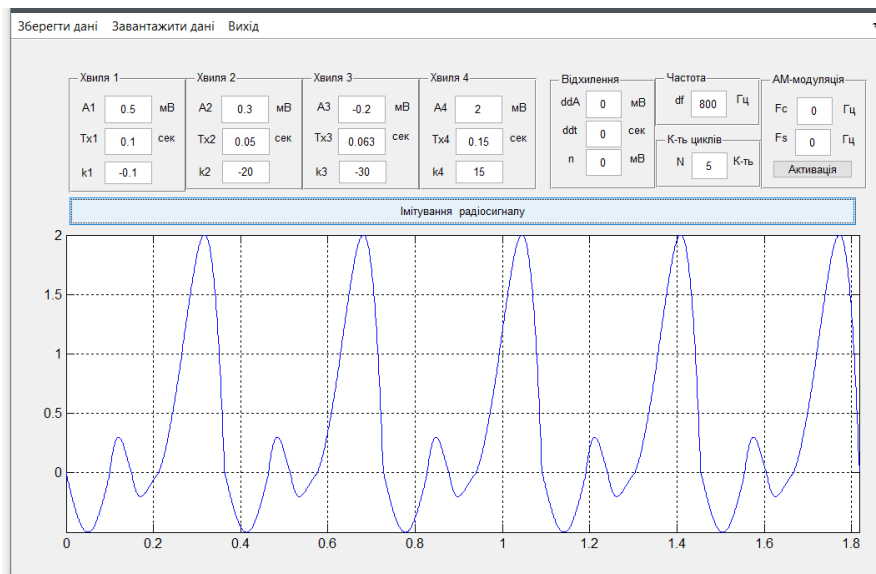


Рис.4.10. Результат генерування тестового радіосигналу при N=5

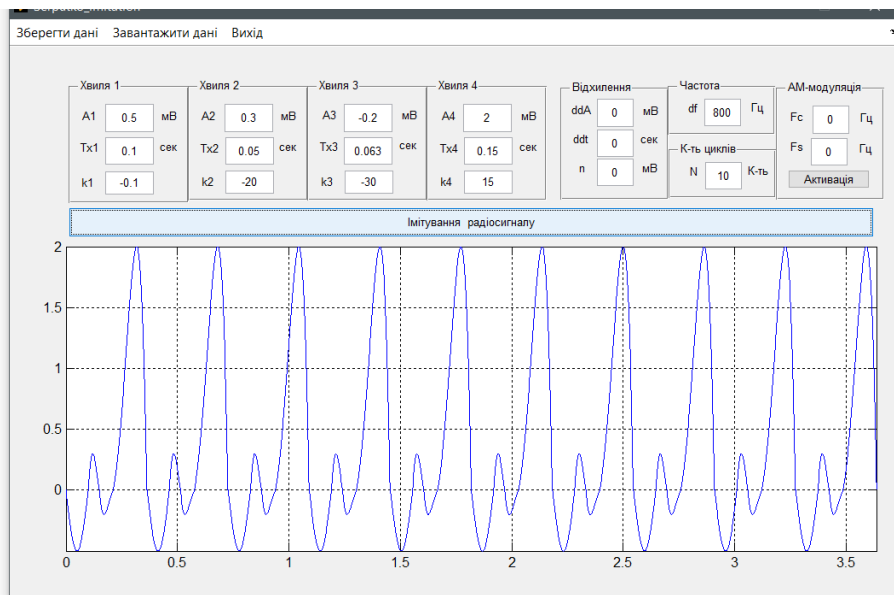


Рис. 4.11. Результат генерування тестового радіосигналу при N=10

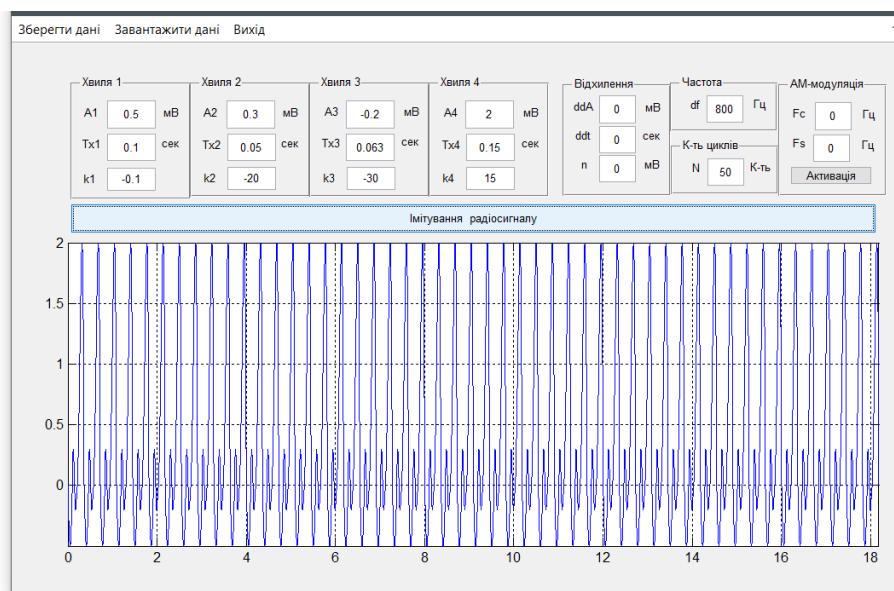


Рис. 4.12 Результат генерування тестового радіосигналу при N=50

Результат генерування тестового радіосигналу із стохастичними параметрами моделі зображено на рис.4.13-4.14

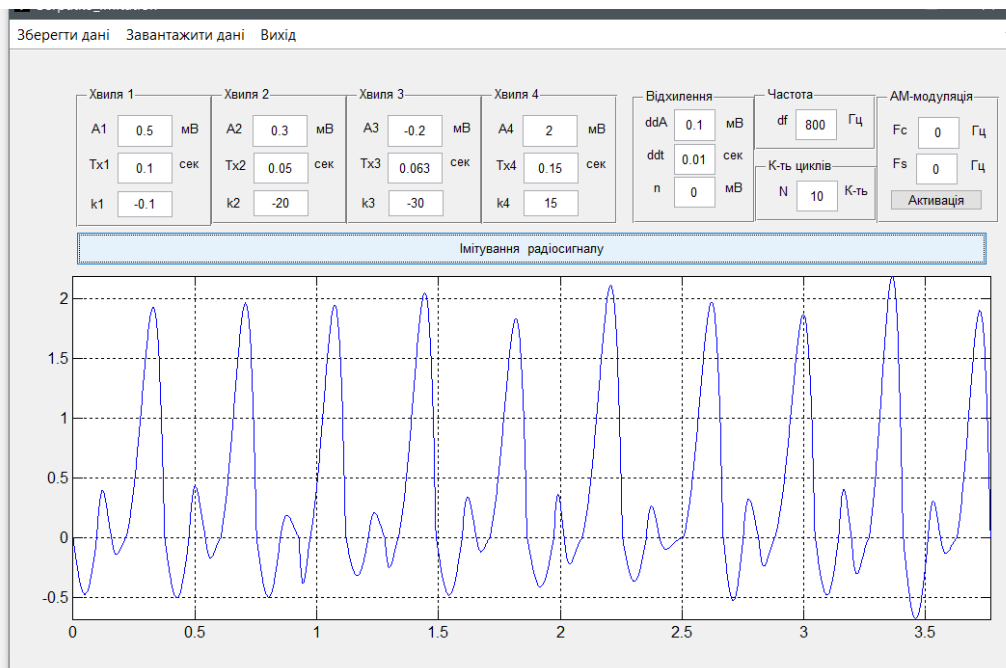


Рис. 4.13. Результат генерування тестового радіосигналу при $N=10$

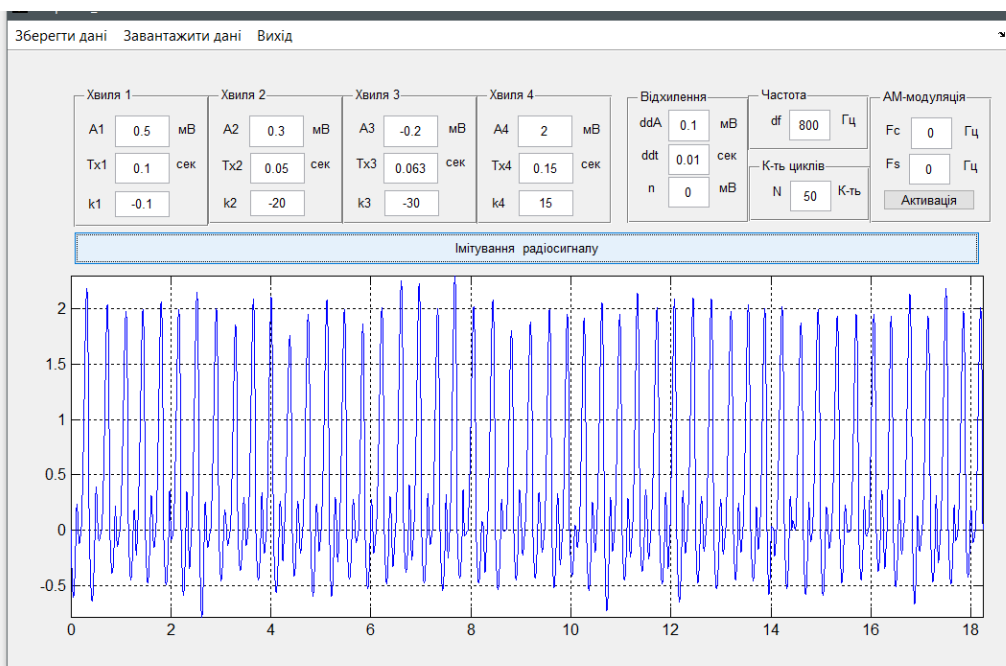


Рис. 4.14. Результат генерування тестового радіосигналу при $N=50$

Результати генерування тестового радіосигналу із стохастичними параметрами моделі та адитивністю впливів зовнішнього шуму зображено на рис.4.15-4.16.

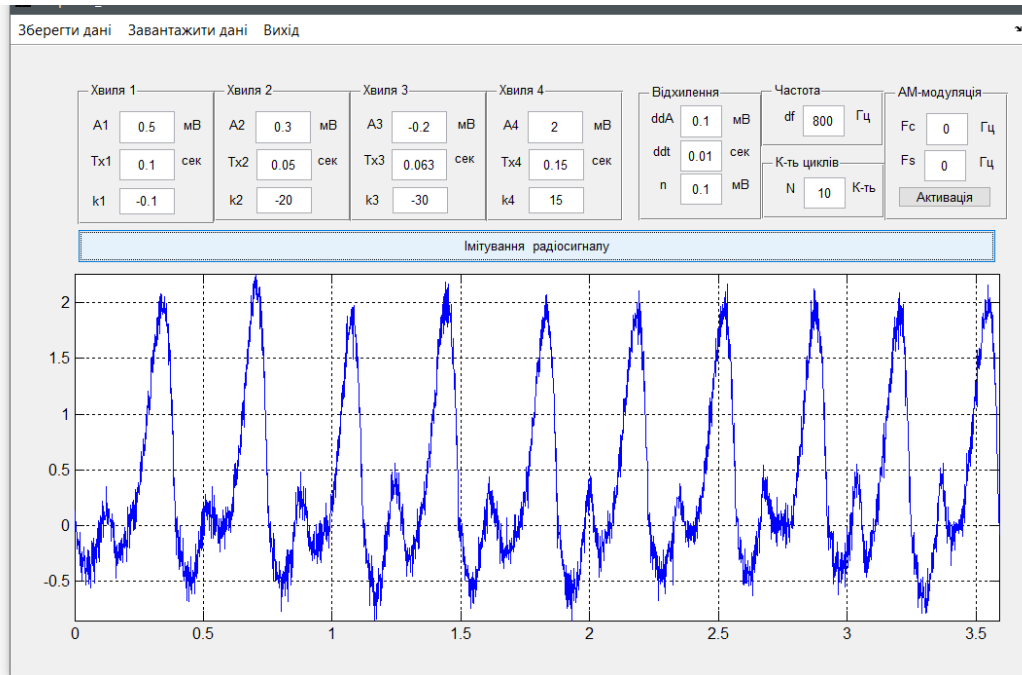


Рис. 4.15. Результат генерування тестового радіосигналу $N=10$ та дисперсії шуму $0,1\text{мВ}^2$

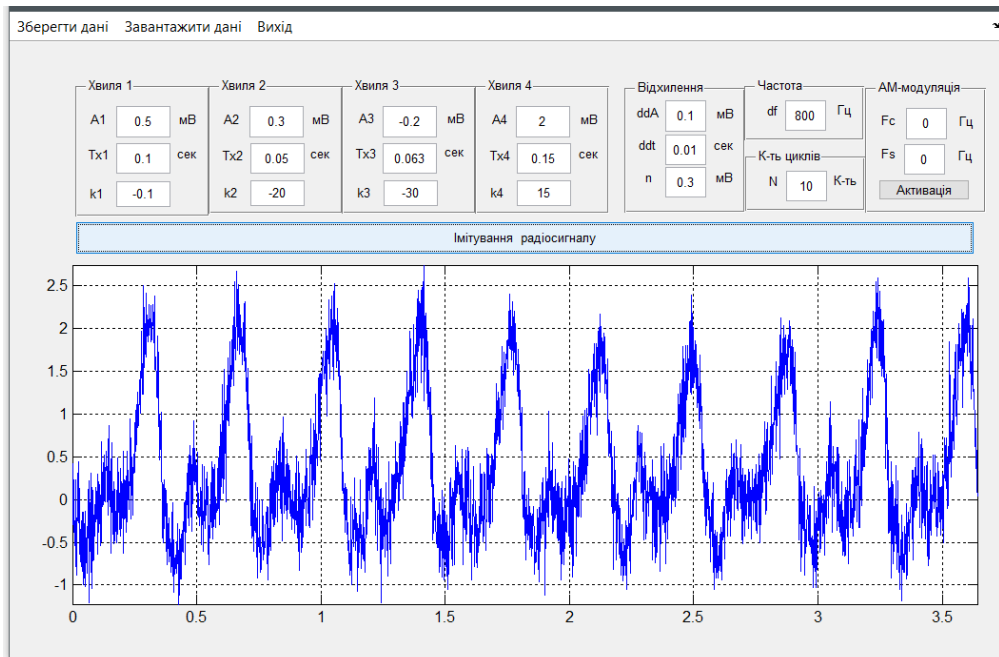


Рис. 4.16. Результат генерування тестового радіосигналу при $N=10$ та дисперсії шуму $0,3\text{мВ}^2$

Результати Результат генерування тестового радіосигналу амплітудно-модульованого із параметрами моделі стохастичними та адитивністю впливу зовнішніх шумів зображено на рис.4.17-4.20.

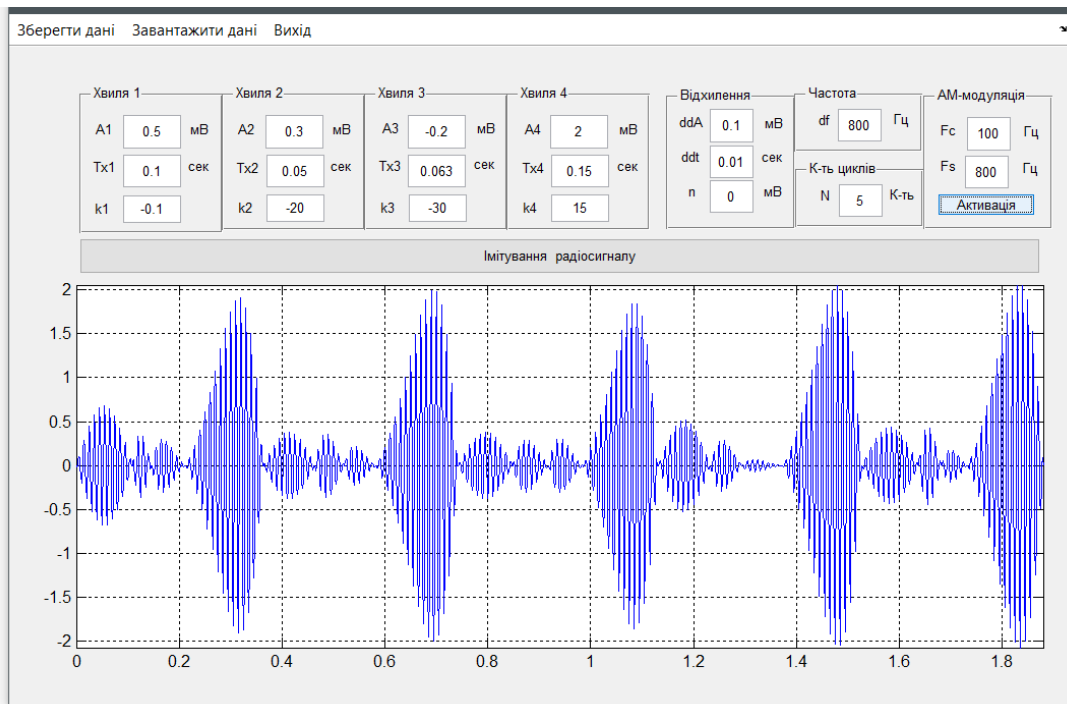


Рис. 4.17. Результат генерування тестового радіосигналу при $N=5$ без впливу зовнішнього шуму

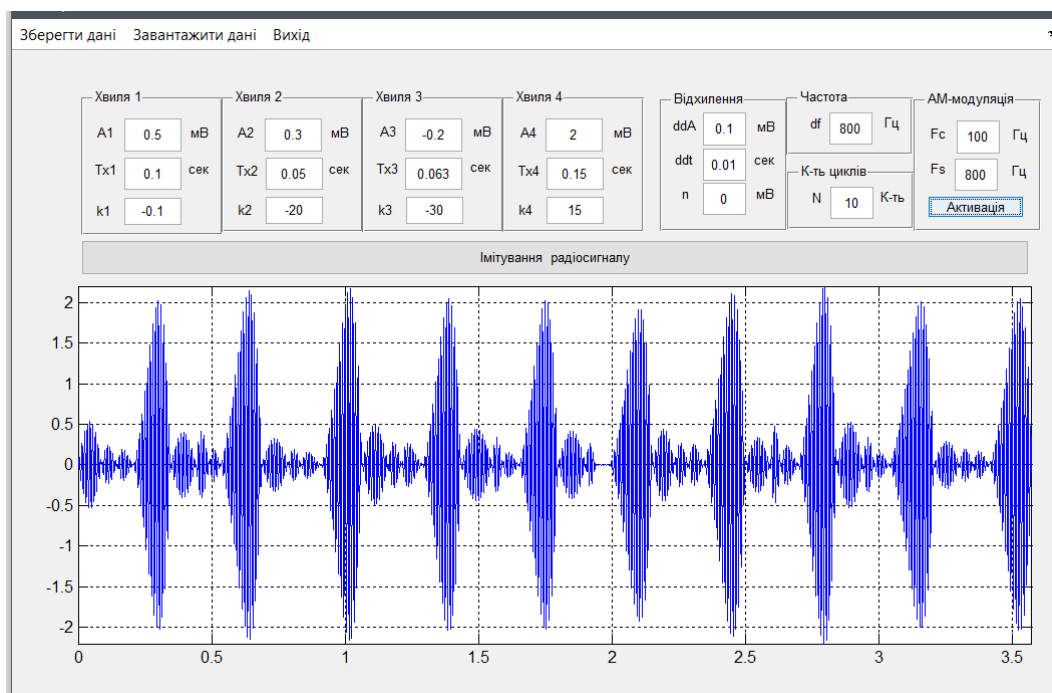


Рис. 4.18. Результат генерування тестового АМ-радіосигналу при $N=10$ без впливу зовнішнього шуму

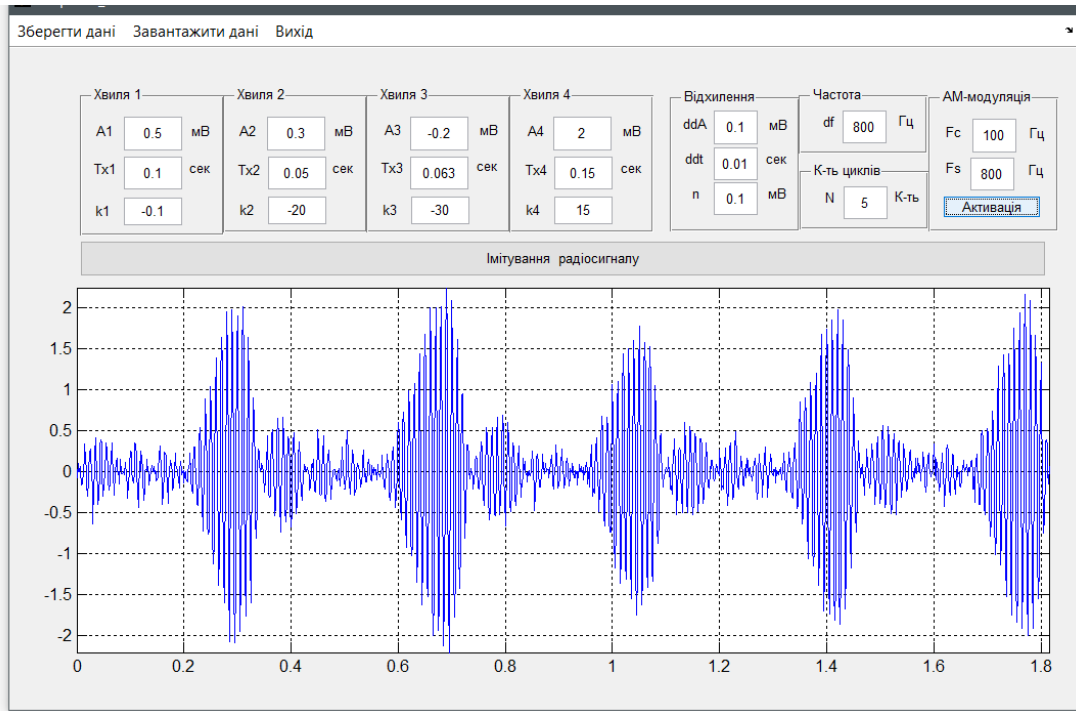


Рис. 4.19. Результат генерування тестового АМ-радіосигналу при $N=5$ та дисперсії шуму $0,1\text{мВ}^2$

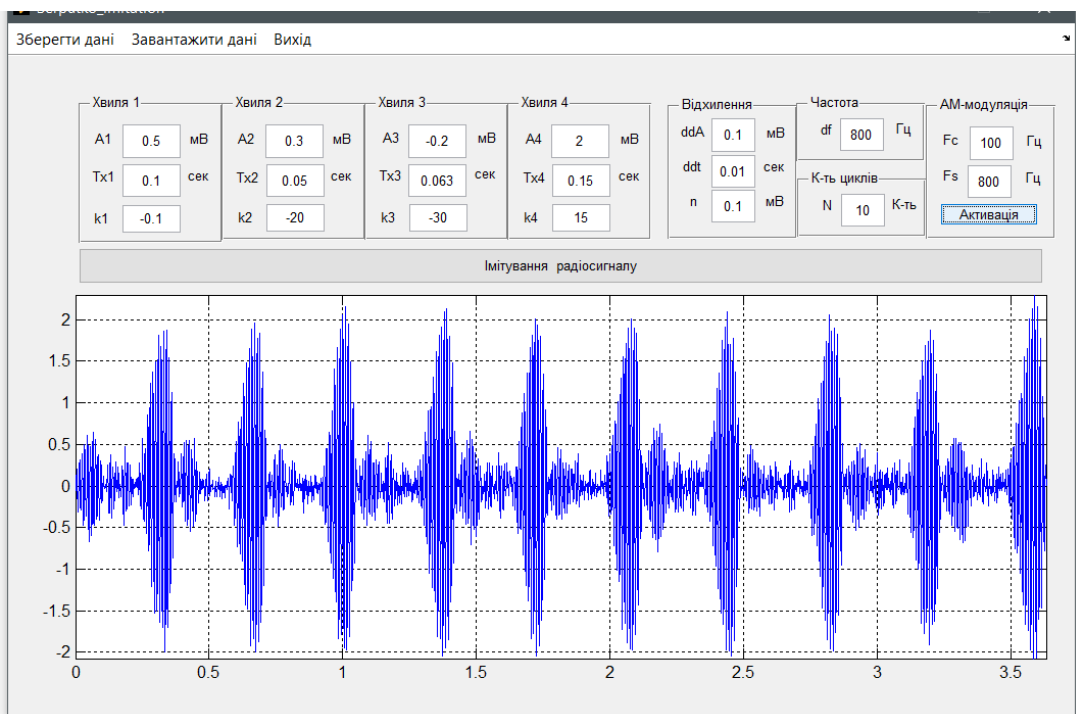


Рис. 4.20. Результат генерування тестового АМ-радіосигналу при $N=10$ та дисперсії шуму $0,1\text{мВ}^2$

4.4. Висновки до розділу 4

У розділі розроблено блок-схему генерування радіосигналу тестового як інструменту розроблення забезпечення програмне із оболонкою для оператора цієї програми. Розроблене забезпечення уможливило здійснення процесу генерування тестових радіосигналів у каналах радіозв'язку з різноманітними параметрами як детермінованими так і стохастичними. Розроблений генератор забезпечує процес тестування забезпечення алгоритмічного систем радіотехнічних.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Призначення системи комп'ютерної програми MATLAB

Комп'ютерна математична система MATLAB (Matrix Laboratory) є універсальним програмним середовищем для виконання науково-дослідницьких та технічних розрахунків практично необмеженої складності. Як мова програмування, MATLAB була розроблена Клівом Моулером у кінці 1970-х років, у той час, коли він був деканом факультету комп'ютерних наук в Університеті Нью-Мексико. Метою цієї розробки була задача дати студентам факультету можливість використання програмних бібліотек Linpack і Eispack без необхідності вивчення мови програмування FORTRAN. Незабаром нова мова розповсюдилася серед інших університетів і була з великим інтересом прийнята вченими, що працюють в галузі прикладної математики. Дотепер в Інтернеті можна знайти версію 1982 року, написану на мові FORTRAN, яка розповсюджена з відкритим вихідним кодом [4]. У 1983 році під час візиту Кліва Моулера в Стенфордський Університет відбулося його знайомство з інженером Джоном Літтлом. Спільними зусиллями вони переписали MATLAB на мову C і заснували в 1984 компанію The MathWorks для подальшого розвитку цієї програми. Переписані на C бібліотеки довгий час були відомі під ім'ям JASCRAS. Спочатку система MATLAB широко використовувалася для викладання лінійної алгебри та чисельних методів, а також для проектування систем управління, але швидко завоювала популярність в багатьох інших наукових та інженерних галузях.

Нині система може використовуватися для розрахунків у багатьох галузях науки і техніки, таких як електро- і радіотехніка, динаміка, акустика, енергетика, економіка та ін. MATLAB є незамінним помічником у виконанні матричного аналізу, під час розв'язування завдань математичної фізики, статистичних,

оптимізаційних і фінансово-економічних завдань, у дослідженні й обробці сигналів і зображень, візуалізації даних, наукової і технічної графіки.

Проте найбільшою мірою система орієнтована на виконання інженерних розрахунків, оскільки її математичний апарат спирається на обчислення з матрицями і комплексними числами. MATLAB містить багато процедур і функцій, необхідних під час виконання складних числових розрахунків і моделювання технічних і фізичних систем.

Основною перевагою системи MATLAB є її відкритість. Іншими словами, процедури і функції MATLAB можна не тільки використовувати, але і модифікувати. Користувач має можливість вводити в систему нові команди або функції, створювати власні програми і процедури або адаптувати існуючі процедури відповідно до своїх потреб. Цьому сприяє проста вбудована мова програмування системи MATLAB. Проте набір вбудованих функцій MATLAB настільки обширний, що для розв'язання більшості завдань важко не знайти відповідну функцію.

Більшість команд і функцій системи зберігаються у вигляді текстових файлів із розширенням `.m` (так званих `m`-файлів). Зустрічаються також файли на мові C. Усі ці файли, як уже наголошувалося, доступні для редагування. Користувач може створювати як окремі файли, так і цілі бібліотеки файлів, що робить число команд і функцій практично необмеженим, так що MATLAB можна розглядати як майже відкритий програмний продукт. Згадані `m`-файли можна створювати як за допомогою редактора `m`-файлів системи MATLAB, так і будь-якого іншого текстового редактора, наприклад в Microsoft Word. Створені користувачем `m`-файли використовуються так само, як і вбудовані в MATLAB процедури і функції.

Крім роботи з програмами, обчислення за допомогою середовища MATLAB можна виконувати «в режимі калькулятора», тобто отримувати результат відразу ж після введення потрібного оператора або команди.

Графічна галерея системи пропонує величезний набір різних дво- і тривимірних графіків, достатній для візуалізації найрізноманітніших даних. З її

допомогою можна малювати лінії, поверхні, стовпчикові, кругові та інші діаграми. Водночас допускається вибір кольору, заливки, способу відображення ліній, поверхонь, масштабу, системи координат і безліч інших параметрів, необхідних для тонкого настроювання графіків. Зображення можна додатково забезпечувати поясненнями, графічними елементами і навіть складними математичними формулами, а після зберігати їх у внутрішньому форматі (з розширенням .fig) або в популярних графічних форматах.

Система MATLAB містить розроблені пакети розширень з додатковими функціями для їх використання під час розв'язування спеціалізованих завдань. Такі пакети називаються *Toolboxes*. Після встановлення системи MATLAB користувач може вибірково завантажити потрібні йому пакети.

5.2. Склад комп'ютерної програми MATLAB

Система MATLAB є об'єднанням математичного ядра, що включає мову програмування високого рівня, бібліотеки стандартних функцій, графічного інтерфейсу користувача і довідкової системи (рис. 5.1).

Application Development Tools – інструментальні засоби розробки додатків, що дозволяють створювати незалежні програмні продукти. До складу інструментальних засобів входять: MATLAB Compiler, MATLAB Web Server, MATLAB Runtime Server, MATLAB COM Builder і MATLAB Excel Builder.

За допомогою MATLAB Compiler, значно вдосконаленого в останній версії, майже будь-яку (з дуже незначними обмеженнями) програму на мові MATLAB можна на вибір перетворити у виконуваний модуль, бібліотеку C і C++, надбудову Microsoft Excel і COM-об'єкт (для створення двох останніх необхідні модулі Builder for Excel і Builder for COM відповідно).

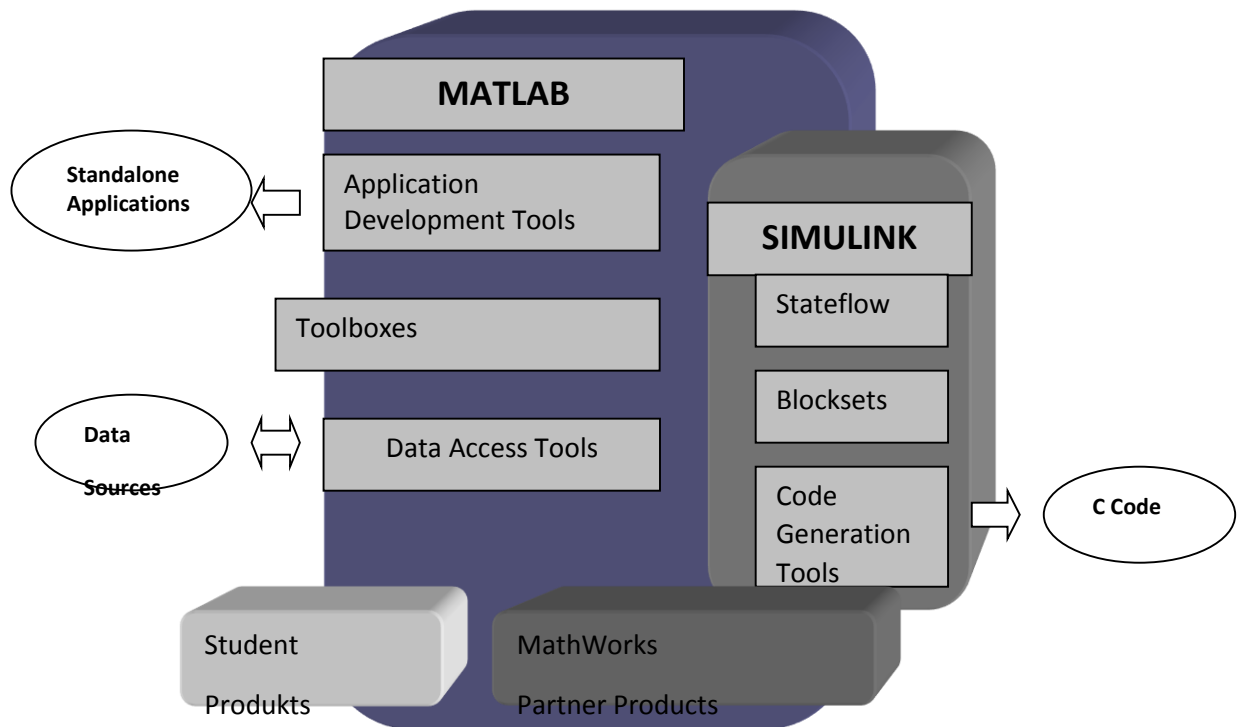


Рис. 5.1. Склад системи MATLAB

Модуль MATLAB Web Server дозволяє користувачам системи MATLAB розробляти додатки для роботи у Web, що використовують стандартні компоненти MATLAB. HTML-документи служать графічним інтерфейсом для розподілених додатків MATLAB. Таким чином, користувачам додатку не обов'язково знати систему MATLAB, більш того, сама система у них може бути навіть не встановлена.

MATLAB RunTime Server – це обчислювальний процесор системи MATLAB, поширюваний разом із додатком MATLAB для підтримки його функціонування. Він дозволяє будь-який створений користувачем додаток MATLAB легко і без великих витрат перетворити на незалежний продукт і поширювати, не турбуючись про збереження кодів.

Toolboxes – пакети розширення, які призначені для збільшення можливостей систем MATLAB і SIMULINK у спеціалізованих галузях: Математика (Math and Analysis), Імпорт даних (Data acquisition and import), Обробка сигналів і зображень (Signal and Image Processing), Проектування систем управління (Control Design), Фінансові додатки (Financial Modelling and Analysis).

Data Acquisition and Access Tools – інструментальні засоби обміну даними, що застосовуються для обміну даних із зовнішніми пристроями (осцилографами, генераторами періодичних сигналів та ін.), базами даних (Oracle, Access) і іншими додатками.

MATLAB Student Version – студентська версія системи MATLAB, яка дає можливість студентам придбати MATLAB, SIMULINK і пакети символічної математики Symbolic/Extended Math Toolbox із значними знижками. Інформацію про вартість студентських версій системи MATLAB можна отримати на сайті <http://www.mathworks.com>.

Simulink – інтерактивний інструмент для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти.

Stateflow – середовище розробки і моделювання кінцевих автоматів.

Blocksets – набори спеціалізованих блоків, що розширюють можливості використання стандартної версії SIMULINK. Їх використання дозволяє моделювати складні механічні системи, системи гідро-, пневмо- і електроавтоматики.

Code Generation Tools – інструментальні засоби створення коду призначені з метою перетворення блок-схеми моделі, реалізованої в Simulink, в оптимальний код на мові програмування C для його подальшого запису у вмонтовані додатки.

Math Works Partner Products – пакети розширення, випущені партнерами фірми MathWorks Inc. Вони є надбудовою над стандартним набором пакетів розширення, що входять в систему MATLAB.

5.3 Висновки до розділу 5

У розділі описано програму MATLAB як програмне середовище для проведення експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 6

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок усіх витрат на виконання НДР, яке пов'язано із розробленням програми генератора тестових радіосигналів, дає можливість встановити її собівартість або кошторисну вартість.

Розрахунок витрат на проведення робіт по темі в розрізі типових статей кошторисної вартості (калькуляції собівартості) НДР наведено по тексту.

6.1.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату виконавців теми. Крім цього, слід враховувати, що для теми, яка фінансується за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі дослідження (табл. 6.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Загальна трудомісткість робіт, що виконуються безпосередньо студентом, визначається навчальним планом спеціальності магістра 172 «Телокомунікації та радіотехніка».

Таблиця 6.1

Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Науковий керівник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1	2	3	4	5	7	8
1. Уточнення теми та наукового дослідження	1	–	–	–	–	1
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	1	–	–	–	–	1

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
3. Розроблення математичної радіосигналів	1	–	–	–	–	1
4. Розроблення методу, алгоритму та програмного забезпечення генерування тестових радіосигналів	1	–	–	–	–	1
5. Генерування тестових радіосигналів	1	–	–	–	–	1
6. Формування звіту по НДР	1	–	–	–	–	1
Разом за виконавцями теми	6	–	–	–	–	6

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 6.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців НДР розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

Таблиця 6.2

Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1. Науковий керівник	1	4289,70	202,34	3237,44
2. Студент	1	1302	61,42	1289,82
Разом оплата праці з теми				4527,26

6.1.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску, які здійснює організація – виконавець теми в пенсійний фонд в розмірі 37,26%, що становить 1686,86 грн. від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі, які наведено в табл.6.2.

6.1.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті прикладних інформаційних систем та електроінженерії, передбачає використання, перш за все, електроенцефалографа, комп'ютерів для обробки електроенцефалографічного сигналу та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.6.3

Таблиця 6.3

Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1. Персональний комп'ютер	шт	1	4250	4250
2. Принтер лазерний	шт	1	1000	1000
Загальні витрати на матеріали				5250

6.1.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується електроенцефалограф, освітлення, живлення, комп'ютерна техніка та оргтехніка []:

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де P_i – витрата i -го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

C_i - ціна за одиницю i -го виду матеріального ресурсу, грн.

i - вид матеріального ресурсу;

n - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (6.1), наведеною в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Витрати на електроенергію при виконанні НДР

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробку АІС, год	Ціна електроенергії, Грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	150	0,1	90	2,68	3618
Принтер лазерний	650	0,15	5	2,68	1306,5
Лампи світлодіодні (освітлення)	40	0,45	10	2,68	482,40
РАЗОМ витрати на електроенергію					5406,9

6.1.5 Витрати на службові відрядження. Дані витрати складаються із фактичних витрат на службові відрядження штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі, та деякі інші.

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язанні із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Приблизні витрати на службові відрядження

Тип відрядження	Кількість	Приблизна вартість відрядження
Конференція	2	800
Здача звітів НДР	1	100
Впровадження результатів НДР	2	800
Всього	–	1700

6.1.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.6.6).

Таблиця 6.6

Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1.Витрати на оплату праці	4527,26	Відповідно до розрахунків
2.Відрахування на соціальні заходи	1686,86	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3.Обладнання для проведення досліджень	5250	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	5406,9	Відповідно до розрахунків
5.Витрати на службові відрядження	1700	Відповідно до розрахунків
6.Інші невраховані прямі витрати по темі	1857,10	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7.Кошторисна вартість теми	20428,12	Сума попередніх статей

Кінцевим результатом науково-дослідницьких робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших видів ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість використання цих наукових знань в інших наукових напрямках та при розробці принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогностичний характер. Соціальний ефект заводить до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання тощо.

6.2 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується [25] визначати науковий та науково-технічний ефект, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності ($E_{нт}$) за допомогою формули [25]:

$$E_{нт} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\max}},$$

(6.2)

де B_i – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 6.7);

B_{ij} – середнє значення балу, який виставляється експертами і-му фактору;

B_{ij}^{\max} – максимально можливе значення балу (табл. 6.8);

i – порядковий номер фактору;

j – відповідна характеристика і-го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів НТЕ

Фактори (i)	Коефіцієнти вагомості (B_i)
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	0,25
2.Глибина наукового опрацювання	0,16
3.Ступінь ймовірності успіху	0,09
4.Перспективність використання результатів	0,25
5.Масштаб можливої реалізації результатів	0,15
6.Завершеність одержаних результатів	0,10
Разом	1,00

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 6.8.

Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

Фактори науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Розрахунок B_{ij}			B_{ij}^{\max}
		Експертні оцінки		B_{ij}	
		1	2		
1	2	3	4	5	6
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	6	6	6	18
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	6	6	6	18
3.Ступінь ймовірності успіху	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	6	6	6	18
4.Перспективність використання результатів	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	8	8	8	24
5.Масштаб можливої реалізації результатів	До 2 років	10	10	10	30
6.Завершеність одержаних результатів	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	6	6	6	18

Розраховане за формулою 6.2 значення E_{nm} буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{nm} = \frac{0.25 \cdot 6 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 8 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,71.$$

Для загальної оцінки НДР використано дані табл. 6.9.

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності НДР

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності		Можливі рекомендації по результатам виконання НДР
Розраховане значення $E_{нт}$	Загальна якісна оцінка ефективності	
0,91-1,00	Відмінно	Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці
0,76-0,90	Дуже добре	
0,61-0,75	Добре	Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів
0,36-0,60	Достатня	Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі
Менш 0,35	Незадовільна	Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі

6.3 Висновки до розділу 6

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 20428,12 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,71 від максимального числа 1.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

7.1.1 Вимоги безпеки до лабораторних приміщень та обладнання для наукових досліджень. Навчальні прилади та вироби, призначені для лабораторних робіт і демонстрацій в кабінеті фізики, за способом захисту людини від ураження електричним струмом повинні задовольняти вимогам до приладів II класу (мати подвійну або посилену ізоляцію) або III класу (приєднуватися до джерел живлення з напругою, не вищою за 42 В).

Для забезпечення електробезпеки в електромережах кабінету фізики необхідно застосовувати їх електричне розділення.

Розділення електричної мережі на окремі розгалуження, які електрично не пов'язані між собою, слід виконувати за допомогою розподільного трансформатора.

Струмopрoвідні частини пристроїв, що встановлені в кабінеті фізики, треба надійно закривати захисними засобами (кожухами). Не дозволяється використовувати обладнання, прилади, проводи і кабелі з відкритими струмопровідними частинами.

Прокладання, закріплення, ремонт і приєднання проводів до споживачів і мережі слід виконувати тільки за умови вимкненої напруги. У місцях, де можливе механічне пошкодження проводів, кабелів, їх треба додатково захищати діелектричними засобами.

Щоб уникнути ураження електричним струмом у разі доторкування до патрона, гвинтову металеву гільзу патрона слід з'єднувати з нульовим, а не фазовим проводом, а однополюсні вимикачі, запобіжники треба встановлювати лише в розрив кола фазового проводу.

Трьохпровідну електричну мережу необхідно підводити до електрощита

керування. Електричний щит керування треба оснащувати кнопкою (рубильником) аварійного вимикання.

З електрощита управління лінію однофазного струму необхідно підводити через захисно-вимикаючий пристрій шкільний (ЗВПШ) до демонстраційного столу і пульта керування комплексом апаратури електропостачання. У цьому разі запобіжники і вимикачі треба ставити тільки в коло фазового проводу.

Обладнання необхідно вмикати послідовно від спільного вимикача до вимикачів кіл, що розгалужуються; останні в цьому випадку повинні бути вимкнені. Вимикають обладнання у зворотному порядку.

Не дозволяється використовувати нестандартні запобіжники. На запобіжниках повинен зазначатись номінальний струм.

Під час налагодження та експлуатації осцилографів і телевізорів необхідно особливо обережно поводитися з електронно-променевою трубкою, неприпустимі удари по трубці або потрапляння на неї розплавленого припою, бо від цього трубка може вибухнути.

Не дозволяється вмикати без навантаження випрямлячі, бо можливе нагрівання електролітичних конденсаторів фільтра, що може призвести до вибуху.

Не дозволяється перевищувати межі допустимих частот обертання відцентрової машини, універсального електродвигуна, обертового диску, що зазначені в технічних описах. Під час демонстрування необхідно стежити за справністю усіх кріплень у цих приладах. Щоб запобігти травмуванню під час демонстрації цих пристроїв перед робочим місцем необхідно встановити захисний екран.

Для вимірювання напруги і сили струму вимірювальні прилади слід з'єднувати провідниками з надійною ізоляцією, що мають одно-, двополюсні вилки. Приєднувати вилки (щуп) до схеми потрібно однією рукою, а друга рука не повинна торкатися шасі, корпусу приладу, пристроїв та інших електропровідних елементів. Особливо треба бути обережним при роботі з друкованими схемами, для яких характерні малі відстані між сусідніми

провідниками друкованої плати.

Відповідно до Типової інструкції з охорони праці при проведенні робіт з лазерними апаратами, затвердженої наказом Міністерства охорони здоров'я СРСР від 26.05.88 № 06-14/20 (НАОП 9.1.50-5.01-88), не дозволяється експлуатувати лазерну установку без захисного заземлення, необхідно обмежити екраном поширення променя вздовж демонстраційного стола. Не дозволяється робити будь-які регулювання, якщо знята верхня частина корпусу.

7.1.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконанні науково-дослідної роботи. Оскільки під час проведення науково-дослідної роботи використовується персональний комп'ютер, як основна складова, тому у розділі розглянуто питання аналізу шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером.

За даними вчених [44], у користувачів ПК за кілька годин до закінчення робочого часу передчасно знижується працездатність і розвивається втома. У 48% обстежених працівників обчислювальних центрів було виявлено невротичні розлади: погіршення пам'яті, знесилення, серцебиття, негативні дисфункції, неувважність, неврастенія. В таблиці 7.1 вказані потенційно небезпечні на організм людини виробничі фактори.

Таблиця 7.1

Потенційно небезпечні виробничі фактори

Небезпечний фактор	Фактичні дані замірів	Нормовані значення
Рентгенівське випромінювання	12-15 мкР/год	75 мкР/год
Ультрафіолетове випромінювання	0-0.005 Вт/м ²	0.01 Вт/м ² 0.01 Вт/м ²
Видимий діапазон	0.1-2.0 Вт/м ² 2.5-4.0 Вт/м ²	10.0 Вт/м ²
Яскравість	75-80 кД/м ²	>50кД/м ²
ІЧ-випромінювання	0.15-5.0 Вт/м ²	100.0 Вт/м ²
Електростатичне поле	15 В/м	20-60 кВ/м
Шум	45-55 дБА	60 дБА

Оскільки екран монітора є джерелом світла, тому необхідно організувати освітлення та розташувати його так, щоб у полі зору користувача не було інших яскравих джерел світла, а також освітленість екрану не збільшувалась за рахунок будь-якого стороннього джерела світла.

Пофарбовані у світлі кольори меблі приміщення і великі вікна є додатковими джерелами світла.

У надто освітленому приміщенні погано видно невеликі букви і цифри на екрані монітора. Це викликає головний біль, погіршення зору, зниження концентрації, а також призводить до помилок у роботі через некоректне сприйняття інформації.

Спектр випромінювання комп'ютера містить у собі рентгенівську, ультрафіолетову й інфрачервону області спектра, а також широкий діапазон електромагнітних хвиль інших частот. Небезпека рентгенівських променів вважається зараз спеціалістами досить малою, оскільки цей вид променів поглинається склом екрана. Проте необхідно пам'ятати, що рентгенівське випромінювання, навіть мізерно малих інтенсивностей, сприяє іонізації повітря.

Інфрачервоне випромінювання шкідливо діє на зір, втомлюючи очі, при тривалій дії порушує нормальне сприйняття кольору оком. Рентгенівське випромінювання шкідливо впливає на кісткові тканини і кровотворні функції кісткового мозку. Електромагнітне випромінювання, яким супроводжується показ зображення на моніторі комп'ютера, негативно впливає на органи зорового сприйняття людини. Основні джерела електромагнітного випромінювання вказані в таблиці 7.2 [44].

Таблиця 7.2

Основні джерела електромагнітного випромінювання

Джерело	Діапазон частот (перша гармоніка)
Монітор мережний трансформатор блока живлення	50 Гц
Статичний перетворювач напруги в імпульсному блоці живлення	20 - 100 кГц
Анодна напруга монітора, (тільки для моніторів із ЭЛТ)	0 Гц (електростатика)
Системний блок (процесор)	50 Гц - 1000 МГц
Джерела безперебійного живлення	50 Гц, 20 - 100 кГц

Відеотермінали випромінюють електромагнітні хвилі в дуже широкому діапазоні. У радіодіапазоні вони продукуються катодною трубкою; основне ж джерело - горизонтальні і вертикальні відхиляючі котушки, які забезпечують сканування електронного променя по екрані в діапазоні 15 - 35 кГц. На відстані 50 мм від екрана напруженість електричного поля має значення від одиниць до 10 В/м, а магнітна індукція - від 10^{-8} до 10^{-7} Тл. Відеотермінали випромінюють також змінні електричні і магнітні поля з частотою 50 або 100 Гц і їхні гармоніки. В таблиці 4.3 наведено гігієнічні норми впливу високовольтного електромагнітного поля (ЕМП).

Таблиця 7.3

Гігієнічні норми впливу високовольтного ЕМП

Напруженість електричного поля, В/м	Час перебування людини в електричному полі протягом однієї доби, хв.
менше 5	Без обмеження
від 5 до 10	Не більш 180
від 10 до 15	Не більш 90
від 15 до 20	Не більш 10
від 20 до 25	Не більш 5

Під час роботи комп'ютерів суттєво зменшується в робочій зоні кількість негативно заряджених іонів. Це обумовлено дією електричних полів, насамперед електростатичного. За санітарними нормами рівень концентрації аероіонів, відхилення від якого складає небезпеку здоров'ю людини знаходиться в діапазоні від 600 АІ (аероіонів) до 50000 АІ в куб.см. В таблиці 7.4 наведено рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК.

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ² куб. повітря	
	n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 - 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Тривале вдихання повітря, що містить надлишок позитивних іонів, приводить до головної болі і запаморочення, до так званого "синдрому постійної втоми. Збільшується рН крові, порушується процес протікання хімічних реакцій на клітинному рівні (метаболізм). Надлишок позитивних іонів - причина функціональних порушень роботи щитовидної залози, порушення обміну речовин. На цьому фоні виникають депресії, стани тривоги і занепокоєння, безсоння.

7.1.3 Забезпечення нормальних умов праці на робочому місці. При плануванні та організації робочого місця дослідника, який виконує науково-дослідну роботу, згідно санітарних норм, існує ряд правил, які необхідно виконувати для забезпечення нормальної працездатності упродовж усього робочого дня. Монітори комп'ютерів орієнтовані так, щоб кількість бліків була мінімальна, а відстань до очей оператора оптимальна. На рисунку 7.1 показана схема організації розміщення робочого місця користувача ПК [44].

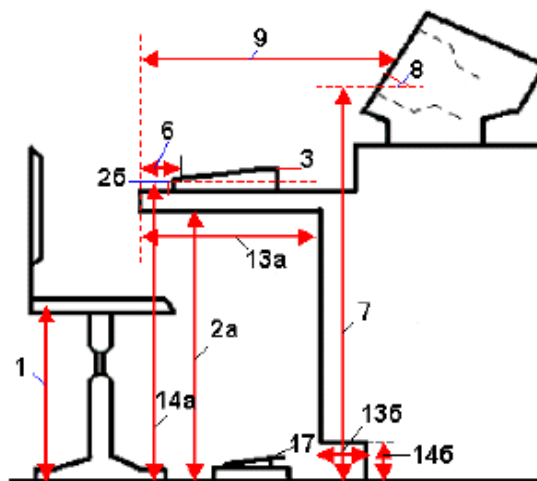


Рис. 7.1. Основні просторові параметри робочого місця користувача ПК

На рисунку 7.2 показані джерела електромагнітного випромінювання ПК.

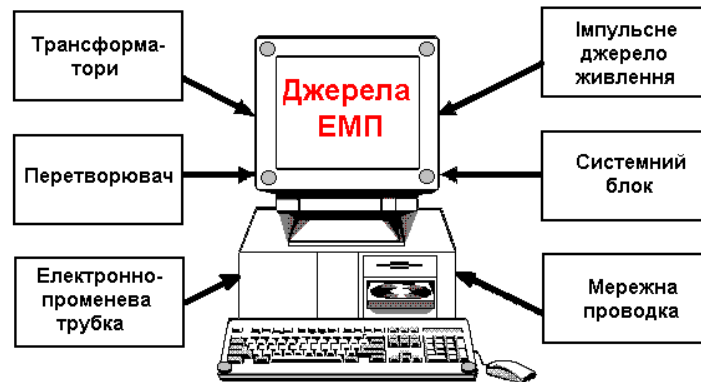


Рис. 7.2. Джерела електромагнітного випромінювання ПК

Площу приміщень, в яких розташовують відеотермінали, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом: площа - не менше 6,0 м², обсяг - не менше 20,0 м³, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Нормування параметрів середовища проводять з урахуванням характеру трудової діяльності, особливостей механізму впливу на організм робітників чинників зовнішнього середовища та ступеня важкості і напруженості праці. Зокрема, під час виконання робіт, які передбачають розробку концепцій нових програм, рівень шуму не повинен перевищувати 40 дБА, під час виконання операторської діяльності - 65 дБА. Рівень шуму під час роботи ЕОМ у дисплейних залах не перевищує 50 дБА, а рівні звукового тиску в октавних полосах частот з середньгеометричними значеннями 63, 125, 250, 5000, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц - відповідно повинні складати не більш, ніж 71,61, 54, 49, 45, 42, 40 та 38 дБ [44].

Приміщення, що оснащені дисплеями (ділянки підготовки даних, дисплейні зали), мають північну або північно-східну орієнтацію. Коли у діючих обчислювальних центрах такі приміщення орієнтовані переважно на південні, південно-західні або південно-східні румби, передбачають обов'язкове розташування на вікнах сонцезахисних пристроїв (жалюзі, штори). В приміщеннях, які оснащені відеотерміналами, стіни пофарбовані у кольори

пастельних тонів з коефіцієнтом відбиття, що знаходиться у межах 40-60%. Забарвленню поверхонь надано матову фактуру.

Робочі місця, які обладнані ПК, розташовують таким чином, щоб у поле зору користувача не потрапляли вікна та освітлювальні прилади. Тому відеотермінали розміщено під кутом 90-105° до площини зовнішньої стіни. В поле зору користувача ПК не повинні потрапляти і інші поверхні робочого приміщення, які мають властивості віддзеркалювання. Співвідношення яскравості екрана та поверхонь, які оточують, повинно складати 5:1, причому, безпосереднє покриття робочого стола повинно мати коефіцієнт відбиття 0,25-0,4.

Параметри мікроклімату в дисплейних залах забезпечують комфортне теплове самопочуття організму користувача ПК. Тому оптимальна температура повітря в цих приміщеннях становить 19-21 °С, (допустима – 18-22 °С), оптимальна відносна вологість – 40-60%, оптимальна швидкість руху повітря - 0,05-0,1 м/с.

З метою запобігання електротравм забороняється працювати з моніторами, які є незаземленими, а також з моніторами, у яких порушений зовнішній вигляд або під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Заходи по підвищенню стійкості об'єктів, що використовують комп'ютеру техніку, в надзвичайних ситуаціях. Захист персоналу об'єктів та членів сім'ї.

У разі загрози чи настання надзвичайних ситуацій необхідним є забезпечити надійну роботу об'єктів. Оснащених комп'ютерними системами діагностики.

На виконання вимог Державних будівельних норм ДБН В1.2-4-2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)» основними заходами щодо підвищення стійкості забезпечених об'єктів є:

- захист робітників і службовців;
- підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу;
- виключення або обмеження можливих негативних наслідків від вторинних факторів ураження;
- організація надійного матеріально-технічного забезпечення і стійких виробничих зв'язків;
- проведення заходів по зниженню можливих втрат і забезпеченню стабільності випуску продукції;
- забезпечення надійності управління виробництвом;
- завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Захист робітників і службовців досягається:

- укриттям в захисних спорудах;
- евакуацією в замиську зону;
- забезпеченістю засобами індивідуального захисту; надійним та своєчасним оповіщенням про небезпеку;
- розробкою режимів захисту;
- герметизацією приміщень;
- проведенням профілактичних медичних заходів.

Підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу досягається:

- заглибленням або розміщенням у незаважуваних приміщеннях устаткування і комунікацій;
- підвищенням міцнісних характеристик споруд;
- базуванням підприємства на декількох джерелах електропостачання;
- передбаченням на мережах газопостачання і теплофікації заходів проти витікання газу, пару, води, а також резервних ліній для переключення енергопостачання від інших магістралей (об'єктів).

Ймовірність виникнення на підприємстві пожеж залежить в основному від ступеня вогнестійкості будинків і споруд, пожежо- і вибухо- небезпечності, щільності забудови будинків і споруд і ступеня їх руйнувань.

При розробці заходів по виключенню або обмеженню дії на об'єкт та його елементи вторинних факторів поразки слід враховувати специфічні властивості об'єктів. Так, на об'єктах нафтопереробної і нафтохімічної промисловості внаслідок руйнування і ушкодження місткостей, трубопроводів і арматури можливе виникнення вибухо-небезпечних газоповітряних сумішей, які можуть вибухнути і призвести до руйнування устаткування, будівельних конструкцій, будинків і споруд.

Виникнення і характер пожеж залежать не тільки від категорії виробництва по пожежній небезпеці, але й від ступеня вогнестійкості будинків і споруд. За ступенями вогнестійкості будинки і споруди поділяються на п'ять груп (I, II, III, IV і V).

Лікувальні корпуси психіатричних лікарень і диспансерів мають бути не нижче III ступеня вогнестійкості.

Будинки лікувальних закладів на 60 і менше ліжок та амбулаторно-поліклінічні заклади на 90 відвідувань за зміну дозволяється проектувати IV, V ступеня вогнестійкості з рубленими чи брущатими стінами.

Приміщення лікувальних, амбулаторно-поліклінічних закладів і аптек (крім приміщень медичного персоналу громадських будинків і споруд, аптечних кіосків) в разі розміщення їх в будинках іншого призначення мають бути відокремлені від решти приміщень протипожежними стінами 1-го типу і мати самостійні виходи назовні.

Ступінь вогнестійкості будинків і споруд визначається мінімальними межами вогнестійкості будівельних конструкцій і загоряння матеріалів, із яких ці конструкції збудовані. Вогнестійкість будівельних конструкцій визначається часом згоряння (запалювання) і вимірюється в годинах. Всі будівельні матеріали, як відомо, поділяються на три групи: такі, що згоряють, важко згоряють і не згоряють.

Для виключення або обмеження можливості виникнення і поширення пожеж, отруєнь та інших вторинних факторів ураження на підприємствах проводяться заходи по протипожежній та інженерно-технічній профілактиці. Вони включають заходи, що запобігають розповсюдженню пожежі (обладнання протипожежних розривів навколо нагрівальних печей і установок, створення і підготовка сил і засобів пожежегасіння, винесення складів паливо-мастильних матеріалів, вибухонебезпечних речовин за територію об'єкта та зниження їх запасів, обвалювання місткостей і складів СДОР, обладнання устроїв для їх нейтралізації, підготовка резервуарів з водою та прийняття інших необхідних мір захисту).

При оцінці стійкості об'єкта у НС необхідно також враховувати розташування об'єкта відносно меж зон можливого катастрофічного затоплення при зруйнуванні гребель гідровузлів і його наслідків.

На стійкість роботи об'єктів значний вплив може створити радіоактивне забруднення місцевості, тому для захисту робітників розроблюються необхідні режими радіаційного захисту.

Це такі заходи, як зниження запасів (на території підприємства) матеріально-технічних засобів, створення в замиській зоні необхідних запасів і резервів сировини, палива, устаткування, комплектуючих виробів, запасних деталей, будівельних матеріалів, рухомих електричних і компресорних станцій для проведення рятівних і невідкладних робіт: підготовка підприємства до переведення на резервні (автономні) джерела електро-, паро- і водопостачання, завчасне дослідження можливостей використання місцевих джерел сировини, палива, комплектуючих деталей та інших необхідних для виробництва матеріалів.

Важливим заходом є завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва, для чого на об'єкті розробляється план відновлювальних робіт, що дозволить значно скоротити час на проведення робіт у випадку часткового зруйнування об'єкта.

7.2.2 Методи захисту від дії ЕМІ, що базуються на врахуванні його можливого негативного впливу. Під час НС воєнного часу на роботу об'єктів, що використовують комп'ютерні системи діагностики стану, може виникнути електромагнітний імпульс ядерного вибуху.

Захист від впливу електромагнітних полів радіочастот здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні впливу ЕМІ РЧ (захист відстанню і часом) і т. д.

Інженерно-технічні заходи включають: раціональне розміщення обладнання; використання коштів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглиначі потужності, екранування, використання мінімальної потужності генератора); позначення і огороження зон з підвищеним рівнем ЕМІ РЧ.

Лікувально-профілактичні заходи здійснюються з метою попередження, ранньої діагностики та лікування порушень у стані здоров'я працівника, пов'язаних з впливом ЕМІ РЧ, і включають попередні (при вступі на роботу) і періодичні медичні огляди.

До засобів індивідуального захисту відносяться захисні окуляри, щитки, шоломи, захисний одяг (комбінезони, халати і т.д.).

Залежно від умов опромінення комп'ютерної діагностичної системи, характеру і місця знаходження джерел ЕМІ РЧ можуть бути застосовані різні засоби і методи захисту від опромінення: захист часом; захист відстанню; екранування джерела випромінювання; зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування робочих місць; засоби індивідуального захисту; виділення зон випромінювання.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування обладнання в електромагнітному полі і застосовується, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень.

Захист відстанню застосовується в тому випадку, якщо неможливо послабити інтенсивність опромінення іншими заходами, в тому числі і скороченням часу перебування людини в небезпечній зоні. У цьому випадку вдаються до збільшення відстані між випромінювачем і обслуговуючим персоналом та обладнанням.

Зменшення потужності випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання досягається за рахунок застосування спеціальних пристроїв. З метою запобігання випромінювання в робоче приміщення в якості навантаження генераторів замість відкритих випромінювачів застосовують поглиначі потужності (еквівалент антени і навантаження джерел ЕМІ РЧ), при цьому інтенсивність випромінювання послаблюється до 60 дБ і більше. Промисловістю випускаються еквіваленти антен, розраховані на поглинання потужністю 5,10,30, 50, 100 і 250 Вт з довжинами хвиль 3,1-3,5 і 6-1000 см.

Зниження рівня потужності може бути досягнуто за допомогою атенюаторів, які дозволяють послабити в межах від 0 до 120 дБ випромінювання потужністю 0,1; 0,5; 1,5; 10; 50 і 100 Вт і довжинами хвиль 0,4-0,6; 0,8-300 см.

Екранування джерел випромінювання використовується для зниження інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці або усуненні небезпечних зон випромінювання. В цьому випадку застосовуються екрани з металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф і кожухів.

Екранування джерел ЕМІ РЧ або робочих місць здійснюється за допомогою відбивають або поглинають екранів (стаціонарних або переносних).

7.3 Висновки до розділу 7

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання вимог безпеки до лабораторних приміщень та обладнання для наукових досліджень, шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконанні науково-дослідної роботи та забезпечення нормальних умов праці на робочому місці.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано питання аналізу заходів по підвищенню стійкості об'єктів, що використовують комп'ютерну систему в надзвичайних ситуаціях, способів захисту персоналу зазначених об'єктів та членів сім'ї та проаналізовано та запропоновано методи захисту від дії ЕМІ, що базуються на врахуванні його можливого негативного впливу.

РОЗДІЛ 8

ЕКОЛОГІЯ

8.1 Робота з банками екологічної інформації

Екологічна інформація – це будь-яка інформація про стан навколишнього природного середовища в письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій матеріальній формі про події, явища, матеріали, факти, процеси і окремих осіб у сфері використання, відтворення та охорони природних ресурсів, природних компонентів та ландшафтів, охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки.

Національне законодавство відносить до екологічної інформації відомості про:

- стан навколишнього природного середовища чи його об'єктів —землі, вод, надр, атмосферного повітря, рослинного та тваринного світу та рівні їх забруднення;

- біологічне різноманіття і його компоненти, включаючи генетично видозмінені організми та їх взаємодію з об'єктами навколишнього природного середовища;

- джерела, фактори, матеріали, речовини, продукцію, енергію, фізичні фактори (шум, вібрацію, електромагнітне випромінювання, радіацію), які впливають або можуть вплинути на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей;

- загрозу виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, результати ліквідації цих явищ, рекомендації щодо заходів, спрямованих на зменшення їх негативного впливу на природні об'єкти та здоров'я людей;

- екологічні прогнози, плани і програми, заходи, у тому числі адміністративні, державну екологічну політику, законодавство про охорону навколишнього природного середовища;

– витрати, пов'язані із здійсненням природоохоронних заходів за рахунок фондів охорони навколишнього природного середовища, інших джерел фінансування, економічний аналіз, проведений у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля (ст. 25 Закону «Про охорону навколишнього природного середовища»).

Основними джерелами інформації є: дані моніторингу довкілля, кадастрів природних ресурсів, реєстри, автоматизовані банки даних, архіви, а також довідки, що видаються уповноваженими на те органами державної влади, органами місцевого самоврядування, громадськими організаціями, окремими посадовими особами.

Засобом забезпечення цього права виступає обов'язок Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, його органів на місцях, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій, діяльність яких може негативно вплинути або впливає на стан навколишнього природного середовища, життя і здоров'я людей, забезпечувати вільний доступ населення до інформації про стан навколишнього природного середовища у формах, визначених Законом «Про охорону навколишнього природного середовища».

Закон України «Про екологічну експертизу» (ст. 35) зобов'язує замовників екологічної експертизи опубліковувати Заяву про екологічні наслідки запланованої діяльності, яка має містити відомості про: заплановану діяльність, мету і шляхи її здійснення; суттєві фактори, що впливають чи можуть впливати на стан навколишнього природного середовища з урахуванням можливості виникнення надзвичайних екологічних ситуацій; кількісні та якісні показники оцінки рівнів екологічного ризику запланованої діяльності, а також заходи, що гарантують впровадження діяльності відповідно до екологічних стандартів і нормативів; інформування громадськості щодо запланованої діяльності, її мету і шляхи здійснення.

На визначення джерел екологічної інформації може впливати статус уповноваженої особи та стадія реалізації суб'єктивного права на екологічну

інформацію. Так, на стадії вільного доступу така інформація набувається будь-якою особою, — як фізичною, так і юридичною, як право- та дієздатною, так і обмежено та повністю недієздатною тощо, — шляхом одержання її із повідомлень засобів масової інформації, офіційних повідомлень органів держави, опублікованих у спеціальних бюлетенях, збірниках, що можуть міститися в інформаційних (комп'ютерних) мережах, у бібліотечних фондах. При цьому інформація про екстремальне забруднення довкілля, про надзвичайні екологічні ситуації природного та техногенного характеру має повідомлятися через засоби масової інформації, державну систему оповіщення негайно.

На стадії одержання екологічної інформації в установленому порядку шляхом офіційного звернення з інформаційним запитом право на екологічну інформацію реалізується право- та дієздатними особами, законними представниками недієздатних та обмежено дієздатних осіб. При цьому джерелами екологічної інформації можуть виступати офіційні документи, автоматизовані системи офіційних даних типу списки, реєстри, кадастри тощо. На цій стадії важливого значення набувають терміни задоволення запитів, форма запиту та форма розгляду запиту, відмови та відстрочки задоволення запиту. З урахуванням міжнародних та національних правових положень про таке запит та відповіді на нього мають бути переважно у письмовій формі (на випадок оскарження справи в суді), запит має бути розглянутий у максимально стислій строки, але не більше тридцяти днів. У тих випадках, коли державний орган не має у своєму розпорядженні екологічної інформації, що міститься у запиті, цей орган у максимально стислий строк (10 днів) інформує подавця запиту про державний орган, до якого, як він вважає, можна звернутися із запитом про надання відповідної інформації, або передає цей запит безпосередньо такому органу та належним чином повідомляє про це подавця заяви.

Екологічна інформація надається безкоштовно, крім випадків, коли подавець запиту просить надати йому копії офіційних документів.

На стадії поширення набутої законним шляхом екологічної інформації доцільно враховувати, що така інформація може виступати об'єктом права

власності і тому втручання інших осіб у процес реалізації права власності на екологічну інформацію забороняється.

Право на екологічну інформацію може бути обмежене в умовах воєнного або надзвичайного стану із зазначенням строку дії цих обмежень (ст. 64 Конституції). Згідно з Орхуською конвенцією у запиті про надання екологічної інформації може бути відмовлено, якщо її оприлюднення може негативно вплинути на:

—конфіденційність діяльності державних органів у випадках, коли така конфіденційність передбачена національним законодавством;

—міжнародні стосунки, національну оборону або державну безпеку;

—відправлення правосуддя, можливість для осіб бути відданими під справедливий судовий розгляд або спроможність державних органів проводити розслідування кримінального чи дисциплінарного характеру;

—конфіденційність комерційної та промислової інформації у випадках, коли така конфіденційність охороняється законом з метою захисту законних економічних інтересів. У цьому контексті інформація про викиди, скиди забруднюючих речовин, про розміщення відходів, про інші негативні впливи на навколишнє природне середовище підлягає оприлюдненню;

—права інтелектуальної власності;

—інформацію, що стосується особистого життя громадян;

—інтереси третьої сторони, яка надала інформацію, якщо ця сторона не зв'язана зобов'язаннями поступати належним чином, або якщо на цю сторону не може бути покладено такого зобов'язання, і в тих випадках, коли ця сторона не дає згоди на оприлюднення відповідного матеріалу;

—навколишнє природне середовище, на яке поширюється така інформація, наприклад місця розмноження рідкісних видів рослин і тварин (ст. 4 Конвенції).

Право на екологічну інформацію реалізується передусім з метою забезпечення права на екологічну безпеку, а тому у випадках його порушення законодавство передбачає не лише його поновлення, а й відшкодування

матеріальної та моральної шкоди, якщо така заподіяна. Розмір відшкодування визначається судом (ст. 49 Закону «Про інформацію»).

Кодекс України про адміністративні правопорушення (ст. 82³) встановлює адміністративну відповідальність для посадових осіб за приховування, перекручення або відмову від надання повної та достовірної інформації за зверненнями громадян та їх об'єднань щодо безпеки утворення відходів та поводження з ними (ст. 91⁴), за відмову від надання чи несвоєчасне надання екологічної інформації. Кримінальний кодекс України встановлює кримінальну відповідальність за приховування або перекручення відомостей про екологічний стан або захворюваність населення (ст. 238).

У сучасний період розвитку суспільства великого значення набула поінформованість населення про різні явища, предмети, процеси навколишнього середовища, що відбуваються як у світі загалом, так і в конкретних країнах, зокрема. Тому серед комплексу екологічних прав громадян, які закріплені в чинному законодавстві України, особливого значення набуває право на доступ до екологічної інформації.

Конституція України у ч. 2 ст. 50 закріпила положення, згідно з яким кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена [1]. Разом з тим, у ст. 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» зазначається, що кожний громадянин України має право на вільний доступ до інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та вільне отримання, використання, поширення і зберігання такої інформації, окрім обмежень, встановлених законом [2]. У свою чергу у п. 3. 4. Положення про порядок надання екологічної інформації сформульовано норму: «У запиті про надання екологічної інформації може бути відмовлено, якщо вона становить державну таємницю» [3], а це суперечить ст. 50 Конституції України.

Тому, враховуючи, що Основний Закон держави має найвищу юридичну силу, а закони та інші нормативно-правові акти приймаються на її основі та

повинні їй відповідати, можна стверджувати, що положення чинного законодавства, які встановлюють певні обмеження у доступі громадян до екологічної інформації, є неконституційними.

На практиці досить часто трапляються й інші способи обмеження права на доступ до екологічної інформації, зокрема шляхом віднесення її до комерційної таємниці. Проте, це є суттєвим порушенням екологічного законодавства, адже при зіткненні громадського і комерційного інтересів, перевага повинна надаватися саме громадському інтересу. Так, відповідно до п. 1 ч. 4 ст. 21 Закону України “Про інформацію” до інформації з обмеженим доступом не можуть бути віднесені відомості про стан довкілля, якість харчових продуктів і предметів побуту [4]. Таке ж положення міститься і у ч. 1 ст. 7 Закону України “Про доступ до публічної інформації” [5]. Крім того, згідно з ч. 11 ст. 30 Закону України “Про інформацію” інформація з обмеженим доступом може бути поширена без згоди її власника, якщо ця інформація є суспільно значимою, тобто якщо вона є предметом громадського інтересу і право громадськості знати цю інформацію переважає право її власника на захист.

Тому суб’єкти господарювання завжди повинні відокремлювати відомості, що містять в собі екологічну інформацію, від інших видів інформації та надавати її громадянам, навіть якщо вони містяться в одному документі.

Отже, право на доступ до екологічної інформації – це закріплена в Конституції України можливість громадян вільно отримувати, зберігати, використовувати та поширювати інформацію про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, яка ніким не може бути засекречена, і така можливість може бути обмежена тільки законом в умовах воєнного або надзвичайного стану.

8.2 Джерела теплового забруднення атмосфери і методи його зменшення

Теплове забруднення визначається впливом теплових полів на повітряне й водне середовище. Негативний вплив тепла на повітряне середовище

виявляється шляхом підвищення теплових градієнтів температури над міськими, сільськими агломераціями в порівнянні із природними природними екосистемами, що спричиняє зміну енергетичних процесів в атмо- і гідросфері в сільській і особливо міській місцевості. Так, тепловий вплив проявляється в погіршенні режиму земної поверхні (термокарст, соліфлюкція, полою й ін.) і умов життя людей.

У промислових центрах і великих містах атмосфера піддається тепловому забрудненню в зв'язку з тим, що в атмосферу надходять речовини з більш високою температурою, ніж навколишнє повітря. Температура викидів зазвичай вище середньої багаторічної температури приземного шару повітря. З труб промислових підприємств, вихлопних труб двигунів внутрішнього згорання, при опаленні будинків, лісових пожежах виділяються речовини, нагріті до 60°C і більше. Середньорічна температура атмосферного повітря над великими містами і промисловими центрами на $6-7^{\circ}\text{C}$ вище температури повітря прилеглих територій. Фахівці відзначають, що в останні 25 років середня температура тропосфери піднялася на $0,7^{\circ}\text{C}$.

Основними джерелами теплового забруднення:

- гарячі цехи і підземні газоходи металургійних підприємств;
- теплотраси;
- збірні колектори;
- комунікаційні тунелі;
- тунелі метрополітену;
- обігріваються підземні споруди;
- підземні сховища зрідженого газу.

Одним із наслідків теплового забруднення атмосфери являється парниковий ефект. Парниковий ефект - підвищення температури нижніх шарів атмосфери планети в порівнянні з ефективною температурою, тобто температурою теплового випромінювання планети, що спостерігається з космосу.

На сьогоднішній день основною світовою угодою про протидію глобальному потеплінню є Кіотський протокол (узгоджений в 1997, вступив в силу в 2005). Протокол включає більше 160 країн світу і покриває близько 55% загальносвітових викидів парникових газів.

Кіотський протокол передбачає систему квот на викиди тепличних газів. Суть його полягає в тому, що кожна з країн отримує дозвіл на викид певної кількості тепличних газів. При цьому передбачається, що якісь країни чи компанії перевищать квоту викидів. В таких випадках ці країни або компанії зможуть придбати право на додаткові викиди у тих країн чи компаній, викиди яких менше виділеної квоти. Таким чином передбачається, що головна мета - скорочення викидів тепличних газів в наступні 15 років на 5% - буде виконана.

8.3 Висновки до розділу 8

У розділі проаналізовано питання роботи з банками екологічної інформації джерел та теплового забруднення атмосфери і методів його зменшення.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено генератор радіосигналів тестових для тестування/випробування роботи алгоритмів систем радіотехнічних.

Отримано результати:

1. За результатами аналізу порівняння існуючих генераторів радіосигналів сформульовано вимоги до нього: врахування стохастичності та повторності параметрів для точного тестування/випробування роботи алгоритмів у системах радіотехнічних.

2. Розроблено модель генератора тестового радіосигналу, яка поєднує у собі параметри стохастичності та повторності, що забезпечило вірогідне відтворення форми експериментальних радіосигналів за значеннями його параметрів (ідентифікація параметрична).

3. Розроблено програму із оболонкою графічною для генерування тестових радіосигналів для перевірки роботи алгоритмів систем радіотехнічних. Установлено, що одержані генеровані дані тестових радіосигналів забезпечують достовірне відтворення конструктивної форми радіосигналів експериментальних за параметрами часів та амплітуд, що вказує на високу вірогідність генерування та коректності тестування/випробування алгоритмів роботи систем радіотехнічних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Испытания РЛС (оценка характеристик)/ А.И. Леонов, С.А. Леонов., Ф.В. Нагулинко и др.: под ред. А.И. Леонова. М.: Радио и связь, 1990.-208с.
2. Борисов, Ю.П. Математическое моделирование радиотехнических систем и устройств / Ю.П. Борисов, В.В. Цветнов. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
3. Галкин А.П., Лапин А.Н., Самойлов А.Г. Моделирование каналов систем связи. М.: Связь, 1979. - 96 с.
4. Самойлов А.Г. Имитаторы многолучевых радиоканалов // Проектирование и технология электронных средств. 2003. - № 4.-С. 32-36.
5. Бабак В. П. Детерміновані сигнали і спектри: навч. посіб./ В. П. Бабак, А. Я. Білецький. – К.: Техніка, 2003. – 454 с.
6. Бабак В. П. Обробка сигналів: підручник./ В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К: Либідь, 1999. – 250 с.
7. 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.
8. Банда Б. Методы оптимизации. Вводный курс/Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
9. 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.
10. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы./ С. И. Баскаков. – М.: Высш. шк., 2000. – 462 с.
11. Вербанский А. Организация мирового радиовещания// Радио. — 1991. № 6. - С.35-39
12. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 432 с.
13. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. — М.: Связьиздат, 1963. — 321с.

14. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуа-ционных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Советское радио, 1972.- 448с.
15. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1977. 479 с.
16. Жураковський Ю. П. Теорія сигналу та кодування [Текст] : підручник / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторак. — К.: Вища шк., 2001. — 255 с.
17. Коган И. М. Прикладная теория информации [Текст] / И. М. Коган. — М. : Радио и связь, 1981. — 216 с.
18. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов.- М.: Связь, 1970. 368 с.
19. 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.
20. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Связь, 1979. 252 с.
21. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники./ Б. Р. Левин. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 656 с.
22. Мартин Ф. Моделирование на вычислительных машинах./ Ф. Мартин. Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1972. — 288 с.
23. Урывский Л. А. Основы прикладной теории информации для телекоммуникаций [Текст] : диссертация доктора технических наук : 05.12.02 / Л. А. Урывский; Киев, НТУУ «КПИ». — К. : 2009. — 377 с.
24. Пономарев В. А. Программирование на ЭЦВМ «Мир-1»/ В. А. Пономарев. — М.: Сов. радио, 1971. — 216 с.
25. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — 2-е изд., испр. / Пер. с англ. — М.: Изд. дом “Вильямс”, 2001. — 1104 с. — Парал. тит. англ.
26. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов/Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М.— М.: Связь, 1980. — 288 с.

27. Теория передачи сигналов: Учеб. для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В., Назаров, Л.М. Финк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
28. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1982. - 624 с.
29. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра [Текст] / Л. Феер // Пер. с англ. М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
30. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Советское радио, 1970. — 728 с.
31. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1953. — 216с.
32. 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, № 1. P. 591-592.
33. Dahlman E. 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband [Text] / E. Dahlman. – Academic Press is an imprint of Elsevier, 2007. – 485 p.
34. Hvostivska, L., Oksukhivska, H., Hvostivskyu, M., Shadrina, H. (2019) Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу, Вісник НТУУ "КПІ"; Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (77), pp 66-73. doi: 10.20535/RADAR.2019.77.66-73.
35. Slyusar V.I., Smolyar V.G. The method of nonorthogonal frequency-discrete modulation of signals for narrow-band communication channels // Radio Electronics and Communications Systems C/C of Izvestiia – Vysshie Uchebnye Zavedeniia Radioelektronika. – 2004, VOL 47; PART 4, P. 40–41. – Allerton Press Inc. (USA).
36. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник/ В.В. Бегун, І.М. Науменко. – К.: Видавництво УАННП “Фенікс”, 2004. – 328с.

37. Білявський Г. О. Основи екології [Текст] : підручник для студ. вищих навч. закладів / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К. : Либідь, 2004. - 408 с. – ISBN 966-06-0289-8.

38. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] : підруч. / В. Ц. Жидецький ; М-во освіти і науки України. Наук.-метод. центр вищої освіти. Укр. акад. друкарства ; рец.: Г. Г. Гогіташвілі, І. І. Даценко, Б. С. Штангрет. — 3-тє вид., перероб. і доп. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. — 336 с. — Бібліогр.: с. 329–330. — ISBN 966-8013-11-5

39. Йохна М.А., Стадник В.В. Економіка і організація інноваційної діяльності: Навч. посіб. – К.: Видавничий центр «Академія», 2005. – 400с.

Додатки

Програма генератора тестового радіосигналу

```
function [x t]=imit_RS(AAA_RS,ttt_RS,kk_RS,dt,ddA_RS,ddt_RS,N_RS);  
%  
% Генератор сигналу  
% A - масив амплітуд хвиль  
% t - масив тривалостей відповідних хвиль  
% kk_RS - кути нахилу хвиль  
% dt_RS - крок дискретизації  
% ddA_RS - дисперсія для амплітуди  
% ddt_RS - дисперсія для часових інтервалів  
% Кількість періодів  
  
if nargin<7, error('Введіть 7 аргументів'); end;  
  
RS=[];  
for u=1:N  
    t=ttt; A_RS =AAA;  
% Значень відхилень для амплітуди  
  
if A_RS(1)>0 A_RS(1)=-A_RS(1); end;  
  
if ddt_RS >0  
% Значень відхилень для часових інтервалів  
T=sum(t_RS);  
  
end;  
  
% 1-ша функція
```

```
t_RS =0:length(RS)-1; t_RS =t_RS.*dt;
```



```

        'gui_OpeningFcn',
@Isayenko_imitation_OpeningFcn, ...
        'gui_OutputFcn',
@Isayenko_imitation_OutputFcn, ...
        'gui_LayoutFcn', [] , ...
        'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Isayenko_imitation is made
visible.
function Isayenko_imitation_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Isayenko_imitation
(see VARARGIN)

% Choose default command line output for Isayenko_imitation
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Isayenko_imitation wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% Встановлення початкових параметрів

N=0; x=0;
set(handles.edit1,'string','0.5');
set(handles.edit2,'string','0.1');
set(handles.edit3,'string','0.3');
set(handles.edit4,'string','0.05');
set(handles.edit5,'string','-0.2');
set(handles.edit6,'string','0.063');

```



```

set(handles.edit7,'string','2');
set(handles.edit8,'string','0.15');

set(handles.edit9,'string','-0.1');
set(handles.edit10,'string','-20');
set(handles.edit11,'string','-30');
set(handles.edit12,'string','15');

set(handles.edit13,'string','0');
set(handles.edit14,'string','0');

set(handles.edit15,'string','800');

set(handles.edit16,'string','1');

axes(handles.axes1);

A(1)=str2num(get(handles.edit1,'string'));
A(2)=str2num(get(handles.edit3,'string'));
A(3)=str2num(get(handles.edit5,'string'));
A(4)=str2num(get(handles.edit7,'string'));

t(1)=str2num(get(handles.edit2,'string'));
t(2)=str2num(get(handles.edit4,'string'));
t(3)=str2num(get(handles.edit6,'string'));
t(4)=str2num(get(handles.edit8,'string'));

k(1)=str2num(get(handles.edit9,'string'));
k(2)=str2num(get(handles.edit10,'string'));
k(3)=str2num(get(handles.edit11,'string'));
k(4)=str2num(get(handles.edit12,'string'));

ddA=str2num(get(handles.edit13,'string'));
ddt=str2num(get(handles.edit14,'string'));

dt=1/str2num(get(handles.edit15,'string'));

N=str2num(get(handles.edit16,'string'));

Dn=str2num(get(handles.edit19,'string'));

%k=[0 8 20 -15 -40 0 -10];
[x t]=imit(A,t,k,dt,ddA,ddt,N);
x=x+normrnd(0,Dn,length(x),1)';
data(1,:)=t;
data(2,:)=x;
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
plot(t,x);
axis tight;
grid on;

```

```

% --- Outputs from this function are returned to the command
line.
function varargout = Isayenko_imitation_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout    cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%           See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as
text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit2 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as
text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit3 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as
text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as
text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit5 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as
text
%             str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit6 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit7 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit8 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit9 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%           See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit10 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as
text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit11 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit12 as
text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit12 as a double

```



```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit13 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit13 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit14 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit14 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit14 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit13 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit13 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% -----
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

[filename, pathname] = uiputfile('.dat', 'Зберегти дані
моделі');
if length(filename)>=1
dir=[pathname filename]
data=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dlmwrite(dir,data, ' ');
end;

% -----
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

axes(handles.axes1);
[filename, pathname] = uigetfile('*.dat', 'Завантажити дані
моделі');
if length(filename)>=1
director=[pathname filename]
M=DLMREAD(director);
len=length(M);
t=0; x=0;
t=M(1,:);
x=M(2,:);
%t=M(1:len/2); x=M(len/2+1:len);
data=M;
plot(t,x);
axis tight;
grid on;
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
end;

```

```

% -----
-----
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Натиснута кнопка

A(1)=str2num(get(handles.edit1,'string'));
A(2)=str2num(get(handles.edit3,'string'));
A(3)=str2num(get(handles.edit5,'string'));
A(4)=str2num(get(handles.edit7,'string'));

t(1)=str2num(get(handles.edit2,'string'));
t(2)=str2num(get(handles.edit4,'string'));
t(3)=str2num(get(handles.edit6,'string'));
t(4)=str2num(get(handles.edit8,'string'));

k(1)=str2num(get(handles.edit9,'string'));
k(2)=str2num(get(handles.edit10,'string'));
k(3)=str2num(get(handles.edit11,'string'));
k(4)=str2num(get(handles.edit12,'string'));

ddA=str2num(get(handles.edit13,'string'));
ddt=str2num(get(handles.edit14,'string'));

dt=1/str2num(get(handles.edit15,'string'));

N=str2num(get(handles.edit16,'string'));

Dn=str2num(get(handles.edit19,'string'));

[x t]=imit(A,t,k,dt,ddA,ddt,N);
x=x+normrnd(0,Dn,length(x),1)';

data(1,:)=t;
data(2,:)=x;

set(handles.pushbutton1,'userdata',data);

```

```

axes(handles.axes1);
plot(t,x);
axis tight;
grid on;

function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit13 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit13 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%           See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit14 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit14 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject      handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit14 as
text
%             str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit14 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit43_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit43 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit43 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit43 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit43_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit43 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit42_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit42 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit42 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit42 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit42_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit42 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit41_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit41 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit41 as
text
```

```
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit41 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit41_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit41 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit40_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```



```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit12 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit12 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit40_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit39_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as
text
```

```
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit11 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit39_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit38_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit10 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

```

```

function edit38_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%           See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit37_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit9 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit37_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
xx=get(handles.pushbutton1,'userdata');
x=xx(2,:);
Fc=str2num(get(handles.edit17,'string'));
Fs=str2num(get(handles.edit18,'string'));
dt=1/str2num(get(handles.edit15,'string'));

xmod=ammod(x,Fc,Fs);
t=(0:(length(xmod)-1)).*dt;

axes(handles.axes1);
%plot(t,x);
%hold on;
plot(t,xmod);
%hold off;
axis tight;
grid on;

function edit19_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit19 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit19 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit19 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit19_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit19 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%           See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

Копія тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедзімінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

VIII Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2019

УДК 621.373.9:519.683

Л.В. Хвостівська, І.Ю. Дедів, канд. техн. наук, доц., Д.В. Ісаєнко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ГЕНЕРУВАННЯ РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ РАДІОСИСТЕМ

L.V. Hvostivska, I.Y. Dediv, Ph.D, D.V. Isaenko

GENERATION OF RADIOSIGNALS FOR SOFTWARE TESTING OF COMPUTER RADIOSYSTEMS

Розроблення комп'ютерного генератора радіосигналів (РС) є важливою задачею при тестуванні коректності роботи програмного забезпечення комп'ютерних радіосистем. Результати тестування дають змогу виявити помилки в роботі програмного забезпечення, яке розроблено на основі алгоритмічного забезпечення, що в подальшому вплине на коректність роботи системи в цілому. Відомі генератори авторів Сухаревського О.І., Кловського Д.Д., Корнєєвої Ю.А. Введенського Б.А., Самойлова А.Г. Васильця В.А., Галкіна А.П., Басса Ф.Г., Кларка Р.Х. Соколова А.В., Потапова А.А. та Борзової А.Б. не дають змогу генерувати РС випадкового та періодичного характеру, що є притаманною властивістю для реальних сигналів. Тому розроблення нового генератора РС є важливою задачею в галузі електроніки та телекомунікацій при розробці алгоритмічного та програмного забезпечення комп'ютерних радіосистем.

Згідно аналізу структури реальних сигналів встановлено, що в межах періоду РС складається з n -ої кількості складових у вигляді характерних хвиль, які необхідно генерувати окремо з подальшим об'єднанням їх у суцільну реалізацію РС.

Спочатку запропоновано генерувати n хвиль РС в межах k -го періоду, відповідно від 0 до T_{nk} , з подальшим їх розташуванням на часовій осі в залежності від їх зони часової локалізації, а зони яким вони не належать заповнюються нулями згідно виразу:

$$\zeta_k(t) = \sum_{knZ} \tilde{\zeta}_{nk}(t), \quad t \in [0, T_k], \quad (1)$$

де $\tilde{\zeta}_{nk}(t)$ - послідовно розташовані в часі хвилі РС $\zeta_{nk}(t)$, $t \in [0, T_{nk}]$ (1):

$$\tilde{\zeta}_{nk}(t) = \begin{cases} \zeta_{nk}(t), & t \in [T_{(n-1)k}, T_{nk}] \\ 0, & t \notin [T_{(n-1)k}, T_{nk}] \end{cases}, \quad (2)$$

де T_{nk} - часова тривалість n -ої хвилі РС на k -му періоді, $T_{1k} \neq T_{2k} \neq \dots \neq T_{nk}$.

Для забезпечення повторності сигналу здійснюється процедура моделювання k -тої кількості РС в межах k -го періоду, відповідно від 0 до T_k . В подальшому k -тої кількості РС розташовуються на осі часу в залежності від їх часової локалізації послідовного розташування згідно виразу:

$$\xi(t) = \sum_{knZ} \tilde{\xi}_k(t), \quad t \in R \quad (3)$$

де $\tilde{\xi}_k(t)$ - періодично продовжений РС по часовій осі, $\tilde{\xi}_k(t), t \in R$:

$$\tilde{\xi}_k(t) = \begin{cases} \zeta_k(t), & t \in [T_{k-1}, T_k) \\ 0, & t \notin [T_{k-1}, T_k) \end{cases}, \quad (4)$$

де $\zeta_k(t)$ - РС в межах k -го періоду T_k , $\zeta_k(t), t \in [0, T_k)$
 T_k - часова тривалість k -го періоду РС, $T_1 \neq T_2 \neq \dots T_k$.

З урахуванням адитивного впливу зовнішніх та внутрішніх завад радіосистеми вираз (3) матиме вигляд:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \tilde{\xi}_k(t) + n(t), \quad t \in \mathbb{R} \quad (5)$$

де $n(t)$ - завада типу білого шуму.

Підставивши вираз (2) в (1), (1) в (4) та (4) в (5) отримано вираз для генерування РС:

$$\xi_k(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \left(\sum_{k \in \mathbb{Z}} \begin{cases} \zeta_{nk}(t), & t \in [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \\ 0, & t \notin [T_{(n-1)k}, T_{nk}) \end{cases} \right), \quad (6)$$

Вираз (5) дає змогу розробити алгоритмічне та на його основі програмне забезпечення генерування радіосигналів (в т.ч. амплітудно-модульованих) для тестування програмного забезпечення радіосистем.

На основі виразу (5) та із використанням утиліти GUIDE середовища MATLAB розроблено програмне забезпечення генератора РС із графічним інтерфейсом, який зображено на рис. 1.

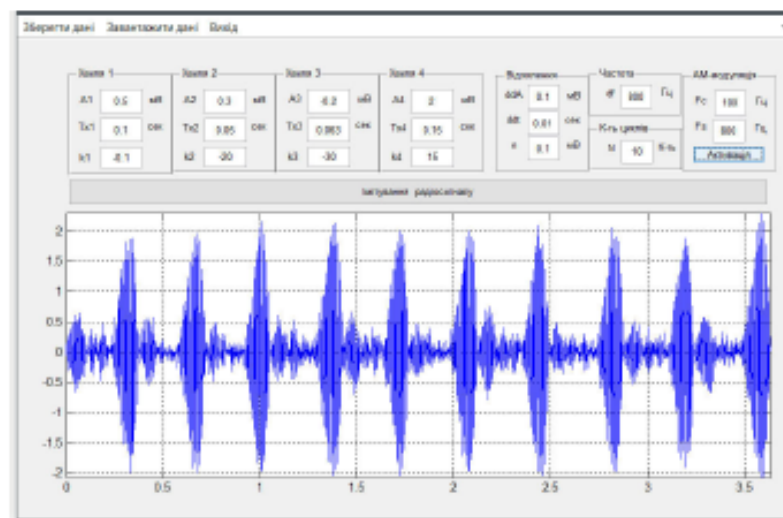


Рисунок 1. Інтерфейс програмного забезпечення генератора РС

Розроблене програмне забезпечення дає змогу генерувати випадкові та періодичні РС з різними параметрами амплітуд, часів та частот.