

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
інформаційно-комп'ютерних
технологій

_____ 2021 р.,
протокол № ____

Голова Вченої ради
_____ Надія ЛОБАНЧИКОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни «Електрозв'язок»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра біомедичної інженерії та телекомунікацій

Схвалено на засіданні кафедри
біомедичної інженерії та
телекомунікацій

_____ 2021 р.,
протокол № ____

Завідувач кафедри
_____ Тетяна НІКІТЧУК

Розробник: ст. викладач кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій
БЕНЕДИЦЬКИЙ Василь

Житомир
2021 – 2022 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 2

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота 1. Проходження цифрового сигналу через лінійний канал зв'язку.....	4
Лабораторна робота 2. Цифрові радіосигнали з амплітудною, частотною та відносно-фазовою модуляцією.....	7
Лабораторна робота 3. Неперервні випадкові сигнали.....	11
Лабораторна робота 4. Завадостійке кодування повідомлень у системі передавання інформації з дискретним каналом зв'язку.....	17
Лабораторна робота 5. Амплітудна модуляція гармонічного переносника...	23
Лабораторна робота 6. Особливості функціонування каналу зв'язку цифрової системи передавання інформації	29
Лабораторна робота 7. Приймання цифрових сигналів з використанням принципу оптимальної узгодженої фільтрації.....	35

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 43 / 3</i>

ВСТУП

Важливою складовою в підготовці спеціаліста є формування практичних знань та вмінь. Саме це завдання виконують під час підготовки і виконання лабораторних робіт усіх спеціальних дисциплін.

Методичні рекомендації містять завдання для проведення досліджень в навчально-дослідній лабораторії кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій.

Виконання лабораторної роботи передбачає п'ять етапів.

Етап 1: перевірка наявності необхідних теоретичних знань для сприйняття постановки задачі за темою, по якій виконують лабораторну роботу.

Етап 2: ознайомлення з метою дослідження та переліком завдань, які підлягають виконанню.

Етап 3: формування методик виконання експериментальних досліджень згідно з сформульованими завданнями.

Етап 4: виконання експериментальних досліджень за сформульованими методиками.

Етап 5: обробка та подання результатів виконаних досліджень, формулювання висновків за отриманими результатами.

На виконання етапів 1, 2, 3 і 4 виділяється одне заняття (дві академічні години). Етап 5 виконуються самостійно як домашнє завдання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 4

Лабораторна робота 1

Проходження цифрового сигналу через лінійний канал зв'язку

1. Мета роботи

Дослідження проходження цифрового сигналу через лінійний канал зв'язку, процеси диференціювання та інтегрування цифрових сигналів.

У результаті виконання лабораторної роботи студент повинен знати як змінюється цифровий сигнал під час проходження через лінійний канал зв'язку, смуга пропускання якого обмежує його спектральну характеристику в області верхніх та нижніх частот.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [2, розділ 17].
2. Вивчити опис цієї роботи.
3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

3. Постановка задач дослідження в лабораторній роботі

3.1. Перевірте працездатність макета цифрової системи передавання інформації.

3.2. Виконайте дослідження змін у часовому представленні цифрового сигналу на виході каналу зв'язку, який обмежує його спектральну характеристику в області верхніх частот. Для цього:

3.2.1. Визначить верхню частоту спектральної характеристики цифрового сигналу з умови:

$$f_B = \frac{20}{\tau_{т.і}},$$

де $\tau_{т.і}$ – тривалість двійкового імпульсу.

3.2.2. Визначить верхню межу смуги пропускання каналу зв'язку, фізичною моделлю якого є RC-фільтр нижніх частот. Виміряйте для трьох варіантів реалізації RC-фільтра.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 5

3.2.3. Зобразить осцилограми, які показують зміни в часовому представленні цифрового сигналу за трьох значень смуги пропускання каналу зв'язку.

3.3. Дослідіть зміни в часовому представленні цифрового сигналу на виході каналу зв'язку у разі обмеженої його спектральної характеристики в області нижніх частот.

3.3.1. Визначить нижню границю смуги пропускання каналу зв'язку, фізичною моделлю якого є RC-фільтр верхніх частот. Виміряйте для трьох варіантів реалізації RC-фільтра.

3.3.2. Зобразить осцилограми, які показують зміни в часовому представленні цифрового сигналу за трьох значень смуги пропускання каналу зв'язку.

4. Опис засобів для виконання досліджень

Структурна схема макета цифрової системи передавання інформації для виконання досліджень наведена на рис. 1.1, для формування якого потрібно використати такі пристрої та прилади:

Джерелом цифрових сигналів слугує блок, на виході якого присутні цифрові сигнали кодових комбінацій (кодових слів) коду Бодо для букв «С – 10100» і «Ф – 10110».

Як **лінійний канал зв'язку** необхідно використати його фізичні моделі у вигляді RC- фільтра нижніх та верхніх частот.

Приймальна сторона в макеті цифрової системи передавання інформації представлені осцилографом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 6

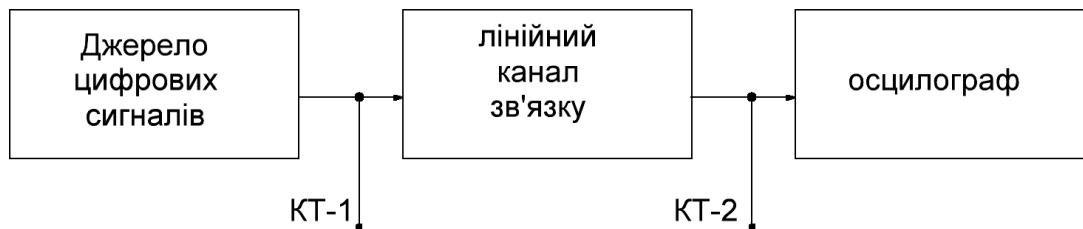


Рис. 1.2. Структурна схема макета цифрової системи передавання інформації

5. Методики, які необхідно скласти і використати під час виконання лабораторної роботи

5.1.Методика перевірки працездатності макета цифрової системи передавання інформації.

Порада: Працездатність макета можна визначати перевіркою відповідності осцилограм сигналів в контрольних точках (див. рис. 1.1) їх теоретичному обґрунтуванню.

5.2.Методика практичного визначення ефективної ширини спектра цифрового радіосигналу.

Порада: Прогляньте Ваші результати виконання завдань першого практичного заняття.

5.3.Методика практичного визначення смуги пропускання каналу зв'язку.

Порада: Межу смуги пропускання каналу зв'язку визначайте за зменшенням його коефіцієнта передавання щодо значення в смузі пропускання в 10 разів.

5.4.Методика дослідження змін у часовому представленні цифрового сигналу на виході каналу зв'язку у разі обмеження його спектральної характеристики в області верхніх та нижніх частот.

Порада: Для дослідження характеру змін використайте три варіанти каналу зв'язку з різними значеннями смуги пропускання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 7

6. Результати виконаних досліджень

Подання результатів досліджень повинно містити:

6.1. Згідно з п. 3.1 осцилограми в контрольних точках макета цифрової системи передавання інформації та обґрунтований висновок про працездатність макета.

6.2. Згідно з п. 3.2 і п. 3.3 наведіть опис змін у часовому зображенні цифрового сигналу на основі спостереження осцилограм на виході каналу зв'язку.

7. Контрольні запитання для формування висновків

7.1. Які характерні зміни отримує цифровий сигнал у разі обмеження його спектральної характеристики в області верхніх та нижніх частот?

7.2. Що і як треба враховувати, приймаючи цифровий сигнал, у якого канал зв'язку подавляє частину його спектральної характеристики?

7.3. На основі отриманих знань спробуйте зобразити осцилограму цифрового сигналу після обмеження його спектральної характеристики одночасно в області верхніх та нижніх частот.

7.4. Які нові практичні знання і вміння отримали Ви після виконання цієї лабораторної роботи.

Лабораторна робота 2

Цифрові радіосигнали з амплітудною, частотною та відносно-фазовою модуляцією.

1. Мета лабораторної роботи

Внаслідок виконання лабораторної роботи студент повинен освоїти методики практичного визначення параметрів цифрових радіосигналів: тривалість цифрового радіосигналу; тривалість радіоімпульсу, який представляє одну цифру; частоту сигналу переносника для радіосигналів з амплітудною та відносно-фазовою маніпуляцією і частоти двох переносників для радіосигналу з частотною маніпуляцією; амплітуди радіоімпульсів, у разі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 8

представлення цифр «1» та «0»; середнє значення потужності радіоімпульсів, які представляють цифри «1» та «0» в кожному радіосигналі; ефективну ширину спектра для кожного радіосигналу; верхню частоту спектральної характеристики для кожного радіосигналу.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [2, розділ 12].
2. Вивчити опис цієї роботи.
3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

3. Постановка задач дослідження в лабораторній роботі

3.1. Перевірте працездатність макета цифрової системи передавання інформації.

3.2. Виміряйте параметри для кожного цифрового радіосигналу, а саме:

- тривалість цифрового радіосигналу;
- тривалість радіоімпульсу, який представляє одну цифру;
- частоту сигналу переносника для радіосигналів з амплітудною та відносно-фазовою маніпуляцією і частоти двох переносників для радіосигналу з частотною маніпуляцією;
- амплітуди радіоімпульсів, у разі представлення цифр «1» та «0».

3.3. Зобразіть осцилограми цифрового сигналу на вході модулятора та цифрових радіосигналів на його виході.

3.4. На основі параметрів радіосигналів, визначених експериментально, виконайте розрахунок нижчеперелічених параметрів:

3.4.1. Середнє значення потужності радіоімпульсів, які представляють цифри «1» та «0» в кожному радіосигналі.

3.4.2. Ефективну ширину спектра для кожного радіосигналу.

3.4.3. Верхню частоту спектральної характеристики кожного радіосигналу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 9

4. Опис засобів для виконання досліджень

Структурна схема макета фрагменту цифрової системи передавання інформації для виконання досліджень наведена на рис. 2.1, для формування якого потрібно використати такі пристрої та прилади:



Рис. 1.3. Структурна схема макета фрагменту цифрової системи передавання інформації

Джерелом цифрових сигналів. На вході блока з відповідними позначеннями присутні цифрові сигнали кодових комбінацій (кодових слів) коду Бодо.

Генератор сигналу переносника. На виходах цього блока з відповідними позначеннями присутні два гармонічних сигнали з різними частотами.

Модулятор. За допомогою перемикача передбачено почергове подавання на його вихід цифрових радіосигналів з амплітудною, частотною та відносно-фазовою маніпуляцією.

Приймальна сторона. в макеті цифрової системи передавання інформації представлена осцилографом.

5. Методики, які необхідно скласти і використати під час виконання лабораторної роботи

5.1. Методика перевірки працездатності макета цифрової системи передавання інформації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 10

Порада: Працездатність макета можна визначати перевіркою відповідності осцилограм сигналів у контрольних точках (див. рис. 2.1) їх теоретичному обґрунтуванню, а саме: наявність цифрового сигналу на першому вході модулятора, наявність гармонічних сигналів на другому та третьому входах модулятора та наявність на його виході цифрових радіосигналів з амплітудною, частотною та відносно-фазовою маніпуляцією.

5.2. Методика практичного визначення верхньої частоти спектральної характеристики та ефективної ширини спектра для кожного цифрового радіосигналу.

Порада: Застосуйте Ваші знання, набуті внаслідок виконання завдань першого практичного заняття.

5.3. Методика практичного визначення середнього значення потужності радіоімпульсу.

Порада: Згадайте спосіб розрахунку середнього значення потужності гармонічного сигналу, якщо є відомою його амплітуда.

6. Результати викопаних досліджень

Наведення результатів досліджень повинно містити.

6.1. Згідно з п. 3.1 дайте обґрунтований висновок про працездатність макета.

6.2. Згідно з п. 3.2 і п. 3.3 подайте узгоджене представлення осцилограм.

6.3. Згідно з п. 3.4 подайте методики та результати розрахунків.

7. Контрольні запитання для формування висновків

7.1. Чи змінюється значення середньої потужності радіоімпульсів під час передавання цифр «1» і «0» в цифрових радіосигналах:

- а) з амплітудною маніпуляцією?
- б) з частотною маніпуляцією?
- в) з відносно-фазовою маніпуляцією?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 11

7.2. Від чого залежить значення верхньої частоти спектральної характеристики в цифрових радіосигналах:

- а) з амплітудною маніпуляцією?
- б) з частотною маніпуляцією?
- в) з відносно-фазовою маніпуляцією?

7.3. Який з трьох досліджуваних радіосигналів має найбільше значення ефективної ширини спектра? Поясніть чому?

7.4. Вкажіть частотний діапазон каналу зв'язку, в якому має здійснюватися передавання досліджуваних цифрових радіосигналів:

- а) з амплітудною маніпуляцією?
- б) з частотною маніпуляцією?
- в) з відносно-фазовою маніпуляцією?

7.5. Які нові практичні знання і вміння отримали Ви після виконання цієї лабораторної роботи?

Лабораторна робота 3

Неперервні випадкові сигнали

1. Мета лабораторної роботи

Дослідження властивостей двох неперервних випадкових сигналів, а саме: гармонічного сигналу з випадковим значенням початкової фази та флукуаційної завади. Способи виявлення у неперервних випадкових сигналів властивості стаціонарності та її практичне значення. Вміти експериментально отримати характеристику «відносна частота появи значень неперервного випадкового сигналу». Вміти експериментально визначати середнє значення потужності для флукуаційної завади.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [2, розділ 15].
2. Вивчити опис цієї роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 12

3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

3.Завдання для виконання досліджень у лабораторній роботі

3.1. Перевірте працездатність приладів, яке задіяне в установці для виконання досліджень.

3.2. Перевірте наявність властивості стаціонарності за допомогою осцилографа у двох заданих неперервних випадкових сигналів:

3.2.1. Флуктуаційна завада.

3.2.2. Гармонічний сигнал з випадковою фазою.

3.3. Для гармонічного сигналу з випадковою фазою виконайте дослідження характеристики «відносна частота появи значень сигналу» у разі зміни:

3.3.1. Частоти гармонічного сигналу.

3.3.2. Амплітуди гармонічного сигналу.

3.4. Для флуктуаційної завади виконайте дослідження змін у характеристиці «відносна частота появи значень сигналу» у разі зміни:

3.4.1. Ефективної напруги флуктуаційної завади.

3.4.2. Верхньої частоти спектральної характеристики.

4. Опис засобів для виконання досліджень

Структурна схема установки для виконання досліджень наведена на рис.3.1, для формування якої необхідно використати такі прилади:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 13

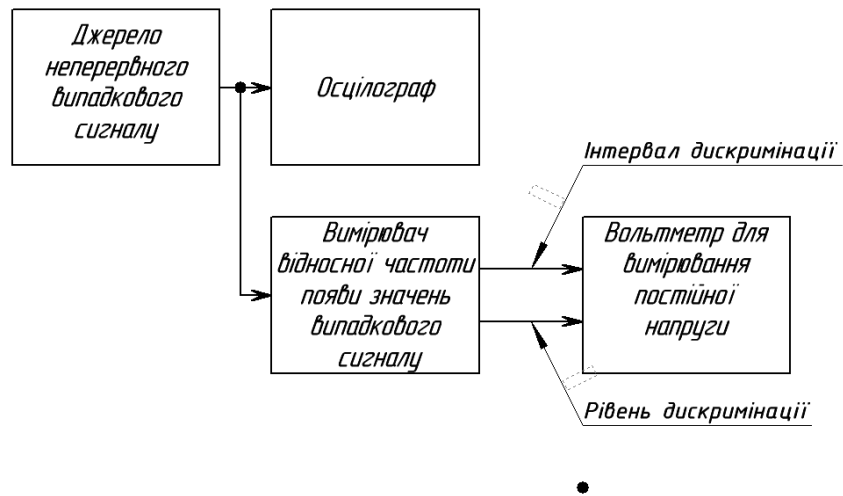


Рис.3.1. Структурна схема установки для дослідження властивостей неперервного випадкового сигналу

Джерелом неперервного випадкового сигналу типу «флуктуаційна завада» слугує прилад «Генератор шуму низькочастотний Г2-57 або Г2-59».

Джерелом неперервного випадкового сигналу типу «гармонічний сигнал з випадковою фазою» слугує прилад «Генератор сигналів Г3-112».

Для спостереження осцилограм використовують осцилограф С1-112А.

Вимірник відносної частоти появи значень випадкового сигналу. Для роботи з цим приладом необхідно використовувати вольтметр В7-40/4 в режимі вимірювання постійних напруг.

5. Методики, які необхідно скласти і використати під час виконання лабораторної роботи

5.1. Методика перевірки працездатності приладів, перелічених в п. 4.

5.2. Методика якісного дослідження характеристики неперервних випадкових сигналів «відносна частота появи значень сигналу».

5.3. Методика практичного визначення ефективної напруги та середнього значення потужності для флуктуаційної завади.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 14

Для практичного визначення середнього значення потужності неперервного випадкового сигналу необхідно мати прилад, який безпосередньо дає змогу виміряти цей параметр. За відсутності такого приладу середнє значення потужності можна обчислити за формулою (3.3) і для цього необхідно виміряти параметр «діюче (ефективне) значення напруги» неперервного випадкового сигналу. У зв'язку з цим постає запитання:

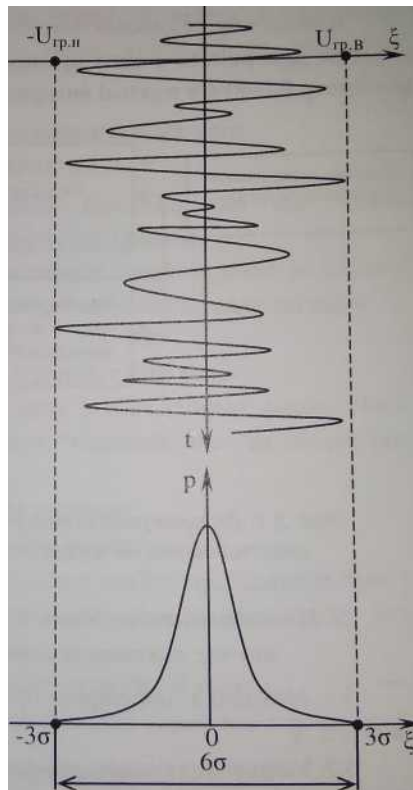


Рис.3.2.Флуктуаційна завада та ймовірнісна математична модель її часового представлення

Як практично можна виміряти діюче (ефективне) значення напруги для флуктуаційної завади?

Розглянемо теоретичне обґрунтування методики. У теорії електрозв'язку визначено, що флуктуаційна завада має такі характерні ознаки:

- ймовірнісна математична модель часового представлення флуктуаційної завади $p(\xi)$ відповідає нормальному закону розподілу (див. рис. 2.2);
- параметр «середнє значення напруги для флуктуаційної завади»

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 15

дорівнює нулю.

У теорії ймовірностей визначено, що в межах $\pm 3\sigma$ випадкова величина, яка відповідає нормальному закону розподілу, появляється з ймовірністю 0,978 [див.: Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.:Наука, 1964.-С. 124-125].

Отже, враховуючи, що значення напруги флуктуаційної завади змінюється в межах граничних нижнього $(-U_{гр.н})$ і верхнього $(-U_{гр.в})$ значень напруги (див. рис. 3.2), її діюче (ефективне) значення можна визначити так:

$$U_{\delta} = \sigma = \frac{U_{гр.в} - (-U_{гр.н})}{6} = \frac{U_{гр.в} + U_{гр.н}}{6} \quad 3.1$$

Величину $(U_{гр.в} + U_{гр.н})$ називатимемо «розмах сигналу».

Однак, такий метод визначення діючого (ефективного) значення напруги флуктуаційної завади дає помилку, оскільки нормальний закон розподілу передбачає появу випадкової величини в межах від $-\infty$ до $+\infty$. А реальний сигнал в інформаційних мережах завжди існує у визначених межах. Отже, діюче значення напруги флуктуаційної завади, визначене за формулою (3.1), буде меншим від фактичного. У статті [див.: Нетцер И. Проектирование малозумящих усилителей // ТИИЭР, т. 69, № 6, июнь 1981. - С. 58-74] автор на с. 60 показує, що ближче до фактичного значення ефективної напруги флуктуаційної завади отримаємо тоді, коли розмах сигналу $(U_{гр.в} + U_{гр.н})$ ділити не на 6, а на 5.

Беручи до уваги викладене вище, методика практичного визначення середнього значення потужності для флуктуаційної завади буде такою:

1) за допомогою осцилографа вимірюємо розмах флуктуаційної завади у визначеній точці системи передавання інформації (у цій лабораторній роботі – на виході каналу зв'язку).

2) обчислюємо діюче значення напруги флуктуаційної завади за формулою

$$U_{\delta} = \frac{U_{гр.в} + U_{гр.н}}{5} \quad 3.2$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 16

3) обчислюємо середнє значення флуктуаційної завади за формулою

$$P_{\xi} = \frac{U_{\delta}^2}{R} \quad 3.3$$

де R – значення величини опору, на якому проведено вимірювання напруги, що представляє розмах сигналу.

5.4. Методика роботи з «Приладом для вимірювання відносної частоти появи значень випадкового сигналу».

6. Результати виконаних досліджень

Подання результатів досліджень повинно містити:

6.1. Опис спостережень згідно з завданням п. 3.2.

6.2. Чотири характеристики «відносна частота появи значень сигналу» для гармонічного сигналу з випадковою фазою, зняті у разі двох значень частоти і двох значень амплітуди.

6.3. Чотири характеристики «відносна частота появи значень сигналу» для флуктуаційної завади, зняті у разі двох значень ефективної напруги і при двох значеннях верхньої частоти спектральної характеристики.

7. Висновки за результатами виконаних досліджень

Формулюючи висновки, необхідно дати відповідь на такі запитання:

7.1. Яку Ви побачили зміну в характеристиці «відносна частота появи значень гармонічного сигналу» у разі зміни його частоти?

7.2. Яку Ви побачили зміну в характеристиці «відносна частота появи значень флуктуаційної завади» у разі зміни ширини її спектральної характеристики?

7.3. Які нові практичні знання і вміння отримали Ви після виконання цієї лабораторної роботи?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 17

Лабораторна робота 4

Завадостійке кодування повідомлень у системі передавання інформації з дискретним каналом зв'язку

1. Мета лабораторної роботи

Дослідження властивостей коду з перевіркою на парність і циклічного коду, який має 5 перевірочних (контрольних) символів (розрядів), в системі передавання інформації з дискретним каналом зв'язку. У результаті виконання лабораторної роботи студент повинен набути такі практичні знання та вміння:

1.1. Практично переконатися, що можливості завадостійких кодів із збільшенням кількості перевірочних (контрольних) символів (розрядів) змінюються.

1.2. Вміти скласти методики і практично виконувати дослідження можливостей (властивостей) завадостійких кодів.

Відповіді на поставлені запитання разом із запитаннями необхідно навести у звіті з цієї лабораторної роботи.

Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [5, розділ 8].
2. Вивчити опис цієї роботи.
3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

2. Постановка задач досліджень в лабораторній роботі

2.1. Перевірте властивості коду з перевіркою на парність на двох дозволених кодових комбінаціях 101000 та 101101.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 18

2.2. Визначіть властивості циклічного коду, який має п'ять інформаційних та п'ять перевірочних розрядів на основі дослідження двох дозволених кодових комбінацій.

2.3. Визначіть породжувальний поліном, який використано в кодері і декодері макета цифрової системи передавання інформації. На основі знайденого полінома здійсніть синтез структурно-функціональної схеми регістра зсуву.

3. Опис засобів для виконання досліджень

Джерелом цифрових сигналів. На виході цього блока присутні цифрові сигнали кодових комбінацій (кодових слів) коду Бодо для букв «С – 10100» і «Ф – 10110».

Пристрої формування дозволених кодових комбінацій коду з перевіркою на парність та циклічного коду. «Кодер 1» за формування дозволених кодових комбінацій до кодової комбінації простого коду додає 1 перевірочний розряд. «Кодер 2» під час формування дозволених кодових комбінацій до кодової комбінації простого коду додає п'ять перевірочних розрядів.

Пристрої виявлення або виправлення помилок коду з перевіркою на парність та циклічного коду. «Декодер 1» має два виходи: вихід сигналу та сигнал помилки. «Декодер 2» має тільки один вихід.

Як дискретний канал зв'язку потрібно використати його фізичну модель у вигляді «Пристрою введення помилок».

Спостереження сигналів під час дослідження виконують осцилографом С1-112А.

Дослідження виконуються на макеті цифрової системи передавання інформації. Структурна схема макета, наведена на рис. 4.1, є однаковою для дослідження коду з перевіркою на парність і для циклічного коду.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 19

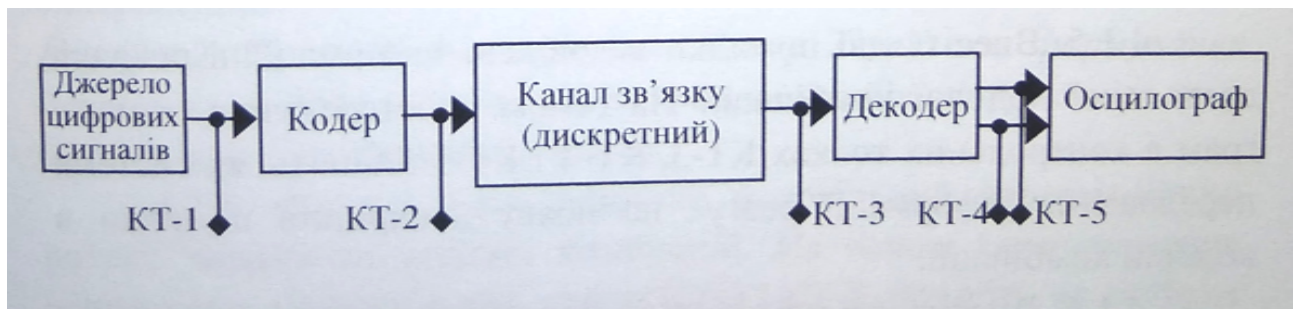


Рис. 4.1. Структурна схема макета цифрової системи передавання інформації для дослідження властивостей завадостійких кодів

Однак під час дослідження коду з перевіркою на парність необхідно використати в макеті «Кодер 1» і «Декодер 1», а під час дослідження циклічного коду – «Кодер 2» і «Декодер 2».

4. Методики, які потрібно скласти і використати під час виконання досліджень у цій лабораторній роботі

4.1. Методика виконання першої задачі дослідження згідно з пунктом 3.1.

4.1.1. На вхід «Кодера 1» (блок 7) цифровий сигнал букви «Ф».

4.1.2. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнали в контрольних точках КТ-1, КТ-2, КТ-3. КТ-4 (вихід сигналу помилки) і КТ-5 (вихід цифрового сигналу) (див. рис. 4.1). Осцилограми сигналів необхідно зарисувати. На основі спостережень зробіть висновок про працездатність макета.

Порада 1: Осцилограф має працювати в режимі зовнішньої синхронізації.

Порада 2: Сигнал у контрольній точці КТ-4 (вихід сигналу помилки) спостерігайте у разі внесення в цифровий сигнал помилки.

4.1.3. Внесіть одну помилку в довільний інформаційний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу однократної помилки в кодовій комбінації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 20

4.1.4. Внесіть помилку в перевірочний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу однократної помилки в кодовій комбінації.

4.1.5. Внесіть дві помилки в довільні інформаційні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу двократної помилки в кодовій комбінації.

4.1.6. Внесіть дві помилки: одну в довільний інформаційний розряд, а другу в перевірочний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм у контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу двократної помилки в кодовій комбінації.

4.1.7. Внесіть три помилки в довільні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу трикратної помилки в кодовій комбінації.

4.1.8. Внесіть чотири помилки в довільні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу чотирікратної помилки в кодовій комбінації.

4.1.9. Внесіть п'ять помилок у довільні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3, КТ-4 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу п'ятикратної помилки в кодовій комбінації.

4.2. Методика виконання другої задачі дослідження згідно з п. 2.2.

4.2.1. На вхід «Кодера 2» (блок 7) подайте цифровий сигнал букви «Ф»

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 21

4.2.2. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнали в контрольних точках КТ-1, КТ-2, КТ-3 і КТ-5 (див. рис. 4.1). Осцилограми сигналів необхідно зарисувати. На основі спостережень зробіть висновок про працездатність макета.

Порада 1: Осцилограф має працювати в режимі зовнішньої синхронізації.

Порада 2: Візьміть до уваги, що «Кодер 2» під час формування дозволених кодових комбінацій до кодової комбінації простого коду додає п'ять перевірочних розрядів.

4.2.3. Внесіть одну помилку в довільний інформаційний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3 і КТ-5, опишіть, як система передавання інформації реагує на появу однократної помилки в кодовій комбінації.

4.2.4. Внесіть одну помилку в довільний перевірочний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3 і КТ-5, опишіть, як система передавання інформації реагує на появу однократної помилки в кодовій комбінації.

4.2.5 Внесіть дві помилки в довільні інформаційні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу двократної помилки в кодовій комбінації.

4.2.6. Внесіть дві помилки: одну в довільний інформаційний розряд, а другу в довільний перевірочний розряд дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу двократної помилки в кодовій комбінації.

4.2.7. Внесіть дві помилки в довільні перевірочні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 22

КТ-3 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу двократної помилки в перевірочній частині кодової комбінації.

4.2.8. Внесіть три помилки в довільні перевірочні розряди дозволеної кодової комбінації. На основі спостереження осцилограм в контрольних точках КТ-3 і КТ-5 опишіть, як система передавання інформації реагує на появу трикратної помилки в перевірочній частині кодової комбінації.

4.2.9. На вхід «Кодера 2» подайте цифровий сигнал букви «С» і повторіть дослідження згідно з п. 4.2.2 – 4.2.8.

4.3. Методику виконання третьої задачі згідно з п. 2.3 сформуйте самостійно на основі теоретичних знань за цією темою.

5. Результати виконаних досліджень

Наведення результатів досліджень повинно містити:

5.1. Згідно з п. 2.1 осцилограми (див. п 4.1.2) та опис спостережень згідно з п. 4.1.3-4.1.9.

5.2. Згідно з п. 2.2 осцилограми (див. п. 4.2.2) та опис спостережень згідно з п. 4.2.3 – 4.2.9.

5.3. Визначений породжувальний поліном та структурно-функціональна схема регістра зсуву, синтезована згідно з визначеним породжувальним поліномом.

6. Висновки за результатами виконаних досліджень

6.1. На основі результатів досліджень, виконаних згідно з пунктами 4.1.2–4.1.9 зробіть висновок про властивості коду з перевіркою на парність.

6.2. На основі результатів досліджень, виконаних згідно з п. 4.2.3–4.2.9 зробіть висновок про властивості циклічного коду з п'ятьма перевірочними розрядами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 23

6.3. Поясніть, чому в досліджуваному циклічному коді внесення дво-, трикратної помилки в інформаційну частину кодової комбінації не дає ефекту виправлення помилок, а внесення дво-, трикратної помилки в перевірючу частину кодової комбінації дає ефект виправлення помилок?

Лабораторна робота 5

Амплітудна модуляція гармонічного переносника

1. Мета лабораторної роботи

Дослідження формування радіосигналів з амплітудною модуляцією за допомогою нелінійного радіоелектронного кола. Набуття практичних навичок визначення за допомогою осцилографа коефіцієнта глибини модуляції радіосигналу з амплітудною модуляцією, вміння налагодження пристрою формування радіосигналів з амплітудною модуляцією за допомогою нелінійного радіоелектронного кола. Знати наслідки неправильної роботи пристрою.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [1, розділ 7].
2. Вивчити опис цієї роботи.
3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

3. Евристичний синтез структурно-функціональної схеми пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією

Послідовність міркувань, яка дає змогу придумати пристрій (структурно-функціональну схему) для формування АМ-сигналу (модулятор):

1. Маємо гармонічний сигнал з частотою, яка вибрана в діапазоні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 24

радіочастот. Цей сигнал виконує функцію переносника;

2. Інформаційним сигналом в експерименті є низькочастотний гармонічний сигнал;

3. Аналіз математичної моделі АМ-сигналу показує його амплітудно-частотний спектр [1, с. 149-154; 2, с. 94-100].

Зауважимо: а) у цьому розгляді спектр АМ-сигналу складається з трьох гармонік з частотами $(f_0 - F)$, f_0 , $(f_0 + F)$ та амплітудами $\frac{MU_m}{2}$, U_m , $\frac{MU_m}{2}$ відповідно;

б) якщо сформувати три гармонічні сигнали з вказаними в п. «а» параметрами і додати їх, то отримаємо АМ-сигнал.

Отже, необхідно ПРИДУМАТИ, як, маючи два гармонічні сигнали з частотами f_0 і F , можна сформувати гармонічні сигнали з частотами $(f_0 - F)$, $(f_0 + F)$?

4. На це питання в «Теорії нелінійних радіоелектронних кіл» дано таку відповідь: Якщо на вхід нелінійного радіоелектронного кола (чотириполюсника) подати суму двох гармонічних сигналів з різними частотами f_0 і Ω , то на виході отримаємо сигнал, в спектрі якого будуть гармонічні складові з частотами: $F, 2F, 3F, \dots, f_0, 2f_0, 3f_0 \dots, (f_0 - F), (2f_0 - F), (3f_0 - F), \dots, (f_0 + F), (2f_0 + F), (3f_0 + F)$ і т.д.

Зауважимо: а) у спектрі сигналу на виході нелінійного радіоелектронного кола (чотириполюсника) є необхідні для формування АМ-сигналу складові;

б) виділити потрібні складові спектра і «подавити» всі зайві можна за допомогою смугового фільтра.

Користуючись наведеними вище міркуваннями, можемо здійснити евристичний синтез структурно-функціональної схеми пристрою для формування АМ-сигналу;

5. Наступним етапом роботи є визначення вимог до функціональних модулів та сигналів для свідомого і успішного виконання експериментальних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 25

досліджень.

Структурно-функціональна схема моделі пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією наведена на рис. 5.1.

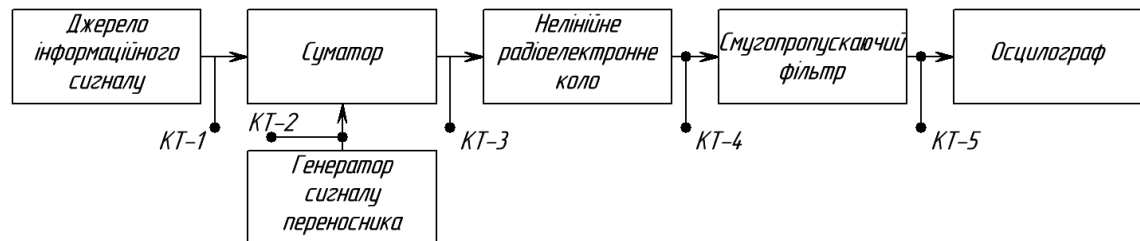


Рис.5.1. Структурно-функціональна схема моделі пристрою формування радіосигналу(модулятора) з амплітудною модуляцією.

Джерелом інформаційного (аналогового) сигналу слугує генератор сигналів низькочастотний ГЗ-112/1.

Модулі «суматор» , «нелінійне радіоелектронне коло» (чотириполюсник) та «смугопропускаючий фільтр» використовуються з панелі «нелінійне функціональне перетворення сигналів».

Нелінійне радіоелектронне коло (чотириполюсник) повинно мати амплітудну характеристику, яка апроксимується степеневим поліномом не нижче другого степеня.

Смугопропускаючий фільтр у макеті виконаний у вигляді коливального контуру. Це потрібно врахувати під час визначення його смуги пропускання.

Функцію генератора сигналу переносника виконує генератор сигналів низькочастотний ГЗ-112/1.

Осцилограф повинен забезпечувати можливість спостереження і вимірювання параметрів радіосигналу, а отже, верхня частота його смуги пропускання має перевищувати верхню частоту спектральної характеристики АМ-сигналу. У цій лабораторній роботі рекомендовано використати осцилограф С1-112А.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 26

4. Послідовність виконання лабораторної роботи

4.1. Ознайомтесь з реальним радіосигналом з амплітудною модуляцією за допомогою генератора Г4-18А.

4.1.1. Користуючись налаштуваннями генератора, встановіть такі параметри АМ-сигналу: частота сигналу переносника 300 кГц, частота інформаційного сигналу 1000 Гц, коефіцієнт глибини модуляції 70 %.

4.1.2. Використовуючи відповідні методики, перевірте достовірність значень цих параметрів за допомогою осцилографа.

4.1.3. Виконайте спостереження осцилограми АМ-сигналу у разі зміни:

- а) частоти сигналу переносника (збільшіть у два рази);
- б) частоти інформаційного сигналу (встановіть 400 Гц);
- в) коефіцієнта глибини модуляції (встановіть 35 %).

4.2. Перевірте працездатність макета пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією та здійсніть його налагодження згідно з поставленою задачею. Під час налагодження макета необхідно забезпечити:

4.2.1. Нелінійний режим роботи радіоелектронного кола

4.2.2. Розміщення спектра АМ-сигналу в частотній смузі пропускання смугопропускального фільтра (СПФ).

Перевіряючи працездатність макета, Ви виявите, що на макеті відсутня контрольна точка на виході нелінійного радіоелектронного кола КТ-4. Спостереження сигналу на виході нелінійного радіоелектронного кола потрібно виконувати на виході фільтра низьких частот, встановлюючи перемикач зміни частоти зрізу в положення 4. У цьому положенні перемикача сигнал з виходу нелінійного радіоелектронного кола обминає фільтр низьких частот.

4.3. Дослідіть зміни форми АМ-сигналу (зміну форми АМ-сигналу спостерігати і описувати за осцилограмою і, якщо це можливо, визначати коефіцієнт глибини модуляції):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 27

4.3.1. У разі переходу від нелінійного режиму роботи радіоелектронного кола до лінійного.

4.3.2. Виводячи верхню бічну складову спектра АМ-сигналу за межі смуги пропускання СПФ (досягається збільшенням частоти сигналу переносника).

4.3.3. Виводячи нижню бічну складову спектра АМ-сигналу за межі смуги пропускання СПФ (досягається зменшенням частоти сигналу переносника).

4.3.4. Виводячи обидві бічні складові спектра за межі смуги пропускання СПФ (досягається збільшенням частоти інформаційного сигналу). Експеримент рекомендується виконати тричі із збільшенням частоти інформаційного сигналу:

а) в 2 рази; б) в 10 разів; в) в 100 разів.

5. Методики, які необхідно скласти і використати під час виконання лабораторної роботи

5.1. Методика визначення частоти сигналу переносника та частоти гармонічного інформаційного сигналу, якщо смугопро-пускальний фільтр (СПФ) для пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією є заданим.

Порада: Врахуйте, що в макеті функцію СПФ виконує коливальний контур. Структурно-функціональна схема макета під час визначення меж смуги пропускання та центральної частоти СПФ наведена на рис. 5.2.

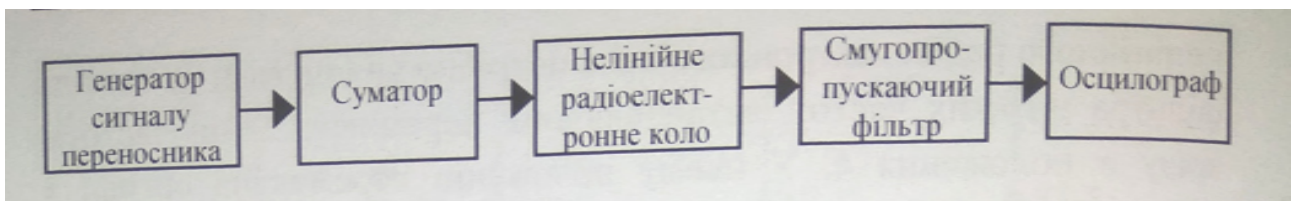


Рис. 5.2. Структурно-функціональна схема макета під час визначення меж смуги пропускання та центральної частоти СПФ

5.2. Методика встановлення нелінійного режиму роботи радіоелектронного кола.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 28

Порада: нелінійний режим роботи радіоелектронного кола за правильного вибору частоти сигналу переносника та частоти гармонічного інформаційного сигналу забезпечує отримання на виході смугопропускального фільтра радіосигналу з амплітудною модуляцією.

5.3. Методика перевірки працездатності та налагодження макета пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією.

Порада: працездатність макета можна визначати перевіркою відповідності осцилограм сигналів у контрольних точках (див. рис. 5.1) їх теоретичному обґрунтуванню.

6. Результати виконаних досліджень

Наведення результатів досліджень повинно містити:

6.1. Згідно з п. 4.1 опис змін в осцилограмі АМ-сигналу у раз. зміни частоти сигналу переносника, частоти інформаційного сигналу, коефіцієнта глибини модуляції.

6.2. Згідно з п. 4.2. осцилограми в контрольних точках (див. рис 5.1) макета пристрою формування радіосигналу та обґрунтований висновок про працездатність макета. А також значення:

а) визначених частот верхньої та нижньої границь смуги пропускання СПФ та її центральної частоти;

б) вибраних частот сигналу переносника та інформаційного (модуючого) сигналу.

6.3. Згідно з п. 4.3 опис змін в осцилограмі АМ-сигналу у разі неправильних налаштувань пристрою формування радіосигналу з амплітудною модуляцією.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 29

7 Висновки за результатами виконаних досліджень

Під час формулювання висновків необхідно дати відповідь на такі запитання:

7.1 Чи правильними є покази використаного Вами генератора Г4-18А (для частоти сигналу переносника, для частоти модулюючого сигналу, для коефіцієнта глибини модуляції)? Вкажіть заводський номер генератора Г4-18А.

7.2. Який ефект спостерігаємо на осцилограмі АМ-сигналу, коли частоти обох бічних складових його спектра виходять за межі смуги пропускання СПФ?

7.3. Який ефект спостерігаємо на осцилограмі АМ-сигналу, коли верхня бічна складова його спектра виходить за межі смуги пропускання СПФ?

7.4. Який ефект спостерігаємо на осцилограмі АМ-сигналу, коли нижня бічна складова його спектра виходить за межі смуги пропускання СПФ?

7.5. Який ефект спостерігаємо у разі переходу від нелінійного режиму роботи радіоелектронного кола до лінійного?

Лабораторна робота 6

Особливості функціонування каналу зв'язку цифрової системи передавання інформації

1. Мета лабораторної роботи

Вимірювання відношення сигнал/шум на виході лінійного каналу зв'язку у разі передавання цифрового радіосигналу. У результаті виконання лабораторної роботи студент повинен вміти практично визначати параметр «відношення сигнал/шум» на виході лінійного каналу зв'язку під час передавання цифрового радіосигналу з амплітудною маніпуляцією (АМн) у разі дії флуктуаційної завади.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [1, розділ 9].
2. Вивчити опис цієї роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 30

3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

3. Постановка задач дослідження в лабораторній роботі

3.1. Перевірте працездатність макета цифрової системи передавання інформації та здійсніть його налагодження згідно з поставленою задачею. Під час налагодження макета необхідно забезпечити попадання спектра завади в весь частотний діапазон, який займає цифровий сигнал.

3.2. Виконайте дослідження змін у часовому зображенні адитивної суміші цифрового радіосигналу та флуктуаційної завади

У разі погіршення відношення сигнал/шум на основі спостереження осцилограм і оцінювання відношення максимального значення напруги цифрового радіосигналу до максимального значення напруги, яке появляється в реалізаціях флуктуаційної завади. Для цього сформуєте суміш сигналу та завади на виході каналу зв'язку за трьох значень параметра «відношення сигнал/шум», змінюючи потужність флуктуаційної завади. Відношення сигнал/шум зобразіть відношенням середнього значення потужності радіоімпульсу P_s до середнього значення потужності флуктуаційної завади P_ε .

$$\text{а) } \frac{P_s}{P_\varepsilon} < 1 \qquad \text{б) } \frac{P_s}{P_\varepsilon} \approx 1 \qquad \text{в) } \frac{P_s}{P_\varepsilon} > 1$$

4. Опис макета цифрової системи передавання інформації для виконання досліджень

Структурна схема макета цифрової системи передавання інформації для виконання досліджень наведена на рис. 6.1, для формування якого потрібно використати такі пристрої та прилади:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 31

Джерело цифрових сигналів. На виході цього блока присутні цифрові сигнали кодових комбінацій (кодових слів) коду Бодо для букв «С – 10100» і «Ф – 10110»

Джерелом флуктуаційної завади в макеті цифрової системи передавання інформації, який формується для цієї лабораторної роботи, слугує прилад «Генератор шуму низькочастотний Г2 57 або Г2-59».

Приймальна сторона в макеті цифрової системи передавання інформації подана осцилографом С1-112А.



Рис. 6.1. Структурна схема макета цифрової системи передавання інформації

5. Методики, які потрібно скласти і використати під час виконання лабораторної роботи

5.1. Методика перевірки працездатності макета цифрової системи передавання інформації.

Порада: працездатність макета можна визначати перевіркою відповідності осцилограм сигналів у контрольних точках (див. рис. 6.1) їх теоретичному обґрунтуванню.

5.2. Методика практичного визначення ефективної ширини спектра цифрового радіосигналу.

5.3. Методика практичного визначення середнього значення потужності для радіоімпульсу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 32

5.4. Методика практичного визначення середнього значення потужності для флуктуаційної завади.

Для практичного визначення середнього значення потужності неперервного випадкового сигналу необхідно мати прилад, який безпосередньо дає змогу виміряти цей параметр. За відсутності такого приладу середнє значення потужності можна обчислити за формулою (6.3) і для цього необхідно виміряти параметр «діюче (ефективне) значення напруги» неперервного випадкового сигналу. Це зумовлює таке питання:

Як практично можна виміряти діюче (ефективне) значення напруги для флуктуаційної завади?

Розглянемо теоретичне обґрунтування методики. У теорії електрозв'язку визначено, що флуктуаційна завада має такі характерні ознаки:

- а) ймовірнісна математична модель часового представлення флуктуаційної завади $p(\xi)$ відповідає нормальному закону розподілу (див. рис. 6.2);
- б) параметр «середнє значення напруги для флуктуаційної завади» дорівнює нулю.

У теорії ймовірностей визначено, що в межах $\pm 3\sigma$ випадкова величина, яка відповідає нормальному закону розподілу, появляється з ймовірністю 0,978 [див.: Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.:Наука, 1964.-С. 124-125].

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 33

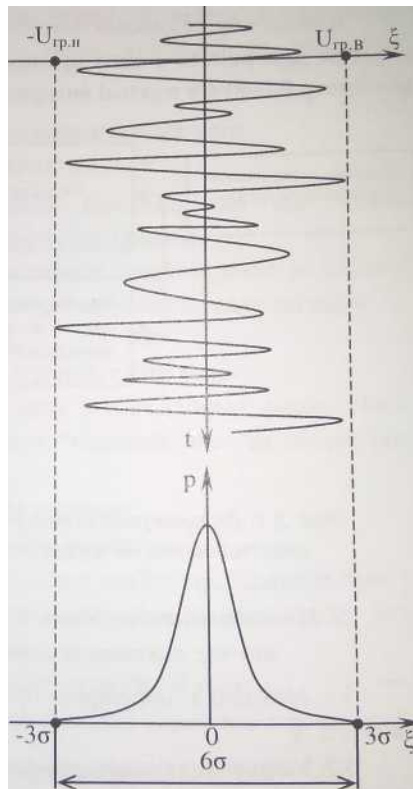


Рис.6.2. Флуктуаційна завада та ймовірнісна математична модель її часового представлення

Отже, враховуючи, що значення напруги флуктуаційної завади змінюється в межах граничних нижнього ($-U_{гр.н}$) і верхнього ($U_{гр.в}$) значень напруги (див. рис. 6.2), її діюче (ефективне) значення можна визначати так:

$$U_d = \sigma = \frac{U_{гр.в} - (-U_{гр.н})}{6} = \frac{U_{гр.в} + U_{гр.н}}{6} \quad 6.1$$

Величину ($U_{гр.в} + U_{гр.н}$) називатимемо «розмах сигналу».

Однак, такий метод визначення діючого (ефективного) значення напруги флуктуаційної завади дає помилку, оскільки нормальний закон розподілу передбачає появу випадкової величини в межах від $-\infty$ до $+\infty$. А реальний сигнал в інформаційних мережах завжди існує у визначених межах. Отже, діюче значення напруги флуктуаційної завади, визначене за формулою (6.1), буде меншим від фактичного. У статті [див.: Нетцер И. Проектирование малошумящих усилителей // ТИИЭР, т. 69, № 6, июнь 1981. - С. 58-74] автор на с. 60 показує, що ближче до фактичного значення ефективної напруги

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 34

флуктуаційної завади отримаємо тоді, коли розмах сигналу ($U_{гр.в} + U_{гр.н}$) ділити не на 6, а на 5.

Беручи до уваги викладене вище, методика практичного визначення середнього значення потужності для флуктуаційної завади буде такою:

1) за допомогою осцилографа вимірюємо розмах флуктуаційної завади у визначеній точці системи передавання інформації (у цій лабораторній роботі – на виході каналу зв'язку).

2) обчислюємо діюче значення напруги флуктуаційної завади за формулою

$$U_d = \frac{U_{гр.в} + U_{гр.н}}{5} \quad 6.2$$

3) обчислюємо середнє значення флуктуаційної завади за формулою

$$P_\xi = \frac{U_d^2}{R} \quad 6.3$$

де R – значення величини опору, на якому проведено вимірювання напруги, що представляє розмах сигналу.

Зауваження: Під час визначення параметра «відношення сигнал/шум», величина опору R нас не цікавить, бо середнє значення потужності сигналу визначається на цьому самому опорі. Обчислюючи «відношення сигнал/шум», ця величина опору присутня в чисельнику та в знаменнику і підлягає скороченню.

6. Результати виконаних досліджень

Подання результатів досліджень повинно передбачити:

6.1. Згідно з п. 3.1 осцилограми в контрольних точках макета цифрової системи передавання інформації та обґрунтований висновок про працездатність макета.

6.2. Згідно з п. 3.2 опис змін у часовому представленні адитивної суміші цифрового радіосигналу та флуктуаційної завади у разі погіршення відношення сигнал/шум на основі спостереження осцилограм і оцінювання відношення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 35

максимального значення напруги цифрового радіосигналу до максимального значення напруги, яке появляється в реалізаціях флуктуаційної завади.

7. Висновки за результатами викопаних досліджень

Формулюючи висновки, необхідно дати відповідь на такі запитання:

7.1. За яких умов роботи цифрової системи передавання інформації можливе використання порогового методу приймання цифрових радіосигналів?

7.2. Які нові практичні знання і вміння отримали Ви після виконання цієї лабораторної роботи?

Лабораторна робота 7

Приймання цифрових сигналів з використанням принципу оптимальної узгодженої фільтрації

1. Мета лабораторної роботи

Дослідження ефективності використання в цифровій системі передавання інформації принципу оптимальної узгодженої фільтрації за трьох видів сигналів, коли їхня суміш з завадою є адитивною і спектри сигналу та завади є різними і повністю перекриваються (перебувають в одному частотному діапазоні). У результаті виконання лабораторної роботи набути такі практичні знання та вміння:

1.1. Знати як змінюються можливості оптимальної узгодженої фільтрації у разі зміни форми сигналу.

1.2. Вміти складати методики і практично виконувати порівняльне дослідження ефективності принципу оптимальної узгодженої фільтрації для різних видів сигналів.

2. Підготовка до роботи

1. Опрацювати за підручником [3, розділ 21].
2. Вивчити опис цієї роботи.
3. Заготовити таблиці для результатів вимірів.
4. Виконати необхідні розрахунки.
5. Відповісти на питання самоперевірки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 36

3. Постановка задач дослідження в лабораторній роботі

1.Перевірте твердження з теорії оптимальної узгодженої фільтрації про те, що осцилограма сигналу на виході оптимального узгодженого фільтра у разі подавання на його вхід «свого» сигналу відповідає його автокореляційній характеристиці.

2.Перевірте твердження з теорії оптимальної узгодженої фільтрації про те, що імпульсна характеристика оптимального узгодженого фільтра являє собою «дзеркальне відображення» «свого» вхідного сигналу, з яким цей фільтр є узгодженим.

3.Дослідіть умови приймання (виявлення) «свого» цифрового сигналу у разі надходження на вхід оптимального узгодженого фільтра адитивної суміші «свого» цифрового сигналу та сигналу завади. Як сигнал завади використовуйте флукуаційну заваду (див. п. 4). Забезпечте виконання умов:

а) спектральні характеристики «свого» цифрового сигналу та сигналу завади повністю перекриваються;

б) відношення сигнал/шум дорівнює або є меншим від одиниці (у цій роботі відношення сигнал/шум доцільно оцінювати відношенням значень «максимальний рівень сигналу» та «максимальний рівень, який досягає флукуаційна завада»). Виконання цієї умови означає, що виявлення в суміші цифрового сигналу пороговим методом є неможливим.

4. Опис засобів для виконання досліджень

У лабораторній роботі передбачено використання трьох цифрових сигналів однакової тривалості, які представляють такі одинадцятирозрядні кодові комбінації:

а) 11111111111;

б) 10101010101;

в) 11100010010 (у теорії електрозв'язку останню кодову комбінацію називають «кодова комбінація Баркера» [1, с. 79-83; 4, с. 184-185; 5, с. 44-49].

Осцилограми цих кодових комбінацій наведені на рис. 7.1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 37

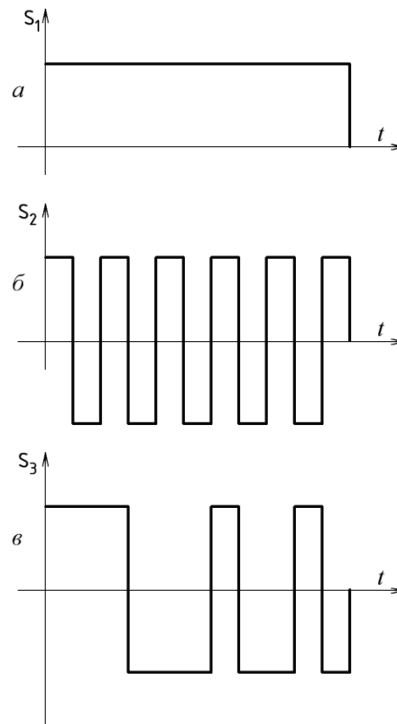


Рис.7.1. Осцилограми цифрових сигналів заданих кодових комбінацій

Структурна схема лабораторної макета зображена на рис. 7.2.

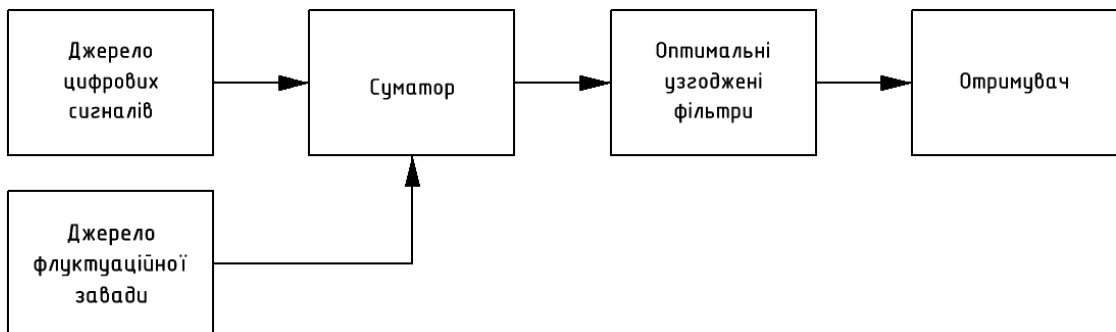


Рис. 7.2. Структурна схема лабораторної макета

5. Методики, які необхідно скласти і використати під час виконання досліджень у цій лабораторній роботі

5.1. Методика виконання першої задачі дослідження згідно з п. 3.1.

5.1.1. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 1111111111 подайте «свій» цифровий сигнал (див. рис. 7.5, а).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 38

5.1.2. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнали на виходах «свого» і «чужих» оптимальних узгоджених фільтрів. Осцилограми вхідного та вихідних сигналів потрібно зарисувати.

5.1.3. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 10101010101 подайте «свій» цифровий сигнал (див. рис. 7.5, б).

5.1.4. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнали на виходах «свого» і «чужих» оптимальних узгоджених фільтрів. Осцилограми вхідного та вихідних сигналів потрібно зарисувати.

5.1.5. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації Баркера 11100010010 подайте «свій» цифровий сигнал (див. рис. 7.5, в).

5.1.6. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнали на виходах «свого» і «чужих» оптимальних узгоджених фільтрів. Осцилограми вхідного та вихідних сигналів потрібно зарисувати.

5.1.7. Порівняйте отримані осцилограми на виходах «своїх» оптимальних узгоджених фільтрів з відомими з теорії автокореляційними характеристиками вхідних сигналів і зробіть відповідний висновок.

5.1.8. Для кожного цифрового сигналу порівняйте отримані осцилограми на виходах «свого» і «чужих» оптимальних узгоджених фільтрів. Чи можливо за допомогою порогових пристроїв, встановлених на виходах оптимальних узгоджених фільтрів розпізнавати появу свого сигналу

5.2. Методика виконання другої задачі дослідження згідно з п. 3.2

5.2.1. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 11111111111 подайте « δ -імпульс».

Порада: Зверніть увагу, який Сигнал Вам пропонують як « δ -імпульс». Виміряйте параметри цього « δ -імпульсу» (амплітуду і тривалість) та зробіть висновок про його відповідність теоретичному поданню. Також подумайте і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 39

скажіть, за яких умов поданий сигнал можна вважати близьким до « δ -імпульс», тобто його можна використовувати для отримання імпульсної характеристики пристрою, який належить до лінійних радіоелектронних кіл

5.2.2. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнал на виході оптимального узгодженого фільтра. Осцилограми вхідного та вихідного сигналів потрібно зарисувати.

5.2.3. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 10101010101 подайте « δ -імпульс».

5.2.4. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнал на виході оптимального узгодженого фільтра. Осцилограми вхідного та вихідного сигналів потрібно зарисувати.

5.2.5. На вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації Баркера 11100010010 подайте « δ -імпульс».

5.2.6. За допомогою осцилографа спостерігайте сигнал на виході оптимального узгодженого фільтра. Осцилограми вхідного та вихідного сигналів потрібно зарисувати.

5.2.7. Порівняйте отримані осцилограми вхідних та вихідних сигналів і зробіть відповідний висновок.

5.3. Методика виконання третьої задачі дослідження згідно з п. 3.3.

5.3.1. Сформууйте адитивну суміш цифрового сигналу кодової комбінації 1111111111 та флуктуаційної завади з виконанням умов п. 3.3.

Порада: для формування адитивної суміші цифрового сигналу та флуктуаційної завади потрібно використати пристрій «Суматор».

5.3.2. Подайте цю адитивну суміш на вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 1111111111. Оцініть відношення сигнал/шум на його виході, а також зробіть висновок про можливість виявлення в суміші цифрового сигналу пороговим методом.

5.3.3. Сформууйте адитивну суміш цифрового сигналу кодової комбінації

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 40

101010101 та флукуаційної завади з виконанням умов п. 3.3.

5.3.4. Подайте цю адитивну суміш на вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації 101010101. Оцініть відношення сигнал/шум на його виході, а також зробіть висновок про можливість виявлення в суміші цифрового сигналу пороговим методом.

5.3.5. Сформуйте адитивну суміш цифрового сигналу кодової комбінації Баркера 11100010010 та флукуаційної завади з виконанням умов п.3.3.

5.3.6. Подайте цю адитивну суміш на вхід оптимального узгодженого фільтра для цифрового сигналу кодової комбінації Баркера 11100010010. Оцініть відношення сигнал/шум на його виході, а також зробіть висновок про можливість виявлення в суміші цифрового сигналу пороговим методом.

5.3.7. На основі порівняння отриманих результатів зробіть висновок, який з трьох сигналів потрібно вважати найкращим для використання в цифрових системах передавання інформації.

6. Результати виконаних досліджень

Подання результатів досліджень повинно передбачати:

6.1. Згідно з п. 3.1 осцилограми: див. щ. 5.1.2, п. 5.1.4, 5.1.6 та висновки згідно з п. 5.1.7 та п. 5.1.8.

6.2. Згідно з п. 3.2 осцилограми: див. п. 5.2.2, п. 5.2.4, 5.2.6 та висновок згідно з п. 5.2.7.

6.3. Визначені відношення сигнал/шум (див. п. 5.3.2, п. 5.3.4, 5.3.6) та висновок згідно з п. 5.3.7.

7. Висновки за результатами виконаних досліджень

Крім висновків, зроблених у п. 6.1, 6.2, 6.3, необхідно дати відповідь на такі запитання:

7.1. Яку характерну особливість має цифровий сигнал, який подає кодову

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 41

комбінацію Баркера, порівняно з двома іншими цифровими сигналами, що розглядаються в цій роботі?

7.2. Яку особливість імпульсної характеристики оптимальних узгоджених фільтрів Ви виявили в експерименті?

7.3. Якому сигналу з трьох досліджуваних потрібно віддати перевагу під час використання в системі передавання інформації оптимальної узгодженої фільтрації і чому?

7.4. Яке практичне використання розглянутих сигналів у системах передавання інформації Ви можете запропонувати?

7.5. Який сигнал Ви вважаєте ідеальним під час використання в системі передавання інформації принципу оптимальної узгодженої фільтрації? Сформулюйте вимоги до ідеального сигналу.

7.6. Який з трьох досліджуваних Вами сигналів є найближчим до ідеального сигналу під час використання в системі передавання інформації оптимальної узгодженої фільтрації?

7.7. У Вас є оптимальний узгоджений фільтр, але невідомо для якого сигналу. Запропонуйте спосіб для визначення «свого» сигналу для оптимального узгодженого фільтра?

7.8. Які нові практичні знання і вміння отримали Ви після виконання цієї лабораторної роботи?

Література до лабораторних занять

1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 1. - Харків: «Компанія СМІТ», 2003. - 580 с.

2. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 2. - Харків: «Компанія СМІТ», 2003. - 444 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 43 / 42

3. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів: У 4-х т. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2005. – Т. 3: 528 с.
4. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів: У 4-х т. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2005. – Т. 4: 496 с.
5. Гусєв О. Ю., Конахович Г. Ф., Корнієнко В. І., Кузнецов Г. В., Пузиренко О. Ю. Теорія електричного зв'язку: Навч. посібник. — Львів: Магнолія 2006, 2017. — 364 с.
6. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Основи теорії передачі інформації: Навчальний посібник. – В.: ВДТУ, 2002.
7. Бортник Г.Г. Основи теорії передачі інформації. Лабораторний практикум. – В.: ВДТУ, 1999.
8. Бортник Г.Г., Бортник С.Г., Стальченко О.В. Основи теорії багатоканального зв'язку: Навчальний посібник. – В.: ВНТУ, 2010.
9. Бортник Г.Г. Цифрова обробка сигналів: навчальний посібник / В.М.Кичак, Г.Г. Бортник – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006.
10. Кузьмин І.В., Троцишин І.В., Кедрус В.А. Основи теорії інформації та кодування: Підручник для вузів. –Хмельницький.: ХНУ, 2009.
11. Жураковський Ю.П., Полтораки В.П. Теорія інформації та кодування: Підручник для вузів. – К.: Вища школа, 2001.
12. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Теорія електричного зв'язку: Підручник для ВНЗ за ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2006. – 552 с.
13. Теория электрической связи: учебник для вузов / [А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров]; под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 432 с.
14. Панфілов І.П. Теорія електричного зв'язку: підручник для вузів першого та другого рівнів акредитації / Панфілов І.П., Дирда В.Ю., Капацін

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/Б/ОК15- 2021
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 43 / 43</i>

А.В. – К.: Техніка, 1998. – 328 с.

15. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Б., 2-е изд.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

16. Кудряшов Б.Д. Теория информации: учебник для вузов / Кудряшов Б.Д. – СПб.: Питер, 2009. – 320 с.