

Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку
Кафедра прикладної фізики та наноматеріалів

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ

Методичні вказівки до лабораторної роботи 1.0
із дисципліни **“Теорія інформації та кодування”**

Укладач Іващенко П.В.

Затверджено на засіданні кафедри
для використання на заняттях.
31.08.2023 р.,
протокол № 2.
_____ зав. каф. Ірха В.І.

Одеса – 2023

1 Мета роботи

- 1.1 Вивчення основних принципів побудови системи електричного зв'язку.
- 1.2 Дослідження точності роботи системи електричного зв'язку.

2 Ключові положення

1. **Система електрозв'язку** – це впорядкована сукупність взаємодіючих технічних засобів, середовищ поширення сигналів, що утворюють єдине ціле й забезпечують передачу повідомлень на відстань за допомогою електричних сигналів.

Повідомлення – матеріальна форма подання інформації (відомостей про події, процеси, об'єкти тощо).

Переносниками (носіями) повідомлень на відстань є **сигнали**. У сучасних системах зв'язку повідомлення передаються електричними або оптичними сигналами.

У процесі передачі над сигналами провадяться різні перетворення, типові для різних систем зв'язку, незалежно від призначення системи й характеру повідомлень. Узагальнена структурна схема системи електрозв'язку наведена на рис. 1.

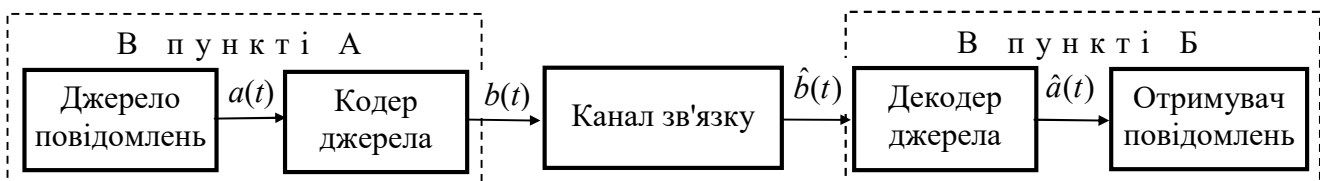


Рисунок 1 – Узагальнена схема системи електричного зв'язку

2. Центральне місце в системі займає **канал зв'язку** – сукупність технічних засобів, що забезпечують передавання електричного сигналу на відстань від пункту А до пункту Б. У сучасних системах електрозв'язку канали зв'язку цифрові, тобто, дозволяють передавати цифрові сигнали $b(t)$ (рис. 2). **Цифровий первинний сигнал $b(t)$** є двійковим і являє собою послідовність імпульсів, що ідуть із інтервалом T_6 (рис. 2). Імпульси відповідають двійковим символам "1" і "0". Двійкові символи називають бітами. Інтервал T_6 – час, затрачуваний на передавання одного біта. Основним параметром первинного цифрового сигналу є швидкість цифрового сигналу

$$R = 1/T_6.$$

Розмірність швидкості цифрового сигналу – біт/с. Вона показує, скільки двійкових символів передається за секунду.

3. Від джерела повідомлень надходить повідомлення $a(t)$. Якщо повідомлення неелектричне (звукове, текст, зображення), то за допомогою відповідного датчика воно перетвориться у **вихідний електричний сигнал**. В інших випадках повідомленням може бути електричний сигнал (файл даних від комп'ютера, від пристрою пам'яті), цей сигнал також є вихідним. У кодері джерела вихідний електричний сигнал перетвориться у двійковий цифровий сигнал $b(t)$. Це перетворення називається **кодуванням** – окремим елементам вихідного електричного сигналу ставляться у відповідність кодові комбінації двійкових символів. Зворотне перетворення називається **декодуванням**. Правила кодування й декодування задаються **кодом**. На рис. 3 показано приклад кодування й декодування: тут А, Б, В, ... – елементи вихідного електричного сигналу, у центрі малюнка показано код.

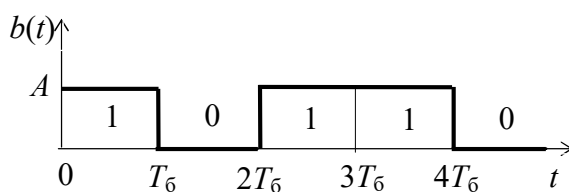


Рисунок 2 – Цифровий сигнал

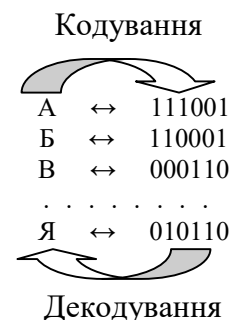


Рисунок 3 – Ілюстрація кодування й декодування

4. Канал зв'язку може бути побудований на основі однієї системи передавання (СП) (рис. 4,а) або на основі двох або більше СП (рис. 4,б). Другий випадок має місце при побудові каналу на основі елементів мережі зв'язку. **Мережа зв'язку** – комплекс технічних засобів, призначених для комутації, маршрутизації й передавання сигналів між кінцевим устаткуванням великої кількості територіально рознесених користувачів (пунктів). Комутація й маршрутизація сигналів виконуються у вузлах комутації (ВК). На рис. 4,б показано фрагмент мережі, що використовується для побудови розглянутого каналу зв'язку між пунктами А и Б.

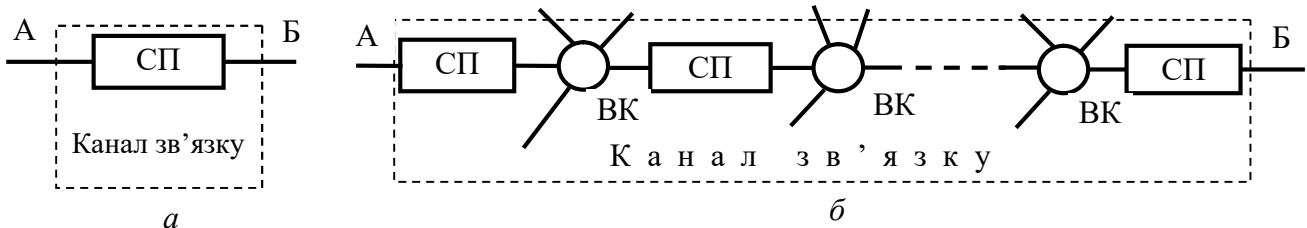


Рисунок 4 – Побудова каналу зв'язку

5. **Система передавання** – комплекс технічних засобів, призначених для передавання сигналів між вузлами комутації або між кінцевими користувачами, якщо вузли комутації не використовуються. На рис. 5 наведена схема системи передавання.

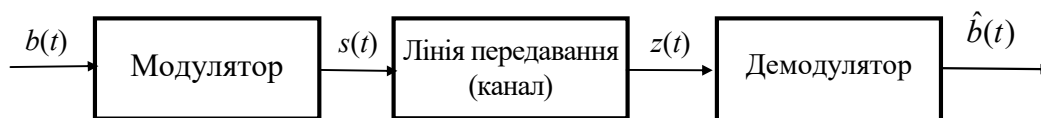


Рисунок 5 – Схема системи передавання

Система передавання будується на основі лінії передавання. **Лінія передавання** – фізичний ланцюг (кабель, мідний або оптичний) або вільний простір (у радіозв'язку), використовуваний для передавання сигналу на відстань.

Модулятор перетворює первинний сигнал у вторинний (модульований) сигнал, що добре підходить для передавання по лінії. Інакше кажучи, модулятор узгоджує характеристики сигналу на вході лінії з характеристиками лінії передавання, зокрема, по смузі частот. Якщо лінія зв'язку – смугова система, що пропускає коливання частот від f_{\min} до f_{\max} , то для узгодження з лінією передавання первинний сигнал перетворюється у вторинний сигнал, спектр якого зосереджений у смузі частот від f_{\min} до f_{\max} або займає частину цієї смуги. Смуга частот вторинного сигналу повинна попадати в смугу пропускання лінії зв'язку – у цьому й полягає задача узгодження. Описане перетворення називається модуляцією. Існує велика кількість видів модуляції. Найпростіший вид модуляції – АМ-2 – двійкова амплітудна модуляція: модульований сигнал являє собою послідовність радіоімпульсів, що відрізняються амплітудами (рис. 6).

Демодулятор відновлює первинний сигнал з модульованого сигналу. Відновлений сигнал позначається $\hat{b}(t)$.

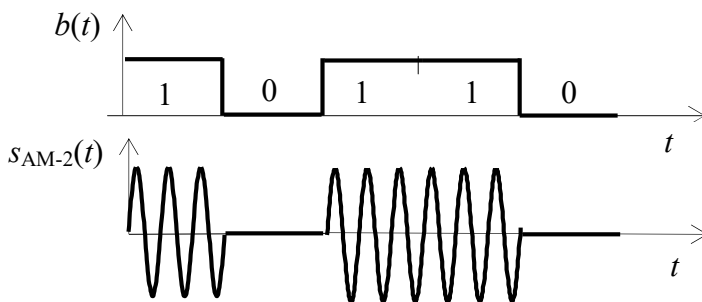


Рисунок 6 – Сигнал АМ-2

6. При передаванні по лінії передаванні на сигнал $s(t)$ накладається завада (шум) $n(t)$, і сигнал на виході лінії зв'язку записується

$$z(t) = s(t) + n(t).$$

Завада утрудняє роботу демодулятора – при відновленні первинного цифрового сигналу

виникають помилки: після подачі на вхід системи передавання символу "1" на виході системи одержують символ "0" або навпаки. Імовірність помилки символу характеризує **точність роботи системи**.

Таким чином, дія завади в лінії передавання проявляється на виході системи передавання у вигляді помилок – неправильних рішень демодулятора й, відповідно, після декодування виникають помилки в прийнятих повідомленнях. Імовірність помилки на виході демодулятора залежить від виду модуляції й відношення сигнал/шум (скорочено – с/ш). Під відношенням сигнал/шум звичайно розуміють відношення середніх потужностей сигналу й шуму.

3 Ключові питання

3.1 Дайте визначення понять "інформація", "повідомлення", "сигнал".

3.2 Дайте визначення понять "мережа зв'язку", "система електрозв'язку", "канал зв'язку", "система передавання".

3.3 Якими пристроями перетворюються повідомлення в первинні сигнали електрозв'язку? Приведіть приклади.

3.4 Поясніть, що таке кодування, код у системах електрозв'язку.

3.5 Поясніть, що таке цифровий первинний сигнал.

3.6 Поясніть, з якою метою використовується модуляція.

3.7 Поясніть призначення демодулятора в системі передавання.

3.8 Як оцінюють точність роботи системи електрозв'язку?

3.9 Від чого залежить точність роботи системи електрозв'язку?

4 Домашнє завдання

4.1 Вивчити розділ "Загальні відомості про системи електрозв'язку" по конспекту лекцій і посібнику [1, розд. 1].

4.2 Закодувати перші три букви Вашого прізвища кодом МТК-2. Таблиця коду наведена в Додатку.

4.3 Підготуватися до відповідей на ключові питання.

5 Лабораторне завдання

5.1 **Ознайомлення з макетом ЛР на робочому місці.** Для цього необхідно запустити програму, використовуючи іконку "Лабораторні роботи" на робочому столі, а потім папку ТЕЗ. Варто вивчити структурну схему віртуального макета по його опису в розд. 6 і освоїти введення параметрів.

5.2 **Дослідження перетворень повідомлень і сигналів при передаванні їх системою електрозв'язку.** Ввести повідомлення, що використовувалося при виконанні домашнього завдання. Шум вимкнути. Запустити макет на виконання. У звіті привести:

- передане повідомлення;
- первинний сигнал;
- модульований сигнал;
- сигнал на виході лінії передавання;
- сигнал на виході демодулятора;
- прийняте повідомлення.

Переконатися, що одержувачеві повідомлень надходить неспотворене передане повідомлення.

Обчислити швидкість цифрового сигналу R , визначивши попередньо за допомогою масштабу по осі t тривалість двійкового символу T_6 .

5.3 **Дослідження перетворень повідомлень і сигналів при передаванні їх системою електрозв'язку із шумом.**


Увімкнути шум. Установити ослаблення атенюатора 3 дБ. Описати, які зміни спостерігаються на виходах окремих блоків системи передавання при наявності шуму.

Запускаючи програму на виконання після зміни ослаблення атенюатора, визначте те найменше відношення сигнал/шум на виході лінії передавання, за якого на виході демодулятора у відновленому сигналі (і, відповідно, повідомленні) будуть спостерігатися помилки (одна або більше). Оскільки помилки виникають випадково, то при кожному значенні відношення сигнал/шум необхідно провести кілька (3...5) запусків програми, щоб фіксувати наявність або відсутність помилок.

6 Коротка характеристика досліджуваних пристроїв і процесів

Лабораторна робота виконується на комп'ютері з використанням віртуального макета, реалізованого в середовищі Delphi. Структурна схема макета показана на рис. 7.

Макет відображає систему електров'язку на основі однієї системи передавання й містить:

1. «Джерело повідомлень», де можна ввести три букви алфавіту.
 2. «Кодер джерела». У цьому блоці провадиться кодування уведених букв кодом МТК-2. Формується первинний цифровий сигнал зі швидкістю 1000 біт/с.
 3. «Модулятор» формує сигнал двійкової амплітудної модуляції (АМ-2). «Генератор несінного коливання» виробляє гармонійне коливання, необхідне для роботи модулятора.
 4. «Лінія передавання» формує суму сигналу й шуму.
 5. «Генератор шуму» виробляє шум, кнопки «вкл.» і «викл.» управляють роботою генератора. Середня потужність шуму $n(t)$ дорівнює середній потужності сигналу на виході модулятора $s(t)$.
 6. «Атенюатор» включений у ланцюзі шуму від генератора, він забезпечує ослаблення шуму, величину якого можна встановлювати від 0 дБ до 9 дБ із кроком 1 дБ¹. У макеті відношення середніх потужностей сигналу й шуму на виході лінії передачі дорівнює ослабленню атенюатора.
 7. «Демодулятор» відновлює первинний цифровий сигнал.
 8. «Декодер джерела» провадить декодування відновленого первинного цифрового сигналу.
 9. «Осцилографи»: вісь абсцис – час, числовий масштаб у мілісекундах.
- На багатьох блоках є значок . Після клацання по ньому можна спостерігати вихідну напругу відповідного блоку.
- Кнопка «Старт» запускає макет на виконання.
- Кнопка «Вихід» забезпечує закриття програми.

7 Вимоги до звіту

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Результати виконання домашнього завдання.
- 7.4 Структурна схема досліджень.
- 7.5 Результати виконання пп. 5.1, 5.2 і 5.3 лабораторного завдання (осцилограми й числові значення).
- 7.6 Висновки по кожному пункту лабораторного завдання, у яких дати аналіз отриманих результатів – збіг теоретичних й експериментальних даних, числові дані і їх обговорення.
- 7.7 Підпис студента про виконання ЛР, віза викладача про захист ЛР із оцінкою в 100-бальній шкалі, дата.

¹ На практиці і в теорії відношення деяких величин зручно подавати в відносних одиницях – децибелах (коротко дБ). Відношення в децибелах розраховується як 10 десяткових логарифмів відношення потужностей або 20 десяткових логарифмів відношення напруг.

Література

1. Іващенко П.В. Теорія зв'язку: Модуль 1. Сигнали електрозв'язку: навч. посіб. [для студ., що навчаються за напрямом вищої освіти 6.050903 – Телекомунікації]/ П. В. Іващенко, І. С. Перекрестов. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2013. – 145 с.

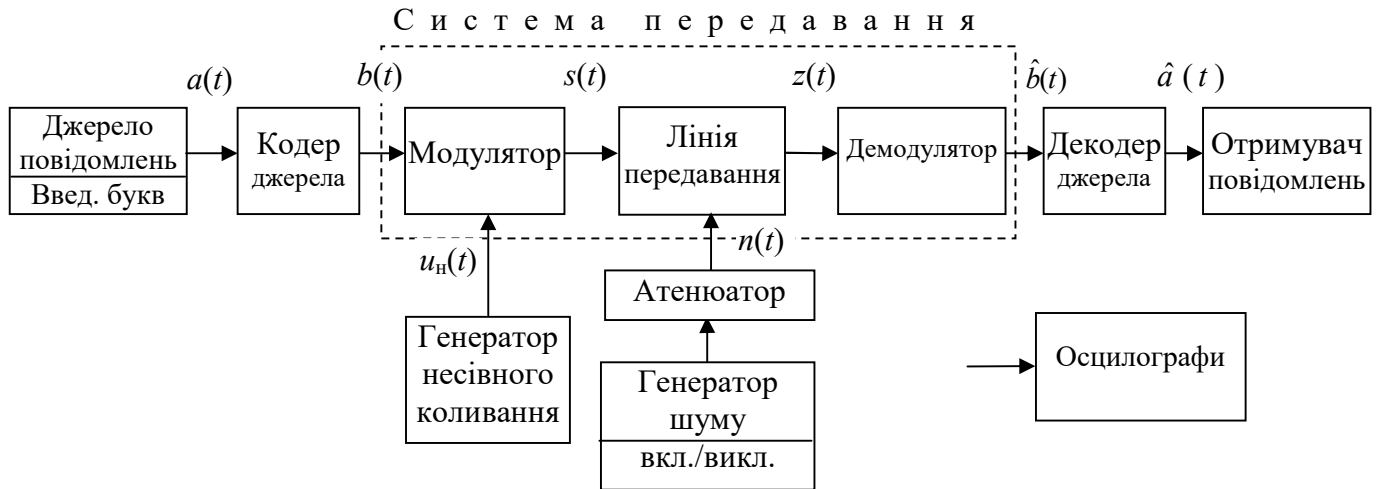


Рисунок 7 – Структурна схема макету

Додаток

Таблиця 1 – Міжнародний телеграфний код № 2 (МТК-2)

Номер комбінації	Код. комб.	Регістр лат. букв	Регістр укр. букв	Регістр цифр	Номер комбінації	Код. комб.	Регістр лат. букв	Регістр укр. букв	Регістр цифр
1	11000	A	А	–	17	11101	Q	Я	1
2	10011	B	Б	?	18	01010	R	Р	4
3	01110	C	Ц	:	19	10100	S	С	' (апф.)
4	10010	D	Д	Хто там?	20	00001	T	Т	5
5	10000	E	Е	3	21	11100	U	У	7
6	10110	F	Ф	Э	22	01111	V	Ж	=
7	01011	G	Г	Ш	23	11001	W	В	2
8	00101	H	Х	Щ	24	10111	X	Ь	/
9	01100	I	И	8 (Дзв.)	25	10101	Y	Ы	6
10	11010	J	Й	Ю	26	10001	Z	З	+
11	11110	K	К	(27	00010	Повернення каретки		
12	01001	L	Л)	28	01000	Продовження рядка		
13	00111	M	М	. (крапка)	29	11111	Регістр лат. букв		
14	00110	N	Н	, (кома)	30	11011	Регістр цифр		
15	00011	O	О	9	31	00100	Пропуск		
16	01101	P	П	0	32	00000	Регістр укр. букв		