

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## **СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ**

Методические указания и контрольные задания  
для студентов заочного отделения  
специальности 6.090700 "Радиотехника"

Утверждено на заседании  
Кафедры Радиотехники и  
телекоммуникаций  
Протокол № 1 от 28.08.2008 г.

Запорожье, 2008

Системы современных сигналов. Методические указания и контрольные задания для студентов заочного отделения специальности 6.090700 «Радиотехника».

/Сост. Б. Н. Бондарев – Запорожье, ЗНТУ, 2008. – 14 стр.

Составители

– доц., к. т. н. Б. Н. Бондарев

Ответственный за выпуск

– доц., к. т. н. Б. Н. Бондарев

Рецензент

– доц., к. т. н. С. П. Гулин

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Рабочая программа дисциплины.....	4
2 Лабораторные занятия.....	8
3 Рекомендуемая литература.....	9
4 Перечень контрольных вопросов.....	10
5 Контрольное задание.....	12

# **1 РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

## **"СИСТЕМИ СУЧАСНИХ СИГНАЛІВ"**

### **1 МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

#### **1.1 Мета викладання дисципліни**

"Системи сучасних сигналів " – одна з базових дисциплін, що забезпечують теоретичну підготовку бакалаврів за напрямом 6.0907, спеціалістів та магістрів з фахів 7.090701 і 8.090701 "Радіотехніка".

Основна ціль дисципліни – вивчення сучасних систем сигналів, їх основних характеристик та їх виконання у радіотехнічних системах різноманітного призначення.

#### **1.2 Задачі вивчення дисципліни**

Задачами дисципліни є вивчення і знання наступних питань:

- класичні системи дискретних сигналів та їх характеристики;
- системи сучасних дискретних сигналів з частотної маніпуляцією та неперервною фазою;
- системи сучасних сигналів з амплітудно-фазовою маніпуляцією;
- системи ортогональних сигналів у різноманітних базисах;
- системи широкосмугових сигналів та їх використання.

#### **1.3 Зв'язок з іншими дисциплінами**

Вивчення дисципліни "Системи сучасних сигналів" вимагає певної підготовки з дисциплін "Вища математика", "Теорія ймовірностей та математична статистика", "Сигнали і процеси в радіотехніці". Дисципліна є базовою для дисциплін "Основи теорії передачі інформації", "Пристрої прийому та обробки сигналів", "Радіотехнічні системи".

## 2 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна вивчається на 5-му семестрі. Загальний обсяг - 108 годин, в тому числі:

- лекцій - 34 години;
- лабораторних робіт - 17 годин;
- самостійна робота під керівництвом викладача - 17 годин,
- самостійна робота - 40 годин.

По дисципліні передбачено залік.

В умовах кредитно-модульної системи навчальна дисципліна "Системи сучасних сигналів" відповідає 3 заліковим кредитам.

Дисципліна складається з 2 блоків змістових модулів – основних і розділів, які разом зі змістовими модулями наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів дисципліни "Системи сучасних сигналів"

Модульні (блоки змістов)	Найменування змістових модулів	Розподіл навчального часу за елементами модуля (видами занять), години				№ Лаб. роб	Обсяг наванта- ження студента	
		Лц	Лб	СРПК	СРС		Го- дин	Кре- дит
Блоки змістових модулів, що виносяться на перший модульний контроль								
1	2.1.1 Всуп	1				2.2.1 2.2.2	1	0,03
	2.1.2 Класичні системи сигналів	5	8	2	6		21	0,57
	2.1.3 Сигнали ЧМНФ	7		4	11		22	0,62
	2.1.4 Сигнали Уо-лша	4		2	4		10	0,28
Загальна кількість 1		17	8	9	20		54	1.5
Термін проведення 1-го підсумкового модульного контролю – 9 тижень								

Модульні (блоки змістов)	Найменування змістових модулів	Розподіл навчального часу за елементами модуля (видами занять), години				№ Лаб. роб	Обсяг навантаження студента	
		Лц	Лб	СРПК	СРС		Годин	Кредит
Блоки змістових модулів, що виносяться на перший модульний контроль								
2	2.1.5 Багатопозиційні сигнали	7	3	4	8	2.4.4	22	0,61
	2.1.6 Складні сигнали	10	6	5	12	2.4.5	32	0,89
Загальна кількість 1		17	8	9	20		54	1.5
Термін проведення 2-го підсумкового модульного контролю – 18 тиждень								
Загальна кількість 2		34	17	17	40		108	3.0

## 2.1 Змістові модулі

### 2.1.1 Вступ

Предмет і задачі курсу. Основні визначення і термінологія. Література, що рекомендується.

Лекцій - 1 година

### 2.1.2 Класичні системи дискретних сигналів

Основні вимоги до сигналів для систем передачі дискретної інформації. Класичні види маніпуляції (АМн, ЧМн, ФМн). Історичні аспекти. Спектри сигналів. Енергетичні характеристики та завадостійкість прийому.

лекцій - 5 годин,

лаб. робіт - 8 годин

(NN 2.2.1, 2.2.2)

### **2.1.3 Частотно-маніпульовані сигнали з неперервною фазою (сигнали ЧМНФ)**

Ортогональні сигнали з гармонічних коливань.

ММС (MSK) - сигнали. Аналітичний запис. Часові діаграми. Фазові траєкторії. Спектральні характеристики.

GMSK - сигнали. Спектральні характеристики. Порівняння с другими видами сигналів.

Методи формування MSK и GMSK - сигналів

Методи прийому MSK и GMSK -сигналів.

лекцій - 7 годин,

### **2.1.4 Сигнали (функції) Уолша**

Основні системи функцій Уолша та зв'язок між системами. Аналітичний запис функцій Уолша. Спектральні та енергетичні характеристики. Приклади використання.

лекцій - 4 години

### **2.1.5 Багатопозиційні сигнали**

Сигнали ДЧМ. Сигнали ДФМ, ДОФМ, ТФМ, ДОФМ. Сигнали OQPSK та  $\pi/4$  DQPSK. Фазові діаграми. Аналітичні зображення. Спектральні характеристики. Галузі використання. Багатопозиційні ФМн - сигнали.

Багатопозиційні АФМ - сигнали. Рекомендація V-34. Часові діаграми та спектральні характеристики АФМ-сигналів. Завадостійкість.

лекцій - 7 годин,

лаб.робіт - 3 години (N 2.2.3)

### **2.1.6 Складні сигнали**

Складні сигнали. Стиск складних сигналів по часу і спектру. Галузі використання. Приклади складних сигналів. ЛЧМ - сигнал, його спектр та кореляційна функція. Узгоджені фільтри для ЛЧМ - сигналів. Двоічні псевдовипадкові послідовності (коди Баркера, M-послідовності

та інші). Узгоджені фільтри для послідовностей. Дискретні частотні сигнали (сигнали ДЧМ). Узгоджені фільтри для сигналів ДЧМ. Фазоманіпульовані сигнали (ФКМ - сигнали).

лекцій - 10 годин,

лаб. занять - 6 годин.

(NN 2.2.4, 2.2.5)

## **2.2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ**

2.2.1 Спектри класичних систем сигналів (з використанням ПК) - 4 години.

2.2.2 Спектри багатопозиційних АФМ-сигналів (з використанням ПК) - 4 години.

2.2.3 Двомірні функції кореляції - 3 години.

2.2.4 Псевдовипадкові послідовності - 3 години.

2.2.5 Кореляційні функції складних (широкосмугових) сигналів - 3 години.



## **3 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ПО ДИСЦИПЛІНІ**

### **3.1 Література**

- 1 Зюко А. Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л. М. Теория электрической связи. - М.: Связь, 1998. - 508 с.
- 2 Информационные технологии в радиотехнических системах. - М.: Издательство МГТУ, 2004. - 768с.

### **3.2 Перелік посібників та методичних вказівок**

- 1 Бондарев Б.Н. Основы теории сигналов. Конспект лекций – Запорожье: ЗНТУ, 2001.- 56с.
- 2 Бондарев Б.Н. Основы теории сигналов. Конспект лекций, ч.3. – Запорожье: ЗНТУ, 2005.- 95с.
- 3 Шинаков Ю.С. Основы теории систем связи с подвижными объектами (методы цифровой модуляции). Учебное пособие – Москва: МТУСИ, 2000.- 34с.
- 4 Бондарев Б.Н. Конспект лекций по ССС (электронный вариант).
- 5 Статистическая радиотехника. Методические указания к лабораторным занятиям, ч.1 (Приложения 1 и 2)/ Составитель Бондарев Б.Н. - Запорожье: ЗНТУ, 2003.- 43с.
- 6 Спектры сигналов. Методические указания к лабораторным занятиям/ Составитель Бондарев Б.Н. -Запорожье: ЗНТУ, 2004.- 24с.

#### **4 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПЕРШИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ**

- 1 Основні визначення і термінологія.
- 2 Основні вимоги до сигналів для систем передачі дискретної інформації.
- 3 Класичні види маніпуляції (АМн, ЧМн, ФМн). Історичні аспекти.
- 4 Спектри сигналів АМн, ЧМн і ФМн.
- 5 Енергетичні характеристики та завадостійкість класичних сигналів.
- 6 Ортогональні сигнали з відрізків гармонічних коливань.
- 7 Частотно-маніпульовані сигнали с неперервною фазою.
- 8 ММС (MSK) - сигнали. Часові діаграми. Фазові траєкторії.
- 9 Спектральні характеристики ММС-сигналів.
- 10 Аналітичний запис ММС-сигналів.
- 11 Квадратурне зображення ММС-сигналів.
- 12 GMSK - сигнали. Спектральні характеристики.
- 13 Методи формування MSK-сигналів.
- 14 Формування GMSK - сигналів.
- 15 Методи прийому MSK-сигналів.
- 16 Методи прийому GMSK -сигналів.
- 17 Функції Уолша-Адамара.
- 18 Функції Уолша і Уолша-Пелі/
- 19 Зв'язок між різними системами функцій Уолша.
- 20 Аналітичний запис функцій Уолша.
- 21 Спектральні та енергетичні характеристики функцій Уолша.
- 22 Приклади використання функцій Уолша.

#### **5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ДРУГИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ**

- 1 Багатопозиційне кодування та багатопозиційні сигнали.
- 2 Сигнали ДЧМ.
- 3 СигналиДФМ, ДОФМ, ТФМ, ДОФМ.

4 Сигнали OQPSK та  $\pi/4$  DQPSK. Фазові діаграми.

5 Спектральні характеристики сигналів OQPSK і  $\pi/4$  DQPSK.

Приклади використання.

6 Багатопозиційні ФМн -сигнали.

7 Багатопозиційні АФМ - сигнали. Рекомендація V-34.

8 Часові діаграми та спектральні характеристики АФМ-сигналів.

9 Завадостійкість АФМ-сигналів. Завадостійке кодування.

10 Складні (завадоподібні) сигнали. База сигналів. Основні вимоги до складних сигналів.

11 Стиск складних сигналів по часу і спектру.

12 Галузі використання складних сигналів.

13 Приклади складних сигналів.

14 ЛЧМ - сигнал, його спектр та кореляційна функція.

15 Узгоджені фільтри для ЛЧМ - сигналів.

16 Двоічні псевдовипадкові послідовності. Коды Баркера.

17 Послідовності Хаффмена (М-послідовності). Алгоритми і схеми формування.

18 Кореляційні характеристики М-послідовностей.

19 Узгоджені фільтри для М-послідовностей.

20 Дискретні частотні сигнали (сигнали ДЧМ).

21 Узгоджені фільтри для сигналів ДЧМ.

22 Фазоманіпульовані сигнали (ФКМ - сигнали).

## 5 КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

### ЗАДАЧА 1

Провести спектральный анализ ИМПУЛЬСНЫХ сигналов, параметры которых приведены в таблице 1.

1. Определить (вычислить или найти в учебниках) комплексную спектральную плотность одиночного видеоимпульса. Записать выражение и построить график зависимостей модуля спектральной плотности от частоты.

2. Записать выражение и построить график спектра амплитуд периодической последовательности импульсов, полученной путем повторения рассмотренного выше одиночного импульса с заданным периодом  $T_n$ .

3. Записать выражение для спектральной плотности амплитуд одиночного радиоимпульса с частотой заполнения (несушей)  $f_0$ , указанной в таблице, и огибающей из п.1. Построить график зависимости спектральной плотности от частоты (для положительных частот).

Таблица 1

Исходные данные	Номер варианта, n					
	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30
Форма импульса	1	2	3	4	5	6
a, Ти, сек	$0,005 \cdot n$	$0,004 \cdot n$	$0,003 \cdot n$	–	$0,001 \cdot n$	$0,001 \cdot n$
F, Гц	–	–	–	$10 \cdot n$	–	–
$T_n$ , сек	$0,03 \cdot n$	$0,02 \cdot n$	$0,02 \cdot n$	$0,01 \cdot n$	$0,006 \cdot n$	$0,005 \cdot n$
$f_0$ , кГц	2	2	3	4	5	5

Указания. В графе "Форма импульса" цифрами 1-6 обозначены следующие сигналы (импульсы):

1 Симметричный (двухсторонний) экспоненциальный импульс

$$S(t) = n \cdot \exp(-|t|/a), \quad [t] > 0.$$

2 Несимметричный (односторонний) экспоненциальный импульс

$$S(t) = n \cdot \exp(-t/a), \quad t > 0.$$

3 Колокольный симметричный (гауссои) импульс

$$S(t) = n \cdot \exp[-(t/a)^2], \quad t > 0.$$

4 Симметричный полуволновый косинусоидальный импульс

$$S(t) = n \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t). \quad [F \cdot t] < 1/4.$$

5 Симметричный треугольный импульс.

6 Прямоугольный симметричный импульс длительностью  $T_{и}$ .

$$S(t) = n \cdot [1 - 2[t]/T_{и}], \quad [t] < T_{и}/2.$$

В приведенных выражениях и таблице знак [ ] означает модуль числа, знак  $x^A$  – возведение в степень,  $n$  – порядковый номер студента в журнале (преподавателя).

Для определения спектров указанных импульсов можно вычислять интеграл Фурье или воспользоваться готовыми результатами из рекомендуемой литературы.

При вычислении интеграла Фурье для косинусоидального импульса можно воспользоваться разложением

$$\cos(x) = 0,5 \cdot [\exp(j \cdot x) + \exp(-j \cdot x)].$$

## ЗАДАЧА 2

Для заданной скорости передачи информации  $R$  (9600; 14400; 19200; 24000; 28800) рассчитать (подобрать) необходимые значения бодовой скорости  $V$  (длительность сигналов  $T_{и}$ ) и количества многопозиционных сигналов  $M = 2^K$ .

Несущую частоту  $f_0$  (период  $T_0$ ) выбрать произвольно.

Нарисовать временные диаграммы двух сигналов.

Литература:

Спектры сигналов. Методические указания к лабораторным занятиям / Составитель Б.Н. Бондарев, 2004. стр. 15-19.

### **ЗАДАЧА 3**

Рассчитать и построить М-последовательность на основе порождающего полинома четвертой степени  $P_3(x)$ .

Начальный блок  $d_1 d_2 d_3 d_4$  должен соответствовать номеру варианта студента, записанного в виде 4-х разрядного двоичного числа (например, 0101).

Литература:

Теория информации и кодирования. Методические указания к лабораторным работам / Составитель Б.Н. Бондарев, 2004. стр. 24-26.