

## **Учебная программа**

Дисциплины «Цифровые каналы передачи данных»

магистерская программа «Информационные процессы и системы»

Автор программы Ивлев Д.Н.

### Содержание разделов дисциплины

#### **Тема 1. Сигналы в радиотехнических системах**

Классификация сигналов. Цифровые сигналы. Дискретизация и квантование. Спектр цифрового сигнала. Теорема Котельникова. Шум квантования. Импульсно-кодовая модуляция.

#### **Тема 2. Цифровые системы связи**

Области применения цифровых систем связи. Сравнительные характеристики современных стандартов цифровой связи. Общая структура физического уровня цифровых систем связи. Основные этапы преобразования сигнала на физическом уровне цифровых систем связи.

#### **Тема 3. Кодирование источника**

Неравномерное квантование. Компандирование. Алгоритмы удаления избыточной информации из сигнала. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция, дельта-модуляция, адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Вокодеры.

#### **Тема 4. Модуляция и передача сигнала в основной полосе частот**

Основные формы сигналов в основной полосе частот. Ограничение спектра сигналов. Передача сигналов с ограниченным спектром в основной полосе частот без межсимвольной интерференции. Фильтры Найквиста. Глазковые диаграммы.

#### **Тема 5. Полосовая модуляция**

Виды полосовой модуляции. Математическое представление сигналов с разными видами модуляции. Ширина полосы системы связи для различных видов модуляции. Модуляция с непрерывной фазой. Модуляция с минимальным сдвигом. Структуры модуляторов.

#### **Тема 6. Полосовая демодуляция и оптимальный приём сигналов.**

Оптимальный корреляционный приёмник для канала с аддитивным белым гауссовским шумом. Корреляционный когерентный приёмник двоичных сигналов. Когерентный и некогерентный приём сигналов с видами модуляции без памяти. Критерий принятия решений в двоичном когерентном приёмнике. Вероятность ошибок при передаче сигнала по каналу с гауссовым шумом. Кодировка Грея. Системные компромиссы в цифровых системах связи. Теорема Шеннона о пропускной способности канала связи.

#### **Тема 7. Методы расширения спектра и множественный доступ**

Преимущества широкополосных сигналов. Расширение спектра методами прямой последовательности, скачков по частоте и скачков по времени. Случайные последовательности и их свойства. Помехоустойчивость сигналов с расширенным спектром. Методы множественного доступа. Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием.

#### **Тема 8. Многолучевое распространение радиосигналов**

Многолучевой радиоканал. Мелкомасштабные и крупномасштабные замирания. Модели импульсной характеристики многолучевого радиоканала. Профиль временного рассеяния. Числовые характеристики многолучевых радиоканалов. Стандартные модели радиоканалов. Искажения сигналов, вызванные многолучевым распространением. Методы борьбы с замираниями.

## Тема 9. Архитектура цифровых приёмопередатчиков

Смеситель с подавлением зеркального канала. Супергетеродинные приёмники. Приёмник с прямым преобразованием. Приёмник с низкой промежуточной частотой. Широкополосный приёмник с двойным преобразованием частоты. Приёмник с субдискретизацией. Приёмник с цифровой промежуточной частотой.

### Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Б. Склар. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. -М.: Издательский дом "Вильямс", 2007.
2. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. - М.: Эко-Трендз, 2005.
3. И.В.Шахнович. Современные технологии беспроводной связи. - М.: Техносфера, 2006.
4. И.С.Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: "Дрофа", 2006.
5. К.Феер. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра.: Пер. с англ. /Под ред. В.И.Журавлева. - М.: "Радио и связь", 2000.

б) дополнительная литература:

1. В.М.Вишневский, А.И.Ляхов, С.Л.Портной, И.В.Шахнович. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. - М.: Техносфера, 2005.
2. Журнал «Беспроводные технологии», адрес сайта: [www.wireless-e.ru](http://www.wireless-e.ru)

### Вопросы для контроля

1. Классификация сигналов в радиотехнических цепях.
2. Дискретизация и равномерное квантование. Ограничение на частоту дискретизации.
3. Шум квантования. Отношение сигнал/шум при квантовании. Импульсно-кодовая модуляция.
4. Неравномерное квантование. Компандирование. Стандартные характеристики сжатия. Отношение сигнал/(шум квантования) для  $\mu$ -закона сжатия.
5. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Структура и описание работы ДИКМ-модулятора и демодулятора.
6. Вычисление оптимальных коэффициентов предсказания ДИКМ-модулятора. Выигрыш от предсказания.
7. Дельта-модуляция. Структура и описание работы дельта-модулятора и демодулятора. Шум перегрузки по крутизне и шум квантования при дельта-модуляции.
8. Основные формы физического представления цифровых сигналов в основной полосе частот.
9. Фильтры Найквиста. АЧХ и импульсные характеристики фильтров Найквиста. Ширина полосы системы с фильтром Найквиста.
10. Виды и типы модуляции. Сигнальные созвездия.
11. Структуры модуляторов.
12. Оптимальный корреляционный приём сигналов в канале с АБГШ.
13. Двоичный корреляционный приёмник.
14. Когерентный приём сигналов с амплитудно-фазовой манипуляцией.
15. Когерентный приём сигналов с частотной манипуляцией.
16. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.
17. Некогерентный приём сигналов с частотной манипуляцией.
18. Некогерентный приём сигналов с дифференциальной двоичной фазовой манипуляцией.
19. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.
20. Критерий принятия решений в двоичном когерентном приёмнике.
21. Вероятность битовой ошибки в двоичном когерентном приёмнике на фоне АБГШ.
22. Теорема Шеннона. Предел Шеннона.
23. Системные компромиссы. Плоскость «спектральная эффективность – отношение сигнал/шум».
24. Расширение спектра методом прямой последовательности. Помехоустойчивость системы

DSSS.

25. Множественный доступ с кодовым разделением.
26. Случайные последовательности и их свойства.
27. Последовательности Баркера. М-последовательности, их свойства и способ генерации.
28. Расширение спектра с помощью скачкообразной перестройки рабочей частоты.
29. Множественный доступ с частотным разделением.
30. Многолучевой радиоканал. Мелкомасштабные и крупномасштабные замирания.
31. Модели импульсной характеристики многолучевого радиоканала. Профиль временного рассеяния.
32. Числовые характеристики многолучевых радиоканалов.
33. Стандартные модели радиоканалов.
34. Искажения сигналов, вызванные многолучевым распространением.
35. Методы борьбы с замираниями.
36. Смеситель с подавлением зеркального канала.
37. Супергетеродинные приёмники.
38. Приёмник с прямым преобразованием.
39. Приёмник с низкой промежуточной частотой.
40. Широкополосный приёмник с двойным преобразованием частоты.
41. Приёмник с субдискретизацией.
42. Приёмник с цифровой промежуточной частотой.