

В. Г. Санников

**Цифровая передача
непрерывных сообщений
на основе
дифференциальной
импульсно-кодовой модуляции**

*Рекомендовано УМО по образованию в области
Инфокоммуникационных технологий и систем связи
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 –
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
квалификации (степени) «бакалавр»*

**Москва
Горячая линия – Телеком
2016**

УДК 621.391:621.395

ББК 32.88-01я73

С18

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор *Е. Г. Жилияков*, доктор техн. наук, профессор *С. П. Белов*, доктор техн. наук, доцент *А. Л. Приоров*, канд. техн. наук, доцент *Н. Е. Поборчая*

Санников В. Г.

С18 Цифровая передача непрерывных сообщений на основе дифференциальной импульсно-кодовой модуляции. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 98 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0568-9.

Изложены разделы по теории цифровой передачи непрерывных сообщений, входящие в рабочую программу курса «Общая теория связи». Рассмотрены вопросы кодирования непрерывных сообщений методами импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), с предсказанием и дифференциальной ИКМ (ДИКМ), нашедших широкое применение в различных приложениях инфокоммуникаций. Основное внимание уделено расчету эффективности и помехоустойчивости цифровых систем передачи с ИКМ и ДИКМ. Рассмотрены методы адаптации в системах с ДИКМ. Приведено техническое задание на курсовой проект и даны методические рекомендации по его выполнению.

Для студентов бакалаврской подготовки, обучающихся по направлению 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», может быть полезно студентам других инфокоммуникационных и радиотехнических направлений.

ББК 32.88-01я73

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»
www.techbook.ru

© В. Г. Санников

Оглавление

Список сокращений	3
Введение	5
Глава 1. Цифровое представление непрерывных сообщений в инфокоммуникационных системах	8
1.1. Обобщенная схема цифровой системы передачи с кодированием	8
1.2. Цифровая система передачи с импульсно-кодовой модуляцией	9
1.3. Информационные характеристики ЦСП с ИКМ	17
1.4. Анализ помехоустойчивости ЦСП с ИКМ	18
1.5. Импульсно-кодовая модуляция с компандированием	25
1.6. Контрольные вопросы	29
Глава 2. Цифровая система передачи с предсказанием	30
2.1. Основные понятия о предсказании сигналов	30
2.2. Линейное предсказание сигналов	32
2.3. Оценка параметров предсказания на основе метода наименьших квадратов	34
2.4. Оценка параметров предсказания на основе метода факторизации матрицы корреляции	40
2.5. Контрольные вопросы	47
Глава 3. Цифровая система передачи с дифференциальной ИКМ	48
3.1. Особенности ЦСП с дифференциальной ИКМ	48
3.2. Оценка параметров предсказания с учетом эффекта квантования	49
3.3. Регуляризованные оценки параметров предсказания в ЦСП с ДИКМ	53
3.4. Помехоустойчивость ЦСП с дифференциальной ИКМ	57
3.4.1. Постановка задачи	57
3.4.2. Суммарная среднеквадратическая погрешность восстановления непрерывного сигнала без учета ошибок в цифровом канале связи	57
3.4.3. Суммарная среднеквадратическая погрешность восстановления непрерывного сигнала с учетом ошибок в цифровом канале связи	60
3.4.4. Численный расчет помехоустойчивости ЦСП с ДИКМ	61
3.5. Контрольные вопросы	66

Глава 4. Адаптивная дифференциальная ИКМ	67
4.1. Понятие об адаптации и адаптивной ДИКМ	67
4.2. Адаптация фильтра-предсказателя первого порядка	69
4.3. Оценка параметров предсказания на основе последовательного регрессионного метода наименьших квадратов	70
4.4. Оценка параметров предсказания на основе регрессионного метода наименьших квадратов со взвешиванием	74
4.5. Адаптация квантователя	75
4.6. Контрольные вопросы	78
Глава 5. Курсовое проектирование цифровой системы передачи непрерывных сообщений с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией	80
5.1. Исходные данные к проекту	80
5.2. Техническое задание	81
5.3. Методические рекомендации к выполнению проекта	82
5.3.1. Анализ статистических характеристик и параметров сообщения	82
5.3.2. Анализ характеристик и параметров АЦП	82
5.3.3. Расчет информационных характеристик дискретного канала связи	86
5.3.4. Анализ характеристик и параметров ЦАП	86
Приложение 1. Расчет математических ожиданий от произведения степенной функции гауссовской случайной величины на полиномы Чебышева–Эрмита	89
Приложение 2. Расчет математических ожиданий от степенной функции для двумерной совместно гауссовской случайной величины	92
Список литературы	95