

УДК 621.396.97:654.19(075)

ББК 32.884

К63

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор *Ю. А. Ковалгин* (СПбГУТ);
доктор техн. наук, академик МАИ *А. Н. Иванчин* (ЗАО ТРК «Эфир»);
канд. техн. наук, доцент *Г. И. Сорокин* (МТУСИ)

Авторы: О. Б. Попов, С. Г. Рихтер, А. Н. Терехов, Т. В. Чернышева

К63 Компандирование сигналов в канале звукового вещания. Учебное пособие для вузов / О. Б. Попов, С. Г. Рихтер, А. Н. Терехов и др.; Под ред. профессора С. Г. Рихтера. – М.: Горячая линия – Телеком, 2022. – 298 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0871-0.

Рассмотрены устройство и основы функционирования систем компандирования звуковых вещательных сигналов (ЗВС). Акцентируется внимание на специфических вопросах, связанных с углубленным изучением различных систем компандирования ЗВС. Рассмотрены характеристики и основы модели восприятия звуковых сигналов, каналы передачи ЗВС, аргументирована необходимость обработки сигнала в каналах звукового вещания, дано общее представление о компандировании ЗВС по амплитуде, частоте и объему цифрового описания. Рассмотрены системы аналогового и цифрового компандирования уровня сигнала. Обсуждается комплекс вопросов, связанных с компандированием спектра сигнала. Изучается компандирование объема цифрового описания (компактное представление ЗВС). Уделено внимание вопросам оценки качества передачи ЗВС в адаптивных каналах. Пособие включает лабораторный практикум, содержащий комплект заданий по тематике книги, выполненных с помощью редактора звуковых файлов «*Adobe Audition*».

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.01 и 11.04.01 – «Радиотехника» (бакалавриат и магистратура), 11.03.02 и 11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии» (бакалавриат и магистратура), по специальности 090302 – «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», а также специалистам.

ББК 32.884

Учебное издание

**Попов Олег Борисович, Рихтер Сергей Георгиевич,
Терехов Алексей Николаевич, Чернышева Татьяна Васильевна**
Компандирование сигналов в канале звукового вещания

Учебное пособие для вузов

Тиражирование книги начато в 2021 г.

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

© Авторы

Оглавление

Введение.....	3
1. Каналы передачи звуковых вещательных сигналов .	11
1.1. Характеристики и основы модели восприятия звуковых сигналов	11
1.2. Каналы и тракты звукового вещания: типовые структуры и распространение звуковых программ, основные параметры качества	33
1.3. Проблемы оценки и требования к качеству передачи и приема ЗВС	42
1.4. Цель обработки сигнала в каналах и трактах звукового вещания	48
1.4.1. Обработка сигнала в тракте формирования программ	50
1.4.2. Обработка сигнала в цифровом тракте первичного распространения программ	60
1.4.3. Обработка сигнала в тракте вторичного распределения программ	65
1.5. О компандировании ЗВС по амплитуде, частоте и объему цифрового описания	66
Контрольные вопросы	68
2. Компандирование уровня сигнала в канале передачи	70
2.1. Системы аналогового компандирования.....	71
2.2. Системы цифрового компандирования	81
2.3. Неискажающее управляемое компандирование ЗВС ...	86
2.4. Неискажающее компандирование ЗВС с применением преобразования Гильберта	89
2.4.1. Краткие сведения о преобразовании Гильберта.....	89
2.4.2. Компандирование ЗВС с применением преобразования Гильберта	97
Контрольные вопросы	102
3. Компандирование спектра сигнала	103
3.1. Представление звукового вещательного сигнала в частотной области	103
3.2. Краткие сведения о спектральном анализе ЗВС	107
3.2.1. Требования к точности спектрального анализа ЗВС .	107
3.2.2. Полосовая фильтрация в задачах спектрального анализа ЗВС.....	110

3.2.3. Особенности спектрального оценивания с помощью ортогональных преобразований	113
3.2.4. Повышение точности ДКП-анализа звуковых сигналов	119
3.3. Заметность ограничения частотного диапазона ЗВС ...	122
3.4. Неискажающее частотное компандирование	127
Контрольные вопросы	132
4. Компандирование объема цифрового описания (компактное представление ЗВС)	133
4.1. Введение в технологию компандирования объема цифрового описания	133
4.2. Структура кодера для компрессии цифровых аудиоданных	143
4.3. Стандартизация систем компрессии цифровых аудиоданных	145
4.4. Базовый стандарт MPEG-1, Уровни I–III	150
4.5. Компрессия цифровых аудиоданных в стандарте MPEG-4	156
4.6. Элементы системы кодирования ATSC Dolby AC-3 ...	160
4.7. Искажения звука при сжатии аудиоданных. Качество алгоритмов компрессии цифровых аудиоданных	168
Контрольные вопросы	175
5. Вопросы оценки качества передачи ЗВС в адаптивных каналах	177
5.1. Методы оценки качества звукового вещательного сигнала	177
5.2. Статистическое оценивание параметров звукового вещательного сигнала	190
5.3. Метод комплексного статистического оценивания (МКСО)	201
5.4. Методика применения МКСО для оценки качества передачи сигналов ЗВ	209
Контрольные вопросы	219
Лабораторный практикум	220
К главе 1. Изучение характеристик и основ восприятия звуковых сигналов	219
К главе 2. Анализ искажений цифрового представления и компандирования ЗВС	237
К главе 3. Изучение искажений, обусловленных неверной интерпретацией результатов спектрального анализа ЗВС	251

Объективная оценка изменений сигнала при компандировании по частоте	264
К главе 4. Анализ искажений компактного представления ЗВС	270
К главе 5. Измерение основных параметров качества каналов и трактов первичного распределения и формирования программ	276
Список сокращений	287
Список литературы	290