

УДК 621.397.743: 621.391.8(075.8)
ББК 32.841
О-75

Рецензенты: доктор техн. наук, ген. директор ООО «ГТПС» *А. Н. Иванчин*,
доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой теоретических основ радио-
техники СибГУТИ *А. А. Спектор*

Авторы: М. А. Быховский, В. Г. Дотолев, А. В. Лашкевич, В. И. Носов,
С. Г. Рихтер, Г. И. Сорокин, С. С. Тарасов

О-75 Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания.
Учебное пособие для вузов / М. А. Быховский, В. Г. Дотолев,
А. В. Лашкевич и др.; Под ред. профессора М. А. Быховского.
– М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 308 с: ил.

ISBN 978-5-9912-0441-5.

Систематизированы сведения в области построения и методов частотного планирования современных систем цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) стандартов DVB-T, DVB-T2 и DVB-H. Кратко рассмотрены принципы передачи сигналов в наземных системах цифрового телевидения стандартов DVB, в том числе методы модуляции и помехоустойчивого кодирования, вопросы синхронизации. Дано описание методов кодирования источников видео- и аудиосигналов. Описаны процедуры формирования кадра данных, рассмотрены вопросы мультиплексирования цифровых потоков и их транспортировки по каналам связи. Приведены параметры передающих и приемных устройств и антенн в системах ЦНТВ, а также требования к качеству приема сигналов. Изложены методы частотного планирования многочастотных и перспективных одночастотных сетей ЦНТВ. Рассмотрены вопросы эффективности использования радиочастотного спектра в многочастотных и одночастотных сетях ЦНТВ. Приведено описание пакета программ для частотного планирования сетей цифрового вещания, разработанного специалистами НИИР, учебная версия которого может использоваться студентами при выполнении курсовых и дипломных работ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» квалификации (степени) «бакалавр» и квалификации (степени) «магистр», будет полезна аспирантам и специалистам.

ББК 32.841

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

ISBN 978-5-9912-0441-5

© Коллектив авторов, 2015

© Издательство «Горячая линия – Телеком», 2015

Оглавление

Предисловие	3
Введение. Краткий очерк развития систем и сетей ТВ вещания	4
Контрольные вопросы.....	21
Литература.....	21
Глава 1. Методы передачи и приема сигналов	23
1.1. Модем OFDM и его применение для передачи приема сигналов в многолучевом канале	23
1.2. Методы модуляции сигнала на каждой поднесущей...	35
1.3. Канальное кодирование и перемежение в цифровых системах ТВ вещания	42
1.3.1. Каскадное кодирование	44
1.3.2. Внешнее и внутреннее перемежение.....	48
1.4. Синхронизация в системах с OFDM.....	52
1.4.1. Опорные поднесущие.....	54
1.4.2. Служебные поднесущие	57
Контрольные вопросы.....	58
Литература к главе 1.....	59
Глава 2. Кодирование источника видео- и звукового сигнала	60
2.1. Краткое описание алгоритмов сжатия видеосигнала ..	60
2.2. Описание алгоритмов сжатия видеосигнала MPEG-1 и MPEG-2	63
2.3. Описание алгоритма сжатия видеосигнала MPEG-4 ..	75
2.4. Краткое описание алгоритма сжатия звукового сигнала	79
2.5. Формирование потоков данных	93
2.5.1. Структура цифрового видеопотока.....	93
2.5.2. Структура потока звукоданных	95
2.5.3. Передача данных и декодирование в стандарте MPEG-4	98
2.6. Мультимплексирование и транспортировка цифровых потоков	100
Контрольные вопросы.....	108

Литература.....	109
Глава 3. Обзор стандартов наземного ТВ вещания.....	110
3.1. Стандарт цифрового наземного ТВ вещания DVB-T..	110
3.1.1. Обработка данных в канальном модуляторе стандарта DVB-T	112
3.1.2. Параметры стандарта DVB-T	120
3.1.3. Структура кадра в стандарте DVB-T	122
3.2. Стандарт мобильного телевизионного вещания DVB-H	125
3.3. Стандарт цифрового наземного ТВ вещания DVB-T2	128
3.3.1. Модуль входной обработки	134
3.3.2. Модуль кодирования и модуляции	139
3.3.3. Модуль формирования кадров	144
3.3.4. Модуль генерации OFDM-сигнала.....	146
Контрольные вопросы	151
Литература.....	152
Глава 4. Технические основы частотного планирования сетей цифрового телевизионного вещания	154
4.1. Постановка задачи частотного планирования сетей цифрового ТВ вещания и метод ее решения	154
4.2. Исходные данные, необходимые для частотного планирования сети вещания	155
4.3. Определение мощности передающих станций	158
4.4. Определение территориального разнеса между ЗО, в которых используется один и тот же частотный канал	158
4.5. Расчет уровней полезных и мешающих сигналов.....	160
4.5.1. Расчет медианных уровней сигналов на основе Рекомендации Р.1546-5.....	160
4.5.2. Определение эффективной высоты передающей антенны	164
4.5.3. Определение напряженности поля при любых высотах передающей антенны в диапазоне 10...3000 м.....	167
4.5.4. Определение зависимости напряженности поля от длины трассы распространения сигналов с помощью интерполяции	167
4.5.5. Определение зависимости напряженности поля от частоты с помощью интерполяции и экстраполяции	168
4.5.6. Расчет напряженности поля для морских и смешанных трасс.....	168
4.5.7. Расчет напряженности поля и потерь ослабления сигналов на трассе распространения не превышаемых в $L\%$ мест и $T\%$ времени	169
4.5.8. Расчет уровней полезных и мешающих сигналов на основе Рекомендации МСЭ-R Р.1812-3.....	171

4.6. Параметры передающих устройств	173
4.7. Параметры приемных устройств	178
4.7.1. Основные параметры телевизионного приёмника	180
4.8. Параметры приемных и передающих антенн и антенно-фидерных трактов	182
4.8.1. Передающие антенны	182
4.8.2. Приёмные антенны	186
4.8.3. Фидер	188
4.9. Требования к качеству приема сигналов в сетях цифрового ТВ вещания	190
4.9.1. Требования к качеству приема сигналов в зоне обслуживания	190
4.9.2. Защитные отношения	195
4.10. Пример расчёта параметров цифровой вещательной станции, использующей стандарт DVB-T2	196
Контрольные вопросы	198
Литература	199

Глава 5. Частотное планирование сетей цифрового телевизионного вещания

5.1. Идеальная однородная сеть вещания	202
5.1.1. Однородные сети треугольной структуры	204
5.1.2. Однородные сети гексагональной структуры	206
5.2. Многочастотные сети цифрового ТВ вещания	211
5.3. Одночастотные сети цифрового ТВ вещания	213
5.3.1. Организация сетей синхронного вещания	215
5.3.2. Мощность передатчиков синхронной сети, обслуживающих заданную зону вещания	217
5.3.3. Зоны помех в обычной и в синхронной сетях вещания	221
5.3.4. Территориальный разнос между станциями синхронной сети вещания	223
5.4. Планирование сетей телевизионного вещания методом координационных колец	225
5.4.1. Постановка задачи	226
5.4.2. Анализ задачи	226
5.4.3. Алгоритм распределения частотных каналов методом координационных колец	230
5.5. Обеспечение ЭМС одиночных станций цифрового и аналогового вещания	233
5.6. Пример анализа возможности обеспечения ЭМС станций цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2	235
Контрольные вопросы	237
Литература	237

Глава 6. Программа и примеры частотного планирования сетей цифрового телерадиовещания	238
6.1. Преимущества автоматизации планирования сетей цифрового телерадиовещания	238
6.2. Автоматизированная система частотного планирования сетей радиовещания РАКУРС	239
6.3. Работа с программой РАКУРС на персональном компьютере	249
6.4. Примеры планирования одночастотной сети цифрового телевизионного радиовещания в системе РАКУРС ...	263
Контрольные вопросы	278
Литература	279
Приложение 1. Метод Фентона определения распределения вероятностей суммы логнормальных случайных величин	280
Приложение 2. Таблицы табулированных зависимостей от расстояния медианных значений напряженности поля на сухопутных и морских трассах на частотах 100, 600 и 2000 МГц	282
Основные сокращения	299