

МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К защите
Заведующий кафедрой

« ____ » _____ 2015г.

Выпускная квалификационная работа бакалавра

на тему: «**ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЧЁТКОСТИ ДЛЯ, СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ВЕЩАНИЯ ПО СТАНДАРТУ DVB,-T И ЕГО ОСОБЕННОСТИ**».

Выпускник _____ **Исмоилов Х.С.**
(подпись) (Фамилия)

Консультант _____ **Газиев Х.Г..**
(подпись) (Фамилия)

Рецензент _____ .
(подпись) (Фамилия)

Консультант по ОТ и ТБ _____ **Кадиров Ф.М.**
(подпись) (фамилия)

Ташкент-2015

ВВЕДЕНИЕ

В августе 2010 года Президент нашей страны подписал постановление "О создании Межведомственной рабочей группы по вопросам перехода на цифровое телерадиовещание в Республике Узбекистан", в рамках которого был разработан частотно-территориальный план перехода на цифровое телевизионное вещание в Республике Узбекистан на 2010-2015 годы. Практическую реализацию этого проекта глава государства возложил на Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций, а также ГУП "Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения".

Следующим документом, регламентирующим переход на новый формат вещания, стало постановление главы государства "О Государственной программе по техническому и технологическому переходу на цифровое телевидение в Республике Узбекистан" от 17 апреля 2012 года. В соответствии с этим документом переход на цифровое телевизионное вещание в нашей стране запланировано осуществить в два этапа. Первый, начавшийся в 2012-м, в этом году подходит к концу. Второй рассчитан на 2016-2017 годы. В этот период отечественное телевидение полностью перейдет на цифровой формат.

Программа состоит из трех частей и охватывает все аспекты перехода на новый стандарт. В ней предусмотрено совершенствование нормативно-правовой базы в сфере внедрения цифровых телепередач, а также определение задач по разработке и утверждению правил оказания услуг цифрового телевидения в Узбекистане. Кроме того, она предусматривает утверждение стандартов на устройства приема сигналов цифрового телевидения, определяет задачи по защите зрителей от некачественных продуктов и не допускает поступления на рынок различных устройств, не соответствующих отечественным стандартам [1].

Современные цифровые технологии открывают обществу качественно новые возможности получения и передачи информации. Эфирное телевидение является одним из основных способов получения информации в

настоящее время. Эфирное цифровое телевидение, в отличие от других видов цифрового, телевидения, осуществляет доставку сигнала к потребителю без лишних проводов. Однако тут же возникает вопрос качественной доставки сигнала к потребителю в условиях жесткой ограниченности спектра и большого количества помех.

Для ускорения преодоления цифрового разрыва был предложен новый глобальный подход и разработан пакет стандартов, которые предусматривают внедрение многофункционального интерактивного цифрового, вещания с использованием в переходный период гибридных аналого-цифровых технологий и сопровождаются преобразованием абонентских терминалов (STB) в гамму программируемых устройств, дополнительно решающих многие инфокоммуникационные задачи.

Современные цифровые технологии открывают обществу качественно новые возможности получения и передачи информации. Эфирное телевидение является одним из основных способов получения информации в настоящее время. Эфирное цифровое телевидение, в отличие от других видов цифрового, телевидения, осуществляет доставку сигнала к потребителю без лишних проводов.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены различные варианты формирования сигналов высокой четкости для наземного цифрового, телевидения.

В процессе проектирования также учтены основные положения, включенные в концепцию внедрения цифрового, телевизионного и звукового вещания республики Узбекистан в стандарте DVB,-T .

1. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ DVB,-Т,

1.1 Основные параметры и общие технические характеристики цифрового, телевизионного стандарта DVB,-Т,

DVB, (Digital, Video Broadcasting Project, DVB -C, DVB,-DSNG, DVB,-H, DVB,-MC, DVB,-MS, DVB,-MT, DVB,-P, DVB,-S, DVB,-S2, DVB,-SFN, DVB,-SMATV, DVB,-T,, DVB,-MHP, DVB,-M) - организация, которая разрабатывает технологии Для, цифрового, телевидения. [2]. В Европе наиболее широко используются следующие протоколы передачи, разработанные DVB,: DVB,-C (Для, кабельных сетей EN 300 429), DVB,-S (Для, спутникового вещания EN 300 421, TR 101 198), DVB,-Т, (Для, наземного эфирного вещания EN 300 744, TR 101 190). DVB, разрабатывает не только протоколы передачи, но и стандарты Для, интерактивных приложений, таких как приставки цифрового, телевидения (set-top boxes) и т.п. Другие DVB, протоколы включают MHP (multimedia home platform, сокращенно DVB,-MHP: TS 101 812, TS 102 812, TS 102 819), DVB,-M (стандарт измерений сигналов DVB,-S/T/C; TR 101 290, TR 101 291), DVB,-H ("обновление" стандарта DVB,-Т,, которое позволяет доставлять цифровой поток в мобильные устройства по наземным эфирным сетям, EN 302 304).

Ключевые слова европейского стандарта EN 300 744 (Digital,, Video Broadcasting (DVB,); Framing structure, channel coding and modulation for terrestrial television): цифровое, видео, вещание, наземное, MPEG, телевидение, звук, данные - действительно содержат ключ к расшифровке области применения стандарта. Документ EN 300 744 описывает систему передачи данных Для, цифрового, наземного телевидения. Передаваемые данные представляют собой информацию об изображении и звуковом сопровождении, а также любые дополнительные сведения. Условие передачи этой информации в системе DVB,-Т, только одно - данные должны быть

закодированы в виде пакетов транспортного потока MPEG-2. В этом смысле стандарт описывает контейнер, приспособленный для доставки пакетированных данных в условиях наземного телевидения. Для системы DVB-T, ни содержание контейнера, ни происхождение данных не имеют значения, она лишь приспособливает выходные данные транспортного мультиплекса MPEG-2 к свойствам и характеристикам канала передачи наземного телевизионного вещания, стремясь наиболее эффективно донести их к приемнику. То есть, стандарт определяет структуру передаваемого потока данных, систему канального кодирования и модуляции для мультипрограммных служб наземного телевидения, работающих в форматах ограниченной, стандартной, повышенной и высокой четкости [3].

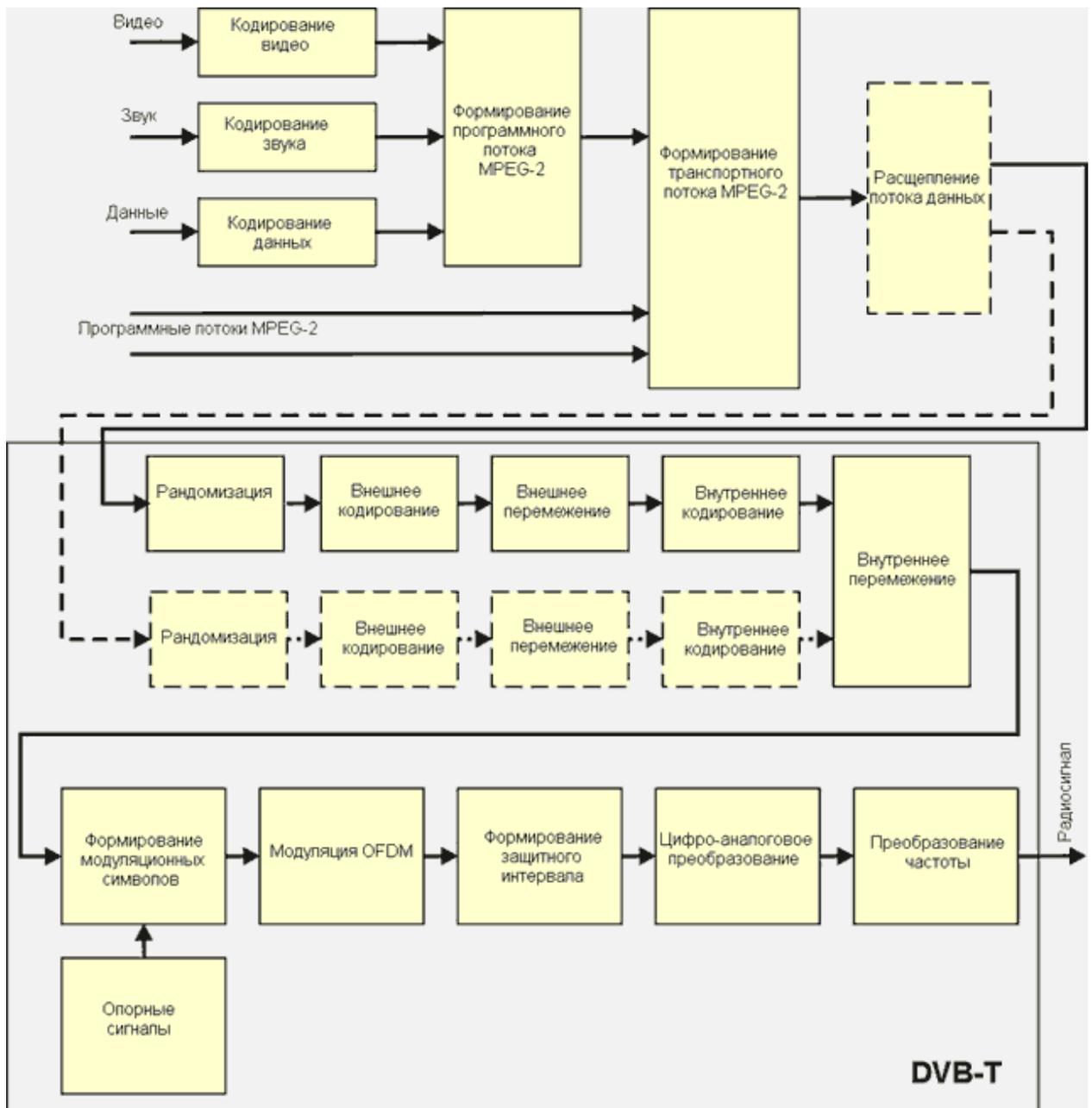


Рис.1.1 Преобразование данных и сигналов в передатчике DVB,-T,

Для, обеспечения совместимости устройств различных производителей, стандарт определяет параметры цифрового, модулированного радиосигнала и описывает преобразования данных и сигналов в передающей части системы цифрового, наземного телевизионного вещания (рис. 1.1). Отличительной особенностью DVB,-T, как контейнера для, передачи транспортных пакетов MPEG-2 является гармоничное сочетание системы канального кодирования и способа модуляции OFDM,. Обработка сигналов в приемник,е не регламентируется стандартом и

остаётся открытой. Это не означает, что создатели стандарта не предвидели принципов построения приёмника DVB-T, но отсутствие жёсткого стандарта на приёмник, обостряет конкуренцию между производителями телевизоров и стимулирует усилия по созданию высококачественных и дешёвых аппаратов. Примерный вариант схемы приёмника приведен на рисунке 1.2.

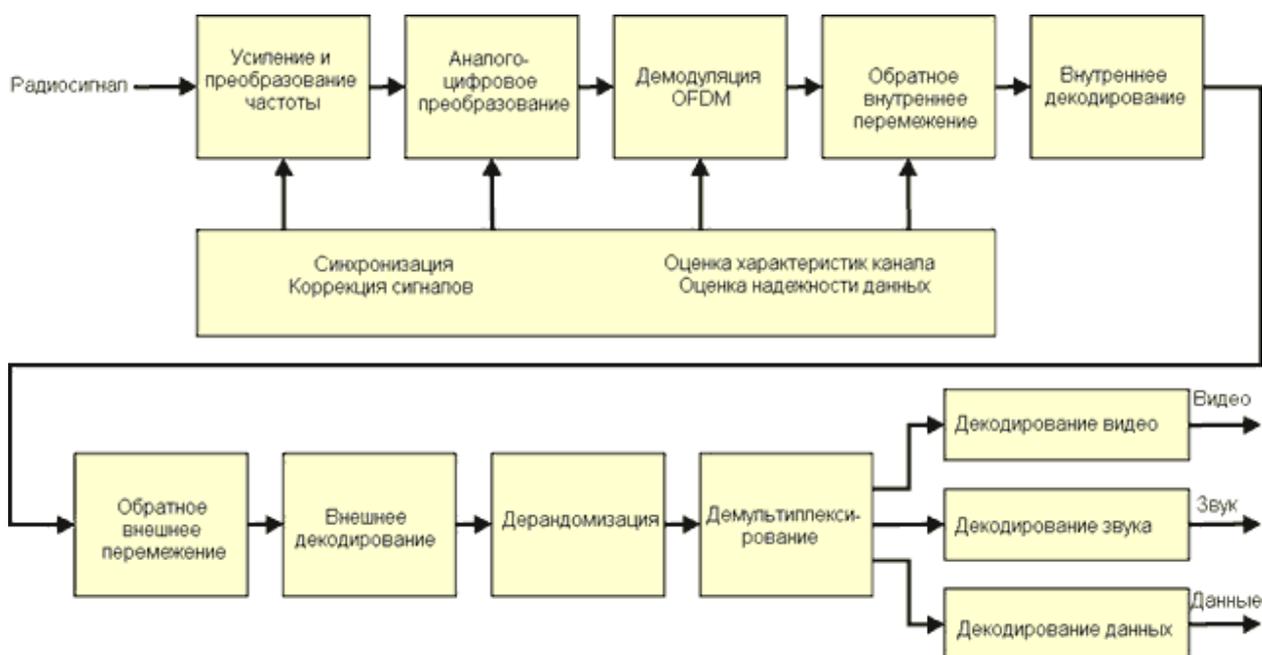


Рис.1.2. Преобразование сигналов и данных в приёмнике DVB-T,

Система DVB-T, была разработана с заложенным свойством существенной гибкости, обеспечиваемой за счёт опций выбора широкого набора параметров, с целью адаптации ко всем каналам в режимах работы, включая фиксированный, мобильный и переносной приёмы, а также построение одночастотных сетей.

Система DVB-T, определяется как функциональный блок оборудования, обеспечивающего адаптацию цифрового, ТВ-сигнала, представленного в основной полосе частот на выходе транспортного мультиплексера MPEG-2 (MPEG-4), с характеристиками стандартного наземного радиоканала вещания, имеющего ширину полосы частот 8 МГц [3].

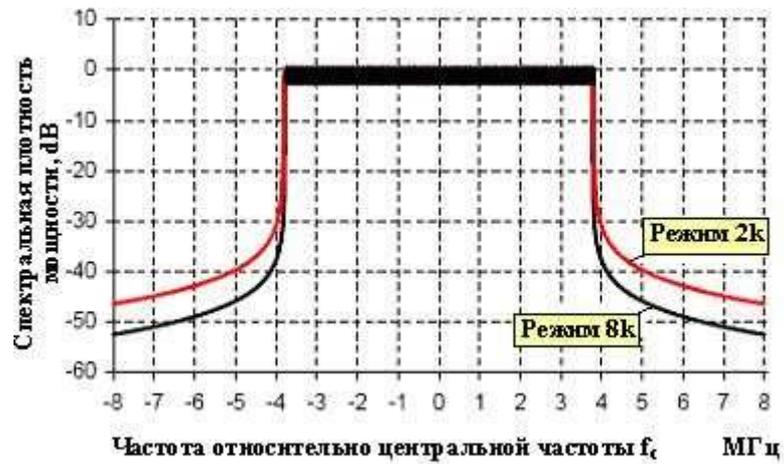


Рис. 1.3. Спектр сигнала OFDM,

В зависимости от выбранной схемы передачи в системе DVB,-Т, могут формироваться три группы сигнальных созвездий: равномерные Для, иерархической передачи (используются QPSK, 16 QAM, и 64 QAM,) и неравномерные с двумя возможными коэффициентами неравномерности $\alpha=2$ и $\alpha=4$ (используются 16 QAM, и 64 QAM,).

Теоретический спектр сигнала OFDM, Для, канала с полосой 8 МГц показан на рис.1.3.

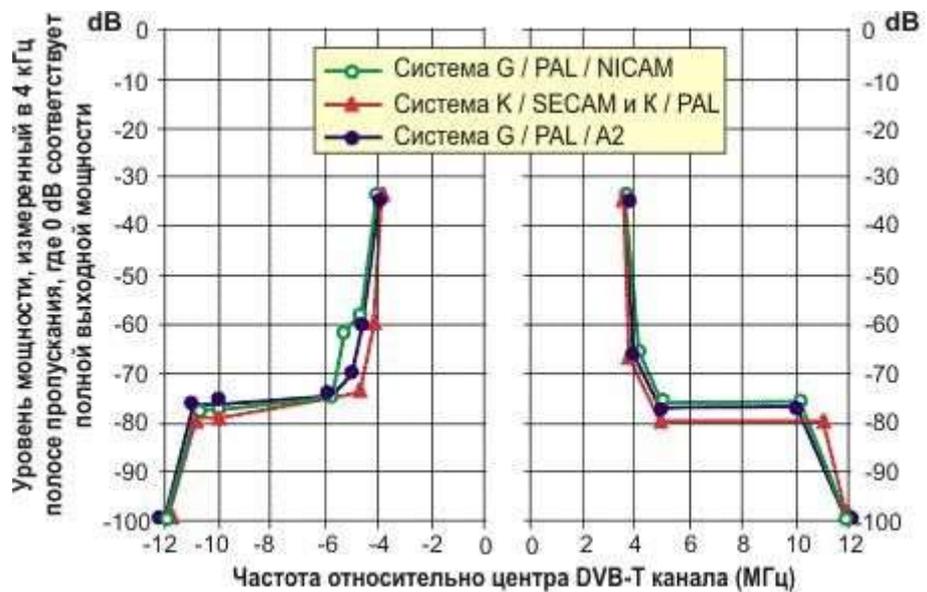


Рис.1.4. Защитные внеполосные спектральные маски

Для, каждой из систем цветности (см. рис.1.4) оговариваются свои (допустимая внедиапазонная спектральная плотность мощности, выраженная в dB). При этом существует понятие критичной и некритичной маски.

Некритичная маска используется при работе с соседним аналоговым каналом. Обладает минимальными защитными требованиями по отношению к аналоговому каналу и используется в случаях, если:

- нет поляризационных различий между аналоговым и цифровым каналами;
- мощностные составляющие этих двух передатчиков равны (т.е. пиковая аналоговая мощность P_A равна усредненной цифровой мощности P_D).

Если выходные мощности не равны, то критичные точки маски (рис.4.1.2) должны быть скорректированы в пропорции к крайним мощностным различиям посредством корректирующего коэффициента C :

$$C_{[dB]} = P_{A\min}[dBW] - P_{D\max}[dBW] \quad (1)$$

Критичная маска используется в случаях, когда DVB,-T, передатчик используется совместно с другими видами услуг (низкомощностными или работающими только на прием) в соседних каналах. В этих случаях требования по избирательности (внеканальное подавление) существенно выше, чем в случае некритичной маски (рис.1.4).

Номинальная центральная частота f_c с ВЧ-сигнала во всех случаях определяется выражением:

$$f_{c[MГц]} = 474 + n \cdot 8 \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

В выражении (2) центральная частота ВЧ-сигнала указана для диапазона ДМВ с полосой канала 8 МГц. Для улучшения совместного использования спектра допускается смещение центральной частоты f_c .

В системе DVB,-T, на выходе тракта внешнего кодирования и перемежения образуется поток кодированных пакетов длиной по 204 байта: 1 байт синхронизации, 187 байтов перемеженных данных транспортных пакетов и 16 байтов внешней кодозащиты. После внутреннего кодирования длина пакета возрастает пропорционально выбранной кодовой скорости

сверточного кода. Полученный результирующий поток битов в процессе модуляции преобразуется в символы сигнала OFDM,, которые организуются в кадры. Четыре кадра образуют один суперкадр. Каждый символ OFDM, содержит 6817 несущих в режиме 8k и 1705 несущих в режиме 2k. Число несущих полезных данных является неизменным от символа к символу и за вычетом служебных несущих составляет 6048 несущих в режиме 8k и 1512 несущих в режиме 2k.

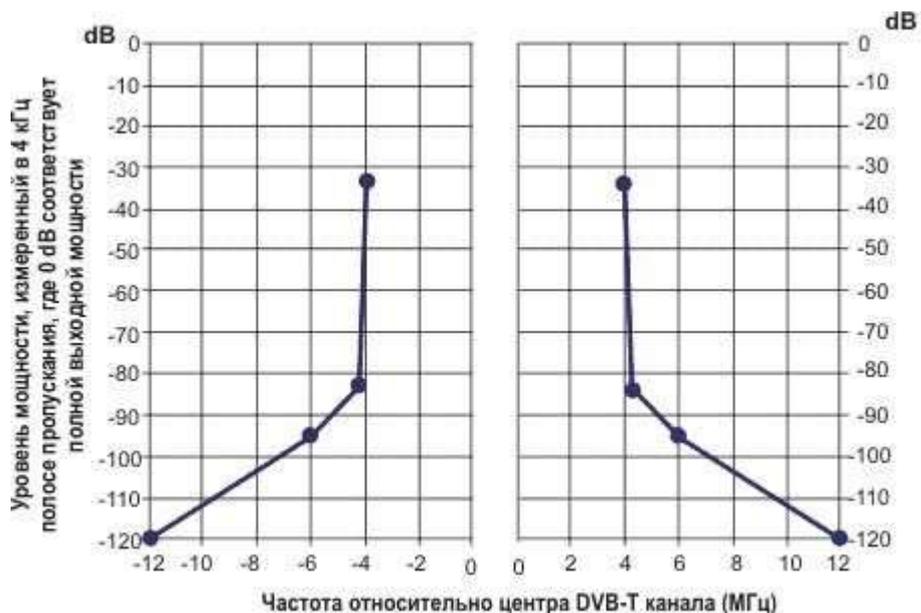


Рис.1.5. Критическая маска

Параметры функционирования системы приведены в Таблице 1.1

Таблица 1.1. Основные эксплуатационные параметры стандарта DVB,-Т,

Параметр	Значение параметра	
	8k	2k
Число несущих в символе OFDM,	6817	1705
Число несущих полезных данных в символе OFDM,	6048	1512
Число рассредоточенных	524	131

пилот-сигналов в кадре OFDM,		
Число непрерывно повторяющихся пилот-сигналов в кадре OFDM,	177	45
Число несущих сигнализации о параметрах передачи в кадре OFDM,	68	17
Длительность полезной части символа OFDM,, мкс	896	224
Разнос соседних несущих, Гц	1116	4464
Разнос между крайними несущими в символе OFDM,, МГц	7,608258	7,611607
Частота следования символов данных, МГц	6,75	6,75
Ширина полосы частот канала, МГц	6, 7 и 8	6, 7 и 8
Число битов на символ	2,4,6	2,4,6
Кодирование кода Рида-Соломона	T=8 (204, 188)	T=8 (204, 188)
Длительность псевдослучайной последовательности, байт	1503	1503
Скорость передачи полезных данных, Мбит/с	4,98...31,67	4,98...31,67
Скорость внутреннего кода	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Модуляция несущих	QPSK, 16QAM,,	QPSK, 16QAM,,

	64QAM,				64QAM,			
Относительный защитный интервал T_G/T_U	1/4	1/8	1/1 6	1/3 2	1/4	1/8	1/1 6	1/3 2
Длительность полезной части символа T_U , мкс	896				224			
Длительность защитного интервала T_G , мкс	224	112	56	28	56	28	14	7
Длительность символа $T_S = T_G + T_U$, мкс	1120	1008	952	924	280	252	238	231
Максимальный разнос между передатчиками в одночастотной сети (SFN), км	67,2	33,6	16,8	8,4	16,8	8,4	4,2	2,1

В табл. 1.2 представлены требуемые минимальные значения C/N (отношение несущая/шум) неиерархической передачи Для, достижения BER = 2×10^{-4} на выходе декодера Viterbi (расчетные теоретические значения) Для, всех комбинаций скоростей кодирования и типов модуляции [3].

Таблица 1.2. Основные эксплуатационные параметры стандарта DVB,-T,

		Требуемое C/N Для, BER = 2×10^{-4} после Viterbi QEF после Рид-Соломона			Битовая скорость (Мбит/с)			
Модуляция	Скорость кодирования	Гауссов канал	Рисман канал	Релеевский канал	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	6,9	8	13,1	8,29	9,22	9,76	10,0

								5
	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,2	10,5
							5	6
16QAM,	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,0	11,7	12,0
						6	1	6
	2/3	11,1	11,6	14,2	13,2	14,7	15,6	16,0
					7	5	1	9
	3/4	12,5	13	16,7	14,9	16,5	17,5	18,1
					3	9	6	
	5/6	13,5	14,4	19,3	16,5	18,4	19,5	20,1
					9	3	2	1
	7/8	13,9	15	22,8	17,4	19,3	20,4	21,1
					2	5	9	1
64QAM,	1/2	14,4	14,7	16	14,9	16,5	17,5	18,1
					3	9	6	
	2/3	16,5	17,1	19,3	19,9	22,1	23,4	24,1
					1	2	2	3
	3/4	18	18,6	21,7	22,3	24,8	26,3	27,1
					9	8	5	4
	5/6	19,3	20	25,3	24,8	27,6	29,2	30,1
					8	5	7	6
	7/8	20,1	21	27,9	26,1	29,0	30,7	31,
					3	3	4	

1.2 Рекомендации по внедрению DVB, эфирного вещания.

Основные аспекты DVB,-Т, сетей

Прежде чем перейти к планированию сетей и расчету их энергетического бюджета, целесообразно рассмотреть основные аспекты DVB,-Т, сетей, включая инсталляцию DVB,-Т передатчиков.

Входной сигнал передатчика представляет собой мультиплексированный MPEG-2 транспортный поток (TS), оговоренный в [4]. Поток может содержать несколько TV программ или только аудио/информационные программы, а также их комбинацию.

Спецификация стандарта DVB,-T, [5] предусматривает диапазон скоростей передачи данных (СПД) от 4,98 до 31,67 Мбит/с (см. таблицу 2 в [6]). При планировании и расчете сети важно знать требуемые скорости для различных видов услуг или по каждой TV программе. Априорно трудно определить скорости, обеспечивающие качество, эквивалентное качественному аналоговому сигналу. Для некритичных программ могут быть рекомендованы скорости порядка 3,5...4,5 Мбит/с, а для динамичных программ (например, спортивных) – порядка 6 Мбит/с. В то же время следует ожидать, что постоянно совершенствующиеся методы кодирования TV сигнала позволят снижать требуемую СПД на 5-10% в год. Однако необходимо помнить, что модернизация технологии кодирования сигнала может потребовать замены абонентских STB, то есть требуется совместимость с существующими MPEG декодерами. Стереoaудиосигналы могут кодироваться, как минимум, на скорости 192 кбит/с (системы псевдообъемного звучания типа Prologic требуют большей скорости). В настоящее время разрабатываются (а частично уже и утверждены) стандарты на многоканальное звуковое сопровождение, аналогичное Dolby Digital, (DD5.1) или DTS (цифровая театральная система). Предлагается остановиться на стандартизованных скоростях порядка 400 и 900 кбит/с, в зависимости от совместимости со стереодекодерами (если требуется такая совместимость, то скорость передачи данных должна быть ориентирована на максимальное значение).

Выбор абонентом интересующего пакета программ осуществляется традиционной ВЧ селективной настройкой (например, на к.34), а вот просмотр необходимой программы в принятом пакете (обычно в одном пакете размещается 4-61 программ формата MPEG-2 или до 14 программ

формата MPEG-4) осуществляется за счет электронного программного гида (EPG). Скорости передачи данных, необходимые Для, EPG, зависят от интерфейса прикладного программирования (API) и обычно составляют 0,25...0,5 Мбит/с. Добавим также, что Для, формирования общего TS TV пакета программ может быть использовано как динамичное, так и статистическое мультиплексирование.

Напомним читателям, что MPEG-2 TS может переносить одну или несколько программ. Под программой, согласно стандарту MPEG, понимается одна вещательная услуга. Программа передается в виде одного или более пакетированных элементарных потоков (PES), каждый из которых представляет собой цифровой кодированный компонент программы, например, кодированное видео или кодированное стереоаудио с временными метками, гарантирующими синхронизм декодирования элементарных потоков.

MPEG-2 TS был разработан Для, мультипрограммных приложений, передаваемых по вещательным каналам, подверженным ошибкам. TS состоит из последовательности пакетов, каждый длиной в 188 октетов, именуемых транспортными пакетами. Каждый транспортный пакет содержит информацию, относящуюся только к одному элементарному потоку.

СПД TS определяется применением. Для, адаптации суммы входных СПД к требуемой выходной скорости, оговоренной стандартом DVB,-T,, MPEG мультиплексор вводит нулевые (пустые) пакеты. Как правило, все эти установки осуществляются в DVB,-T, модуляторе (возбудителе), имеющим один или два (Для, иерархического режима работы) ASI входа. Физический уровень (последовательный/параллельный, уровни сигналов, тип коннекторов и т.п.) не оговорен MPEG стандартом. Однако Для, вещательных приложений DVB, TS интерфейсы стандартизованы в [7].

Выходной сигнал передатчика состоит из тысяч несущих, модулированных по фазе и амплитуде. Поэтому он напоминает сигнал с Гауссовским шумом. Отметим, что очень высокие пиковые значения суммарного сигнала ограничиваются в процессе его генерации и усиления.

Естественным и наиболее простым путем измерения мощности COFDM, сигнала применительно к DVB,-Т, является определение его среднеквадратичного значения (RMS), иногда именуемого как действующее значение. Среднеквадратичное значение мощности наиболее приближено к результату, получаемому путем системного анализа.

Поскольку количество несущих DVB,-Т, системы (в режимах 2k или 8k) является постоянным, а все несущие имеют определенную мощность, то полная мощность DVB, сигнала представляет собой сумму всех значений мощностей всех несущих. На практике же может измеряться только полная мощность. Для, оценки мощности недостаточно, но постоянная цепи всех цифровых измерителей мощности намного больше символьного периода, что позволяет, тем самым, осуществлять достоверные измерения.

Полоса частот, занимаемая DVB,-Т, сигналом, определяется приблизительно общим числом несущих и разносом между ними.

В близлежащих частотных диапазонах около номинальной полосы пропускания спектральная плотность мощности также не нулевая.

Ее уровень зависит от предварительной фильтрации после генерации сигнала, нелинейных искажений усилителя мощности и качества фильтрации на его выходе.

Боковые лепестки DVB, сигнала простираются в соседние каналы, вызывая тем самым интерференцию с другими полезными сигналами. В связи с этим спецификацией DVB,-Т, [5] оговорены жесткие требования к внеполосному спектру DVB -Т, сигнала. Шаблоны, определяющие требования к уровням внеполосных сигналов, называются масками. В TV радиоканале спектр системы DVB -Т, за счет использования схемы модуляции OFDM, имеет очень хорошую прямоугольность. Для каждой из систем цветности оговариваются свои внеполосные спектральные маски (допустимая вне диапазонная спектральная плотность мощности,

выраженная в dB). При этом существует понятие критичной и некритичной маски.

Некритичная маска используется при работе с соседним аналоговым каналом. Обладает минимальными защитными требованиями по отношению к аналоговому каналу и используется в случаях, если:

- аналоговые, и цифровые каналы передаются водной поляризации;
- мощностные составляющие этих двух передатчиков равны (пиковая аналоговая мощность P_A равна усредненной цифровой мощности P_D).

Если выходные мощности аналогового и цифрового, передатчиков не равны, то критичные точки (отмечены кружками/треугольниками) некритичной маски должны быть скорректированы в пропорции к крайним мощностным различиям посредством корректирующего коэффициента C :

$$C_{[db]} = \frac{P_{A.min[dBW]} - P_{D.max[dBW]}}{P} \quad (3)$$

Номинальная центральная частота (f_C) ВЧ сигнала определяется выражением:

$$f_{c[МГц]} = 474 + n \times 8, n = 0, 1, 2, 3... \quad (4)$$

В выражении (2) центральная частота ВЧ сигнала f_C указана для ДМВ диапазона с полосой канала 8 МГц. Для улучшения совместного использования спектра допускается смещение центральной частоты f_C .

Многочастотные сети (MFN) схожи по своему структурному построению с традиционными сетями. Такие сети допускают вещание независимых программ, но на разных несущих частотах, в силу чего они именуется как многочастотные – MFN (аналогия с существующими аналоговыми сетями). Основной недостаток MFN сетей проявляется при покрытии значительных территорий, охват которых требует нескольких передатчиков, и заключается в том, что вещание в сотах с пересекающимися

зонами покрытия не всегда может быть организовано в одних и тех же радиочастотных каналах. MFN сети сложно внедрять на начальном этапе наряду с существованием аналогового вещания из-за ограниченности частотных ресурсов. Количество каналов зависит от устойчивости передачи, то есть от типа модуляции, связанной с применяемой канальной скоростью кодирования, и от объекта планирования (полная область охвата или охват только плотно заселенных областей).

В силу того, что устойчивость цифрового, вещания (оцениваемая обычно в dB как мера защитного отношения) выше по сравнению с аналоговым, то логично предположить, что число частотных ВЧ каналов при DVB,-Т, MFN ниже, чем при аналоговом вещании, то есть допустима работа на тех же частотах относительно близлежащих телецентров с перекрывающимися зонами охвата. Однако из-за режима «крутого среза» цифровых сигналов непосредственное применение правил планирования аналоговой передачи (обычный расчет защитных отношений) является неприемлемым. Для, DVB, вещания вводят технологический коэффициент запаса $R = 10...20$ dB. Практика полевых испытаний показывает, что с учетом такого коэффициента запаса число ВЧ каналов, необходимых Для, MFN сетей, приближено к числу ВЧ каналов Для, аналоговых TV систем.

На начальной стадии формирования DVB,-Т, услуг неизбежно приходится учитывать факт наличия как аналоговых, так и цифровых сигналов в эфире. Более того, при ограниченных частотных ресурсах вещание ведется с чередованием по времени аналогового и цифрового, вещания, что обязательно необходимо учитывать при расчете помехозащищенности сети. Таким образом, в силу того, что передатчики MFN сети работают в режиме несинхронного излучения, их число эквивалентно числу передатчиков в аналоговой сети.

Добавим также, что напряженность электрического поля в точке приема в значительной степени зависит от условия распространения радиоволн (рельеф местности, ландшафт и т.п.), а также от времени суток и

года (в меньшей степени). В силу этого, Для, уверенного сплошного покрытия требуемой зоны вещания требуется или установка дополнительных ретрансляторов, или увеличение выходной мощности на тот же коэффициент запаса в 10...20 dB. Если при аналоговом вещании на границе зоны покрытия снижение напряженности поля приведет только к ухудшению C/N, то при цифровой трансляции в силу резкого излома приемной характеристики произойдет полный срыв изображения. Поэтому на практике при ограниченных частотных ресурсах используют комбинированные сети (MFN и SFN).

Одночастотные сети (SFN) характеризуются той же особенностью; все передатчики в фиксированный момент времени синхронно модулированы одинаковым сигналом и излучают мощность на той же частоте. Интересно отметить тот факт, что сигналы, принимаемые антенной от нескольких передатчиков с разных направлений, в силу особенности COFDM, модуляции могут внести конструктивный вклад в полный полезный сигнал. Одновременно в отдельных точках приема этот вклад может носить явно выраженный отрицательный характер. Если сигналы от далеко расположенных передатчиков задерживаются на время, превышающее длину защитного интервала T , то они ведут себя не как полезные, а как мешающие шумовые сигналы. Такой эффект именуется самоинтерференцией сети. Необходимо заметить, что степень влияния задержанных сигналов вне защитного интервала может зависеть от конструктивно-технических особенностей приемника. Снижение эффекта самоинтерференции достигается за счет увеличения длительности защитного интервала. Существует эмпирическое правило: Для эффективного снижения самоинтерференции сети длительного устанавливаемого защитного интервала T [4] должна быть не менее времени распространения между соседними передатчиками. С учетом такой особенности, при больших зонах покрытия более эффективным оказывается режим работы 8k в сравнении с режимом 2k.

Таким образом, при больших зонах покрытия частотная эффективность SFN сетей намного выше, чем MFN сетей. Однако предварительно отметим, что для единого межрегионального покрытия могут потребоваться дополнительно 4...6 радиоканалов, о чем будет сказано в разделе «Сетевое планирование» в последующих публикациях. Очевидно, что пробелы в зоне охвата SFN сети заполняются добавлением нового передатчика (или ретранслятора) без необходимости выделения новых частот.

SFN сети характеризуются также не только частотной, но и мощностной эффективностью. Так, хорошо известно, что напряженность поля от любого конкретного передатчика подвержена сильным локальным изменениям в зависимости от ландшафта и рельефа местности. Если в традиционно планируемых сетях (а также в MFN сетях) при наличии единственного передатчика универсальным решением обеспечения уверенной требуемой зоны покрытия является увеличение мощности передатчика, то в SFN сетях дело обстоит несколько иначе.

Требование отсутствия «пробелов» в зоне покрытия вынуждает использовать установку передатчиков с частично перекрывающимися областями охвата (аналог символики олимпийских колец, см. рис. 1.6) при равных вероятностных условиях приема. Таким образом, на границах зон покрытия (например, точка А на рис.1.6) полезный сигнал состоит из нескольких слабо скоррелированных мощностных составляющих от различных передатчиков (в нашем случае от передатчиков 1,2,3). Таким образом, границы замирания в напряженности поля одного передатчика могут быть заполнены другими передатчиками. Это явление усреднения приводит к более плавным (размытым) изменениям полной напряженности поля. Соответственно, в SFN сетях могут использоваться передатчики с более низкой мощностью. Такой эффект важен на границах зон покрытия и именуется «сетевым усилением». По этой причине зоны покрытия часто изображают не в виде радиусов или кривых, а в виде яркостно-цветовой гаммы. Очевидно, что такой энергетический выигрыш реализуется только

при приеме на всенаправленные антенны с низким (или отрицательным) коэффициентом усиления. Такое «сетевое усиление» в основном увязывают с DVB,-H вещанием или DVB,-T, вещанием, но при рассмотрении мобильного приема. Часто такой эффект наблюдается и при приеме на комнатную антенну.

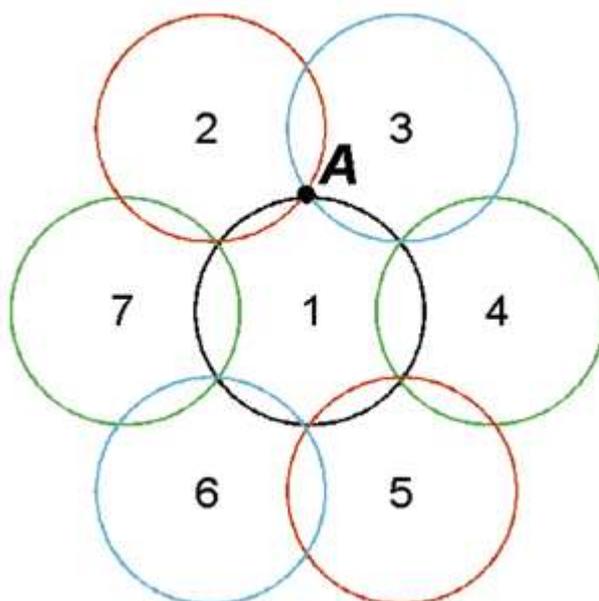


Рис 1.6. Установку передатчиков с частично перекрывающимися областями охвата

Рассмотренные особенности SFN сетей обязаны синхронной работе всех передатчиков сети. Способы достижения синхронной работы передатчиков и особенности распределения многоканального сигнала к передатчикам будут рассмотрены в последующих публикациях. Здесь же отметим, что синхронная работа всех передатчиков SFN сети не препятствует изменению модулирующего сигнала на любом из передатчиков сети. Таким образом, для каждой из локальных зон могут передаваться свои собственные программы.

Ретрансляторы предназначены для покрытия теневых зон (низины, впадины, туннели и т.п.) или дополнительного расширения зоны охвата конкретным передатчиком. Такое расширение зоны обслуживания исключает

затраты на магистральные линии распределения ТВ потоков, равно как и на цифровые модуляторы, и является очень экономичным решением.

В простейшем случае ретранслятор представляет собой приемную и передающую антенны, между которыми устанавливается усилитель мощности. После приема, фильтрации и усиления цифровой сигнал на той же самой частоте ретранслируется в требуемую теньевую зону. Самым важным условием применения такого экономичного ретранслятора является обеспечение необходимой развязки между приемной и передающей антеннами. Обязательным условием отсутствия самовозбуждения является выполнение неравенства:

$$K_{\text{ном}} < |K_{\text{обр}}|, \quad (5)$$

то есть условие нарушения баланса амплитуд (считается, что условие баланса фаз выдержано как для, наихудшего случая) для, самогенерации. Сразу акцентируем внимание, на практике выполнить условие (5) при значительных коэффициентах усиления (при малом входном уровне сигнала и большом уровне выходной мощности) удастся далеко не всегда, даже при существенных конструктивных ухищрениях и использовании эффективных кабелей с двойной радио экранной оплеткой.

От чего же зависит межантенная развязка (коэффициент обратной связи $K_{\text{обр}}$) Основными факторами являются:

- высота и габариты опоры (мачты) или здания, где располагается ретранслятор;
- коэффициент, радио экранной защиты коаксиальных кабелей, их длины, а также качество экранирования самого ретранслятора (усилителя мощности);
- позиция антенн на мачте или здании;
- диаграммы направленности антенн в обеих плоскостях поляризации;
- рельеф местности, которая должна быть охвачена вещанием (например, наличие зданий, которые могут вызвать переотражения);

- ориентация передающей антенны по отношению к основному передатчику.



Рис 1.7. Искажения возникающие в обратном связи

Следует также отметить, что даже при выполнении условия (5) и отсутствии паразитной генерации следует ожидать ухудшения системных рабочих характеристик из-за наличия положительной обратной связи (рис. 1.7.), в силу чего ретранслятор следует выбирать с особой тщательностью по критерию нелинейных искажений. Сразу акцентируем внимание на то, что проектирование ретрансляционных центров следует поручать проектным организациям, имеющим опыт работы в данном направлении. Желательно также, чтобы эта же проектная организация осуществила монтаж и инсталляцию ретрансляционного узла с испытаниями качества приема в оговариваемых точках теневой зоны.

Практика показывает, что наилучшие результаты по развязке достигаются при использовании высотных радиомачт из бетона. Достижение развязки в 80 dB является реальным 2. Если на мачте имеется несколько уровней (как базовые платформы, где могут устанавливаться антенны), то приемную и передающую антенны рекомендуется устанавливать на разных уровнях.

В заключение кратко остановимся на домашних ретрансляторах (ДР)(domestic gap fillers). Домовые ретрансляторы (ДР) – это специальное оборудование, предназначенное для, усиления сигнала при индивидуальном приеме на комнатную антенну. Действительно, радиус покрытия

передатчиком – весьма условное понятие, хорошо знакомое большинству читателей. Уровень сигнала на выходе приемной антенны при заданной мощности передатчика и дальности приема зависит от целого ряда факторов. Основными из них являются высота подъема приемной антенны, ее коэффициент, усиления и место установки. Так, если при приеме в частном коттедже основной проблемой будет являться высота подъема антенны и ее хороший коэффициент, усиления, то при приеме того же сигнала в высотном современном доме на комнатную антенну ограничивающим фактором уже будет являться коэффициент, радиозащиты железобетонных стен. В связи с оговариваемыми условиями будет существенно изменяться и радиус покрытия передатчиком (отличие может быть в два раза и более). Таким образом, ДР предназначены для, возможности приема DVB, сигналов внутри домов на комнатную антенну, то есть в зонах с низкой напряженностью поля. Существуют два основных вида ДР: с канальным (с фильтрацией) и широкополосным (полный диапазон) усилением. ДР с конвертацией по частоте из-за высокой стоимости в пересчете на абонента фактически не используются. Широкополосные ДР способны также доставлять аналоговые, сигналы и сигналы сотовой телефонии диапазона 900 МГц. Проблема межантенной развязки в ДР существенно меньше, чем в эфирных мощных ретрансляторах. Такие ДР по цене сравнимы с домашней распределительной сетью. Домовые ретрансляторы постоянно модернизируются и совершенствуются. Выпускаются даже ДР с коллективными абонентскими декодерами и последующими аналоговыми модуляторами. С учетом стоимости индивидуальных абонентских STB экономически они оказываются более выгодными.

1.3 Особенности построения телевизионных передатчиков Для, DVB,-Т,

Поясним основные этапы обработки сжатых цифровых телевизионных

сигналов и цифрового, потока данных в передающем и приемном устройствах наземного телевизионного вещания в модификации стандарта DVB,-T,.

Аналоговые, сигналы видео- и аудиоканалов поступают на вход своих кодеров, где преобразуются в сжатые цифровые сигналы стандарта MPEG-2. Далее три цифровых потока (видео, аудио и данных) поступают на блоки формирования программного потока MPEG-2 и мультиплексора. К мультиплексору подводятся опорные и синхронизирующие сигналы, позволяющие разделить на приемной стороне цифровые потоки видео-, аудиосигналов и данных, а также выделить сигналы, передаваемые Для оценки состояния радиоканала и об используемых режимах модуляции [8].

Видеоканал. Видеоканал преобразуется в цифровой поток с помощью алгоритма MPEG-2. MPEG-2 - это целое семейство совместимых цифровых стандартов сжатия телевизионных сигналов с различной степенью сложности используемых алгоритмов (*ISO/IEC 13818-2*). В спутниковом вещании в настоящий момент используется так называемый основной уровень с форматом разложения на **576** строк в кадре и **720** отсчетов на строку. Для сжатия видеоданных строятся кадры трех типов. Кадры типа - **I** (*interframe*) - это полные кадры, сжатые по методу, аналогичному *JPEG*. Такой метод позволяет добиться различной степени компрессии - выше сжатие - больше потерь качества изображения и наоборот. Кадры типа - **P** (*predicted* - предсказанные) получают с использованием алгоритмов компенсации движения и предсказания вперед по предшествующим кадрам. В **P**-кадрах, если сравнивать их с **I**-кадрами, в три раза выше достижимая степень сжатия видеоданных. Кадры типа - **B** (*bidirectional* - двунаправленные) получают четырьмя различными алгоритмами в зависимости от характера видеоданных. **B**-кадры содержат изменения относительно предыдущих и последующих кадров, используемых в качестве опорных. Это наиболее сжатые кадры.

Звуковой канал. Звуковые каналы преобразуются в цифровой поток по

нескольким алгоритмам. Вообще, звуковой канал с CD-качеством звука (дискретизация 44.1 кГц) требует скорости передачи до 1400 бит/Сек, что недопустимо много. Использование сжатия по методу **MPEG Audio Уровня 3** позволяет добиться сжатия аудиоданных в 4-12 раз. Уровень 1 сжимает данные 1:4 и требует скорости 384 кбит/Сек, Уровень 2 сжимает в 6-8 раз и требует скорости 256..192 кбит/Сек, а Уровень 3 - в 10-12 раз и требует 128..112 кбит/Сек Для, стереосигнала.

Синхронизация. Синхронизация обеспечивается эталонным генератором 27 МГц на приемной стороне. Для, подстройки частоты и фазы эталонного генератора периодически должно передаваться Поле Эталонных часов - PCR (Program Clock Reference). Кроме того, как уже говорилось, видеопоток содержит Метки Времени DTS и PTS.

Стандарт сжатия, видео изображения. MPEG-2 - это целое семейство взаимосогласованных совместимых цифровых подстандартов сжатия, телевизионного сигнала с различной степенью сложности алгоритмов. Стандарт предусматривает 5 профилей:

1. Простой (simple) — Для, реализации видеопотока без В-кадров
2. Главный (main) — Для, реализации всех уровней, но без масштабируемости.
3. Масштабируемый по отношению сигнал/шум (SNR scalable)
4. Пространственно масштабируемый (spatiallyscalable)
5. Профессиональный (professional 4:2:2), пространственно масштабируемый и масштабируемый по отношению сигнал/шум.

Каждый из этих профилей можно подразделить на 4 уровня:

1. Низкий (LL)
2. Главный (ML)
3. Высокий 1440 (H1440)
4. Высокий (HL)

В профиле простой используется наименьшее число операций: компенсация движения и гибридное дискретное косинусное преобразование

(ДКП). Профиль главный содержит дополнительную операцию - предсказание по двум направлениям, что улучшает качество изображения.

Профиль, масштабируемый, по отношению сигнал/шум предусматривает повышение устойчивости системы при снижении отношения сигнал/шум. Поток видеоданных разделяют на две части:

Программный поток. Программный поток объединяет элементарные потоки, образующие телевизионную программу. При формировании программного потока образуются блоки из PES-пакетов в рис. 1. Блок содержит заголовок блока, системный заголовок (необязательный), за которым следует некоторое количество PES-пакетов [8].

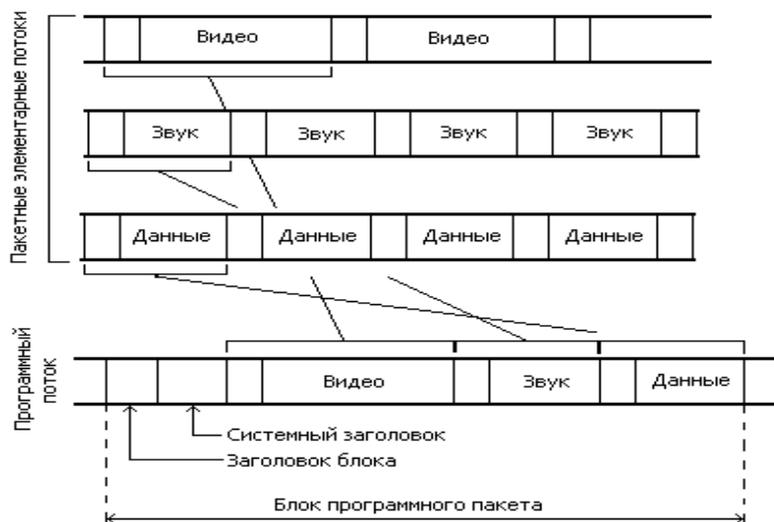


Рис. 1.8 Формирование, программного потока

Длина блока программного потока может быть произвольной, единственное ограничение – заголовки блока должны появляться не реже, чем через 0,7 секунды. Это связано с тем, что в заголовке содержится важная информация – опорное системное время. Системный заголовок содержит информацию о характеристиках программного потока, например, максимальная скорость передачи данных, число видео и звуковых элементарных потоков. Декодер использует эту информацию, для того, чтобы решить, может ли он декодировать этот программный поток.

Транспортный поток. Транспортный поток может объединять пакетные

элементарные потоки, переносящие данные нескольких программ с независимыми временными базами. Он состоит из коротких пакетов фиксированной длины (188 байтов). Элементарные потоки видео, звука и дополнительных данных разбиваются на фрагменты, равные по длине полезной нагрузке транспортного пакета (184 байта) и мультиплексируются в единый поток, который приведен на рис. 1.9.

Это процесс подчиняется ряду ограничений:

- первый байт каждого PES- пакета элементарного потока должен быть первым байтом полезной нагрузки транспортного пакета; каждый транспортный пакет может содержать данные лишь одного PES-пакета;
- если PES-пакет не имеет длину, кратную 184 байтам, то один из транспортных пакетов не заполняется данными PES-пакета полностью. В этом случае избыточное пространство заполняется полем адаптации.

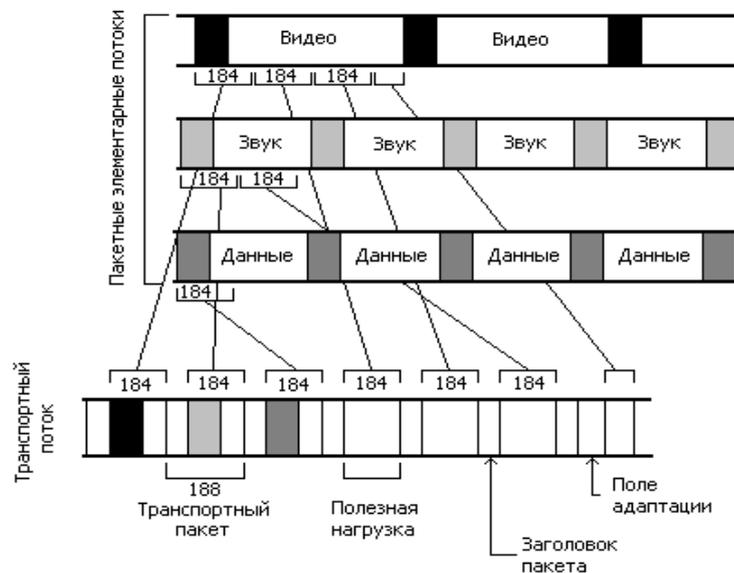


Рис. 1.9. Формирование, транспортного потока

Расщепление транспортного потока, в случае необходимости, позволяет сформировать два потока с разным уровнем приоритета. Поток, обозначенный пунктиром, имеет низший приоритет (несколько меньшую помехоустойчивость), но вместе с тем обеспечивает повышенную скорость передачи данных. Поток высшего приоритета имеет повышенную степень

кодовой защиты от помех. Таким способом реализуется возможность передачи телевизионных программ в двух вариантах; программа низшего приоритета передается с повышенной четкостью (при хорошем прохождении сигналов качество изображения будет высоким). При плохом сигнале передается программа пониженной четкости, но с высшим приоритетом защиты, что позволяет обеспечить равноценное качество изображения. В случае изменения условий приема пользователь может переключать приемник, с одного канала на другой, выбирая лучший.

Синхронизация. Принцип постоянной задержки. Кадры телевизионного изображения поступают на вход кодера MPEG-2 с постоянной частотой, точно с такой же частотой должны воспроизводиться кадры телевизионного изображения на выходе декодера приведена на рис. 1.10. Это означает, что общая задержка в системе, представляющая собой сумму задержек отдельных элементов системы, должна быть постоянной.

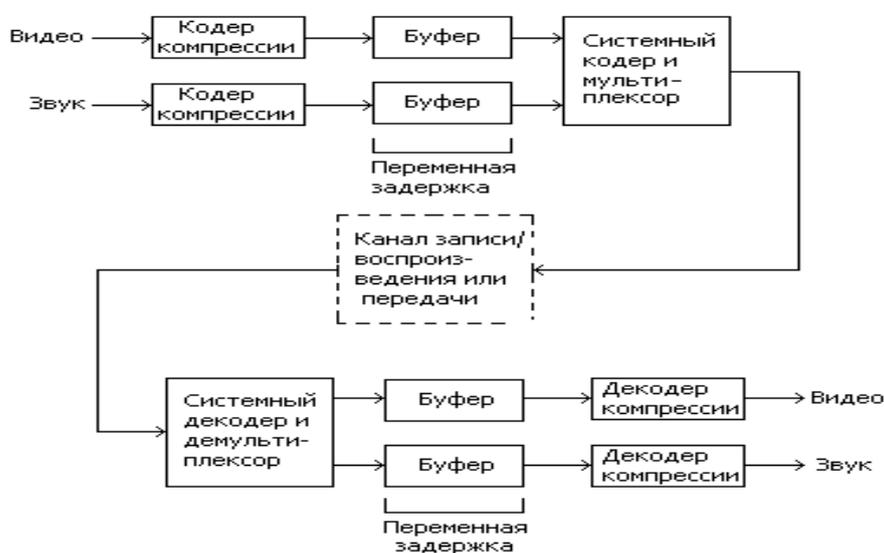


Рис. 1.10. Принцип компрессии с постоянной задержкой

Объем данных, необходимый для представления кодированных изображений, не является постоянной величиной. Он зависит от детальности изображения, от наличия быстро перемещающихся объектов, от способа кодирования (I, B и P изображения характеризуются разными объемами

данных). Энтропийное кодирование формирует слова с переменной длиной. А Для, равномерной загрузки канала связи, данные должны следовать с постоянной скоростью. Проблема решается за счет использования буфера кодера (данные поступают в буфер с переменной скоростью, а выходят - с постоянной) [8].

Кодированные изображения (блоки доступа), в силу отмеченных особенностей кодирования, поступают в декодер с переменной частотой, но воспроизводиться должны с постоянной частотой, равной частоте кадров. Проблема решается за счет буфера в декодере.

Рандомизация. Рандомизация (скремблирование) цифрового, потока, что позволяет улучшить условия электромагнитной совместимости с другими системами.

Внешнее кодирование и перемежение. В системе внешнего кодирования Для, защиты всех 188 байтов транспортного пакета (включая байт синхронизации) используется код Рида-Соломона [8]. В процессе кодирования к этим 188 байтам добавляется 16 проверочных байтов. При декодировании на приемной стороне это позволяет исправлять до восьми ошибочных байтов в пределах каждого кодового слова длиной 204 байта.

Внутреннее кодирование. Внутреннее кодирование в системе вещания DVB,-T, основано на сверточном коде. Оно принципиально отличается от внешнего, которое является представителем блочных кодов. При блочном кодировании поток информационных символов делится на блоки фиксированной длины, к которым в процессе кодирования добавляется некоторое количество проверочных символов, причем каждый блок кодируется независимо от других. При сверточном кодировании поток данных также разбивается на блоки, но гораздо меньшей длины, их называют "кадрами информационных символов".

Внутреннее перемежение и Формирование, модуляционных символов. Внутреннее перемежение в системе DVB,-T, тесно связано с модуляцией несущих колебаний. Оно фактически является частотным перемежением,

определяющим перемешивание данных, которые модулируют разные несущие колебания. Это довольно сложный процесс, но именно он является основой принципов модуляции OFDM, в системе DVB-T.

Допустим, что необходимо передать в одном радиоканале 4 ТВ-программы с высоким качеством изображения. В этом случае скорость цифрового потока для одной ТВ-программы может быть выбрана в пределах 7...8 Мбит/с, и соответственно для 4-х ТВ-программ необходимо передать цифровой поток 28...32 Мбит/с исходя из этих данных по табл. 1.3.

Таблица 1.3

Вид модуляции	Биты на поднесущую	Внутренний коэффициент кодирования	Скорость кодирования			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	S	4.98	5.53	5.85	6.03
	2	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
	2	s	7.46	8.29	8.78	9.05
	2	5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
	2	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM,	4	S	9.95	11.06	11.71	12.06
	4	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
	4	s	14.93	16.59	17.56	18.10
	4	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
	4	7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM,	6	S	14.93	16.59	17.56	18.10
	6	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
	6	s	22.39	24.88	26.35	27.14
	6	5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
	6	7/8	26.13	29.03	30.74	31.67

Сверточные коды с относительными скоростями: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8, в

результате чего скорость цифрового, потока после помехоустойчивого кодирования увеличится в число раз, равное единице, деленной на относительную скорость кода.

Исходя из этих данных табл. 1.3 не зависят от режима модуляции 8К или 2К, так как при переходе от режима 8К к режиму 2К с уменьшением числа несущих в 4 раза одновременно в 4 раза увеличивается скорость передачи данных на каждой несущей.

Таблица 1.4

Основные параметры системы с модуляцией COFDM,

Модификация	8К	2К
Длительность рабочего интервала, мкс	896	224
Число несущих в спектре группового сигнала	6817	1705
Частотный разнос несущих, Гц	1116	4464
Ширина радиоспектра группового сигнала, МГц	7,61	7,61
Относительная длительность защитного интервала	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Длительность защитного интервала, мкс	224; 112; 56; 28	56; 28; 14; 0
Длительность символа сообщения, мкс	1120; 1008; 952; 924	280; 252; 238; 231
Территориальный разнос между передатчиками в одночастотной сети, км	67; 34; 17; 8,4	17; 8,4; 4,2; 2

2. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ, ВИДУ МОДУЛЯЦИИ И ДРУГИМ ПАРАМЕТРАМ, НАЛАГАЕМЫМ СТАНДАРТОМ DVB,-T,

2.1 Мультиплексирования с ортогональным частотным разделением сигналов OFDM,

OFDM, представляет собой принципиально новый вид модуляции, при которой последовательный цифровой поток преобразуется в большое число параллельных потоков (суб-потоков), каждый из которых передается на отдельной несущей (рис.2.1).

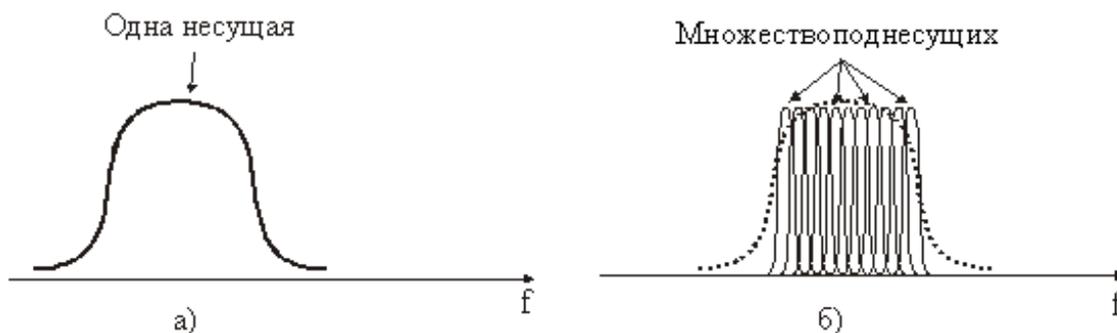


Рис. 2.1. Спектр радиосигнала с одной несущей (а) и OFDM, (б)

Частотный разнос Δf между соседними несущими f_1, f_2, \dots, f_n в групповом радиоспектре **OFDM**, выбирается из условия возможности выделения в демодуляторе индивидуальных несущих. При этом возможно применение двух методов частотного разделения (демультиплексирования) несущих. Во-первых, с помощью полосовых фильтров и, во-вторых, с помощью ортогональных преобразований сигналов. В первом случае частотный разнос между модулированными несущими выбирается таким, чтобы их соседние боковые полосы взаимно не перекрывались. Это условие будет выполнено, если величину частотного разноса выбрать равной $\Delta f > 2/TU$, где TU – рабочий интервал информационного символа.

Однако при этом эффективность использования радиоспектра будет невысокой. Напротив, стандарт **OFDM**, характеризуется сильным перекрытием спектров соседних поднесущих, что позволяет уменьшить в два раза значение частотного разнеса и во столько же раз повысить плотность передачи цифровой информации (бит/с)/Гц [9].

Благодаря ортогональному методу демодуляции поднесущих группового спектра происходит компенсация помех от соседних частот, несмотря на то, что их боковые полосы взаимно перекрываются.

Для, выполнения условий ортогональности необходимо, чтобы частотный разнос между несущими был постоянен и точно равен значению $\Delta f = 1/TU$, то есть на интервале TU должно укладываться целое число периодов разностной частоты $f_2 - f_1$. Пример сигнала COFDM, в версии 8К в стандарте DVB,-Т, показан на рис. 2.2.

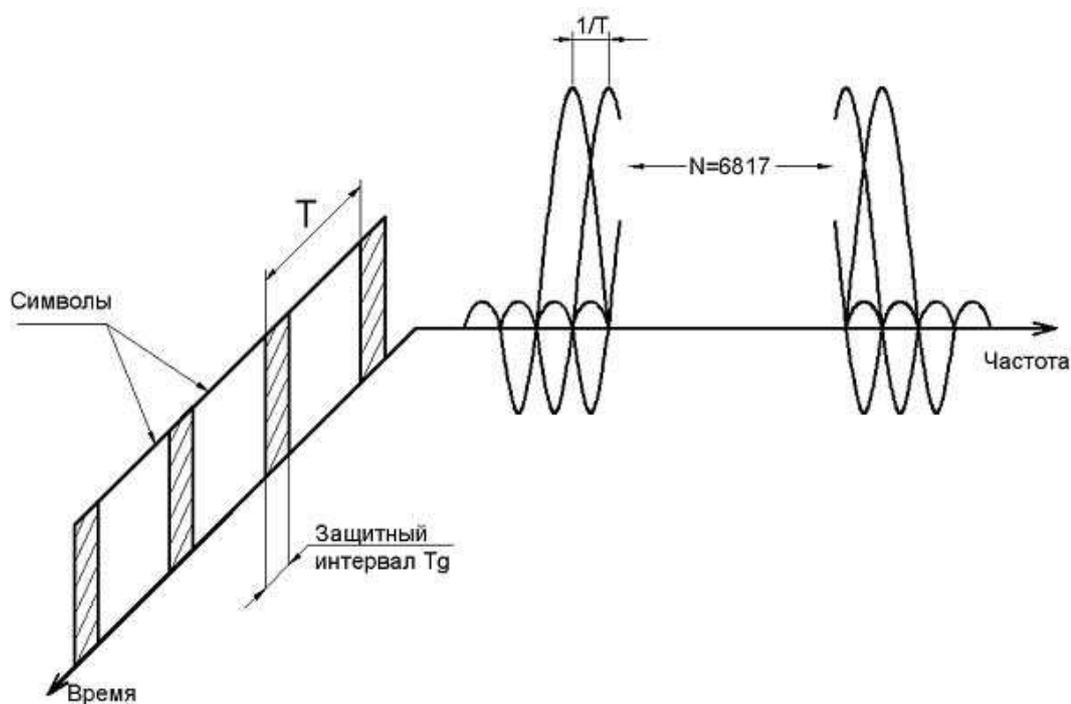


Рис. 2.2 COFDM, в версии 8К в стандарте DVB,-Т,

Выполнение этого соотношения достигается введением в модеме **OFDM**, двух видов сигналов синхронизации: сигналов Для, синхронизации несущих частот группового спектра и сигналов Для, синхронизации

тактовых частот функциональных блоков демодулятора.

Группа несущих частот, которая в данный момент времени переносит биты параллельных цифровых потоков, называется символом **OFDM**.

Благодаря тому, что используется большое число параллельных потоков, длительность символа в параллельных потоках оказывается существенно больше, чем в последовательном потоке данных.

Это позволяет в декодере задержать оценку значений принятых символов на время, в течение которого изменения параметров радиоканала из-за действия эхо-сигналов прекратятся, и канал станет стабильным.

Таким образом, при **OFDM**, временной интервал символа субпотока TS делится на две части – защитный интервал TG , в течение которого оценка значения символа в декодере не производится, и рабочий интервал символа TU , за время которого принимается решение о значении принятого символа.

Для, правильной работы системы эхоподавления необходимо, чтобы защитные интервалы находились в начале символов субпотоков, то есть в защитном интервале продолжается модуляция несущей предшествующим символом [9].

Технически метод **OFDM**, реализуется путем выполнения инверсного дискретного преобразования Фурье (Fast Fourier Transform, FFT) в модуляторе передатчика и прямого дискретного преобразования Фурье в демодуляторе приемника,а приемопередающего устройства.

На физическом уровне **OFDM**, является цифровой схемой модуляции, которая использует большое количество близко расположенных, ортогональных поднесущих.

Каждая поднесущая модулируется по обычной схеме модуляции (например, квадратурная амплитудная модуляция) на низкой символьной скорости, сохраняя общую скорость передачи данных, как и у обычных схем модуляции одной несущей в той же полосе пропускания.

На практике сигналы OFDM, получаются путем использования ОБПФ (обратное быстрое преобразование Фурье).

Основным преимуществом OFDM, по сравнению со схемой с одной несущей является её способность противостоять сложным условиям в канале [9].

Например, бороться с затуханием в области ВЧ в длинных медных проводниках, узкополосными помехами и частотно-избирательным затуханием, вызванным многолучевым характером распространения, без использования сложных фильтров-эквалайзеров.

2.2 Иерархическая модуляция системы COFDM, : принципы работы

Основная идея системы COFDM, заключается в устранении ухудшения качества сигнала при наземном распространении радиоволн. Частотная характеристика канала неодинакова. Для, его различных составляющих: при суммировании принимаемых несущих частот (основная несущая и ее эхо-сигналы) результирующий сигнал может быть равным нулю или превышать уровень основной несущей.

Для, решения этой проблемы система COFDM, сначала была использована. Для, передачи данных в расширенном спектре с использованием большого набора близко расположенных частотных полос. Затем полезный сигнал перед его передачей был кодирован, чтобы обеспечить возможность его восстановления при приеме [10].

Теперь становится понятным применение слов «с кодированием» и «частотное уплотнение» в использованном здесь сокращении «COFDM,» [12].

COFDM, : Принцип организации канала

Расщепление канала

Характеристики канала передачи, к сожалению, не остаются постоянными во времени, но в течение короткого промежутка времени

эти характеристики. Для наземного канала можно считать постоянными.

Используя эту особенность, в системе COFDM, имеется возможность применить расщепление наземного канала передачи во времени и по частоте (см. Рис. 2.3). В результате, радиочастотный канал организуется в виде набора узких частотных полос и в виде коротких во времени смежных «временных сегментов».

Ввод поднесущих

Каждая частотно-временная ячейка имеет свою собственную поднесущую (см. Рис. 2). Набор поднесущих в определенном временном сегменте называется символом OFDM. Для устранения взаимных помех между поднесущими, расстояние (промежуток) между ними выбирается равным обратной величине длительности символа: в этом случае поднесущие являются ортогональными.

Ввод защитного интервала

Поскольку эхо-сигналы представляют собой задержанные во времени копии основного сигнала, начало данного символа OFDM, подвергается «загрязнению» задержанным окончанием предыдущего (взаимные помехи между символами). Для устранения этого эффекта между двумя соседними символами OFDM, вводится защитный интервал (см. Рис. 3).

Во время интервала приемные устройства игнорируют поступающий сигнал, что приводит к снижению пропускной способности канала передачи [10].

Синхронизация каналов

Чтобы осуществить надлежащим образом демодуляцию сигнала, приемные устройства должны произвести его выборку во время полезного периода символа OFDM, (но не во время защитного интервала). Но тогда необходимо ввести временное окно по отношению к моменту, когда передается в эфир каждый символ OFDM.

В системе DVB,-T, используются «пилотные» поднесущие, равномерно распределенные в канале передачи в виде маркеров синхронизации (см. Рис. 2.6) [12].

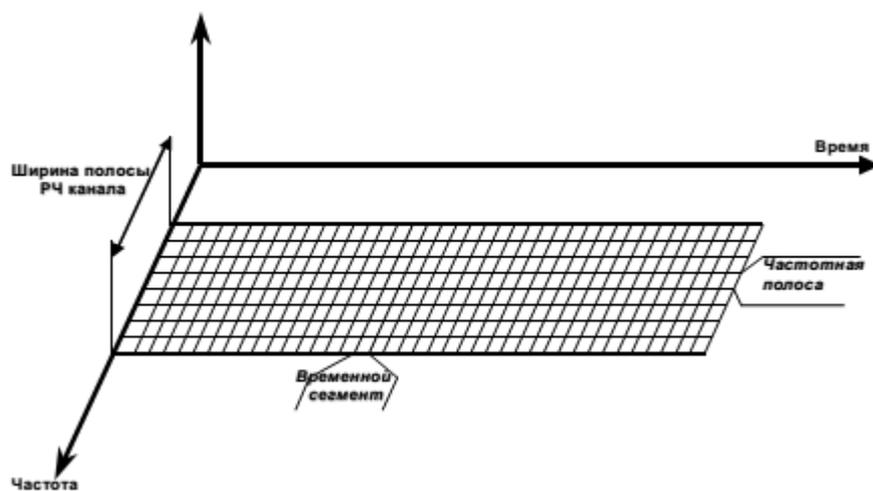


Рис. 2.3 Расщепление канала

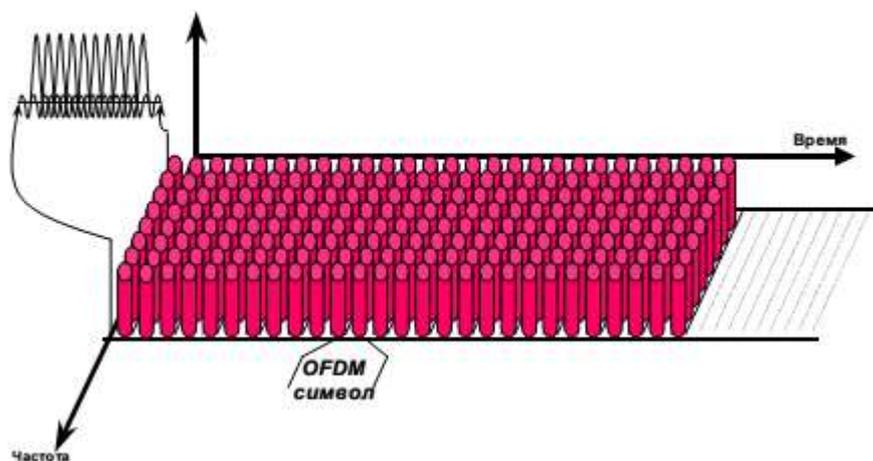


Рис. 2.4 Ввод поднесущих частот

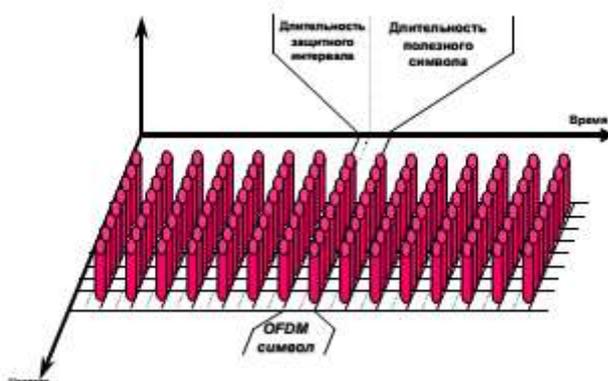


Рис. 2.5 Ввод защитного интервала

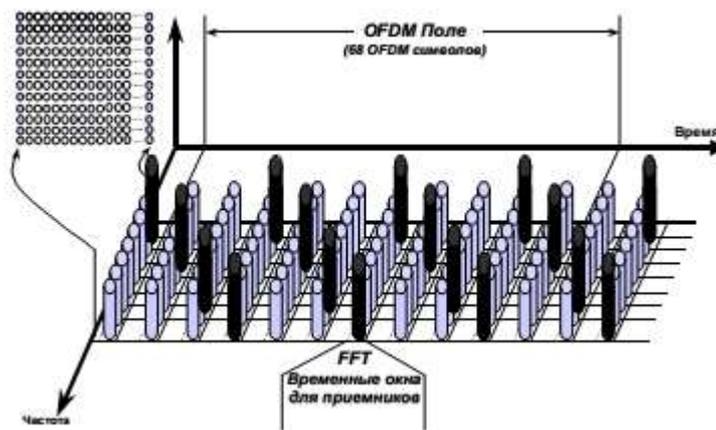


Рис. 2.6 Маркеры синхронизации

Вышеупомянутые особенности (расщепление канала, кодирование данных, ввод защитного интервала и маркеров синхронизации) составляют основные параметры модуляции COFDM,.

К сожалению, все эти особенности предполагают потерю полезной информации канала или снижение реальной пропускной способности канала. И наоборот, они позволяют снизить степень ухудшения параметров сигнала из-за условий прохождения радиоволн за счет компромисса между устойчивостью канала и пропускной способностью канала.

С целью предоставления предприятиям вещания максимальной свободы при адаптации средств передачи по наземным каналам в соответствии с конкретными условиями, стандарт DVB,-T, определил допустимый диапазон этих параметров: их комбинация представляет собой режимы системы DVB,-T,.

Для, дальнейшего улучшения параметров сигнала системы COFDM, необходимо смягчить побочные эффекты, возникающие при использовании защитного кодирования. В общем случае, это кодирование не способно скорректировать длинную последовательность (пакет) ошибочных битов.

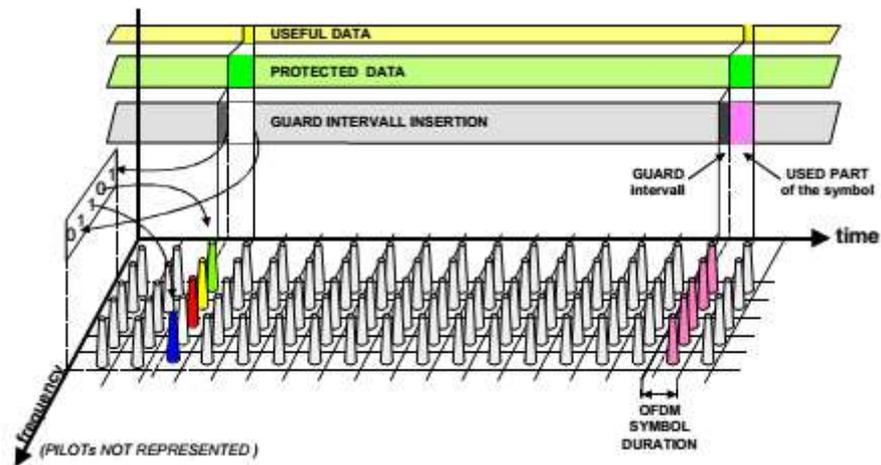


Рис.2.7 Распределение данных по символам OFDM,

При замираниях на соседних частотных полосах, смежные биты данных распределяются по удаленным поднесущим в пределах каждого символа OFDM,. Такая особенность известна как частотное перемежение и проиллюстрировано на Рис. 2.7.

Сначала производится кодирование данных в цифровой форме с помощью защитных кодов. Затем вводится защитный интервал (путем ввода избыточных битов данных) между пакетами защищенных данных. В заключение с помощью алгоритма частотного перемежения, синхронизированного с кадром передачи, осуществляется распределение пакета данных по близко расположенным поднесущим.

Основная группа. Распределение данных по символам OFDM, означает индивидуальную модуляцию каждой поднесущей в соответствии с одной из трех основных комплексных групп DVB,-T,. Эти группы показаны на Рис. 2.8.

В зависимости от выбранной группы, каждая поднесущая переносит одновременно 2 бита (модуляция 4QAM,), 4 бита (модуляция 16QAM,) или 6 бит (модуляция 64QAM,). Каждой группе свойственна своя помехозащищенность с учетом минимально допустимого отношения сигнал/шум Для, приемлемого качества демодуляции. Грубо говоря, модуляция 4QAM, допускает от 4 до 5 раз больший уровень шума, чем

модуляция 64QAM,.

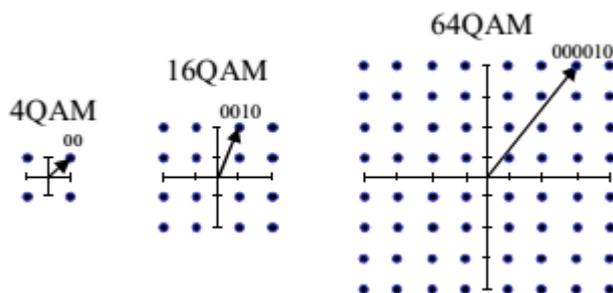


Рис. 2.8 Основная группа DVB,-Т,

COFDM,: РАБОТА ОДНОЧАСТОТНОЙ СЕТИ

Существует много достоинств современной цифровой модуляции COFDM,, но основным является успешная борьба с эхо-сигналами, которые могут возникать из-за отражений от окружающих предметов или при работе нескольких передатчиков на одном и том же радиочастотном канале [10].

В системе вещания COFDM, к естественным эхо-сигналам, вызванным отражениями или рефракцией, добавляются активные эхо-сигналы, генерируемые передатчиками на совмещенном канале, или ретрансляторами. Собственно говоря, система COFDM, способна использовать с выгодой некоторые виды эхо-сигналов (т.е. те, которые усиливают приемный сигнал) и игнорировать эхо-сигналы, которые сказываются отрицательно на полезном сигнале.

Соответственно, модуляция COFDM, предоставляет вещательным организациям новый способ эксплуатировать свои наземные сети: увеличивать количество источников сигналов с совмещенными каналами. Для, расширения зоны охвата вещанием.

При этом появляется возможность более эффективного использования нескольких маломощных передатчиков или ретрансляторов вместо одного мощного передатчика, при котором невозможно избежать отдельных зон неуверенного приема в общей зоне

обслуживания.

Одночастотная сеть, образуется, когда несколько передатчиков работают в реальной обстановке как передатчики совмещенных каналов, т.е. они излучают в эфир в любой момент времени идентичный сигнал в каждую точку зоны охвата вещанием.

«Золотое правило» одночастотной сети, таким образом, включает следующее:

Каждый передатчик одночастотной сети должен излучать:

- На одной и той же частоте,
- В один и тот же момент времени,
- Одинаковые биты данных.

Эти положения «золотого правила» представляют собой также и основные ограничения одночастотной сети, оказывающие непосредственное влияние на организацию сети передачи: необходимо осуществлять синхронизацию каждого передатчика одночастотной сети и во времени и по частоте.

Ограничения по частоте. Как и в случае сетей с обычным частотным планом, рабочая частота каждого передатчика одночастотной сети должна поддерживаться с высокой точностью и точно контролироваться. Но в случае одночастотной сети системы COFDM, стабильность и точность рабочей частоты должны быть такими, чтобы каждая излучаемая поднесущая занимала свое абсолютное положение независимо от используемой частоты радиоканала [12].

На практике Для, синхронизации работы одночастотных сетей используется всемирная опорная частота приемников GPS – см. Рис. 7.

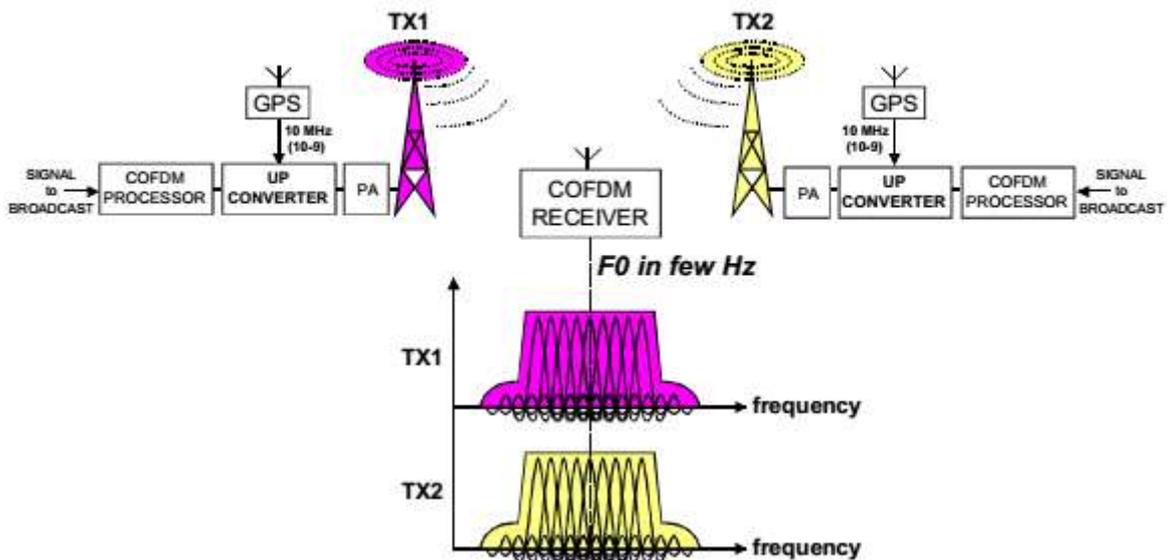


Рис. 2.9 Синхронизация по частоте

2.3 Обработка данных и сигналов в DVB,-Т,. Рандомизация

Рандомизация данных является первой операцией, выполняемой в системе DVB,-Т,. Ее цель – превратить цифровой сигнал в квазислучайный и тем самым решить две важные задачи. Во-первых, это позволяет создать в цифровом сигнале достаточно большое число перепадов уровня и обеспечить возможность выделения из него тактовых импульсов (такое свойство сигнала называется самосинхронизацией).

Во-вторых, рандомизация приводит к более равномерному энергетическому спектру излучаемого радиосигнала (как известно, спектральная плотность мощности случайного шума постоянна на всех частотах, поэтому превращение сигнала в квазислучайный способствует выравниванию его спектра) [11].

Благодаря равномерному спектру повышается эффективность работы передатчика и минимизируется мешающее действие радиосигнала цифрового, телевидения по отношению к аналоговому телевизионному сигналу, излучаемому другим передатчиком в том же канале.

Рандомизации предшествует операция адаптации цифрового, потока, представляющего собой последовательность транспортных пакетов

MPEG-2 (рис. 2.10).

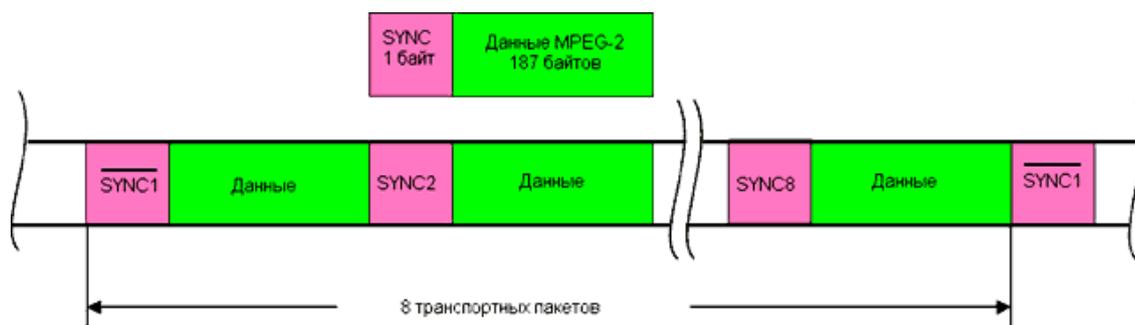


Рис. 2.10. Адаптация транспортных пакетов MPEG-2

Пакеты, имеющие общую длину 188 байтов (синхро,байт, записываемый как число 47 в шестнадцатеричной форме или 01000111 – в двоичной, и 187 байтов передаваемых данных), объединяются в группы по восемь пакетов. Синхро,байт первого пакета группы инвертируется, образуя число 101110002 = В816. Собственно рандомизация осуществляется путем сложения по модулю 2, то есть посредством логической операции "исключающее ИЛИ" (XOR) цифрового, потока данных и двоичной псевдослучайной последовательности PRBS (Pseudo Random Binary Sequence). Генератор последовательности PRBS построен на базе 15-разрядного регистра сдвига, охваченного цепью обратной связи (рис. 2.11).

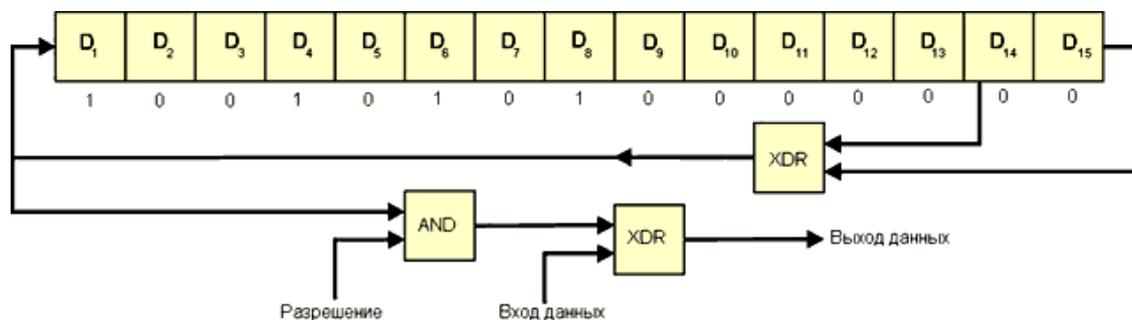


Рис. 2.11 Рандомизация данных

Для того чтобы формируемая последовательность лишь походила на случайную и в приемнике можно было бы восстановить передаваемые данные, в начале каждого восьмого пакета производится инициализация

генератора PRBS путем загрузки в него числа 100101010000000. Первый после инициализации бит псевдослучайной последовательности PRBS складывается с первым битом первого байта транспортного потока, следующего за инвертированным байтом синхронизации. Байты синхронизации транспортных пакетов не должны рандомизироваться. Для упрощения работа генератора PRBS не прекращается во время всех восьми пакетов, но в интервале синхробайтов сложение с псевдослучайной последовательностью не производится (для этого используется сигнал разрешения) и синхробайты остаются нерандомизированными [11].

Таким образом, длительность псевдослучайной последовательности оказывается равной 1503 байтам ($187+188i7=1503$).

Восстановление исходных данных на приемной стороне осуществляется с помощью такого же генератора PRBS, который инициализируется в начале каждой группы из восьми пакетов адаптированного транспортного потока (на начало группы указывает инвертированный синхробайт пакета).

Внешнее кодирование и перемежение. В системе внешнего кодирования для защиты всех 188 байтов транспортного пакета (включая байт синхронизации) используется код Рида – Соломона. В процессе кодирования к этим 188 байтам добавляется 16 проверочных байтов (рис. 2.12). При декодировании на приемной стороне это позволяет исправлять до восьми ошибочных байтов в пределах каждого кодового слова длиной 204 байта.

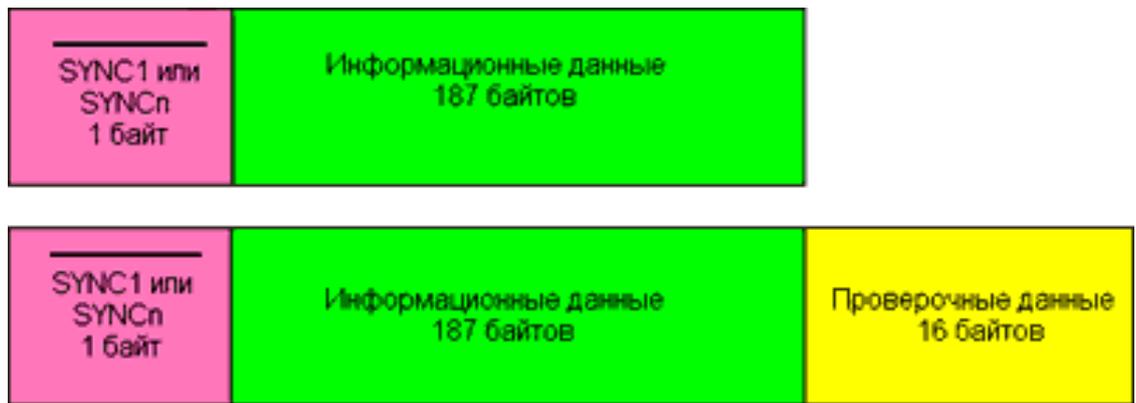


Рис. 2.12 Формирование, пакетов данных с защитой от ошибок с памятью внешнего кода Рида – Соломона RS (204, 188)

Внешнее перемежение осуществляется путем изменения порядка следования байтов в пакетах, защищенных от ошибок. В соответствии со схемой, показанной на рис. 2.12, перемежение выполняется путем последовательного циклического подключения источника и получателя данных к двенадцати ветвям, причем за одно подключение в ветвь направляется и из ветви снимается 1 байт данных.

В одиннадцати ветвях включены регистры сдвига, содержащие разное количество ячеек (каждая ячейка хранит байт данных) и создающие увеличивающуюся от ветви к ветви задержку.

Входной и выходной ключи синхронизированы. Интересно, что предложенная схема не нарушает периодичность и порядок следования байтов синхронизации.

Первый же синхробайт направляется в ветвь с номером 0, которая не вносит задержки.

После семнадцати циклов коммутации ключей через устройство пройдет 204 байта ($12 \cdot 17 = 204$, что совпадает с длиной кодового слова, в которое превращается пакет данных после кодирования Рида – Соломона).

Следовательно, следующий байт синхронизации опять пройдет через ветвь с нулевой задержкой [11].

Перемежение является временным перемешиванием байтов

данных, в приемнике исходный порядок следования байтов данных восстанавливается.

Полезным в перемежении является то, что длинные пакетные ошибки, обусловленные шумами и помехами в канале связи и искажающие последовательно идущие байты данных, в результате обратного перемежения в приемнике разбиваются на небольшие фрагменты и распределяются по разным кодовым словам кода Рида – Соломона.

В каждое кодовое слово попадает лишь малая часть пакетной ошибки, с которой легко справляется система обнаружения и исправления ошибок при сравнительно небольшом объеме проверочных данных.

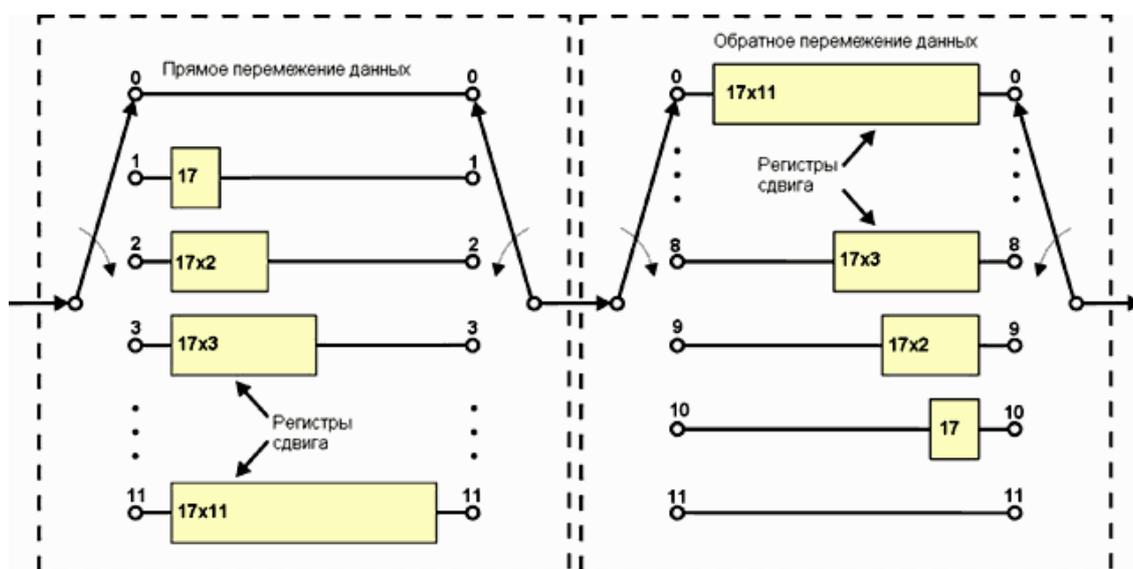


Рис. 2.13. Внешнее перемежение данных

Прямое и обратное перемежения могут выполняться с помощью практически одинаковых схем, но только порядок изменения задержки в ветвях схемы обратного перемежения в приемном устройстве должен быть изменен на противоположный (рис. 2.13). Синхронизация устройств прямого и обратного перемежения осуществляется путем направления первого же обнаруженного байта синхронизации через ветвь с номером 0.

Внутреннее кодирование. Внутреннее кодирование в системе вещания DVB-T, основано на сверточном коде. Оно принципиально отличается от внешнего, которое является представителем блочных кодов. При блочном кодировании поток информационных символов делится на блоки фиксированной длины, к которым в процессе кодирования добавляется некоторое количество проверочных символов, причем каждый блок кодируется независимо от других. При сверточном кодировании поток данных также разбивается на блоки, но гораздо меньшей длины, их называют "кадрами информационных символов". Обычно кадр включает в себя лишь несколько битов [10].

К каждому информационному кадру также добавляются проверочные символы, в результате чего образуются кадры кодового слова, но кодирование каждого кадра производится с учетом предыдущих информационных кадров.

Для этого в кодере всегда хранится некоторое количество кадров информационных символов, доступных для кодирования очередного кадра кодового слова (количество информационных символов, используемых в процессе сверточного кодирования, часто называют длиной кодового ограничения).

Формирование кадра кодового слова сопровождается вводом следующего кадра информационных символов. Таким образом, процесс кодирования связывает между собой последовательные кадры.

Как было уже сказано, скорость внутреннего кода, или отношение числа символов в информационном кадре к общему числу символов, передаваемых в одном кодовом кадре, может изменяться в соответствии с условиями передачи данных в канале связи и требованиями к скорости передачи данных. Чем выше скорость кода, тем меньше его избыточность и тем меньше его способность исправлять ошибки в канале связи.

В системе DVB-T, внутреннее кодирование с изменяемой скоростью строится с использованием базового кодирования со скоростью

1/2. Основу базового кодера представляют собой два цифровых фильтра с конечной импульсной характеристикой, выходные сигналы которых X и Y формируются путем сложения по модулю двух сигналов, снятых с разных точек линии задержки в виде регистра сдвига из шести триггеров (рис. 2.14). Входные данные последовательно вводятся в регистр сдвига, а из выходных сигналов фильтров после преобразования в последовательную форму создается цифровой поток, в котором биты следуют друг за другом в два раза чаще, чем на входе (скорость такого кода равна 1/2, так как на каждый входной бит приходится два выходных).

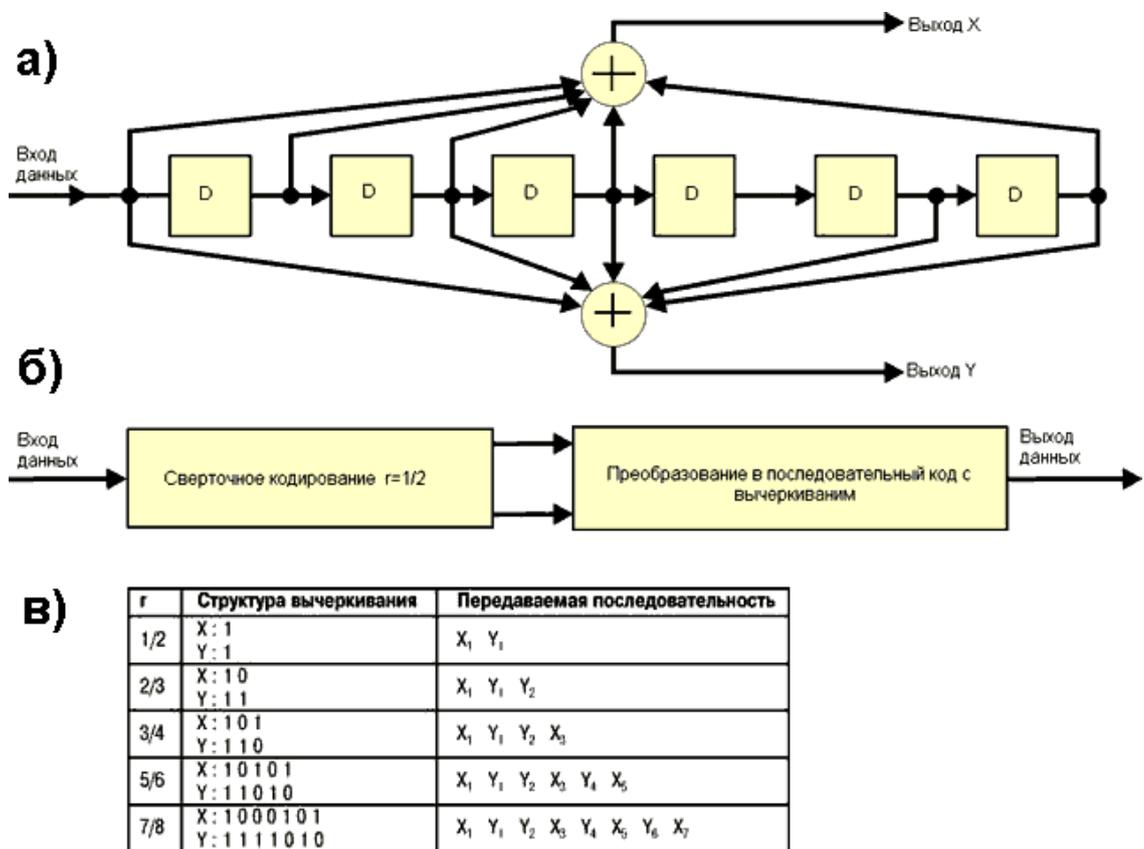


Рис. 2.14. Внутреннее кодирование (а – сверточное кодирование со скоростью $r=1/2$; б – кодирование с вычеркиванием, в – таблица кодирования)

В режимах с большей скоростью кодирования передается лишь часть генерируемых сигналов X и Y (передаваемые сигналы и их порядок

приведены в таблице рис. 2.14).

Например, при скорости $2/3$ двум входным битам ставятся в соответствие и передаются в последовательной форме три выходных сигнала (X_1, Y_1, Y_2), а X_2 вычеркивается.

При максимальной скорости внутреннего кода, равной $7/8$, семи входным битам соответствуют восемь выходных ($X_1, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, X_5, Y_6, X_7$).

Внутреннее перемежение и Формирование, модуляционных символов. Внутреннее перемежение в системе DVB,-T, тесно связано с модуляцией несущих колебаний. Оно фактически является частотным перемежением, определяющим перемешивание данных, которые модулируют разные несущие колебания. Это довольно сложный процесс, но именно он является основой принципов модуляции OFDM, в системе DVB,-T. Внутреннее перемежение складывается из перемежения битов и перемежения цифровых символов данных. Его первым этапом является демультиплексирование входного потока данных. Непосредственно за перемежением следует Формирование, модуляционных символов.

Демультиплексирование. Отдельные несущие могут модулироваться с использованием квадратурной фазовой манипуляции (QPSK – Quaternary Phase Shift Keying) или квадратурной амплитудной модуляции (QAM, – Quadrature Amplitude Modulation). Сигналы, модулирующие несущую (точнее, синфазное и квадратурное колебания), при таких способах модуляции, являются многоуровневыми, они описываются последовательностями многопозиционных символов, которые называются модуляционными.

В способе QPSK модулирующий сигнал представляет собой последовательность четырехпозиционных символов, выбираемых из алфавита с четырьмя двухразрядными двоичными словами (00, 01, 10, 11), которые определяют фазу модулированного колебания.

Для формирования таких символов входной последовательный поток битов надо распределить, или демультиплексировать на два субпотока, в каждом из которых тактовая частота будет в два раза меньше, чем на входе (рис. 2.15).

Для 16-позиционной квадратурной амплитудной модуляции 16-QAM, надо формировать модуляционные символы в виде 4-разрядных двоичных слов, определяющих фазу и амплитуду модулированного колебания [10].

В этом случае входной поток надо демультиплексировать соответственно на четыре субпотока. При использовании модуляции 64-QAM, модуляционные символы представляют собой 6-разрядные слова, поэтому входной поток де-мультиплексируется на шесть субпотоков.

В системе DVB-T, внутреннее кодирование с изменяемой скоростью строится с использованием базового кодирования со скоростью $1/2$. Основу базового кодера представляют собой два цифровых фильтра с конечной импульсной характеристикой, выходные сигналы которых X и Y формируются путем сложения по модулю двух сигналов, снятых с разных точек линии задержки в виде регистра сдвига из шести триггеров (рис. 15).

Входные данные последовательно вводятся в регистр сдвига, а из выходных сигналов фильтров после преобразования в последовательную форму создается цифровой поток, в котором биты следуют друг за другом в два раза чаще, чем на входе (скорость такого кода равна $1/2$, так как на каждый входной бит приходится два выходных).

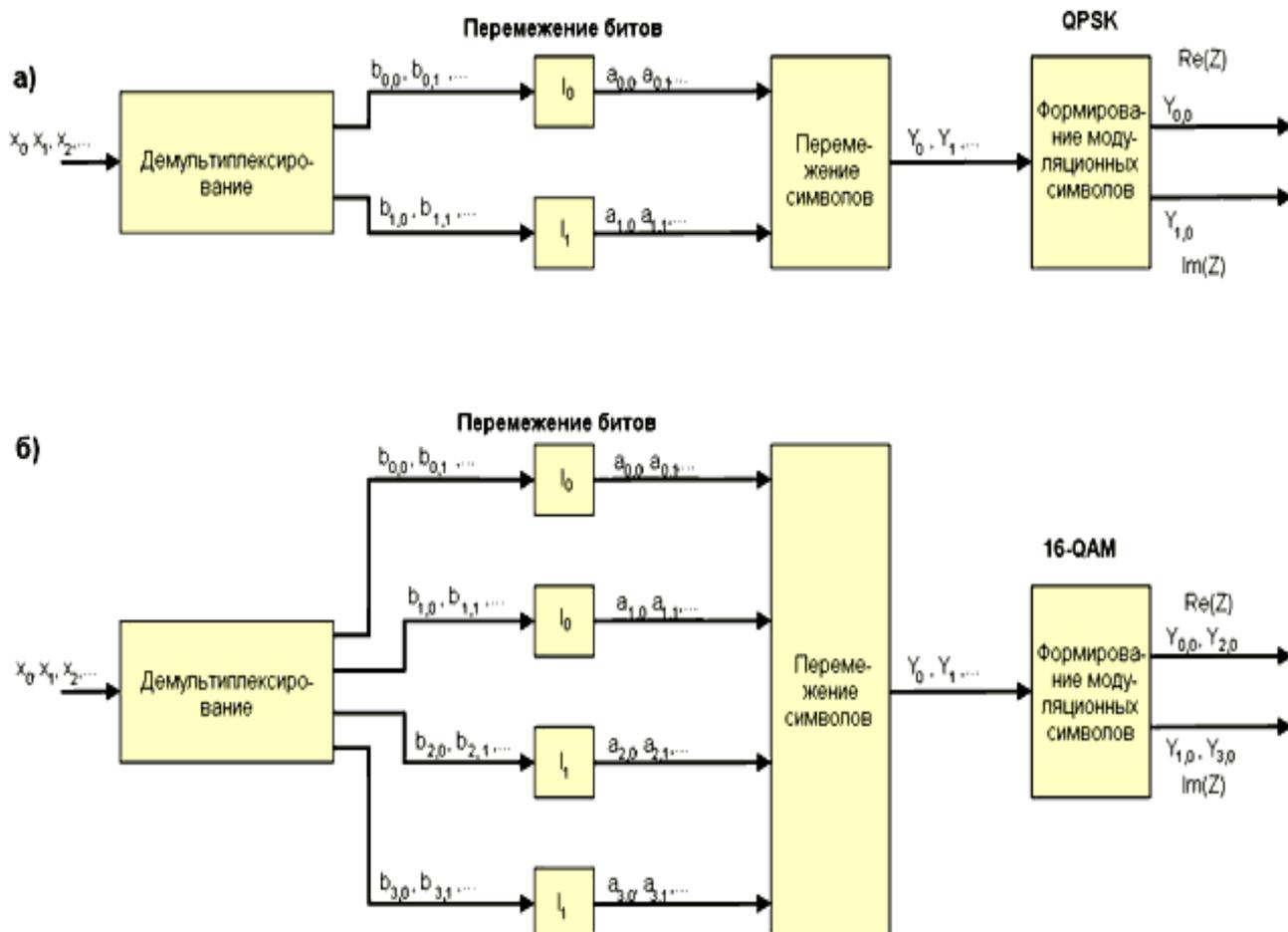


Рис. 2.15 Внутреннее перемежение и Формирование, модуляционных символов (а – QPSK, б – 16-QAM,)

Входной поток данных демультиплексируется на v субпоток (в=2 Для, QPSK, $v=4$ Для, 16-QAM, $v=6$ Для, 64-QAM,). Поток битов $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots$ преобразуется в последовательность слов из v разрядов (рис 2.15).

При использовании QPSK два последовательно следующих бита x_0 и x_1 отображаются в слово, представленное в параллельной форме и состоящее из битов $b_{0,0}$ и $b_{1,0}$, биты x_2 и x_3 – в слово из битов $b_{0,1}$ и $b_{1,1}$ и т.д.

При модуляции 16-QAM, выполняется следующая структура отображения последовательного потока входных битов в 4-разрядные слова в параллельной форме: $x_0 - b_{0,0}$; $x_1 - b_{2,0}$; $x_2 - b_{1,0}$; $x_3 - b_{3,0}$ и т.д.

При использовании 64-QAM, каждые шесть последовательно следующих битов отображаются в 6-разрядное слово аналогичным образом.

Переमेжение битов. Перемежение битов представляет собой блочный процесс, то есть оно осуществляется в пределах фиксированной области данных. Перемежение битов выполняется в пределах последовательности из 126 битов субпотока (рис. 2.15). Оно осуществляется только над полезными данными, причем в каждом субпотоке (их максимальное количество равно шес-ти) перемежение соответствует своему правилу.

В процессе перемежения в каждом субпотоке формируется входной битовый вектор $V(e)=(b_{e,0}, b_{e,1}, \dots, b_{e,125})$, преобразуемый в выходной $A(e)=(a_{e,0}, a_{e,1}, \dots, a_{e,125})$, элементы которого определяются как $a_{e,w}=b_{e,H_e(w)}$ (здесь $H_e(w)$ —функция перестановки битов, $e=0,1,\dots,v-1$, $w=0,1,2,\dots,125$). Функция перестановки определяется различным образом Для, устройства перемежения каждого субпотока. Например, Для, субпотока I0 $H_0(w)=w$ перестановка фактически отсутствует, а Для, субпотока I1 – перестановка выполняется в соответствии с функцией $H_1(w)=(w+63) \bmod 126$.

Цифровой символ данных и символ OFDM. Для, образования цифрового, символа данных выходы устройств перемежения субпотоков объединяются таким образом, что каждый символ из v битов (слово $y'w$, где $w=0,1,2,\dots,125$) включает в себя один бит с выхода каждого устройства, причем выход I0 дает старший бит: $y'w=(a_{0,w}, a_{1,w}, \dots, a_{v-1,w})$. В режиме 2 К процесс битового перемежения повторяется 12 раз, в результате чего образуются пакет из 1512 цифровых символов данных ($126 \cdot 12=1512$), называемый символом OFDM,. Именно эти 1512 цифровых символов данных используются Для, модуляции 1512 несущих колебаний в интервале одного символа OFDM, (длительность символа OFDM, обозначается как TS). 12 групп по 126 слов, считываемых последовательно с выхода устройства битового перемежения, образуют вектор $Y'=(y'_0, y'_1, \dots, y'_{1511})$.

В режиме 8К процесс битового перемежения повторяется 48 раз,

что дает 6048 цифровых символов данных ($126i48=6048$), используемых для модуляции 6048 несущих. Это дает вектор $Y'=(y'0, y'1, \dots, y'6047)$.

Переключение цифровых символов данных. Перед формированием модуляционных символов выполняется переключение цифровых символов данных. Вектор на выходе устройства переключения символов $Y=(y0, y1, \dots, y_{N_{\max}-1})$ формируется в соответствии с правилом: $y_N(q)=y'_q$ для четных символов и $y_q=y'_{N(q)}$ для нечетных символов (здесь $q=0, \dots, N_{\max}-1$, а $N_{\max}=1512$ или 6048). Функция $N(q)$ называется функцией перестановки символов. Перестановка символов производится в пределах блока из 1512 (режим 2К) или 6048 (режим 8К) символов.

Формирование, модуляционных символов. Цифровой символ данных u состоит из v битов (как и y'): $uq'=(u0,q', u1,q', \dots, uv-1,q')$, где q' – номер символа на выходе устройства символьного переключения. Величины u используются для формирования модуляционных символов в соответствии с используемым способом модуляции несущих. Модуляционные символы z являются комплексными, их вещественная и мнимая части отображаются битами uq' . Соответствие между битами uq' и модуляционными символами иллюстрируют диаграммы рис. 2.16 (QPSK и однородная модуляция 16-QAM,) и рис. 2.17 (однородная модуляция 64-QAM,). Отображение производится с использованием кода Грея, поэтому соседние по горизонтали и вертикали символы отличаются только в одном бите. Следовательно, если при демодуляции происходит ошибка из-за помех и за демодулированный символ принимается соседний (а такие ошибки наиболее вероятны), то это приводит к ошибке только в одном бите.

При обычном двоичном коде, такие же ошибки могли бы вызвать при демодуляции ошибки сразу в нескольких битах.

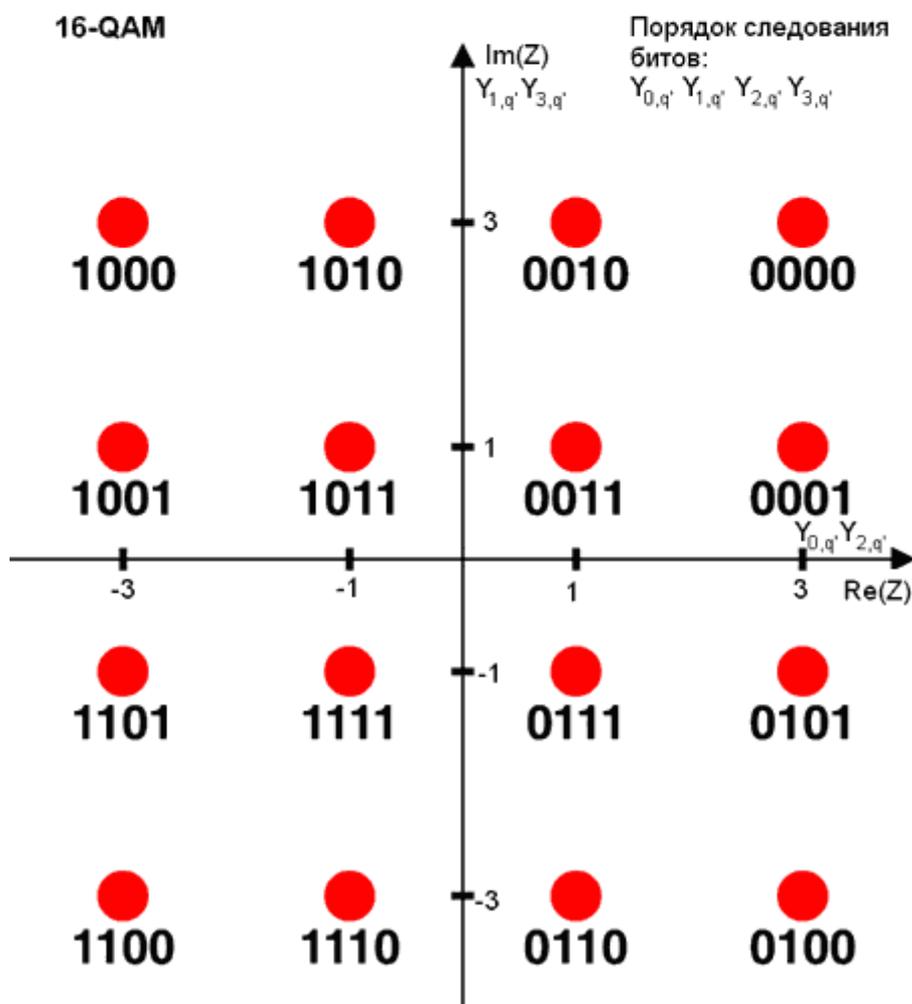
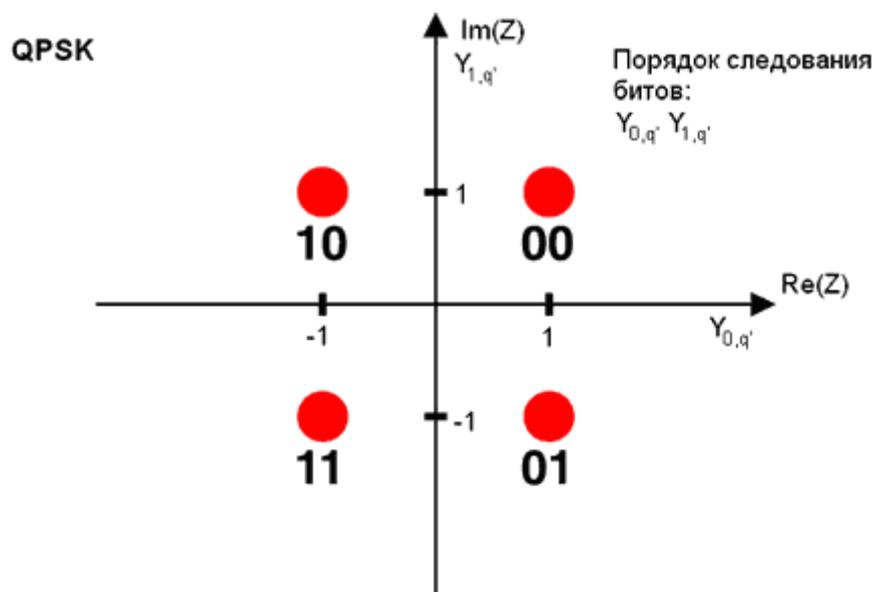


Рис. 2.16. Модуляция QPSK и 16-QAM, ($Y_{u,q'}$ обозначает биты, соответствующие комплексному модуляционному символу Z)

Модуляционные символы в системе DVB,-T, являются

комплексными. Например, при использовании способа QPSK значениям $y_{0,q'}=0$ и $y_{1,q'}=0$ соответствует комплексное число $z=1+j$ (правая верхняя точка верхней диаграммы на рис. 2.16). Значения вещественной и мнимой частей этого комплексного модуляционного символа имеют вполне конкретный реальный смысл. Они означают, что амплитуды синфазной I и квадратурной Q компонент модулированного колебания равны 1. Иными словами, в процессе модуляции косинусоидальная (или синфазная) и синусоидальная (или квадратурная) составляющие складываются с одинаковыми единичными амплитудами. Правая нижняя точка этой же диаграммы является отображением битов $y_{0,q'}=0$ и $y_{1,q'}=1$. Ей соответствует комплексный модуляционный символ $z=1-j$, что означает равенство единице каждой из амплитуд обеих составляющих, но фаза синфазной компоненты меняется на противоположную, то есть претерпевает сдвиг на 180° . Как известно, сумма косинусоидальной и синусоидальной функций с единичными амплитудами дает гармоническое косинусоидальное колебание с амплитудой, равной μ_2 и начальной фазой 45° (это и соответствует вектору, проведенному из начала координат в верхнюю правую точку верхней диаграммы, см. на рис. 2.16). Правой нижней точке соответствует колебание с амплитудой μ_2 и начальной фазой -45° . Таким образом, при переходе от верхней правой точки к правой нижней амплитуда модулированного колебания не меняется, а фаза претерпевает сдвиг на 90° , что и поясняет смысл способа модуляции QPSK (квадратурная фазовая манипуляция).

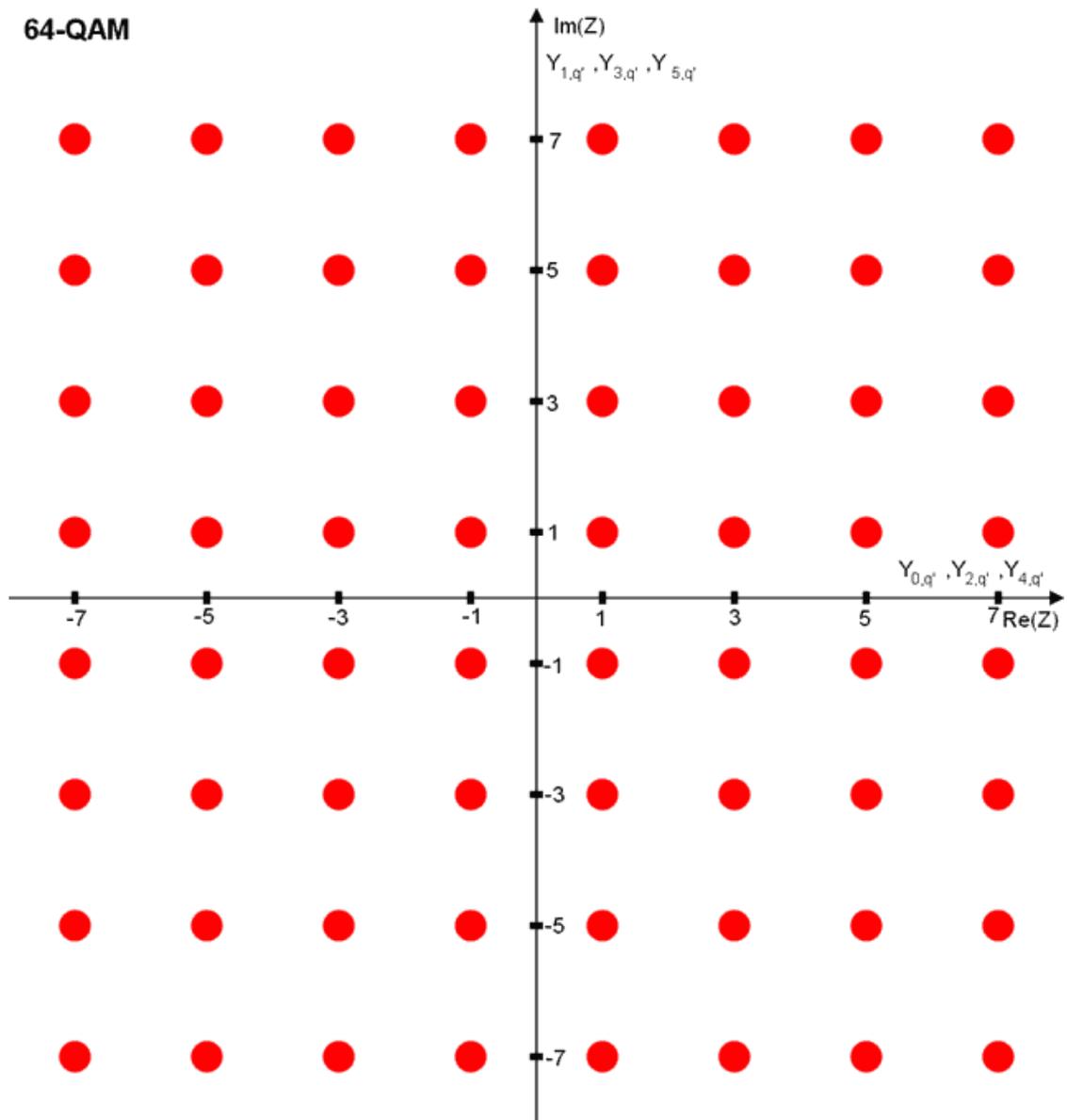


Рис. 2.17. Однородная модуляция 64-QAM,

При квадратурной амплитудной модуляции меняется и модуль, и аргумент комплексного модуляционного символа и соответственно, амплитуда и начальная фаза полученного при модуляции колебания. Так, при использовании однородной квадратурной модуляции 16-QAM, комбинации битов $y_{0,q'}=0$, $y_{1,q'}=0$, $y_{2,q'}=1$, $y_{3,q'}=0$ соответствует точка диаграммы 0010 и комплексный модуляционный символ $z=1+3j$ (синфазная косинусоидальная составляющая имеет амплитуду 1, а квадратурная синусоидальная – 3).

Это означает получение в процессе модуляции колебания с

амплитудой μ и начальной фазой 60° . Точка диаграммы 0111, в которую отображается комбинация битов $y_0, q'=0$, $y_1, q'=1$, $y_2, q'=1$, $y_3, q'=1$, обозначает комплексный модуляционный символ $z=1-j$, что означает получение в процессе модуляции колебания с амплитудой μ и начальной фазой -45° .

Однако в процессе модуляции используются не сами модуляционные символы z , а их нормированные версии – «с». Нормировка вводится для того, чтобы средние мощности колебаний с разными способами модуляции были бы одинаковы. Например, при использовании способа QPSK нормированный комплексный модуляционный символ определяется как $c=z/\mu$, при однородной модуляции 16-QAM, – $c=z/\mu$, а при неоднородной модуляции 64-QAM, (с параметром $=4$) – $c=z/\mu$.

Форматирование данных и структура сигналов

Сигнал, получаемый в способе модуляции с частотным уплотнением, состоит из многих модулированных несущих, поэтому каждый символ OFDM, может рассматриваться как разделенный на элементарные пакеты, каждый из которых переносится одной несущей во время одного символа. Количество битов, переносимое одной несущей за время символа OFDM, зависит от способа модуляции несущих - это 2 бита для квадратурной фазовой манипуляции, 4 бита для квадратурной амплитудной модуляции 16-QAM, и 6 битов для модуляции 64-QAM,.

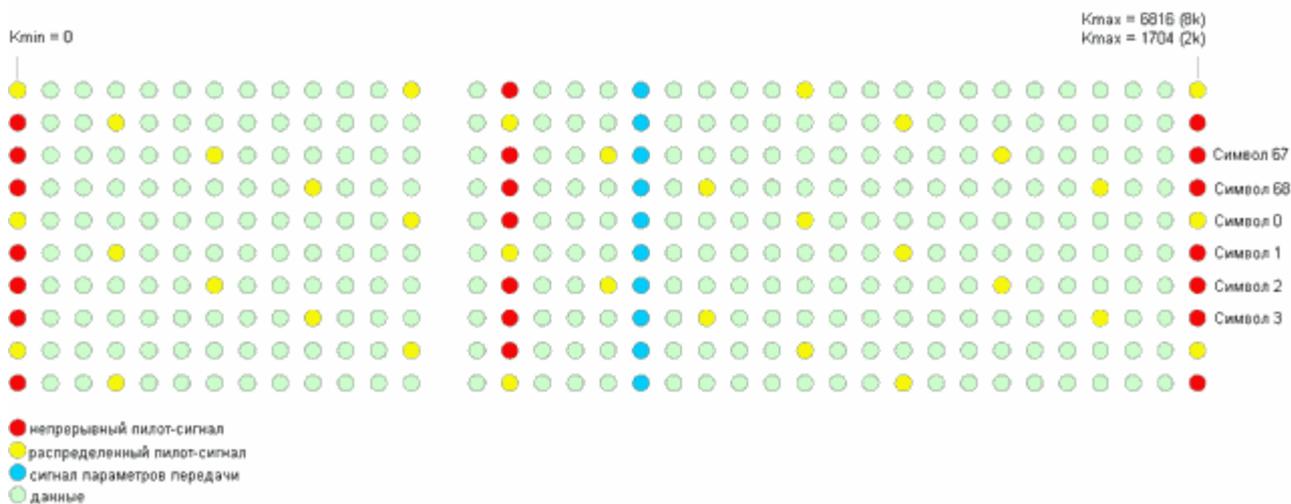


Рис.2.18. Структура кадра DVB,-Т,

Передаваемый сигнал организуется в виде кадров (рис. 2.18). Каждый кадр состоит из 68 символов OFDM, нумеруемых от 0 до 67. Четыре последовательных кадра образуют суперкадр. При выбранной структуре кадра в одном суперкадре всегда содержится целое число пакетов длиной 204 байта (рандомизированных транспортных пакетов MPEG-2, снабженных Для, защиты от ошибок проверочными байтами кода Рида-Соломона).

Каждый символ длительностью TS образуется путем модуляции 1705 несущих в режиме 2k и 6817 несущих в режиме 8k. Интервал TS состоит из двух компонентов: интервала TU, во время которого передаются входные данные передатчика, то есть полезная информация (интервал TU и называется "полезным"), и защитного интервала TG (обозначаемого также буквой). Защитный интервал представляет собой копию, или циклическое повторение части полезного интервала, которая вставляется перед полезным (рис. 2.19).

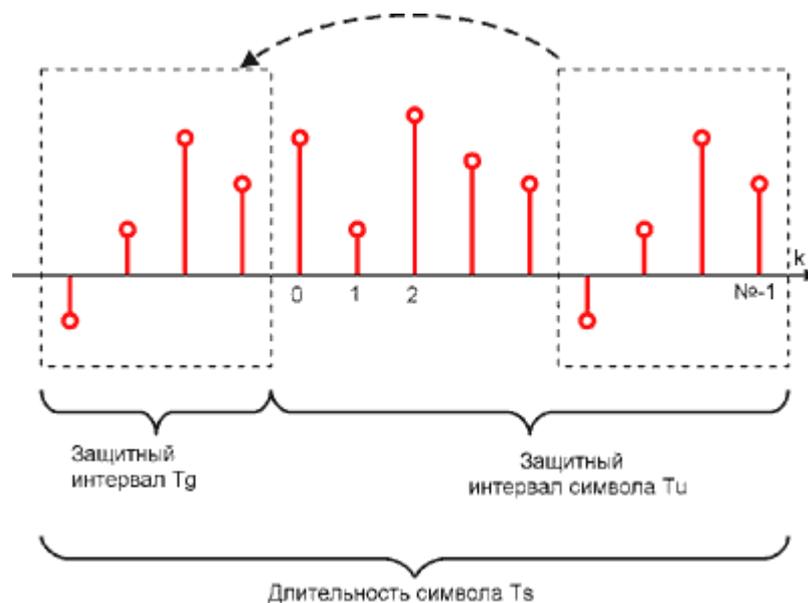


Рис.2.19 Структура сигнала OFDM, на интервале передачи одного символа OFDM,

В дополнение к данным в кадре OFDM, передаются опорные сигналы, структура которых известна приемнику, а также сведения о параметрах передачи.

Опорные сигналы, называемые "пилот-сигналами", получаются в результате модуляции несущих псевдослучайной последовательностью. Пилот-сигналы используются прежде всего для синхронизации. Они распределены во времени и в частотном спектре сигнала OFDM, их амплитуды и фазы известны в точке приема, поэтому их можно использовать также для получения сведений о характеристиках канала передачи. В системе используются два типа пилот-сигналов: непрерывные и распределенные. Непрерывные пилот-сигналы передаются на одних и тех же несущих в каждом символе OFDM, распределенные - рассеяны равномерно во времени и в частотном диапазоне. Непрерывные пилот-сигналы могут использоваться для синхронизации и оценки фазовых шумов канала, распределенные - для оценки характеристик канала посредством временной и частотной интерполяции. Использование временной интерполяции в промежутках между распределенными пилот-сигналами при достаточной

мощности принимаемого сигнала может помочь Для, улучшения приема на движущихся объектах, например, на поездах и автомобилях.

Сигналы параметров передачи используются Для, сообщения приемник,у параметров системы, относящихся к каналному кодированию и модуляции: способ передачи - иерархический или неиерархический, параметры модуляции, величина защитного интервала, скорость внутреннего кода, режим передачи - 2k или 8k, номер кадра в суперкадре. Эти сведения могут использоваться приемник,ом Для, быстрой настройки. Сигналы параметров передаются на 68 последовательных символах OFDM,, обозначаемых как кадр OFDM,. Каждый символ OFDM, переносит один бит, относящийся к сигналам параметров передачи. Блок данных, соответствующий одному кадру OFDM,, содержит 68 битов, назначение которых устанавливается следующим образом:

- 1 бит - инициализация;
- 16 битов - синхро,низация;
- 37 битов - сигнальная информация;
- 14 битов - проверочные биты Для, обнаружения и исправления ошибок, возникающих в канале связи.

Из 37 информационных битов сейчас используется 23, остальные 14 представляют собой резерв на будущее. Проверочные биты вычисляются в соответствии с правилами систематического кодирования Боуза-Чоудхури-Хоквингема. Помехозащищенности данных, переносимых сигналами параметров передачи, способствует и способ модуляции. Каждая несущая, переносящая сигналы параметров передачи, модулируется по способу дифференциальной двоичной фазовой манипуляции (DBPSK - Differential Binary Phase Shift Keying), в соответствии с которой фаза несущей меняется на противоположную от символа к символу, если передаваемые данные равны единице, и не меняется, если передаваемые данные равны нулю.

Естественным является вопрос, почему используется лишь 1705 и 6817 несущих, хотя преобразователь Фурье в качестве модулятора OFDM,

допускает 2048 и 8192 несущих? Число несущих, переносящих данные, пилот-сигналы и сигналы параметров передачи, установлено по следующим требованиям:

- общая структура кадра Для, режимов 2k и 8k;
- достаточная величина защитного частотного интервала между двумя соседними блоками несущих;
- максимальная пропускная способность канала;
- достаточное количество пилот-сигналов Для, получения информации о канале передачи;
- одинаковое число несущих, переносящих полезные данные, в каждом символе OFDM,;
- целое число MPEG-2 транспортных пакетов, переносимых в пределах одного суперкадра, независимо от режима передачи.

3. АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА ДЛЯ, СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ВЕЩАНИЯ ПО СТАНДАРТУ DVB,-Т,

3.1. Особенности стандарта HDTV (Телевидение Высокой Четкости)

HDTV (High-Definition Television) - это современный стандарт телевидения, который обеспечивает лучшее качество изображения по сравнению с более старыми аналоговыми и цифровыми телевизионными стандартами стандартной четкости (SD).

HDTV имеет более высокое разрешение по сравнению со стандартным телевидением. Разрешение изображения стандартного телевидения равно 720x576 (PAL/SECAM) и 720x480 (NTSC). Принятые разрешения Для, HDTV - это 1920x1080 (1080i) и 1280x720 (720p). Поэтому количество элементов (пикселей) изображения в HDTV в 5 раз больше, чем в обычном телевидении. Другими словами - HDTV дает заметно более высокую детализацию изображения [13].

Символы i и p означают следующее:

- i - чересстрочная развёртка (interlaced).
- Формат **1080i** - это 1920x1080 точек, частота — 25/29,97/30 кадров (50/59,94/60 полукадров) в секунду
- p - построчная развёртка (progressive).
- Формат **720p** - это 1280x720 точек, частота — 50/59,94/60 кадров в секунду

Соотношение сторон кадра (aspect ratio) в HDTV только 16:9. Это следует иметь ввиду при переходе с вещания стандартного телевидения с соотношением сторон кадра 4:3 на HDTV.

Разрешение телевизора в пикселях. Разрешение экрана является очень важной характеристикой телевизора. Измеряется разрешение в пикселях и обозначается как отношение количества пикселей по горизонтали к количеству пикселей по вертикали. Производители

вкладывают большие деньги в разработку экранов с высоким разрешением. Такие разработки дорого стоят и не все производители телевизоров являются и производителями жк матриц. Многие из них покупают экраны у фирм, занимающихся давно производством жк матриц, и затем применяют их в своих телевизорах.

Для, нормальной работы телевидения в разных регионах и соответственно возможности продавать свои телевизоры в разных странах требуется от фирм-производителей согласования своих разработок в области повышения разрешения экранов. Поэтому международные организации согласовали различные разработки в области телевидения высокой четкости и на сегодня существуют несколько стандартов, которых все и придерживаются [14].

***Разрешение телевизора.** На сегодня международные организации, такие как американская ATSC, европейская ETSI, определили стандарты распространения телевидения высокой четкости. И производители телевизоров ввели эти стандарты и в телеприемники. Для, совместимости со всеми регионами. На сегодня основными стандартами являются:*

1. **720p.** Разрешение 1280x720 пикселей, построчная развертка, частота кадров может быть 50 или 60 Гц, формат кадра 16:9.
2. **1080i.** Разрешение 1920x1080 пикселей, чересстрочная развертка, формат кадра 16:9, частота 50 или 60 полукадров в секунду, что соответствует 25 или 30 кадрам.
3. **1080p.** Разрешение 1920x1080 пикселей, построчная развертка, формат кадра 16:9, частота кадров 24, 25, 30, 50, 60 Гц.

Различие в стандартах

Стремление к получению наиболее качественного сигнала на телевизоре при передаче на расстояние привело к появлению различных стандартов разложения теле сигнала в разных странах. Основными

характеристиками разложения сигнала являются количество строк, частота кадров и вид кадровой развертки.

Основными стандартами передачи телевизионного сигнала являются европейские PAL и SECAM, а так же американская система NTSC. В европейских системах применяется 625 строк, а в американской - 525 строк. Эти стандарты были изобретены в начале эпохи ЭЛТ телевизоров, и нужно учитывать этот факт. Например, количество строк 625 не используется полностью для формирования изображения на кинескопном экране. Ведь в системе отклоняющих катушек нужно предусмотреть время на обратное движение луча и поэтому реально для формирования видимого кадра использовались только 576 строк. Именно это число и показывается в разрешении экрана цифрового телевидения 720x576.

Частота кадров в старых телевизорах выбиралась в зависимости от частоты тока в сети электроснабжения. Для Европы 50 Гц, а для Америки 60 Гц. При таком выборе легче строить генераторы развертки телевизора.

Все эти ограничения на стандарты разложения существуют и сегодня, ведь приходится реализовать совместимость старых и новых телевизоров. Но для цифровых телевизоров (жк и плазма) такие ограничения не нужны из-за их конструктивных особенностей. А новый стандарт телевидения высокой четкости HDTV использует только цифровую передачу сигнала и ему не нужно использовать строки для служебных импульсов, поэтому, сколько строк указано в названии стандарта столько и формирует картинку на экране. Этот стандарт разложения сигнала содержит 720 или 1080 строк, частота кадров 50 или 60 Гц, вид развертки может быть чересстрочный или прогрессивный [14].

При обозначении стандарта используется запись, где указывается количество строк сигнала, вид развертки прогрессивный («р») или чересстрочный («i»), через косую черту может быть указана частота кадров. Прогрессивная развертка означает, что все строки изображения записываются на экран одновременно, а чересстрочная развертка означает,

что сначала обновляются четные строки, а в другой полукадр обновляются нечетные строки. Прогрессивная развертка лучше.

За все время развития телевидения были использованы такие виды разложения телевизионного сигнала:

- **LDTV** – телевидение пониженной четкости (240p, 288p);
- **SDTV** – телевидение стандартной четкости (480i - NTSC, 576i – PAL);
- **EDTV** – телевидение повышенной четкости (480p, 576p, 720p);
- **HDTV** – телевидение высокой четкости (1080i, 1080p);
- **UHDTV**– телевидение сверхвысокой четкости (4320p).

Начало телевидения высокой четкости. Разработки в области повышения разрешения телевизионной картинки появились с введением электронных методов обработки сигнала. И произошло это еще в 30-х годах прошлого века. Тогда отказались от механического сканирования, и появилась возможность увеличить количество строк на экране. Но в промышленных масштабах развитие телевидения высокой четкости (ТВЧ) началось с введением широкоформатного кино. Это произошло в 1950-х годах, когда телевидение развивалось большими темпами и, боясь конкуренции, киноиндустрия перешла на широкоформатные фильмы. Для своей защиты, ведь их удобнее смотреть в кинотеатре. Такие фильмы плохо отображались на простых кинескопных телеэкранах и тогда, производители телевизоров начали развиваться телевидение высокой четкости, которое могло прекрасно передавать широкий формат на телеэкраны. Но в то время развитие остановилось из-за необходимости применения кинескопных экранов с большой диагональю. Производство таких дисплеев для массового покупателя было не выгодным экономически. И только с развитием технологии жидкокристаллических и плазменных экранов в 2000

годах стало возможным практическое применение наработок в области телевидения высокой четкости (ТВЧ) [14].

Для, реализации ТВЧ разработали передатчики и приемники, создали экраны с высоким разрешением, были разработаны носители HD DVD и Blu-Ray, интерфейсы передачи данных HDMI и DVI-D. К телевидению высокой четкости относятся сигналы широкоформатного изображения 16:9 с разрешением 1920x1080. Если кадр имеет соотношение 4:3, то разрешение будет составлять 1536x1152 пикселей. Так и появился стандарт HDTV.

Тракт цифровой системы телевидения высокой четкости

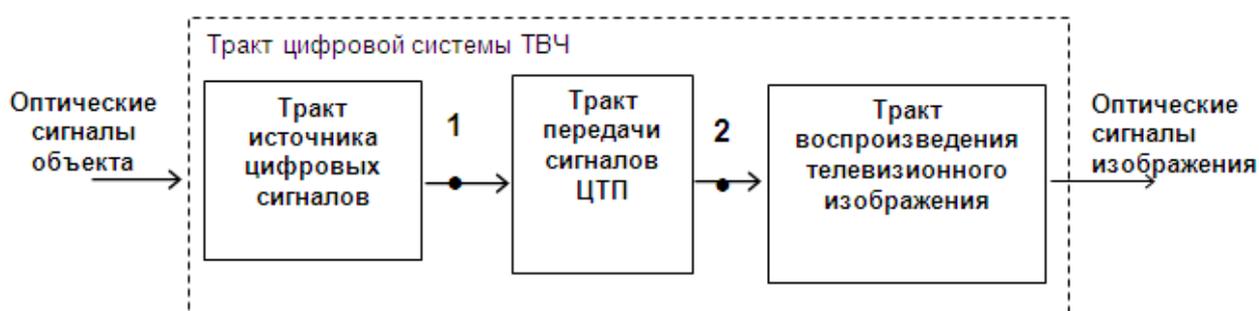


Рис 3.1. Функциональная схема тракта цифрового, системы телевидения высокой четкости

Тракт цифровой системы телевидения высокой четкости включает в себя следующие основные звенья, приведенные на рисунке 1:

- тракт источника цифровых сигналов, в котором происходит преобразование оптических сигналов изображения высокой четкости в цифровые электрические сигналы изображения, их обработка, сжатие цифрового, потока, Формирование, телевизионных программ и преобразование в цифровой транспортный поток;

- тракт передачи сигналов цифрового, транспортного потока телевидения высокой четкости;

- тракт воспроизведения телевизионного изображения высокой четкости.

Границами тракта источника цифровых сигналов являются:

- входной зрачок оптической системы телевизионной камеры,
- выходной разъем интерфейса тракта источника сигналов цифрового, телевидения высокой четкости, соединяемого с входным разъемом интерфейса тракта передачи цифрового, транспортного потока телевидения высокой четкости.

Границами тракта передачи сигналов цифрового, транспортного потока телевидения высокой четкости являются:

- входной разъем интерфейса тракта передачи цифрового, транспортного потока (ЦТП) телевидения высокой четкости, соединяемого с выходным разъемом тракта источника сигналов цифрового, телевидения высокой четкости, точка 1 на рисунке 1;

- выходной разъем интерфейса тракта передачи цифрового, транспортного потока, соединяемого с входным разъемом интерфейса тракта воспроизведения телевизионного изображения, точка 2 на рисунке 1.

Границами тракта воспроизведения изображения являются:

- входной разъем интерфейса тракта воспроизведения телевизионного изображения, соединяемого с выходным разъемом интерфейса тракта передачи цифрового, транспортного потока, точка 2 на рисунке 1;

- растр воспроизводимого телевизионного изображения, воспринимаемого зрителем.

3.2. Параллельное телевидение форматов высокой и стандартной точности

Многие неевропейские страны, в том числе Узбекистан, планируют ввести телевизионные программы высокой точности с целью поддержки внедрения цифрового, телевидения. Эти намерения имеют под собой основания в том, что в настоящее время на рынке уже предлагаются телевизоры формата высокой точности по приемлемой цене, а на развертывание услуг цифрового, телевидения и завоевание рынка

потребуется определенное время [15].

Тем не менее, в ходе внедрения услуг цифрового, телевидения не все телевизионные приемники будут оснащены функциями формата высокой точности. Чтобы ускорить освобождение аналоговых каналов, будет необходимо осуществлять передачу форматов высокой и стандартной точности параллельно.

Иерархическая передача с использованием режима с защитным интервалом 1/16 HP: 4QAM, 3/4 и LP: 16QAM, 3/4 позволяет работать на скоростях HP: 8,78 Мбит/с и LP: 17,56 Мбит/с при параллельной передаче цифровых программ форматов высокой и стандартной точности.

Более того, еще имеется возможность использовать неравномерную иерархическую модуляцию (созвездие) (когда альфа-фактор равен 2, а не 1) Для, повышения помехоустойчивости потока высшего приоритета (отношение сигнал/шум равен 10,8 дБ вместо 13,7 дБ), а затем сохранить отношение сигнал/шум потока низшего приоритета (2/3 вместо 3/4).

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что иерархическая модуляция, используемая при параллельной работе форматов высокой и стандартной точности, позволяет более эффективно использовать радиочастотные каналы при том же самом спектре предоставляемых услуг.

Из вышеприведенных детальных примеров ясно, что иерархическая передача наземного цифрового, телевидения DVB-T, позволяет реализовать работу двух полностью независимых и самодекодирующихся форматов с частотным уплотнением MPEG-TS. При этом подразумевается, что каждый из этих форматов содержит полный комплект данных по видео, звуку и служебной информации, необходимых при предоставлении пользователям услуг цифрового, телевидения [15].

При планировании параллельной работы, например, передач Для, переносных/фиксированных или мобильных/фиксированных приемников,

или форматов высокой/стандартной точности, необходимо предусматривать дублирование источников информации, т.е. выполнять правило независимости частотного уплотнения.

Но это очевидное дублирование не должно рассматриваться как обязательное и само собой разумеющееся свойство: в общем случае, отдельные компоненты по своей сути различны друг от друга в части своего содержания (например, форматы высокой и стандартной точности) или качества (например, стерео- или многоканальный звук).

Только служебная информация может рассматриваться как присущая обоим виртуальным каналам при иерархической модуляции, но, поскольку скорость передачи в обоих случаях довольно скромна, их дублирование не будет означать необходимости введения каких-либо существенных специальных функций в приемник,ах.

3.3. Обзор генератора синхро,сигналов ТВ высокой и стандартной чёткости PFSG – 7317

Генератор синхро,сигналов ТВ высокой и стандартной чёткости PFSG –7317 предназначен для, формирования аналоговых сигналов синхро,низации (трёхуровневых) в телевизионных системах высокой чёткости в любом из 18-ти стандартов и сигнала синхро,низации стандартной чёткости “чёрное поле PAL”. Устройство может быть использовано в качестве опорного синхро,генератора на ТВ студиях и телецентрах. Представляет собой законченное устройство и предназначено для, работы в базовой конструкции модульной системы "PROFLEX". Может работать в ведомом режиме. В качестве опорного сигнала могут быть использованы сигналы синхро,низации высокой чёткости тех же 18-ти форматов или стандартной чёткости PAL или SECAM . Синхро,генератор PFSG –7317 размещается в корпусах 1 U или 3 U модульной системы " PROFLEX ", строится на модулях этой системы и содержат в своём составе

два модуля: основной (фронтальный) модуль, на срезе платы которого находятся органы управления и индикации, и соединительный модуль, который располагается сзади, и на плате которого находятся входные и выходные разъемы. Устройство предназначено Для, круглосуточной работы в помещении с температурой окружающего воздуха от +5 до +45° С, относительной влажности не более 80% при температуре 25° С, атмосферном давлении 750 ± 30 мм рт.ст. Аппаратура рассчитана на питание от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В частотой 50 Гц [16].

Технические данные и характеристики

Стандарты генерируемых сигналов синхронизации Устройство генерирует синхро,сигналы ТВ высокой и стандартной чёткости в соответствии с таблицей 3.1:

Таблица 3.1.

Частота кадров, Гц	Р-прогресс. I-чересстр.	М	Кол-во активных элементов изображения в строке	Кол-во активных строк в кадре	Общее кол-во элементов изображения в строке	Общее кол-во строк в кадре	Документ, в соответствии с которым, генерируется сигнал
30	I	-	1920	1035	2200	1125	SMPTE 260M
29,9	I	M	1920	1035	2200	1125	SMPTE 260M
30	I	-	1920	1080	2200	1125	SMPTE 274M
29,9	I	M	1920	1080	2200	1125	SMPTE 274M

30	P	-	1920	1080	2200	1125	SMPTE 274M
29,9	P	M	1920	1080	2200	1125	SMPTE 274M
25	I	-	1920	1080	2640	1125	SMPTE 274M
25	P	-	1920	1080	2640	1125	SMPTE 274M
24	P	-	1920	1080	2750	1125	SMPTE 274M
23,9	P	M	1920	1080	2750	1125	SMPTE 274M
60	P	-	1280	720	1650	750	SMPTE 296M
59,9	P	M	1280	720	1650	750	SMPTE 296M
50	P	-	1280	720	1980	750	SMPTE 296M
25	P	-	1280	720	3960	750	SMPTE 296M
24	P	-	1280	720	4125	750	SMPTE 296M
23,9	P	M	1280	720	4125	750	SMPTE 296M
30	P	-	1280	720	3300	750	SMPTE 296M
29,9	P	M	1280	720	3300	750	SMPTE 296M
25	I	-	720	575	864	625	ITU-R

							BT.601-5 (PAL)
--	--	--	--	--	--	--	-------------------

Стандарты сигналов синхронизации используемых в качестве опоры (REF).

На вход REF устройства допускается подавать сигналы в соответствии с таблицей и, дополнительно, вместо сигнала “чёрное поле PAL ” допускается использовать SECAM или просто “чёрное поле”, т.е. без поднесущей сигнала цветности.

Входы и выходы устройства

Устройство имеет один вход Для, приёма опорного сигнала REF (2 разъёма BNC – проходной вход). Если используется только один разъём, то на второй требуется установить заглушку 75 Ом. Устройство может "вестись" и от общего Для, всего корпуса опорного сигнала "GLOB_REF". Устройство возможно использовать и без опорного сигнала, в этом случае оно будет работать автономно. Параметры сигнала REF должны соответствовать документации, приведённой в таблице. Устройство имеет два выхода (4 разъёма BNC , по 2 на каждый выход). Разъёмы, обозначенные на задней панели устройства цифрами “ 1 ”, “ 2 ” относятся к выходу 1, разъёмы, обозначенные цифрами “ 3 ”, “ 4 ” – к выходу 2. На выход 1 (разъёмы “ 1 ”, “ 2 ”) поступают всегда сформированные устройством 3-х уровневые сигналы синхронизации одного выбранного пользователем стандарта HD . Выход 2 (разъёмы “ 3 ”, “ 4 ”) конфигурируется пользователем [16]. Есть две возможности:

- на выходе те же сигналы HD , что и на выходе 1;
- на выходе сигнал “чёрное поле PAL ”. Этот режим возможен только в случае, если Для, выхода 1 выбран стандарт HD , не содержащий в своём названии буквы “М”.

Параметры генерируемых синхросигналов соответствуют документации, приведённой в таблице.

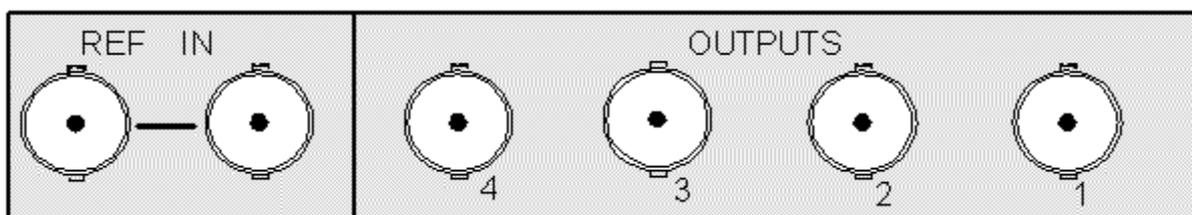


Рис. 3.2. Внешний вид задней панели с разъёмами

Регулировки

Устройство позволяет производить следующие регулировки:

- а) задержка/опережение выходных сигналов относительно опорного вдоль строки (по горизонтали) в пределах +/- 850 тактов (Для, HD – 74,25МГц, Для, PAL – 27МГц);
- б) задержка/опережение выходных сигналов относительно опорного по кадру (по вертикали) в пределах +/- 50 строк;
- в) фаза поднесущей PAL – 360град.

Состав, устройство и работа

PFSG -7317 состоит из двух плат: передней (с основными элементами устройства и лицевой панелью) и задней (с разъемами). На лицевой части передней платы находятся органы управления и индикации:

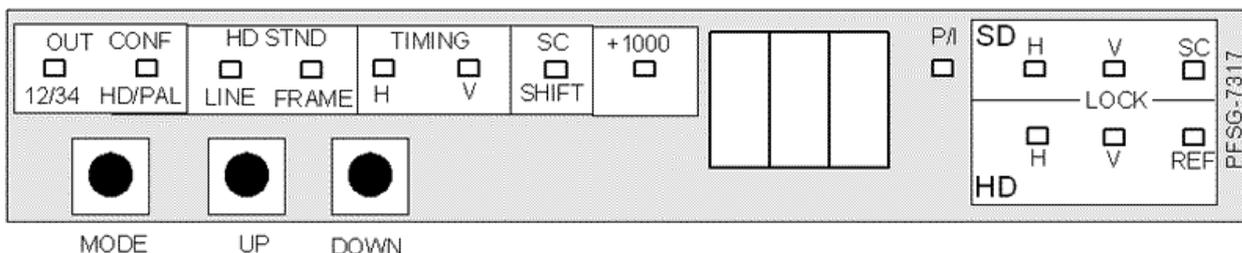


Рис 3.3. Состав, устройство и работа

Управление:

- **MODE** - кнопка выбора параметра регулировки или переключения режима работы устройства (выбор пункта меню);
- **DOWN / UP** – кнопки уменьшения/увеличения значения параметров регулировок или включения нужного состояния режимов работы.
- При одновременном нажатии на кнопки DOWN и UP регулируемый параметр устанавливается в номинальное значение.

Индикация:

Светодиоды на лицевой панели:

- Светодиод **12/34** из группы **OUT CONF** - индицирует режим выбора группы выходов “1 2” или “3 4” кнопками DOWN / UP. Для дальнейшей установки параметров сигналов на этих выходах.
- Светодиод **HD/ PAL** из группы **OUT CONF** - индицирует режим выбора стандарта выходного сигнала на выходах “3 4” кнопками DOWN / UP.
- Светодиод **LINE** из группы **HD STND** - индицирует режим выбора HD стандарта (по количеству строк в кадре) выходного сигнала на выходах “1 2” кнопками DOWN / UP.
- Светодиод **FRAME** из группы **HD STND** - индицирует режим выбора HD стандарта (по кадровой частоте) выходного сигнала на выходах “1 2” кнопками DOWN / UP.
- Светодиод **H** из группы **TIMING** - индицирует режим выбора регулировки задержки/опережения выходных сигналов относительно опорного вдоль строки кнопками DOWN / UP.
- Светодиод **V** из группы **TIMING** - индицирует режим выбора регулировки задержки/опережения выходных сигналов относительно опорного по строке кнопками DOWN / UP.
- Светодиод **SC SHIFT** - индицирует режим выбора регулировки фазы поднесущей в выходном сигнале PAL кнопками DOWN / UP.
- светодиод **+1000** – индицирует в режиме установки HD стандарта – добавление числа 1000 к значению кол-ва активных строк, отображаемых на цифровом индикаторе.
- Светодиод **P/I** – индицирует тип стандарта выходного HD сигнала, P – прогрессивная развёртка, I – чересстрочная.
- Светодиод **H** из группы **LOCK HD** – индицирует режим строчного ведения выходного сигнала HD от опорного сигнала REF, т.е. временное положение строчных импульсов в выходном сигнале

определяется строчными импульсами в опорном сигнале. Это возможно только в том случае, когда строчные частоты сигналов совпадают.

- Светодиод **V** из группы **LOCK HD** – индицирует режим кадрового ведения выходного сигнала HD от опорного сигнала REF , т.е. временное положение кадровых импульсов в выходном сигнале определяется кадровыми импульсами в опорном сигнале. Это возможно только в том случае, когда кадровые частоты сигналов совпадают.

- Светодиод **H** из группы **LOCK SD** – индицирует режим строчного ведения выходного сигнала PAL от опорного сигнала REF , т.е. временное положение строчных импульсов в выходном сигнале определяется строчными импульсами в опорном сигнале. Это возможно только в том случае, когда строчные частоты сигналов совпадают, т.е. в качестве опорного используются сигналы PAL , SECAM или просто “чёрное поле”.

- Светодиод **V** из группы **LOCK SD** – индицирует режим кадрового ведения выходного сигнала PAL от опорного сигнала REF , т.е. временное положение кадровых импульсов в выходном сигнале определяется кадровыми импульсами в опорном сигнале. Это возможно только в том случае, когда кадровые частоты сигналов совпадают.

- Светодиод **SC** из группы **LOCK SD** – индицирует режим ведения фазы поднесущей цветности выходного сигнала PAL от опорного сигнала REF . Это возможно только в том случае, когда на опору подаётся PAL .

- Светодиод **REF** – индицирует режим ведения внутренней тактовой частоты устройства от опорного сигнала REF . Это возможно только в том случае, когда стандарты выходных сигналов и опорного совпадают относительно числа М , например, ведение невозможно, если выходной стандарт 1920x1080 30 I , а опорный – 1920x1080 30M I . Ведение по тактовой частоте – это необходимое условие Для, других режимов ведения.

Примечание: Все регулировки и установки сохраняются при выключении питания.

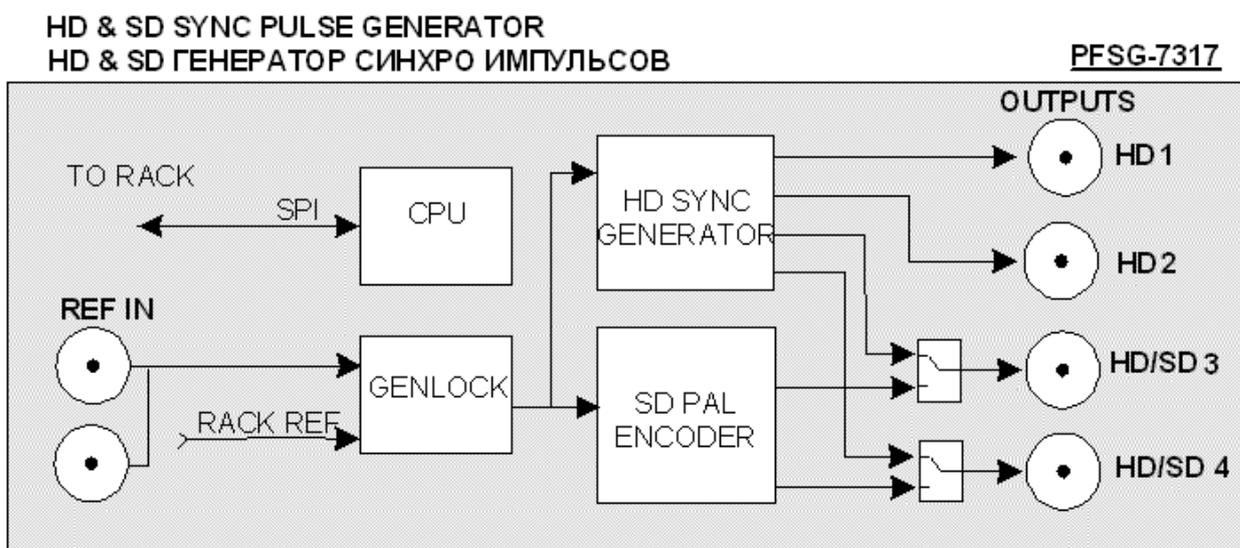


Рис 3.4 Структурная схема устройства

Устройство выполнено на современной элементной базе, что обеспечивает высокую эффективность и надёжность прибора. Управление режимами и регулировками осуществляет микропроцессор. Устройство предназначено для использования в базовых корпусах “PROFLEX ” и занимает 1 слот [16].

Управление от ПЭВМ

Устройства “ PROFLEX ” могут управляться от ПЭВМ. Мониторинг устройств модульной системы “ PROFLEX ” от ПЭВМ осуществляется через центральный процессор, установленный в корпусе (по заказу), с использованием соответствующего программного обеспечения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что цифровые методы формирования и обработки вещательного сигнала имеют массу преимуществ по сравнению с традиционными аналоговыми. Применение цифровой обработки позволяет значительно улучшить отдельные качественные показатели аппаратуры, стабильность ее параметров, надежность в течение всего срока эксплуатации, а также существенно расширить функциональные возможности. Например, облегчается введение сигналов передачи дополнительной информации и управления Для, приемных устройств как существующих (RDS), так и перспективных систем.

Мы в качестве выпускной квалификационной работе рассматривали основные принципы Формирование, сигналов Для, телевидение высокой четкости Для, стандарта DVB,-Т,. Я думаю с бурным развитием инфраструктуры телерадиовещания будет расти число предлагаемых различных интерактивных услуг к пользователям. Это приводит к перечислению дополнительным нагрузкам в сети. И в качестве будущих инженеров этой отрасли мы выпускники должны тщательно изучить весь спектр этой инфраструктуры. Далее я приведу заключительную форму моей ВКр:

Первая глава моей выпускной квалификационной работы посвящена к обзору основным параметрам системы DVB,-Т,. Рассмотрены рекомендации по внедрению DVB, эфирного вещания, построение передающей сети телерадиовещания.

На второй главе приведена базовая информация о типах и принципах модуляции используемых в области создание и обработки сигналов в системе DVB,-Т,. Более подробно разъяснено принцип работы мультиплексирования с ортогональным частотным разделением сигналов OFDM, и COFDM,.

Кроме этих особенностей рассматриваются принцип обработка данных и сигналов в наземном цифровом телерадиовещание DVB,-Т,. Перечислены

некоторые аспекты процесса создания сигналов высокой и стандартной четкости.

В третьей главе моей работы анализирован процесс формирования сигналов для системы наземного вещания стандарта DVB-T. Кроме того приведена информация о параллельной телевещании форматов высокой и стандартной точности. К дополнению сделано обзор генератора синхросигналов ТВ высокой и стандартной четкости PFSG – 7317.

