

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра информационных систем и технологий

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой ИСТ

Н.И. Лиманова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

### **Часть 2. Телекоммуникационные системы и сети**

Методические указания и задания на контрольную работу

Составил: А.С. Овсянников

**САМАРА 2018**

УДК 681.326  
681.395.4

**ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. Часть 2.**  
**Телекоммуникационные системы и сети.** Методические указания и задания  
на контрольную работу / ПГУТИ; сост. А.С.Овсянников. Самара, 2018.

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине “ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. Часть 2. Телекоммуникационные системы и сети” для студентов дневной, заочной и дистанционной форм обучения по специальности «Информационные системы и технологии»

Рецензент: В.В.Козлов

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Работа выполняется в электронном виде и сопровождается необходимым количеством “скриншотов”. Номер варианта определяет преподаватель или, для студентов дистанционного образования, методист деканата ДО по списку группы. Текст задания вместе с номером варианта и исходными данными студент должен привести на отдельной, как правило, первой странице. Решения задач обязательно сопровождаются необходимыми и подробными пояснениями со ссылками на литературу. Список литературы, использованной при выполнении контрольных заданий, приводится в конце контрольной работы. В сроки, установленные учебным графиком, контрольная работа представляется в деканат ДО на рецензирование.

Все исправления, дополнения и пояснения, сделанные студентом по замечаниям рецензента, выносятся на поля в том месте, где обнаружены ошибки, заданы вопросы или сделаны замечания. Допускается, при большом объёме доработок, исправления, дополнения и пояснения выполнять на отдельных страницах.

Контрольная работа (положительно оценённая преподавателем – зачтённая, и с замечаниями и исправлениями) предъявляется на экзамене. Для успешного зачёта контрольной работы необходимо:

- внести исправления по замечаниям рецензента, ответить (письменно или устно в зависимости от требований рецензента) на поставленные вопросы;
- уметь полностью объяснить ход решения задач, обосновать правильность использования расчётных формул, понимать смысл входящих в них величин и символов, их размерность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников А.С. Теория информационных процессов и систем: В 2 ч., ч.1. Теоретические основы информационных процессов: Учеб. пособие / Поволж. гос. ун-т. телеком. и информ. Самара, 2016.- 131 с.
2. Овсянников А.С. Инфокоммуникационные системы и сети. Компьютерный конспект лекций, ПГУТИ, 2013.
3. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И.Иванов, В.Н.Гордиенко, Г.Н.Попов и др. Под ред. В.И.Иванова – М.: Радио и связь, 1995. – 232с.: ил.

## ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Выполнить расчёты системотехнических параметров цифровой телекоммуникационной системы (ЦТС). Исходные данные для расчётов приведены в таблице 1.

В соответствии с номером варианта необходимо выполнить следующие задачи.

1. Рассчитать число разрядов  $m$  в кодовой комбинации цифрового сигнала.
2. Определить шаг (интервал) квантования по амплитуде.
3. Разработать схему временного спектра ЦТС.

4. Разработать укрупнённую структурную схему ЦТС, состоящую из 5  
оборудования временного группообразования, оборудования линейного  
тракта оконечной станции и промежуточных станций линейного тракта.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольной проекта предполагает последовательное решение следующих задач – заданий.

Примечание: В качестве образца рекомендуются решения, приведённые в прилагаемом файле “Система ИКМ-30”.

### ЗАДАНИЕ №1

Рассчитать число разрядов  $m$  в кодовой комбинации цифрового сигнала.

При определении числа разрядов  $m$  рекомендуется применять нелинейное компандирование (сжатие) входного информационного сигнала. Компандирование на передаче и экспандирование (восстановление) на приёме позволяют увеличить помехозащищённость слабых входных сигналов за счёт уменьшения помехозащищённости сильных сигналов (обладающих значительно большей помехозащищённостью). В современных ЦТС применяется закон  $A$  компандирования, при котором минимальная величина защищённости от шумов квантования  $A_{кв}$  в диапазоне уровней входного сигнала от 0 до  $-36$  дБ определяется по формуле (1).

№ варианта	Число ОЦК, N	Динамический диапазон сигнала, D,дБ	Защищённость от шумов квантования, $A_{кв,дБ}$
1	2	3	5
1	10	31	10
2	10	25	22
3	10	29	16
4	10	27	13
5	10	25	22
6	10	26	25
7	10	27	13
8	10	28	31
9	10	26	25
10	10	10	16
11	10	31	25
12	10	38	31
13	15	25	31
14	10	31	10
15	10	25	22
16	10	29	16
17	15	24	24
18	10	27	13
19	10	25	22
20	10	26	25
21	10	27	13
22	10	28	31
23	10	26	25
24	10	10	16
25	10	31	25
26	10	27	13

27	10	25	22
28	10	26	25
29	10	27	13
30	10	28	31
31	10	26	25

$$A_{\text{кв}} \cong 6 \mathbf{m} - (16 - 17), \text{ дБ.} \quad (1)$$

Отсюда формула для определения числа разрядов  $\mathbf{m}$  в кодовой комбинации будет иметь вид

$$\mathbf{m} = \left\lceil \frac{A_{\text{кв}} + (16 \div 17)}{6} \right\rceil \quad (2)$$

где  $\lceil \rceil$  означает ближайшее целое число сверху.

## ЗАДАНИЕ №2

### Определить шаг квантования по амплитуде

Аналоговый сигнал, поступающий на вход основного цифрового канала (ОЦК) ЦТС, имеет динамический диапазон изменения мгновенных значений  $\mathbf{D}$ .

Устройство квантования входного сигнала рассчитывается на представление каждого интервала (шаг квантования) изменения напряжения входного сигнала в виде цифровой кодовой комбинации с числом разрядов  $\mathbf{m}$ .

Для определения шага квантования  $\Delta U_{\text{КВ}}$  необходимо пересчитать динамический диапазон  $D$  в интервал напряжений  $\Delta U$  по формуле, приведённой в (Л1, п.1.1). 8

$$\Delta U = 0,775 \cdot 10^{\frac{D}{20}}$$

Количество интервалов квантования  $N_{\text{КВ}}$  определяется по формуле

$$N_{\text{КВ}} = 2^m \quad (4)$$

Шаг квантования по амплитуде определяется по формуле

$$\Delta U_{\text{КВ}} = \frac{\Delta U}{N_{\text{КВ}}} \quad (5)$$

### ЗАДАНИЕ №3

Разработать схему временного спектра ЦТС.

За основу можно взять временной спектр ЦСП ИКМ-30.

Линейный сигнал системы ЦСП ИКМ-30 построен на основе **сверхциклов, циклов, канальных и тактовых интервалов**, как это показано на рис. 4.1 (обозначение 0/1 соответствует передаче в данном тактовом интервале случайного сигнала).

**Сверхцикл передачи (СЦ)** соответствует минимальному интервалу времени, за который передается **один отсчет каждого из 60 сигнальных**



каналов (СК) и каналов передачи аварийной сигнализации (потери сверхцикловой или цикловой синхронизации).

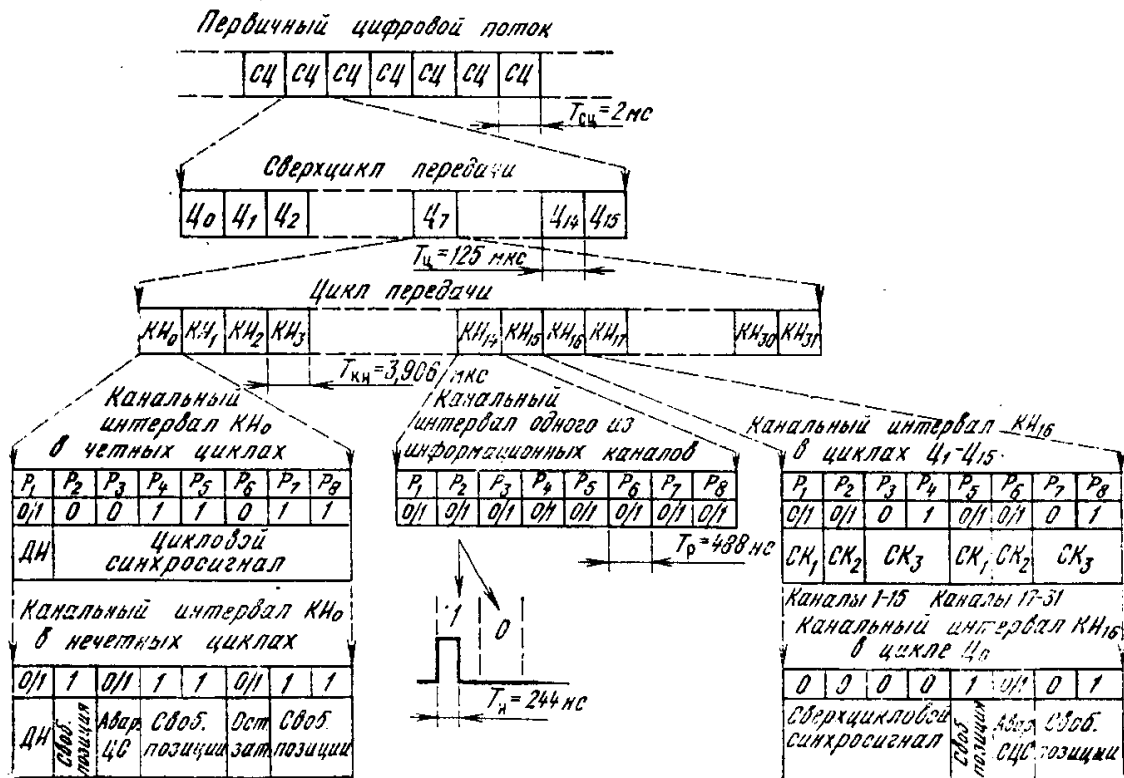


Рис. 4.1. Временной спектр ЦСП ИКМ-30

Длительность СЦ  $T_{sc} = 2 \text{ мс}$ .

Сверхцикл состоит из 16 циклов передачи (с Ц0 по Ц15).

Длительность цикла  $T_c = 125 \text{ мкс}$  и соответствует интервалу дискретизации сигнала ТЧ с частотой 8 кГц.

Каждый цикл подразделяется на 32 канальных интервала длительностью  $T_{ки} = 3,906 \text{ мкс}$ .

Из них 30 интервалов отводятся под передачу сигналов ТЧ (КИ1—КИ15, КИ17—КИ32, а два—под передачу служебной информации (КИ0 и КИ16). Каждый канальный интервал состоит из **восьми интервалов разрядов** (P1—P8) длительностью по  $T_r = 488 \text{ нс}$ . Половина разрядного интервала может быть

занята прямоугольным импульсом длительностью  $T_{и}=244$  нс при 10 передаче в данном разряде единицы (при передаче нуля импульс в разрядном интервале отсутствует).

Интервалы  $КИ_0$  в четных циклах предназначаются для передачи циклового синхросигнала (ЦСС), имеющего вид 0011011 и занимающего интервалы  $P_2—P_8$ . В интервале  $P_1$  всех циклов передается информация постоянно действующего канала передачи дискретной информации (ПДИ). В нечетных циклах интервалы  $P_3$  и  $P_6$   $КИ_0$  используются для передачи информации о потере цикловой синхронизации (Авар. ЦС) и снижении остаточного затухания каналов до значения, при котором в них может возникнуть **самовозбуждение** (Ост. зат). Интервалы  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_7$  и  $P_8$  являются свободными, их занимают **единичными сигналами для улучшения работы выделителей тактовой частоты**. В интервале  $КИ_{16}$  нулевого цикла ( $Ц_0$ ) передается сверхциклового синхросигнал вида 0000 ( $P_1-P_4$ ), а также сигнал о потере сверхциклового синхронизации ( $P_6—$ Авар. СЦС). Остальные три разрядных интервала свободны. В канальном интервале  $КИ_{16}$  остальных циклов ( $Ц_1—Ц_{15}$ ) передаются сигналы служебных каналов  $СК_1$  и  $СК_2$ , причем в  $Ц_1$  передаются СК для 1-го и 16-го каналов ТЧ, в  $Ц_2—$ для 2-го и 17-го и т. д. Интервалы  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_6$  и  $P_7$  свободны, но в ЦСП ИКМ-30С, где для каждого канала ТЧ требуется большее число СК, они используются.

#### ЗАДАНИЕ №4

Разработать укрупнённую структурную схему ЦТС, состоящую из оборудования временного группообразования, оборудования линейного тракта оконечной станции и промежуточных станций линейного тракта.

За основу выполнения этого задания можно взять структурную схему ЦСП ИКМ-30.

На общегосударственной первичной сети связи применяются 30-канальные первичные ЦСП с ИКМ, отвечающие рекомендациям

международного союза по электросвязи (МСЭ) для систем первой 11 ступени европейской иерархии. К ним относятся системы передачи: ИКМ-30, предназначенная для создания пучков соединительных линий между городскими и пригородными автоматическими телефонными станциями (АТС) и между АТС и автоматическими междугородными телефонными станциями (АМТС); ИКМ-30С, используемая на сетях сельской связи.

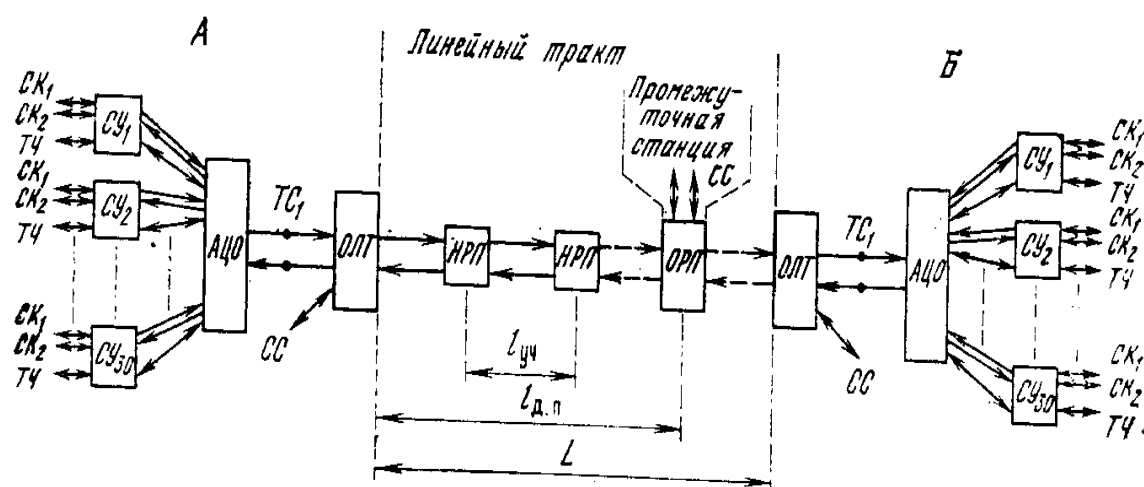


Рис. 3.1. Структурная схема ЦСП ИКМ-30

Общие принципы построения ЦСП этих типов одинаковы, поэтому рассмотрим ЦСП ИКМ-30.

Цифровая система передачи ИКМ-30 позволяет организовывать по парам низкочастотных кабелей с бумажной и полиэтиленовой изоляцией 30 каналов тональной частоты (ТЧ). В аппаратуре ИКМ-30 для каждого канала ТЧ организуется по два выделенных сигнальных канала (СК<sub>1</sub> и СК<sub>2</sub>) для передачи сигналов управления и взаимодействия, необходимых для функционирования устройств коммутации сети (сигналов тонального набора номера). В системе предусмотрена возможность организации канала звукового вещания второго класса вместо четырех каналов ТЧ, а также восьми каналов передачи дискретной информации (ПДИ) со скоростью 8 кбит/с вместо одного канала

ТЧ. Еще один такой же канал ПДИ организуется непосредственно в групповом тракте аппаратуры ИКМ-30.

На рис. 3.1 приведена структура ЦСП ИКМ-30.

На рис. 3.1 приняты следующие обозначения: СУ—согласующие устройства, обеспечивающие подключение входов каналов ТЧ ЦСП к городским АТС; АЦО—аналого-цифровое оборудование, формирующее из аналоговых сигналов ТЧ и сигналов управления и вызова (СУВ) типовой первичный цифровой поток со скоростью передачи 2048 кбит/с и преобразующее этот поток на приеме в соответствующие сигналы ТЧ и СУВ; ОЛТ—оборудование линейного тракта, обеспечивающее регенерацию принимаемых цифровых сигналов, ввод в кабель тока дистанционного питания необслуживаемых регенерационных пунктов, телеконтроль линейного тракта, контроль ошибок в линейном сигнале, защиту станционных устройств от опасных напряжений, возникающих в кабеле, и организацию служебной связи (СС); НРП—необслуживаемые регенерационные пункты, восстанавливающие линейные сигналы после прохождения ими соответствующих кабельных участков и располагающиеся в кабельных колодцах; ОРП—обслуживаемый регенерационный пункт, функции которого практически совпадают с ОЛТ конечных станций.

На передаче в АЦО осуществляется амплитудно-импульсная модуляция аналоговых сигналов ТЧ, после чего они объединяются в групповой АИМ сигнал. Последний кодируется в групповом кодере с нелинейным квантованием (амплитудная характеристика кодера построена по квазилогарифмическому закону  $A-86,7/13$ ) в восьмиразрядные кодовые комбинации, которые объединяются с сигналами управления и взаимодействия и сервисными сигналами (обеспечивающими работоспособность данной ЦСП) в типовой первичный цифровой поток со скоростью передачи 2048 кбит/с. Параметры этого потока в точке ТС<sub>1</sub>, называемой точкой стыка (сетевым стыком), отвечают рекомендациям МСЭ, что позволяет использовать данную ЦСП не только для построения ЦСП следующих ступеней иерархии, но и для совместной работы с

другим типовым оборудованием, например оборудованием радиорелейных и волоконно-оптических линейных трактов. К точкам стыка вместо АЦО может подключаться типовая аппаратура цифрового вещания (АЦВ), которая позволяет организовывать или четыре канала звукового вещания (ЗВ) высшего класса, или два стереоканала ЗВ, или восемь репортерских каналов (вместо 30 каналов ТЧ).

В точке стыка ТС<sub>1</sub> принят код с чередованием полярности импульсов (ЧПИ).

Код с чередующейся полярностью импульсов (ЧПИ). Этот код получил в настоящее время широкое распространение. Алгоритм перехода от двоичного сигнала к коду ЧПИ (рис.3.2) состоит в том, что символу 0 в обоих

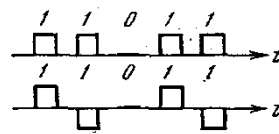


Рис. 3.2. Код ЧПИ

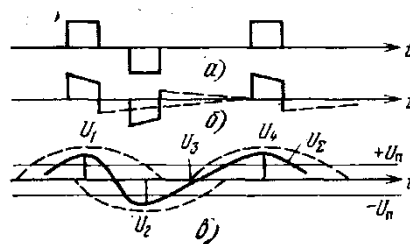


Рис. 3.3. К анализу влияния линейных искажений на код ЧПИ

случаях соответствует пауза, а символу 1 в коде ЧПИ соответствуют импульсы положительной или отрицательной полярности. Строгое чередование полярности импульсов, позволяет резко уменьшить линейные искажения второго рода и частично ослабить линейные искажения первого рода. На рис. 3.3,6 изображен код ЧПИ, искаженный за счет линейных искажений второго рода. Видно, что длительные переходные процессы, связанные с искажениями этого

типа, взаимно компенсируются и расположение импульсов относительно оси абсцисс не изменяется. На рис. 3.3,в изображен код ЧПИ, подверженный влиянию линейных искажений первого рода. Около паузы, действующей на любых тактовых интервалах, всегда располагаются импульсы разной полярности (например, на рис. 3.3,в пауза имеет место на третьем тактовом интервале). В результате происходит взаимная компенсация фронта и спада этих импульсов, так что в коде ЧПИ паузу легче обнаружить, чем в двоичном сигнале. Работа РУ регенератора кода ЧПИ состоит в сравнении напряжений  $U_1, U_2, U_3, \dots$  с двумя пороговыми напряжениями  $\pm U_{\text{п}}$ , после чего вырабатываются импульсы соответствующей полярности или паузы в зависимости от результата сравнения величин  $U_i$  с пороговыми значениями.

Важным достоинством кода ЧПИ является чрезвычайная простота обратного перехода к двоичному сигналу, что происходит в ПКпр. Для этого достаточно осуществить **двухполупериодное выпрямление** сигналов кода ЧПИ.

Поскольку линейный сигнал аппаратуры ИКМ-30 имеет такой же код, оборудование линейного тракта относительно просто, поскольку не содержит преобразователей кодов.