

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

Санкт-Петербургский колледж телекоммуникаций им. Э.Т. Кренкеля

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по учебной работе

Калинина – Н.В. Калинина

17 марта 2022 г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по междисциплинарному курсу

МДК.01.02. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

по специальности

10.02.04 Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем

среднего профессионального образования

Санкт-Петербург
2022

МДК.01.02. Телекоммуникационные системы и сети. Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ.

Составил О.М. Алексеева. – Санкт-Петербург, 2022.

Методические указания содержат описания практических и лабораторных занятий, предусмотренных рабочей программой МДК.01.02. Телекоммуникационные системы и сети. Каждая работа рассчитана на 2 академических часа, общий объем составляет 90 часов. Нумерация рисунков, формул и таблиц в пределах одной работы. Методические указания предназначены для обучающихся очной формы обучения по специальности 10.02.04 Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем.

Рассмотрено и одобрено предметной (цикловой) комиссией информационной безопасности телекоммуникационных систем Санкт-Петербургского колледжа телекоммуникаций им. Э.Т. Кренкеля.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Название практических занятий и лабораторных работ
1.	Изучение принципов частотного разделения каналов
2.	Построение и система нумерации в телефонной сети связи
3.	Расчет частот ГО цифровой системы передачи
4.	Формирование линейных кодов в цифровых системах передачи
5.	Выбор кластера и расчет числа сот
6.	Расчет основных параметров сетей подвижной связи
7.	Изучение принципа организации каналов СПС
8.	Кодирование речи в стандартах СПС
9.	Мультиплексирование цифровых потоков
10.	Расчет основных параметров цифровых систем передачи
11.	Формирование линейных кодов абонентских линий
12.	Формирование линейных кодов ВОСП
13.	Формирование модулей STM-N
14.	Исследования спектра сигналов с импульсной модуляцией
15.	Исследование принципа работы канала с ВРК
16.	Нелинейные кодеры взвешивающего типа
17.	Нелинейные декодеры взвешивающего типа
18.	Приемник сигналов цикловой синхронизации
19.	Преобразователь кода передачи
20.	Преобразователь кода приема
21.	Измерение параметров каналов ТЧ анализатором телефонных каналов
22.	Разработка проектов с помощью КПО-110 на МП ОГМ-30
23.	Организация локального и удаленного доступа в МП «Супертел»
24.	Измерение параметров групповых цифровых трактов
25.	Мониторинг оборудования
26.	Организация локального и удаленного конфигурирования оборудования
27.	Конфигурирование мультиплексора
28.	Конфигурирование источников синхронизации сетевого элемента мультиплексора
29.	Конфигурирование и резервирование трактов мультиплексора
30.	Анализ систем SDH при помощи анализатора NGSDH
31.	Изучение оборудования
32.	Организация локального и удаленного конфигурирования оборудования
33.	Изучение оборудования
34.	Инсталляция, конфигурирование и мониторинг оборудования
35.	Виды и назначение информационных и аварийных сигналов
36.	Просмотр и анализ аварийных сообщений
37.	Алгоритм поиска и устранения неисправностей
38.	Инсталляция, конфигурирование и мониторинг оборудования
39.	Виды и назначение информационных и аварийных сигналов
40.	Просмотр и анализ аварийных сообщений
41.	Алгоритм поиска и устранения неисправностей
42.	Инсталляция, конфигурирование и мониторинг оборудования
43.	Виды и назначение информационных и аварийных сигналов
44.	Просмотр и анализ аварийных сообщений
45.	Алгоритм поиска и устранения неисправностей

Практическое занятие 1

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЧАСТОТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

1. Цель работы: освоение навыков построения систем с частотным разделением каналов.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки построения систем с частотным разделением каналов;
- приобрести навыки расчета параметров системы с частотным разделением каналов;
- закрепить теоретические знания по теме Принципы частотного разделения каналов.

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Принципы частотного разделения каналов.

4. Задание

4.1. Изобразите структурную схему телекоммуникационной системы с частотным разделением каналов на количество каналов в соответствии с исходными данными (таблица 1).

4.2. Рассчитайте верхние нижние боковые полосы частот, образующихся на выходе модулятора для каждого канала в соответствии с исходными данными (таблица 1).

4.3. Изобразите спектральную диаграмму группового линейного сигнала.

Исходные данные

Таблица 1

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Количество каналов	Номер N-ого канала несущего сигнала	Значение несущей частоты N-ого канала, кГц	Полоса частот на выходе полосового фильтра
1	А, К, Ф	8	6	120	нижняя
2	Б, Л, Х	7	5	140	верхняя
3	В, М, Ц	6	4	150	нижняя
4	Г, Н, Ч	9	3	160	верхняя
5	Д, О, Ш	8	2	170	нижняя
6	Е, П, Щ	7	1	180	верхняя
7	Ё, Р, Э	6	6	190	нижняя
8	Ж, С, Ю	9	7	200	верхняя
9	З, Т, Я	8	8	210	нижняя
10	И, У	7	4	220	верхняя
пример		2	2	100	нижняя

5. Порядок выполнения работы

5.1. Изобразите структурную схему телекоммуникационной системы с частотным разделением каналов. Пример, рис.1. Структурная схема телекоммуникационной системы передачи с ЧРК на два канала.

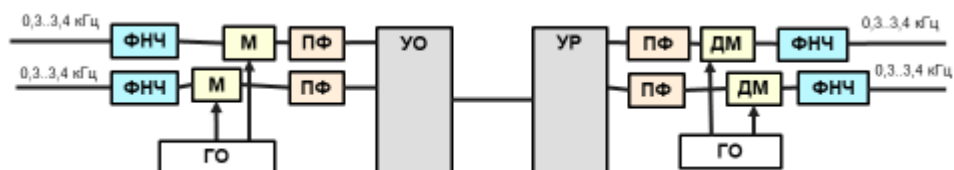


Рис.1. Структурная схема телекоммуникационной системы передачи с ЧРК на два канала

5.2. Рассчитайте верхние нижние боковые полосы частот, образующихся на выходе модулятора для каждого канала по формулам 1, 2 и 3.

$$F_{\text{нес } i} = f_{\text{нес}(i-1)} + 4 \text{ кГц} \quad (1)$$

$$F_{\text{НБП } i} = F_{\text{нес } i} - 0,3 \dots 3,4 \text{ кГц} \quad (2)$$

$$F_{\text{ВБП } i} = F_{\text{нес } i} + 0,3 \dots 3,4 \text{ кГц} \quad (2)$$

Например:

$$F_{\text{нес } 2} = 100 \text{ кГц}$$

$$F_{\text{нес } 2} = f_{\text{нес } 1} + 4 \text{ кГц}$$

$$F_{\text{нес } 1} = f_{\text{нес } 2} - 4 \text{ кГц} = 100 - 4 = 96 \text{ кГц}$$

$$F_{\text{НБП } 1} = F_{\text{нес } 1} - 0,3 \dots 3,4 \text{ кГц} = 96 - 0,3 \dots 3,4 = 92,6 \dots 95,7 \text{ кГц}$$

$$F_{\text{НБП } 2} = F_{\text{нес } 2} - 0,3 \dots 3,4 \text{ кГц} = 100 - 0,3 \dots 3,4 = 96,6 \dots 99,7 \text{ кГц}$$

5.3. Изобразите спектральную диаграмму группового линейного сигнала. Пример, рис.2. Спектральная диаграмма линейного группового сигнала телекоммуникационной системы передачи с ЧРК на три канала.

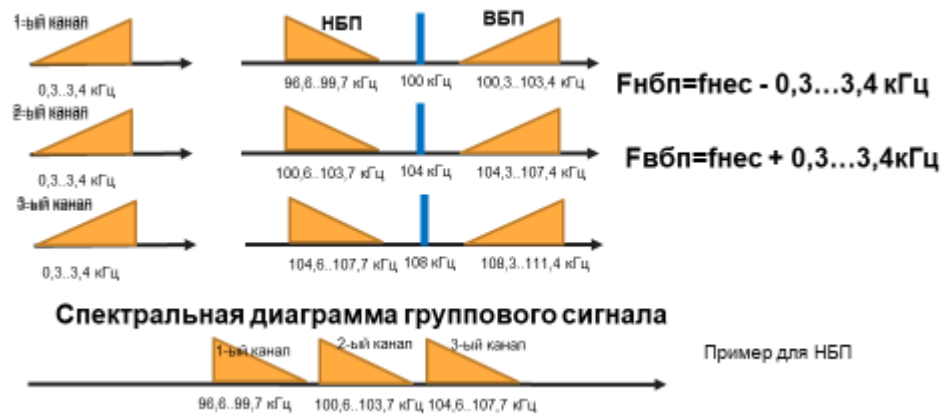


Рис.2. Спектральная диаграмма линейного группового сигнала телекоммуникационной системы передачи с ЧРК на три канала.

6. Содержание отчета

- Название работы
- Исходные данные
- Структурная схема телекоммуникационной системы передачи с ЧРК
- Расчет параметров п.5.2.
- Спектральная диаграмма линейного группового сигнала телекоммуникационной системы передачи с ЧРК

Практическое занятие 2

ПОСТРОЕНИЕ И СИСТЕМА НУМЕРАЦИИ В ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

1. Цель работы: освоение навыков построения и систем нумерации в телефонных сетях связи.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки построения телефонных сетей связи;
- приобрести навыки нумерации в телефонных сетях связи;
- закрепить теоретические знания по теме Телефонные сети связи.

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Телефонные сети связи.

4. Задание

4.1. Изобразите схему магистральной телефонной сети связи в соответствии с исходными данными (таблица 1).

4.2. Составьте таблицу нумерации для абонентов местной, внутрizonовой и магистральной телефонной сети связи в соответствии с исходными данными (таблица 1).

Исходные данные

Таблица 1

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Зона 1 (номер зоны равен порядковому номеру по журналу + 400)		Зона 2 (номер зоны равен порядковому номеру по журналу + 800)	
		ГТС	СТС	ГТС	ГТС
1	А Д И Н С Х Щ	Районированная ёмкостью 50000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 3 миллиона 9 сто тысячная группа.	Комбинированная ёмкостью 900 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 3 миллиона 8 сто тысячная группа.	Два узловых район (1 и 4), ёмкость сети 60000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется четвёртая миллионная группа.	В одной миллионной зоне (3) два узловых района (4 и 6), ёмкость сети 50000 номеров
2	Б Е К О Т Ц Э	Районированная ёмкостью 40000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 5 миллиона 7 сто тысячная группа.	Одноступенчатая, ёмкостью 500 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 5 миллиона 6 сто тысячная группа.	Два узловых район (9 и 4), ёмкость сети 50000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется третья миллионная группа.	В одной миллионной зоне (5) два узловых района (1 и 7), ёмкость сети 60000 номеров.

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Зона 1 (номер зоны равен порядковому номеру по журналу + 400)		Зона 2 (номер зоны равен порядковому номеру по журналу + 800)	
		ГТС	СТС	ГТС	ГТС
3	В Ж Л П У Ч Ю	Районированная ёмкостью 30000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 4 миллиона 4 сто тысячная группа.	Двухступенчатая ёмкостью 1200 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 4 миллиона 5 сто тысячная группа.	Два узловых район (3 и 6), ёмкость сети 70000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется шестая миллионная группа.	В двух миллионных зонах (4 и 6) по одному узловому району (3 и 2), ёмкость сети 70000 номеров.
4	Г З М Р Ф Ш Я	Районированная ёмкостью 20000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 7 миллиона 0 сто тысячная группа.	Двухступенчатая ёмкостью 700 номеров. Для нумерации абонентов выделяется из 7 миллиона 1 сто тысячная группа.	Два узловых район (5 и 2), ёмкость сети 80000 номеров. Для нумерации абонентов выделяется девятая миллионная группа.	В двух миллионных зонах (5 и 7) по одному узловому району (2 и 9), ёмкость сети 60000 номеров

5. Порядок выполнения работы

5.1. Изобразите схему магистральной телефонной сети связи в соответствии с исходными данными. Пример, рис.1. Схема магистральной телефонной сети связи.

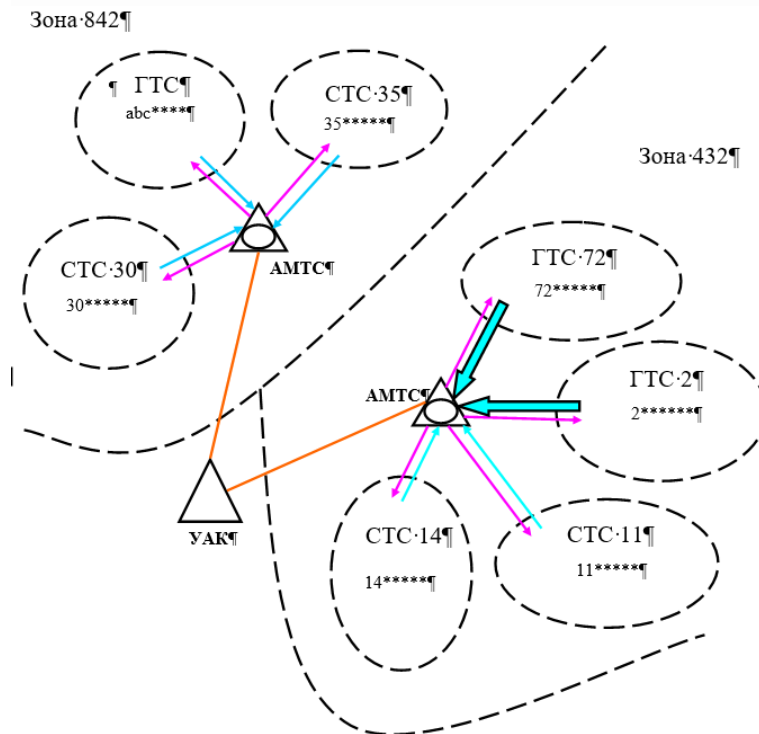


Рис.1. Схема магистральной телефонной сети связи.

5.2. Составьте таблицу нумерации для абонентов местной, внутрizonовой и магистральной телефонной сети связи в соответствии с исходными данными.

Таблица 2

Номер зона	Тип местной сети	Диапазон номеров абонентов
432	СТС 11	8-432 11 000 00 - 8-432 11 999 99
	СТС 14	8-432 14 000 00 - 8-432 14 999 99
	ГТС 2	8-432 2 0 000 00 - 8-432 2 9 999 99
	ГТС 72	8-432 72 000 00 - 8-432 72 999 99
832	СТС 30	8-832 30000 00 - 8-832 30 999 99
	СТС 35	8-832 35000 00 - 8-832 35 999 99
	ГТС	8-832 100 00 00 - 8-832 999 99 99

6. Содержание отчета

- Название работы
- Исходные данные
- Схема магистральной телефонной сети связи.
- Таблица нумерации для абонентов местной, внутризонавой и магистральной телефонной сети связи

Практическое занятие 3

РАСЧЕТ ЧАСТОТ ГО ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

1. Цель работы: освоение навыков расчета частот генераторного оборудования цифровой системы передачи.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки построения генераторного оборудования цифровой системы передачи;
- приобрести навыки расчета частот генераторного оборудования цифровой системы передачи;
- закрепить теоретические знания по теме Генераторное оборудование цифровой системы передачи.

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Генераторное оборудование цифровой системы передачи.

4. Задание

4.1. Изобразите структурную схему генераторного оборудования цифровой системы передачи в соответствии с исходными данными (таблица 1).

4.2. Рассчитайте частоты генераторного оборудования цифровой системы передачи в соответствии с исходными данными (таблица 1).

4.3. Изобразите временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов, формируемых генераторным оборудованием цифровой системы передачи.

Исходные данные

Таблица 1

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Тактовая частота, кГц	Количество разрядов	Количество канальных интервалов	Количество циклов
1	А, К, Ф	1024	8	5	4
2	Б, Л, Х	512	4	10	6
3	В, М, Ц	1024	4	12	3
4	Г, Н, Ч	512	8	6	4
5	Д, О, Ш	1024	4	24	6
6	Е, П, Щ	512	8	16	3
7	Ё, Р, Э	1024	8	10	4
8	Ж, С, Ю	512	4	12	6
9	З, Т, Я	1024	8	6	3
10	И, У	512	4	5	4
пример		256	8	32	16

5. Порядок выполнения работы

5.1. Изобразите структурную схему генераторного оборудования цифровой системы передачи. Пример, рис.1. Структурная схема генераторного оборудования цифровой системы передачи.

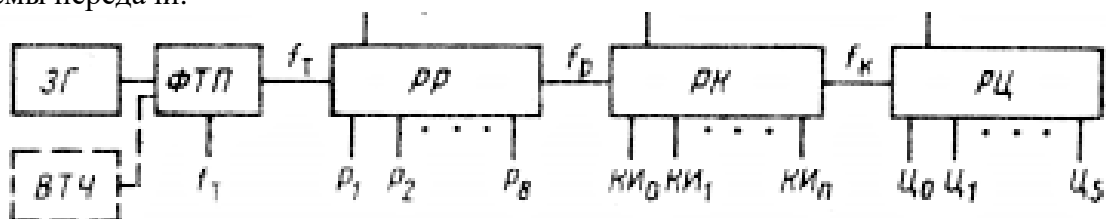


Рис.1. Структурная схема генераторного оборудования цифровой системы передачи.
 5.2. Рассчитайте частоты генераторного оборудования цифровой системы передачи по формулам 1, 2 и 3.

$$F_p = f_T / N_p \quad (1)$$

$$F_k = F_p / N_{ки} \quad (2)$$

$$F_{ц} = F_k / N_{ц} \quad (2)$$

Например:

$$f_T = 256 \text{ кГц}$$

$$F_p = f_T / N_p = 256 / 8 = 32 \text{ кГц} \quad (1)$$

$$F_k = F_p / N_{ки} = 32 / 32 = 1 \text{ кГц} \quad (2)$$

$$F_{ц} = F_k / N_{ц} = 1 / 16 = 0,0625 \text{ кГц}$$

5.3. Изобразите временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов, формируемых генераторным оборудованием цифровой системы передачи. Пример, рис.2. Временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов, формируемых генераторным оборудованием цифровой системы передачи.

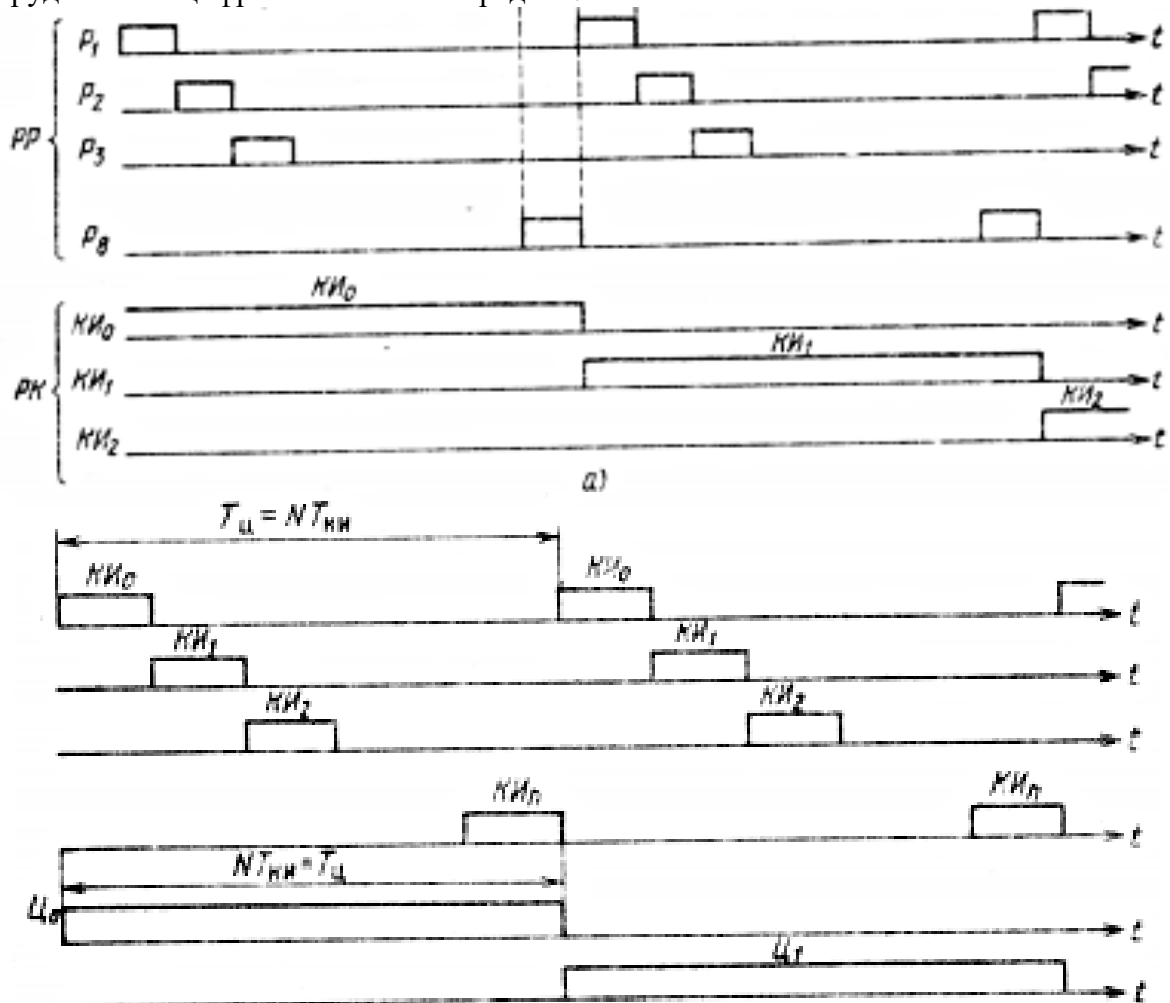


Рис.2. Временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов, формируемых генераторным оборудованием цифровой системы передачи.

6. Содержание отчета

- Название работы
- Исходные данные
- Структурная схема генераторного оборудования цифровой системы передачи.
- Расчет параметров п.5.2.

- Временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов, формируемых генераторным оборудованием цифровой системы передачи.

Практическое занятие 4

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ КОДОВ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

1. **Цель работы:** освоение навыков формирования линейных кодов в цифровых системах передачи.
2. **Задачи работы:**
 - приобрести навыки формирования линейных кодов в цифровых системах передачи;
 - закрепить теоретические знания по теме Линейные коды.
3. **Подготовка к работе**
Повторите теоретический материал по теме Линейные коды.
4. **Задание**
 - 4.1. Изобразите структурную схему преобразователя кодов.
 - 4.2. Изобразите на временных диаграммах цифровую последовательность в соответствии с исходными данными (таблица 1) кодами: однополярный код с $Q=1$, однополярный код с $Q=2$, биполярный код ЧПИ с $Q=2$, биполярный код МЧПИ с $Q=2$.

Исходные данные

Таблица 1

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Цифровая последовательность
1	А, К, Ф	10110000 11100000 00000010 00000101 10000000 00000010
2	Б, Л, Х	00100001 10001100 00100000 00000001 00100000 00000110
3	В, М, Ц	10000000 11100000 00010000 10000100 00000010 00010000
4	Г, Н, Ч	00010000 00100000 00100010 00000000 01000010 10100010
5	Д, О, Ш	00010000 00110000 01000000 00000011 10000000 00000000
6	Е, П, Щ	10110000 11100110 00000010 00000101 10000000 00000010
7	Ё, Р, Э	00100001 10001100 00100000 00000001 00100000 00000110
8	Ж, С, Ю	10000000 11100000 00011110 10000100 00000010 00010000
9	З, Т, Я	00010000 00100000 00100010 00111000 01000010 10100010
10	И, У	00010111 00110000 01000000 00000011 10000000 01110000
пример		2

5. Порядок выполнения работы

- 5.1. Изобразите структурную схему преобразователя кодов. Пример, рис.1. Структурная схема преобразователя кодов.

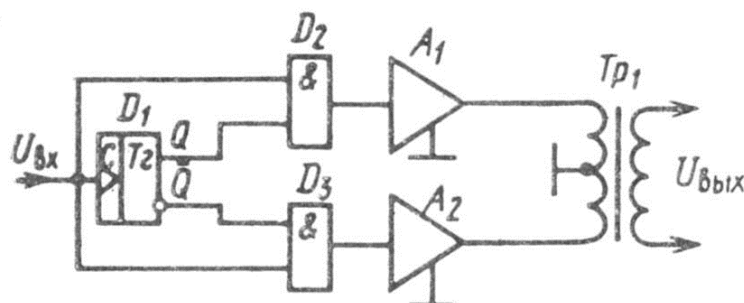


Рис.1. Структурная схема преобразователя кодов.

- 5.2. Изобразите на временных диаграммах цифровую последовательность кодами: однополярный код с $Q=1$, однополярный код с $Q=2$, биполярный код ЧПИ с $Q=1$, биполярный код ЧПИ с $Q=2$, биполярный код МЧПИ с $Q=2$. Пример, рис.2. Временные

диаграммы цифровой последовательности кодов: однополярный код с $Q=1$, однополярный код с $Q=2$, биполярный код ЧПИ с $Q=2$, биполярный код МЧПИ с $Q=2$.

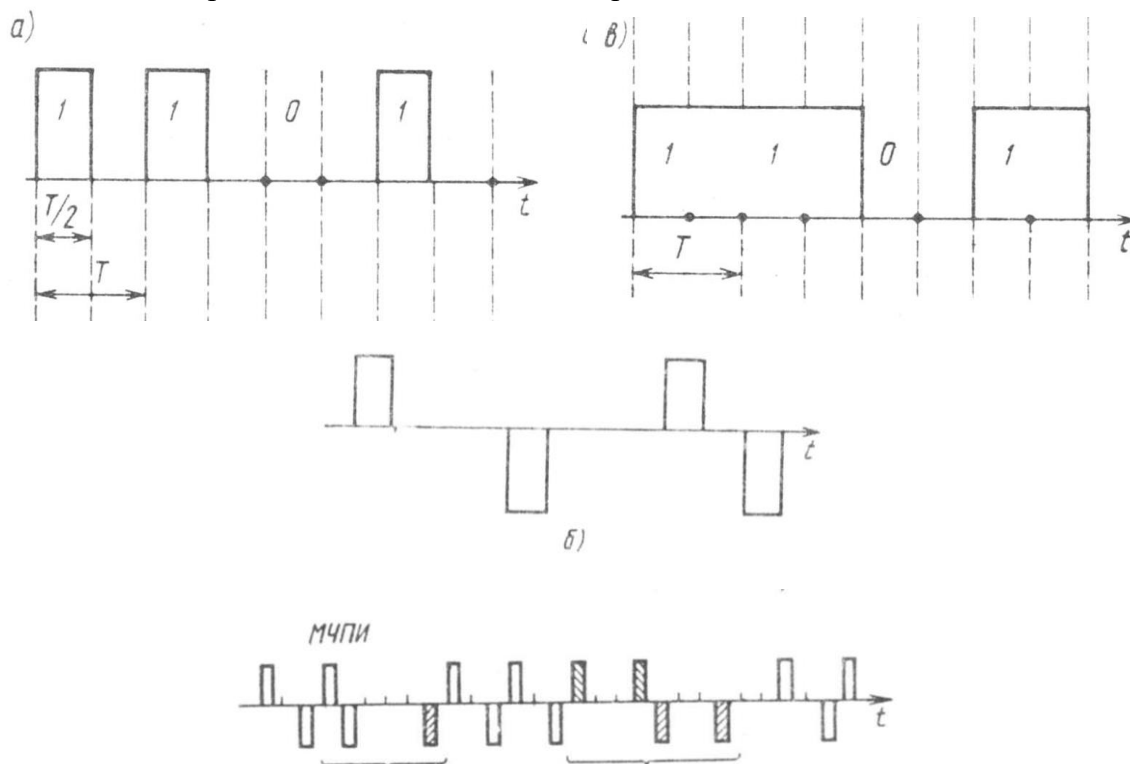


Рис.2. Временные диаграммы цифровой последовательности кодов: однополярный код с $Q=1$, однополярный код с $Q=2$, биполярный код ЧПИ с $Q=1$, биполярный код ЧПИ с $Q=2$, биполярный код МЧПИ с $Q=2$.

6. Содержание отчета

- Название работы
- Исходные данные
- Структурная схема преобразователя кодов
- Временные диаграммы цифровой последовательности кодов: однополярный код с $Q=1$, однополярный код с $Q=2$, биполярный код ЧПИ с $Q=1$, биполярный код ЧПИ с $Q=2$, биполярный код МЧПИ с $Q=2$.

Практическое занятие 5

ВЫБОР КЛАСТЕРА И РАСЧЕТ ЧИСЛА СОТ

1. Цель работы: приобрести навыки и умения выбора оптимального количества сот в городской и пригородной территории и определения размерности кластера.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки выбора оптимального количества сот в городской и пригородной территории;
- приобрести навыки определения размерности кластера;
- закрепить теоретические знания по теме Принцип организации сотовых систем связи

3. Подготовка к работе.

Повторите теоретический материал по теме Принцип организации сотовых систем связи.

4. Задание

4.1. Рассчитайте для города и пригорода радиус зоны обслуживания (R), количество сот L , количество кластеров N в заданной зоне обслуживания и защитный интервал D для двух вариантов по заданным в таблице 1 параметрам.

4.2. Сравните два варианта и выберите наиболее подходящий вариант и изобразите схему сети сотовой связи. На рисунке укажите радиус соты, защитный интервал.

Исходные данные

Таблица 1

Порядковый номер по журналу	Зона обслуживания города $S_{\text{города}}, \text{км}^2$	Зона обслуживания пригорода $S_{\text{пригорода}}, \text{км}^2$	Порядковый номер по журналу	Зона обслуживания города $S_{\text{города}}, \text{км}^2$	Зона обслуживания пригорода $S_{\text{пригорода}}, \text{км}^2$
1	1502,8	20342,7	16	1800,6	17004,1
2	1280,4	12557,9	17	1946,5	18420,5
3	1543,8	14856,75	18	2001,8	27884,9
4	1879,1	19711,0	19	2971,3	15352,7
5	3099,3	39332,8	20	1004,9	32001,4
6	2908,5	23498,1	21	264,9	20119,5
7	234,4	9004,3	22	974,5	20911,5
8	1997,4	30288,2	23	1349,0	29810,2
9	1333,2	17540,2	24	1200,3	36721,1
10	2186,3	19044,5	25	2004,5	25001,1
11	2140,5	34555,8	26	1790,3	10999,3
12	2659,8	11763,0	27	1756,0	17555,2
13	3760,2	45000,1	28	1438,5	40123,4
14	1742,3	29650,6	29	1300,8	24005,7
15	1200,9	32810,2	30	1452,1	13440,1

5. Порядок выполнения работы

5.1. В таблице 2 заданы возможные радиусы рабочей зоны базовых станций (БС) и количество БС, которые используются о одним кластере. Необходимо выбрать два варианта для расчёта на территории города и пригорода. Формулы для расчёта приведены ниже.

Таблица 2.

Возможные радиусы рабочей зоны базовой станции									
3	6	8	8,5	12	15	20	24	29	35

Количество базовых станций, которые используются в одном кластере, т.е. количество сот в одном кластере									
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

5.2. Площадь зоны обслуживания определяется по формуле (1);

$$S = \pi R_0^2 \quad (1)$$

5.3. Расчёт радиуса зоны обслуживания R_0 , км производится по формуле (2)

$$R_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (2)$$

5.4. Число сот L можно определить по формуле (3)

$$L = 1,21 \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \quad (3)$$

Число БС равно числу сот, т.к. на каждую соту приходится одна БС.

5.5. Соты группируются в кластеры. В одном кластере находится C базовых станций, работающих в неповторяющихся диапазонах частот. Количество кластеров определяется по формуле (4)

$$N = \frac{L}{C} \quad (4)$$

5.6. Защитный интервал рассчитывается по формуле (5)

$$D = R\sqrt{3C} \quad (5)$$

Пример. Исходные данные: площадь зоны обслуживания города равна 1200 км², площадь зоны обслуживания пригорода равна 30000 км².

По формуле (2) определяем радиус зоны обслуживания для города и пригорода.

$$R_{0,город} = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{1200}{3,14}} = 19,544 \text{ км}$$

$$R_{0,пригород} = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{30000}{3,14}} = 97,720 \text{ км}$$

Для того чтобы рассчитать количество сот необходимо в таблице 2 выбрать значения радиуса рабочей зоны БС два для города и два для пригорода.

Для города выбираем $R_{1,город} = 3 \text{ км}$, $R_{2,город} = 6 \text{ км}$

$$L_{1,город} = 1,21 \left(\frac{19,544}{3} \right)^2 = 51,353 \approx 51$$

$$L_{2,город} = 1,21 \left(\frac{19,544}{6} \right)^2 = 12,838 \approx 12$$

Для пригорода выбираем $R_{1,пригород} = 15 \text{ км}$, $R_{2,пригород} = 35 \text{ км}$

$$L_{1,пригород} = 1,21 \left(\frac{97,720}{15} \right)^2 = 51,353 \approx 51$$

$$L_{2,пригород} = 1,21 \left(\frac{97,720}{35} \right)^2 = 9,432 \approx 9$$

Для определения количества кластеров необходимо в таблице 2 выбрать размерность кластера, т.е. количество БС, которые используются в одном кластере два для города и два для пригорода.

Для города $C_1 = 6$, $C_2 = 12$

$$N_{11,города} = \frac{L_{1,города}}{C_1} = \frac{51}{6} = 8,5 \approx 8$$

$$N_{12,города} = \frac{L_{2,города}}{C_1} = \frac{12}{6} = 2$$

$$N_{21,города} = \frac{L_{1,города}}{C_2} = \frac{51}{12} = 4,25 \approx 4$$

$$N_{22,города} = \frac{L_{2,города}}{C_2} = \frac{12}{12} = 1$$

Для пригорода $C_1 = 3$, $C_2 = 9$

$$N_{11,пригорода} = \frac{L_{1,пригорода}}{C_1} = \frac{51}{3} = 17$$

$$N_{12,пригорода} = \frac{L_{2,пригорода}}{C_1} = \frac{9}{3} = 3$$

$$N_{21,пригорода} = \frac{L_{1,пригорода}}{C_2} = \frac{51}{9} = 5,666 \approx 5$$

$$N_{22,пригорода} = \frac{L_{2,пригорода}}{C_2} = \frac{9}{9} = 1$$

На основании проведённых расчётов можно выбрать наиболее подходящие параметры системы сотовой связи.

Для города выбираем

$$R_{2,город} = 6\text{км} \quad C_1 = 6$$

Таким образом, сеть сотовой связи города состоит из двух кластеров размерностью 6 с одним центром коммутации, который имеет выход к ТфОП.

Для пригорода выбираем

$$R_{2,пригород} = 35\text{км} \quad C_1 = 3$$

Таким образом, сеть сотовой связи пригорода состоит из трёх кластеров размерностью 3 с двумя центрами коммутации, который не имеет выход к ТфОП.

ЦК города и пригорода соединены между собой.

По полученным данным изображаем схему сети сотовой системы связи на рис.2.

Рассчитываем защитный интервал по формуле (5)

$$D_{город} = 6\sqrt{3 \cdot 6} = 25,456\text{км}$$

$$D_{пригород} = 35\sqrt{3 \cdot 3} = 105\text{км}$$

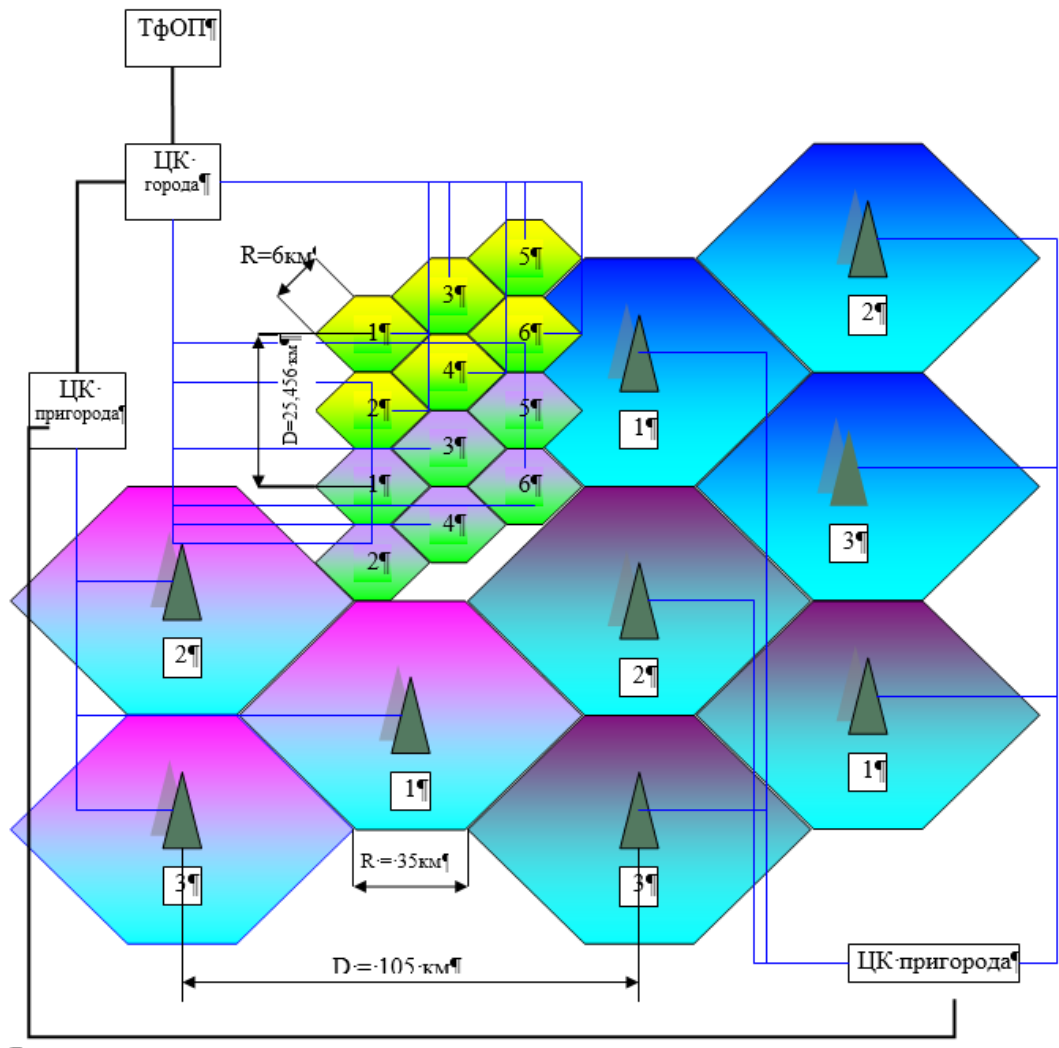


Рис.1. Схема сети сотовой связи.

- 6. Содержание отчета**
- Название работы
 - Исходные данные
 - Расчет параметров п.5.2-5.6.
 - Схема сети сотовой связи.

Практическое занятие 6

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

1. **Цель работы:** освоение навыков расчета основных параметров сетей подвижной связи.

2. **Задачи работы:**

- приобрести навыки расчета основных параметров сетей подвижной связи;
- закрепить теоретические знания по теме Принцип организации сетей подвижной связи.

3. **Подготовка к работе**

Повторите теоретический материал по теме Принцип организации сетей подвижной связи.

4. **Задание**

4.1. Произвести расчёт периода мультикадра, одного TDMA-кадра и одного временного слота по рис.1 и указать их на рисунке в отчёте.

4.2. Приведите блок-схему передатчика системы TETRA и опишите последовательность подготовки сигнала к передаче по радиоканалу.

5. **Порядок выполнения работы**

5.1. Изобразите временную структура системы TETRA.

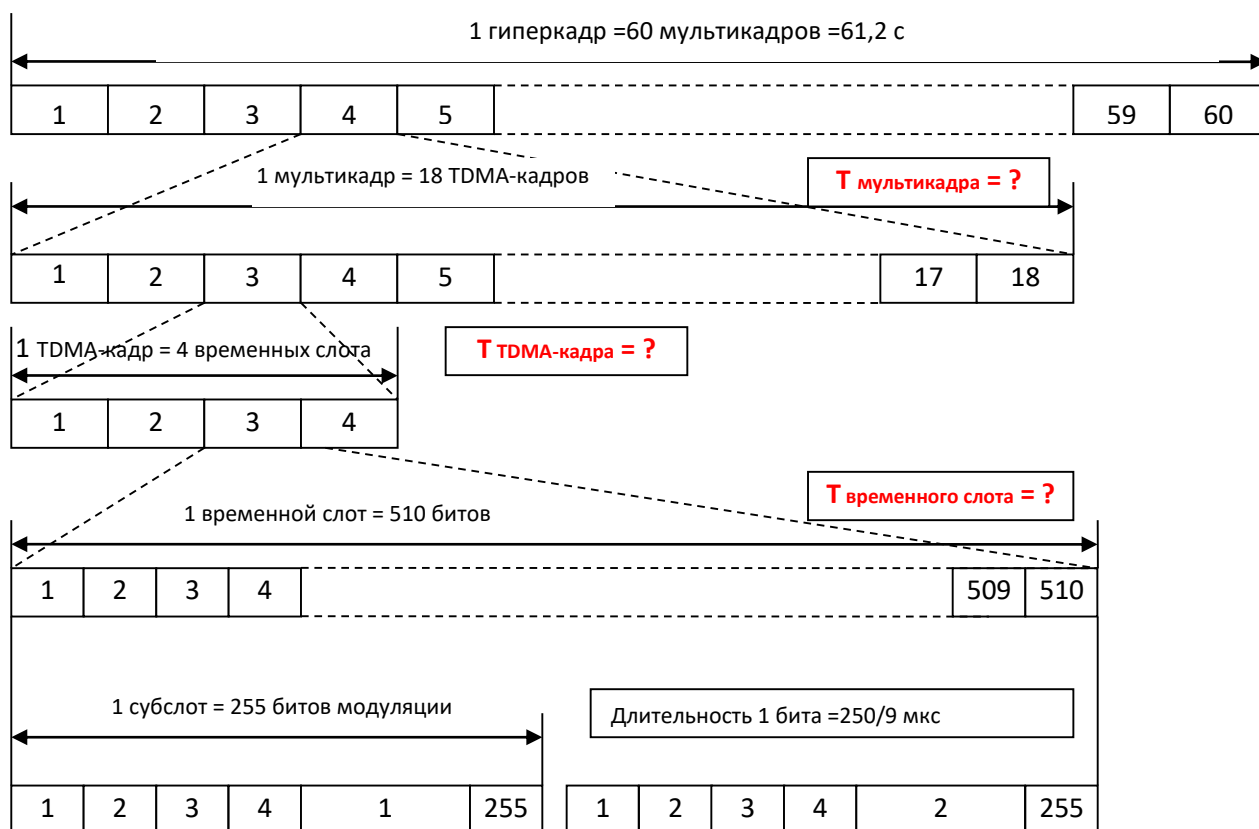


Рис.1. Временная структура системы TETRA.

5.2. Рассчитайте по параметрам рисунка 1 периода мультикадра, одного TDMA-кадра и одного временного слота.

$$T_{\text{мультикадра}} = T_{\text{гиперкадра}} / N_{\text{мультикадров}} \quad (1)$$

$$T_{\text{TDMAкадра}} = T_{\text{мультикадра}} / N_{\text{TDMAкадров}} \quad (2)$$

$$T_{\text{временного слота}} = T_{\text{TDMAкадра}} / N_{\text{временных слотов}} \quad (2)$$

6. **Содержание отчета**

- Название работы
- Исходные данные
- Временная структура системы TETRA
- Расчет параметров п.5.2.

Практическое занятие 7

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ОРГАНИЗАЦИИ КАНАЛОВ СПС

- 1. Цель работы:** освоение навыков организации каналов систем подвижной связи.
- 2. Задачи работы:**
 - приобрести навыки организации каналов систем подвижной связи;
 - приобрести навыки расчета параметров каналов систем подвижной связи;
 - закрепить теоретические знания по теме Принципы организации каналов систем подвижной связи

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Принципы организации каналов систем подвижной связи.

4. Задание

- 4.1. Изобразите структурную схему системы подвижной связи на количество каналов в соответствии с исходными данными (таблица 1).
- 4.2. Рассчитайте полосы частот, образующихся на выходе модулятора для каждого канала в соответствии с исходными данными (таблица 1).
- 4.3. Изобразите спектральную диаграмму группового линейного сигнала.

Исходные данные

таблица 1

вариант	Первая буква фамилии обучающегося	Количество каналов	Номер N-ого канала несущего сигнала	Значение несущей частоты N-ого канала, МГц	Полоса частот на выходе полосового фильтра
1	А, К, Ф, Е, П, Щ	8	6	1200	нижняя
2	Б, Л, Х, Ё, Р, Э	7	5	1400	верхняя
3	В, М, Ц, Ж, С, Ю	6	4	1500	нижняя
4	Г, Н, Ч, З, Т, Я	9	3	1600	верхняя
5	Д, О, Ш, И, У	8	2	1700	нижняя

7. Порядок выполнения работы

- 7.1. Изобразите структурную схему.
- 7.2. Рассчитайте полосы частот.
- 7.3. Изобразите спектральную диаграмму группового линейного сигнала.

8. Содержание отчета

- Название работы
- Исходные данные
- Структурная схема
- Расчет параметров
- Спектральная диаграмма линейного группового сигнала

Практическое занятие 8

КОДИРОВАНИЕ РЕЧИ В СТАНДАРТАХ СПС

1. Цель работы: ознакомиться с принципом кодирования речевого сигнала, кодирования речи с полной скоростью и кодирование речи с половинной скоростью систем подвижной связи.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки кодирования речевого сигнала;
- приобрести навыки кодирования речи с полной скоростью и кодирование речи с половинной скоростью систем подвижной связи;
- закрепить теоретические знания по теме Кодирование речи в стандартах систем подвижной связи

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Принципы организации каналов систем подвижной связи.

4. Задание

4.1. Перечислите три стандарта кодирования речи в системе GSM.

4.2. Изобразите схему полноскоростного GSM-кодера речи. На схеме укажите размерность (в битах) сигналов на входе и выходе фильтров.

4.3. Поясните принцип работы полноскоростного GSM-кодера речи.

4.4. Изобразите схему GSM-кодера речи с половинной скоростью кодирования.

4.5. Преимущества GSM-кодера речи с половинной скоростью кодирования.

5. Порядок выполнения работы

5.1. Изобразите структурную схему.

5.2. Рассчитайте полосы частот.

5.3. Изобразите спектральную диаграмму группового линейного сигнала.

6. Содержание отчета

- Название работы
- Список стандартов кодирования речи
- Схема полноскоростного GSM-кодера речи
- Схема GSM-кодера речи с половинной скоростью кодирования
- Преимущества GSM-кодера речи с половинной скоростью кодирования

Практическое занятие 9

МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ПОТОКОВ

Цель занятия: в результате выполнения и изучения практической работы студент должен знать:

- методы объединения цифровых потоков в PDH;
- требования к структуре цикла передачи в ЦСП с временным группообразованием в PDH.

Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен уметь:

- сделать расчет цикла передачи в ЦСП с временным группообразованием в оборудовании PDH;
- построить структуру цикла передачи в ЦСП с временным группообразованием в оборудовании PDH.

1. Краткие сведения из теории:

Временное объединение цифровых потоков.

Объединение цифровых потоков происходит при формировании группового цифрового сигнала из цифровых потоков систем более низкого порядка, а также при объединении различных сигналов, передаваемых в цифровом виде, в единый цифровой поток.

При формировании группового цифрового сигнала возможны следующие способы объединения цифровых потоков:

- посимвольный (поразрядный);
- поканальный (по кодовым группам каналов)
- посистемный (по циклам потоков объединяемых систем).

На рис.1.а) показан принцип посимвольного, а на рис.1.б) поканального объединения цифровых потоков. В обоих случаях объединяются четыре потока.

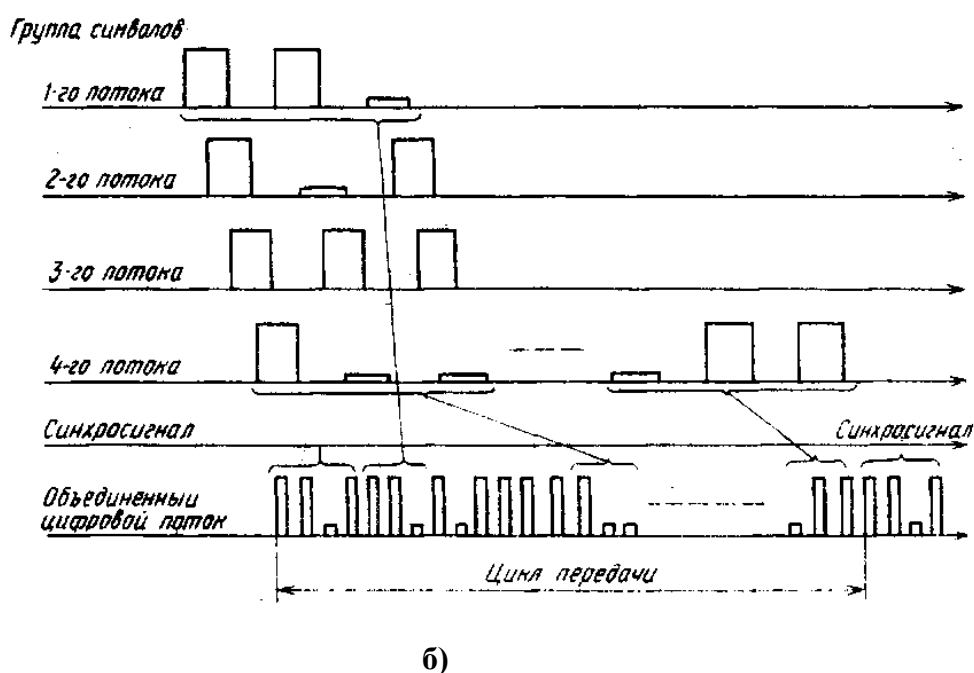
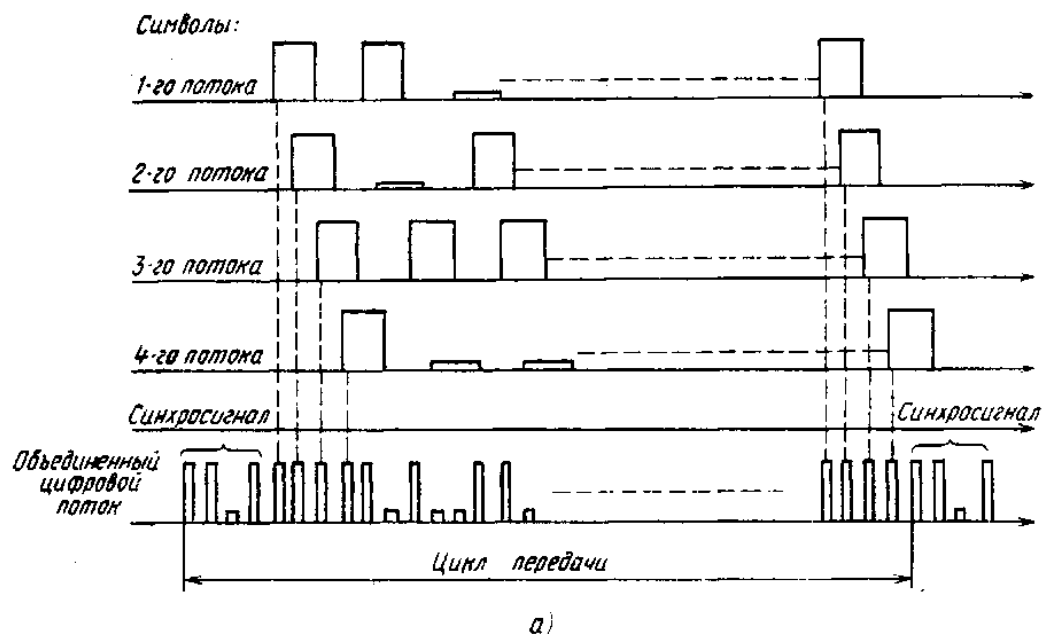


Рис.1. Формирование группового цифрового сигнала различными

способами объединения цифровых потоков:

а) — посимвольный; б) - поканальный

При посимвольном объединении импульсы цифровых сигналов объединяемых систем укорачиваются и распределяются во времени так, чтобы в освободившихся интервалах могли разместиться вводимые импульсы других систем.

При поканальном объединении цифровых потоков сужаются и распределяются во времени интервалы, отводимые для кодовых групп.

Сигналы цикловой синхронизации необходимы для правильного распределения

цифровых потоков на приемном конце.

Объединение цифровых потоков по циклам аналогично поканальному объединению, только обрабатывается (сжимается) во времени и передается целиком цикл одного цифрового потока, а потом следующих.

Наиболее простым и широко применяемым способом является способ посимвольного объединения. Объединение цифровых потоков осуществляется в оборудовании временного группообразования.

В ЦСП с ИКМ работа оборудования передающих трактов отдельных ЦСП, осуществляется автономно от собственных задающих генераторов. Цифровые потоки, сформированные данными системами, будут асинхронными относительно друг друга.

Поэтому в типовых ЦСП с ИКМ применяется оборудование временного группообразования (ОВГ) с асинхронным объединением цифровых потоков.

Возможны следующие соотношения между частотами записи и считывания асинхронных цифровых потоков:

1. Скорость записи меньше скорости считывания $f_{зп} < f_{сч}$.
2. Скорость записи больше скорости считывания $f_{зп} > f_{сч}$.

Поскольку объем ЗУ ограничен, то в первом случае через некоторое время произойдет опустошение ЗУ, а во втором случае – переполнение ЗУ.

Для предотвращения опустошения ЗУ периодически требуется производить запрет считывания из ЗУ, а в агрегатном потоке передавать незначащие биты (вставки или стаффинг). Для предотвращения переполнения необходимо периодически производить дополнительное считывание бит из ЗУ с более высокой скоростью.

Данный процесс выравнивания скорости поступающих компонентных потоков со скоростью передачи называется согласованием скоростей.

В зависимости от знака разности частот $f_{з}$ и $f_{сч}$, и при возникновении неоднородности необходимо: либо вводить в считанную последовательность дополнительный тактовый интервал, либо изымать его и передавать по дополнительному каналу.

В реальной аппаратуре объединения потоков необходимо передавать еще служебные сигналы (цикловую синхрокомбинацию, команды согласования скоростей, импульсы служебной связи, аварийные сигналы и др.), поэтому частота считывания выбирается больше частоты записи.

В зависимости от соотношения частот записи и считывания выделяют следующие методы согласования скоростей при построении ЦСП:

1. Положительное согласования скоростей,

2. Отрицательное согласования скоростей,
3. Положительно-отрицательно-нулевое или двустороннее согласования скоростей.

Требования к структуре цикла передачи.

2. Соотношение количества информационных и служебных символов должно быть таким, чтобы обеспечить требуемые параметры ЦСП.
3. Число следующих подряд служебных символов должно быть минимальным, а их распределение в цикле – равномерным.
4. Распределение символов синхросигнала и команд согласования скоростей в цикле передачи должно обеспечить минимальное время восстановления синхросигнала и максимальную помехоустойчивость КСС.
5. Структура цикла должна обеспечить возможность простого перехода от асинхронного режима работы к синхронному и наоборот.
6. Длительность цикла должна быть по возможности минимальной.

Расчет структуры цикла.

1. Соотношение числа информационных и служебных символов в цикле передачи для каждого входного потока рассчитывается по формуле:

$$\frac{f_{з.и.}}{f_{сч.и.} - f_{з.и.}} = \frac{a_1}{b_1} \quad (1)$$

где $f_{з.и.}$ – частота записи информации;

$f_{сч.и.}$ – частота считывания информации;

$\frac{a_1}{b_1}$ - несократимая дробь.

2. Количество информационных символов в цикле передачи рассчитывается по формуле:

$$A = i \cdot q \cdot a_1 \quad (2)$$

где $i=1,2,\dots$ линейное значение i рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{q \cdot m + b_1 + d_{сл} + d_{к} + d_{Д} + d_{u}}{q \cdot b_1} \quad (3)$$

где q – число объединенных сопряженных потоков ($q=4$);

m – число символов в одной команде согласования скоростей ($m=3$);

b_1 – минимальное число служебных символов в цикле передачи (из формулы 1)

$d_{сл}$ – символы цифровой служебной связи ($d_{сл}=4$);

d_k – символы контроля и сигнализации ($d_k=4$);

$d_{и}$ – информационные символы при ОСС – отрицательном согласовании скоростей ($d_{и}=4$);

a_1 – минимальное число информационных символов в цикле передачи (из формулы 1)

Полученное значение округлять в сторону большего.

3. Количество служебных символов в цикле рассчитывается по формуле:

$$B = i \cdot q \cdot b_1 \quad (4)$$

4. Количество символов в цикле передачи рассчитывается по формуле:

$$N = A + B, \text{ симв} \quad (5)$$

Построение структуры цикла.

Цикл разбивается равномерно на 4 группы. Вид передаваемой информации в группах указан в таблице 1. Необходимо указать номера позиций в цикле.

Таблица 1

Вид передаваемой информации	Номера позиций в цикле	Номера групп в цикле
Синхросигнал	I
Информационные символы	
Первые символы КСС	II

Символы служебной связи	.....
Информационные символы	.....
Вторые символы КСС	.....	III
Символы дискретной информации	.....
Информационные символы	.....
Третьи символы КСС	.....	IV
Информационные символы ОСС	.....
Информационные символы	.....

2. Пример выполнения задания.

Исходные данные:

- тактовая частота группового сигнала – 8448 кГц;
- тактовая частота входного сигнала – 2048 кГц;
- число сопрягаемых потоков – 4;
- число корректируемых искажений символов – КСС – 1;
- среднее время поиска синхронизма, мс не более – 10.

Решение:

$$1. \frac{f_{з.и.}}{f_{сч.и.} - f_{з.и.}} = \frac{a_1}{b_1} = \frac{2048}{\left(\frac{8448}{4}\right) - 2048} = \frac{32}{1}$$

$$2. i = \frac{4 \cdot 3 + 1 + 4 + 4 + 4 + 4}{4 \cdot 1} = 8$$

$$3. A = I \cdot q \cdot a_I = 8 \cdot 4 \cdot 32 = 1024, \text{ симв.}$$

$$4. B = i \cdot q \cdot b_I = 8 \cdot 4 \cdot 1 = 32, \text{ симв.}$$

$$5. N = A + B = 1024 + 32 = 1056, \text{ симв.}$$

Построение структуры цикла.

Цикл разбивается равномерно на 4 группы, в каждой по $1056 : 4 = 264$ символа.

Служебные символы распределяются в цикле равномерно, в каждой группе по $32 : 4 = 8$ символов.

Информационные символы в цикле также распределяются равномерно по $1024 : 4 = 256$ символов в каждой группе.

Число символов КСС составляет $m \times q = 3 \times 4 = 12$ символов, которые распределяются равномерно на 3 группы. Рассчитанная структура цикла приведена в таблице 2.

Таблица 2

Вид передаваемой информации	Номера позиций в цикле	Номера групп в цикле
Синхросигнал	1-8	I
Информационные символы	9-264	
Первые символы КСС	1-4	II
Символы служебной связи	5-8	
Информационные символы	9-264	
Вторые символы КСС	1-4	III
Символы дискретной информации	5-8	
Информационные символы	9-264	
Третьи символы КСС	1-4	IV
Информационные символы	5-8	
ОСС	9-264	

Информационные символы		
------------------------	--	--

3. Порядок выполнения задания.

1. Приведите требования к структуре цикла передачи в ЦСП с временным группообразованием в оборудовании плездохронной цифровой иерархии (PDH).
2. Осуществите расчет структуры цикла передачи.
3. Постройте структуру цикла в виде таблицы, подставляя значения, полученные в результате расчета.
Исходные данные в соответствии с вариантом приведены в таблице 3.

Таблица 3

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Исходные данные:										
Тактовая частота группового сигнала, кГц	4352	3584	7168	6656	6912	5888	2304	6400	5376	3328
Тактовая частота входного сигнала, кГц	1024	832	1728	1600	1664	1408	512	1536	1280	768
Число сопряженных потоков	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Число корректируемых искажений КСС	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Среднее время поиска синхросигнала, мс (не более)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

4. Контрольные вопросы.

1. Перечислите основные требования к структуре цикла передачи.
2. Цифровые потоки PDH, сформированные оборудованием ЦСП с ИКМ будут синхронными или асинхронными относительно друг друга?
3. Дайте определение способа посимвольного объединения цифровых потоков.
4. Каким образом распределяется структура цикла?
5. Каким должно быть время восстановления синхросигнала?

Самостоятельная работа по практической работе

«Мультиплексирование цифровых потоков».

Самостоятельная работа по теме занятия включает в себя:

- изучение теоретического материала лекционных занятий, учебной литературы, Интернет-ресурсов, раздела «Краткие сведения из теории» настоящего описания ПР;

- выполнение практических заданий и решение задач:

1. Скорость записи должна быть больше или меньше скорости считывания?
2. Как называется процесс выравнивания скоростей поступающих компонентных потоков?
3. Перечислите способы объединения цифровых потоков.
4. Для чего предназначены сигналы цикловой синхронизации?

Практическая работа 10 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Цель занятия: в результате выполнения и изучения практической работы студент должен знать:

- основные термины и определения;
- понятие долговременных и оперативных норм для показателей ошибок;
- методику расчета норм на электрические параметры ОЦК и сетевых трактов.

Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен уметь:

- определять показатели ошибок для ОЦК;
- определять блок с ошибками для сетевых трактов;
- пояснять назначения показателей ошибок ОЦК и цифровых трактов;
- производить расчёты оперативных норм на показатели ошибок ОЦК.

1. Краткие сведения из теории.

1.1. Определения показателей ошибок для ОЦК.

- Секунда с ошибками (Errored Second)—ESK—период в 1 с, в течение которого наблюдалась хотя бы одна ошибка.
- Секунды, пораженные ошибками (Severely Errored Second) — SES_K — период в 1 с, в течение которого коэффициент ошибок был более 10^{-3} .
- Коэффициент ошибок по секундам с ошибками — (ESR) — отношение числа ESK к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- Коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками - SESR — отношение числа SES_K к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- Блок с ошибками (Errored Block) — EB, — блок, в котором один или несколько битов, входящих в блок, являются ошибочными.

1.2. Виды качественных показателей.

Для показателей ошибок разработаны следующие виды эксплуатационных норм:

1. долговременные нормы.
2. оперативные нормы.

Долговременные нормы определены на основе рекомендаций МСЭ-Т G.821 (для каналов 64 кбит/с) и G.826 (для трактов со скоростью от 2048 кбит/с и выше).

Проверка долговременных норм требует в эксплуатационных условиях длительных периодов измерения — не менее 1 месяца. Эти нормы используются при проверке качественных показателей цифровых каналов и трактов новых систем передачи (или нового оборудования отдельных видов, оказывающего влияние на эти показатели), которые ранее на первичной сети нашей страны не применялись.

Оперативные нормы относятся к экспресс-нормам, они определены на основе рекомендаций МСЭ-Т М.2ШО, М.2110, М.2120.

Оперативные нормы требуют для своей оценки относительно коротких периодов измерения. Среди оперативных норм различают следующие:

- нормы для ввода трактов в эксплуатацию,
- нормы технического обслуживания,
- нормы восстановления систем.

1.3. Общие расчетные эксплуатационные нормы на показатели ошибок для международного соединения протяженностью 27500 км.

Вид тракта (канала)	Скорость, кбит/с	А			В	
		Долговременные нормы			Оперативные нормы	
		ESR	SESR	ВВЕР	ESR	SESR
ОЦК	64	0,08	0,002	-	0,04	0,001
ПЦП	2048	0,04	0,002	3×10^{-4}	0,02	0,001
ВЦП	8448	0,05	0,002	2×10^{-4}	0,025	0,001
ТЦП	34368	0,075	0,002	2×10^{-4}	0,0375	0,001
ЧЦП	139264	0,16	0,002	2×10^{-4}	0,08	0,001

Примечание: Приведенные данные для долговременных норм соответствуют Рекомендациям МСЭ-Т G.821 (для канала 64 кбит/с) и G.826 (для трактов со скоростями от 2048 убит/с и выше), для оперативных норм- Рекомендации МСЭ-Т M.2100.

Распределение предельных норм на показатели ошибок по участкам тракта (канала) первичной сети.

Вид кан	Участок	Длина, км	Оперативные нормы	
			ESR	SESR
ОЦК	Аб. лин	—	$0,15 \times B$	$0,15 \times B$
	МПС	100	$0,075 \times B$	$0,075 \times B$
	ВЗПС	600	$0,075 \times B$	$0,075 \times B$
	СМП	12500	$0,2 \times B$	$0,2 \times B$
ЦСТ	МПС	100	$0,075 \times B$	$0,075 \times B$
	ВЗПС	600	$0,075 \times B$	$0,075 \times B$
	СМП	12500	$0,2 \times B$	$0,2 \times B$

1.5. Доля эксплуатационных норм на показатели ошибок для участка тракта (канала) длиной $L_{км}$ на магистральной и внутризоновых первичных сетях России для определения долговременных норм. (таблица 5.4.)

СМП			ВЗПС		
№ п/п	Длина, км	C_1	№ п/п	Длина, км	C_2
1	≤ 250	0,004	1	≤ 50	0,0062
2	≤ 500	0,008	2	≤ 100	0,0125
3	≤ 750	0,012	3	≤ 150	0,0188
4	≤ 1000	0,016	4	≤ 200	0,0250
5	≤ 1500	0,024	5	≤ 300	0,0375
6	≤ 2000	0,032	6	≤ 400	0,0500
7	≤ 2500	0,040	7	≤ 500	0,0625
8	≤ 5000	0,080	8	≤ 600	0,0750
9	≤ 7500	0,120			
10	≤ 10000	0,160			
11	≤ 12500	0,200			

1.6. Доля эксплуатационных норм на показатели ошибок для тракта (канала) длиной Lкм на магистральной и внутризонавых первичных сетях ВСС России для определения оперативных норм.

СМП			ВЗПС		
№ п/п	Длина, км	D,	№ п/п	Длина, км	
1	<250	0,015	1	<50	0,023
2	<500	0,020	2	<100	0,030
3	<750	0,025	3	<150	0,039
4	<1000	0,030	4	<200	0,048
5	<1500	0,038	5	<300	0,055
6	<2000	0,045	6	<400	0,059
7	<2500	0,050	7	<500	0,063
8	<5000	0,080	8	<600	0,0750
9	<7500	0,110	9		
10	<10000	0,140	10		
11	<12500	0,170	11		

1.7. Предельные значения показателей ошибок (ES и SES) по отношению к долговременной эталонной норме.

Системы передачи		Сетевые тракты, участки, ОЦК	
Вид испытания	K	Вид испытания	K
Ввод в эксплуатацию	0,1	Ввод в эксплуатацию	0,5
Ввод после ремонта	0,125	Ввод после ремонта	0,5
Ввод с пониженным качеством	0,5	Ввод с пониженным качеством	0,75
Эталонная норма	1,0	Эталонная норма	1,0
Вывод из эксплуатации	>10	Вывод из эксплуатации	>10

1.8. Оперативные нормы.

Оперативные нормы на показатели ошибок ОЦК основаны на измерении характеристик ошибок за секундные интервалы времени по двум показателям:

коэффициент ошибок по секундам с ошибками (ESR);

коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками (SESR).

Доля расчетных эксплуатационных норм показателей ошибок ОЦК длиной L,км на магистральной и внутризонавых первичных транспортных сетях РФ для определения оперативных норм приведена в таблице 5.1. Эта доля для канала (тракта) СМП обозначена D1, а для ВЗПС- D2.

Заданные значения длины тракта Lна:

СМП

- при $L < 1000$ км округлять до значения L, кратного 250 км в большую сторону,

- при $L > 1000$ км округлять до значения L, кратного 500 км в большую сторону;

ВЗПС:

- при $L < 200$ км округлять до значения L, кратного 50 км в большую сторону,

- при $L > 200$ км округлять до значения L, кратного 100 км в большую сторону.

При $L > 2500$ км для канала (тракта) СМП величина D1 определяется по формуле:

$$D1=0,05+\frac{L_1-2500}{500}\cdot 0,006 \quad (1)$$

Значения $D1$, $D2$ определяются 500 каждого участка, полученные значения D суммируются

$$D=\sum_{i=1}^n D_i \quad (2)$$

Для анализа результатов контроля определяются пороговые значения $S1$ и $S2$ числа ES и SES за период наблюдения T меньше или равное суткам и одно пороговое значение $BISO$ (нормы ввода в эксплуатацию) при $T=7$ суток.

Определяется среднее допустимое число ES' или SES за период наблюдения:

$$RPO=D \times T \times B \quad (3)$$

где RPO - эталонная норма на технические характеристики;

D - суммарное значение доли общей нормы, определенное по формуле 1;

T - период наблюдения в секундах;

B - общая норма на данный показатель (берется из таблицы 5.1.

Для ОЦК ES' - 4%, SES - 0.1%

Определяется пороговое значение $BISO$ за период наблюдения T по формуле:

$$BISO=k \times RPO \quad (4)$$

где k - коэффициент, определяемый назначением эксплуатационного контроля (значения k берутся из таблицы 5.6.)

Пороговые значения $S1$ и $S2$ рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} S1 &= BISO - \delta & (5) \\ S2 &= BISO + \delta & (6) \end{aligned}$$

где $\delta = 2 \cdot \sqrt{BISO}$

Вывод: Если за период наблюдения T по результатам эксплуатационного контроля получено число ES или SES , равное S , то

- при $S \geq S_2$
- при $S \leq S_1$

- тракт не принимается в эксплуатацию;

- тракт принимается в эксплуатацию;

- при $S_1 < S < S_2$ - тракт принимается условно с проведением дальнейших испытаний за более длительные сроки.

2. Пример выполнения задания.

Определить оперативные нормы на показатели $BISO$, S_1 , S_2 для ОЦК, передаваемого по СМП протяженностью $L_1=1650$ км и по двум ВЗПС протяженностью $L_2=190$ км и $L_3=450$ км, организованных по ВОЛС.

Решение:

Округляем заданное значение L_1 до 500 км в большую сторону, L_2 - до 50 км,

L_3 - до значения кратного 100 км.

$$\begin{aligned} L'_1 &= 2000 \text{ км} \\ L'_2 &= 200 \text{ км} \\ L'_3 &= 500 \text{ км} \end{aligned}$$

Определяем значение D_1 и D_2 по таблице 5.5.

$$\begin{aligned} D_1 &= 0,045 \\ D_{21} &= 0,048 \\ D_{22} &= 0,063 \end{aligned}$$

Суммарное значение D составит:

$$D_2 = 0,045 + 0,048 + 0,063 = 0,156$$

Полученное суммарное значение D не должно превышать для СМП-20%, для ВЗПС-7,5%, а для канала, проходящего по СМП и двум ВЗПС-35%.

Рассчитанное значение D составляет 15,6%, что не превышает 35%.

Определяем среднее допустимое число ES за период времени $T=1$ сутки (86400 секунд) по формуле:

$$\begin{aligned} RPO(ESR) &= 0,156 \cdot 86400 \cdot 0,04 = 539,14 \\ RPO(ESR) &= 0,156 \cdot 86400 \cdot 0,001 = 13,48 \end{aligned}$$

Определяем пороговое значение $BISO$ за период наблюдения 86400 секунд по формуле:

$$\begin{aligned} BISO(ESR) &= k \cdot RPO(ESR) = 0,5 \cdot 539,14 = 269,5 \\ BISO(ESR) &= k \cdot RPO(ESR) = 0,5 \cdot 13,48 = 6,74 \approx 7 \end{aligned}$$

Определяем значение по формуле:

$$\begin{aligned} \delta(ESR) &= 2 \cdot \sqrt{BISO(ESR)} = 2 \cdot \sqrt{269,57} = 32,84 \approx 33 \\ \delta(ESR) &= 2 \cdot \sqrt{7} = 5,29 \approx 5 \end{aligned}$$

Определяем пороговое значение $S_1(ESR)$ и $S_2(ESR)$ по формуле:

$$\begin{aligned} S_1(ESR) &= 269,57 - 33 = 236,57 \\ S_2(ESR) &= 269,57 + 33 = 302,57 \end{aligned}$$

Определяем пороговое значение $S_1(ESR)$ и $S_2(ESR)$ по формуле:

$$\begin{aligned} S_1(ESR) &= 7 - 5 = 2 \\ S_2(ESR) &= 7 + 5 = 12 \end{aligned}$$

Допустимые пределы BIS для ОЦК (64 кбит/сек)

Доля нормы для тракта Г	ES (4%) 1 день				ES7 дней	SES (0,1%) 1 день				SES 7 дней
	RPO	BISO	S1	S2	BISO	RPO	BISO	S1	S2	BISO
0,50	17	9	3	15	60	0	0	0	1	2
1,00	35	17	9	26	121	1	0	0	2	3
1,50	52	26	16	36	181	1	1	0	2	5
2,00	69	35	23	46	242	2	1	0	3	6
2,50	86	43	30	56	302	2	1	0	3	8
3,00	104	52	37	66	363	3	1	0	4	9
3,50	121	60	45	76	423	3	2	0	4	11
4,00	138	69	52	86	484	3	2	0	4	12
4,50	156	78	60	95	544	4	2	0	5	14
5,00	173	86	68	105	605	4	2	0	5	15
5,50	190	95	76	115	665	5	2	0	5	17
6,00	207	104	83	124	726	5	3	0	6	18
6,50	225	112	91	134	786	6	3	0	6	20
7,00	242	121	99	143	847	6	3	0	7	21
7,50	259	130	107	152	907	6	3	0	7	23
8,00	276	138	115	162	968	7	3	0	7	24

8,50	294	147	123	171	1028	7	4	0	8	26
9,00	311	156	131	180	1089	8	4	0	8	27
9,50	328	164	139	190	1149	8	4	0	8	29
10,00	346	173	147	199	1210	9	4	0	8	30
10,50	363	181	155	208	1270	9	5	0	9	32
11,00	380	190	163	218	1331	10	5	0	9	33
11,50	397	199	171	227	1391	10	5	1	9	35
12,00	415	207	179	236	1452	10	5	1	10	36
12,50	432	216	187	245	1512	11	5	1	10	38
13,00	449	225	195	255	1572	11	6	1	10	39
13,50	467	233	203	264	1633	12	6	1	11	41
14,00	484	242	211	273	1693	12	6	1	11	42
14,50	501	251	219	282	1754	13	6	1	И	44
15,00	518	259	227	291	1814	13	6	1	12	45
15,50	536	268	235	301	1875	13	7	2	12	47
16,00	553	276	243	310	1935	14	7	2	12	48
16,50	570	285	251	319	1996	14	У	2	12	50
17,00	588	294	259	328	2056	15	У	2	13	51
17,50	605	302	268	337	2117	15	У	2	13	53
18,00	622	311	276	346	2177	16	8	2	13	54
18,50	639	320	284	355	2238	16	8	2	14	56
19,00	657	328	292	365	2298	16	8	2	14	57
19,50	674	337	300	374	2359	17	8	3	14	59

1. Порядок выполнения задания.

Рассчитайте оперативные нормы на показатели ошибок основного цифрового канала (ОЦК), организованного по СМП (сети магистральной первичной) и по двум ВЗПС (внутризональным первичным сетям) с использованием ВОЛС (волоконно-оптических линий связи). в соответствии с предлагаемой в практической работе последовательностью. Варианты приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8.

Номер варианта	Вид сети связи	Длина участка сети, L, км	Вид рассчитываемых норм	Номер варианта	Вид сети связи	Длина участка сети L, км	Вид рассчитываемых норм	Номер варианта	Вид сети связи	Длина участка сети L, км	Вид рассчитываемых норм
1	смп	650	Оперативные	6	смп	650	Оперативные	11	смп	650	Оперативные
	ВЗПС1	178			ВЗПС1	178					
	ВЗПС2	275			ВЗПС2	275					
2	смп	996	Оперативные	7	смп	996	Оперативные	12	смп	996	Оперативные
	ВЗПС1	169			ВЗПС1	169					
	ВЗПС2	274			ВЗПС2	274					
3	смп	760	Оперативные	8	СМП	760	Оперативные	13	СМП	760	Оперативные
	ВЗПС1	130			ВЗПС1	130					
	ВЗПС2	280			ВЗПС2	280					
4	смп	990	Оперативные	9	смп	990	Оперативные	14	смп	990	Оперативные
	ВЗПС1	240			ВЗПС1	240					
	ВЗПС2	470			ВЗПС2	470					
5	смп	1475	Оперативные	10	смп	1475	Оперативные	15	смп	1475	Оперативные
	ВЗПС1	145			ВЗПС1	145					

Контрольные вопросы.

1. При каких условиях тракт не принимается в эксплуатацию?
2. От чего зависит длительность периода измерений?
3. Дать определение и объяснить назначение термина «Секунда с ошибками (Errored Second)—ESK».
4. Дать определение и объяснить назначение термина «Секунды, пораженные ошибками (Severely Errored Second) — SESk».
2. Дать определение и объяснить назначение термина «Блок с ошибками (Errored Block) — EB».

Практическое занятие 11

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ КОДОВ АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЙ

Цель практического занятия:

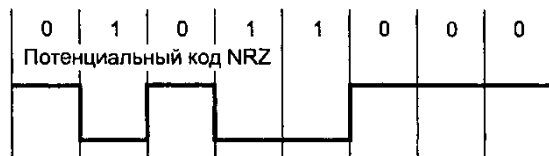
Уметь выполнять операции построения линейных кодов по заданному значению кодовой группы. Иметь представление о требованиях, предъявляемых к кодам и методах их выполнения, применяемых в различных транспортных сетях.

1. Краткие сведения из теории.

Линейные коды предназначены для преобразования сигнала в вид, позволяющий получить дополнительные возможности при передаче сигнала на противоположный конец.

1.1 Потенциальный код без возвращения к нулю NRZ

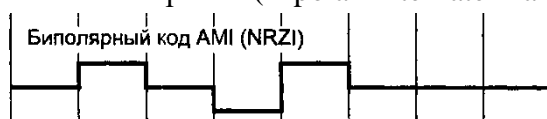
Метод потенциального кодирования, называется также кодированием *без возвращения к нулю* (*Non Return to Zero, NRZ*). Последнее название отражает то обстоятельство, что при передаче последовательности единиц сигнал не возвращается к нулю в течение такта.



Метод NRZ прост в реализации, обладает хорошей распознаваемостью ошибок (из-за двух резко отличающихся потенциалов), но не обладает свойством самосинхронизации. При передаче длинной последовательности единиц или нулей сигнал на линии не изменяется, по этому приемник лишен возможности определять по входному сигналу моменты времени, когда нужно в очередной раз считывать данные. Даже при наличии высокоточного тактового генератора приемник может ошибиться с моментом съема данных, так как частоты двух генераторов никогда не бывают полностью идентичными. Поэтому при высоких скоростях обмена данными и длинных последовательностях единиц или нулей небольшое рассогласование тактовых частот может привести к ошибке в целый такт и, соответственно, считыванию некорректного значения бита. Другим серьезным недостатком метода NRZ является наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных последовательностей единиц или нулей. Из-за этого многие каналы связи, не обеспечивающие прямого гальванического соединения между приемником и источником, этот вид кодирования не поддерживают. В результате в чистом виде код NRZ в сетях не используется. Тем не менее, используются его различные модификации, в которых устраняют как плохую самосинхронизацию кода NRZ, так и наличие постоянной составляющей. Привлекательность кода NRZ, из-за которой имеет смысл заняться его улучшением, состоит в достаточно низкой частоте основной гармоники f_0 , которая равна $N/2$ Гц, как это было показано в предыдущем разделе. У других методов кодирования, например манчестерского, основная гармоника имеет более высокую частоту.

1.2 Метод биполярного кодирования с альтернативной инверсией AMI

Одной из модификаций метода NRZ является метод биполярного кодирования с альтернативной инверсией (*Bipolar Alternate Mark Inversion, AMI*).



В этом методе используются три уровня потенциала - отрицательный, нулевой и положительный. Для кодирования логического нуля используется нулевой потенциал, а

логическая единица кодируется либо положительным потенциалом, либо отрицательным, при этом потенциал каждой новой единицы противоположен потенциалу предыдущей.

Код АМІ частично ликвидирует проблемы постоянной составляющей и отсутствия самосинхронизации, присущие коду NRZ. Это происходит при передаче длинных последовательностей единиц. В этих случаях сигнал на линии представляет собой последовательность разнополярных импульсов с тем же спектром, что и у кода NRZ, передающего чередующиеся нули и единицы, то есть без постоянной составляющей и с основной гармоникой $N/2$ Гц (где N - битовая скорость передачи данных). Длинные же последовательности нулей также опасны для кода АМІ, как и для кода NRZ - сигнал вырождается в постоянный потенциал нулевой амплитуды. Поэтому код АМІ требует дальнейшего улучшения, хотя задача упрощается - осталось справиться только с последовательностями нулей.

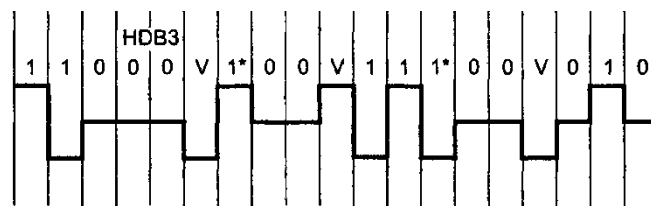
В целом, для различных комбинаций бит на линии использование кода АМІ приводит к более узкому спектру сигнала, чем для кода NRZ, а значит, и к более высокой пропускной способности линии. Например, при передаче чередующихся единиц и нулей основная гармоника f_0 имеет частоту $N/4$ Гц. Код АМІ предоставляет также некоторые возможности по распознаванию ошибочных сигналов. Так, нарушение строгого чередования полярности сигналов говорит о ложном импульсе или исчезновении с линии корректного импульса. Сигнал с некорректной полярностью называется *запрещенным сигналом (signal violation)*.

В коде АМІ используются не два, а три уровня сигнала на линии. Дополнительный уровень требует увеличение мощности передатчика примерно на 3 дБ для обеспечения той же достоверности приема бит на линии, что является общим недостатком кодов с несколькими состояниями сигнала по сравнению с кодами, которые различают только два состояния.

1.3 Код HDB3

Код HDB3 исправляет любые четыре подряд идущих нуля в исходной последовательности. Правила формирования кода HDB3:

Каждые четыре нуля заменяются четырьмя сигналами, в которых имеется один сигнал V. Для подавления постоянной составляющей полярность сигнала V чередуется при последовательных заменах. Кроме того, для замены используются два образца четырехтактовых кодов. Если перед заменой исходный код содержал нечетное число единиц, то используется последовательность 000V, а если число единиц было четным - последовательность 1*00V.



2. ЗАДАНИЕ.

1. Кратко поясните отличия перечисленных кодов.
2. Выполните построение кодов по заданному значению кодовой комбинации.

Практическое занятие 12

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ КОДОВ ВОСП

Цель практического занятия:

Иметь представление о требованиях, предъявляемых к кодам и методам их выполнения применяемых в различных транспортных сетях. Уметь выполнять операции построения блочных кодов по заданному значению кодовой группы.

2. Краткие сведения из теории.

Блочные коды предназначены для преобразования сигнала в вид, позволяющий получить дополнительные возможности при передаче сигнала на противоположный конец.

3. Требования к блочным кодам.

Требования к кодам приведены в таблице:

Требование к кодам	Требования к кабелю и сигналу
Увеличение длины участка регенерации	1. Уменьшение затухания кабеля. 2. Спектр сигнала должен быть смещён в низкочастотную область и ограничен сверху и снизу
Увеличение помехозащищённости фотоприёмника	Спектр сигнала должен быть узким
Возможность обнаружения ошибок без перерыва связи	Сигнал должен иметь избыточность
Устойчивость выделения тактовой частоты	1. Наличие в сигнале большого числа переходов «1» - «0» и «0» - «1». 2. Отсутствие длительной серии «0».
Удобство передачи сигнала по оптическому кабелю.	Использование сигналов с двумя уровнями.

4. Сравнение спектров кодов.

Сравнение кодов по спектрам приведено на рисунке: «Спектральные диаграммы кодов»

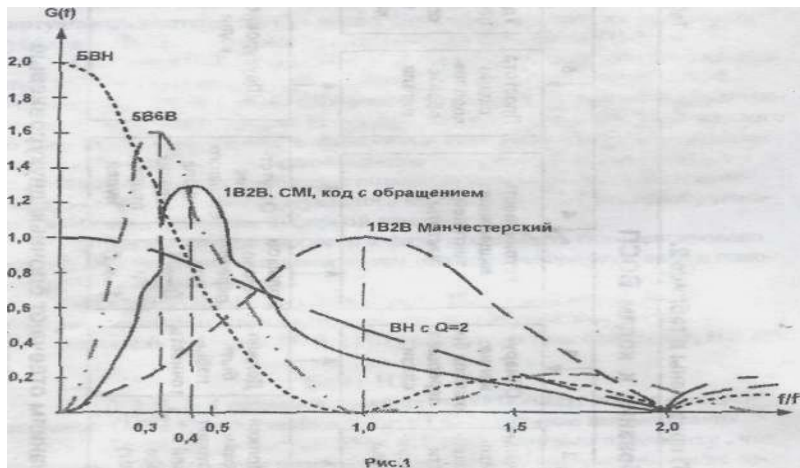


Рис. 1 Спектральные диаграммы кодов

Самый узкий спектр у кода 5В6В (максимум энергии сигнала находится на $1/3$ тактовой частоты). У кода 1В2В СМІ спектр тоже узкий (максимум энергии сигнала находится на $1/4$ тактовой частоты), но немного шире, чем у кода 5В6В. Спектр сигнала кодов 5В6В и 1В2В СМІ смещен в Н.Ч. область. У кода БВН спектр в два раза шире, чем у кодов 5В6В и 1В2В СМІ. Максимум энергии сигнала находится на $1/2$ тактовой частоты. Спектр сигнала кода также смещен в Н.Ч. область. У кода 1В2В «Манчестерского» спектр широкий. Максимум энергии сигнала находится на тактовой частоте. Спектр сигнала кода достигает удвоенной тактовой частоты.

5. Достоинства и недостатки блочных кодов.

Достоинства и недостатки блочных кодов приведены в таблице.

Тип кода	Достоинства	Недостатки
1В2В «Манчестерский»	<ol style="list-style-type: none"> Наличие избыточности позволяет контролировать ошибки без перерыва связи. Устойчивое выделение тактовой частоты из-за наличия в сигнале большого числа переходов «1»-«0» и «0» - «1» и отсутствия длительной серии «0». Относительно простая схема кодопреобразователя. 	<ol style="list-style-type: none"> Спектр широкий т.к. максимум энергии сигнала находится на тактовой частоте. Длина участка регенерации меньше, чем у других кодов. Меньше помехозащищённость фотоприёмника.
1В2В СМІ	<ol style="list-style-type: none"> Увеличена длина участка регенерации, т.к. спектр сигнала смещён в низкочастотную область и узкий. Наличие избыточности позволяет контролировать ошибки без перерыва связи. Относительно простая схема кодопреобразователя. 	<ol style="list-style-type: none"> Устойчивость выделения тактовой частоты меньше, т.к. меньше числа переходов «1»-«0» и «0» - «1».

<i>Тип кода</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
5B6B	<p>1. Увеличена длина участка регенерации, т.к. спектр сигнала смещён в низкочастотную область и узкий.</p> <p>2. Наличие избыточности позволяет контролировать ошибки без перерыва связи.</p> <p>3. Относительно простая схема кодопреобразователя.</p> <p>4. Больше помехозащищённость фотоприёмника, т.к. спектр узкий..</p>	<p>1. Устойчивость выделения тактовой частоты меньше, т.к. меньше числа переходов «1»-«0» и «0» - «1».</p>

6. Формирование блочных кодов.

5.1 Манчестерский код 1B2B

Манчестерский код 1B2B формируется следующим образом:

Импульс «1» заменяется блоком символов «10»; пробел («0») заменяется блоком символов «01». То есть, блок из одного символа «1» или «0» (1B) заменяется блоком из двух символов (2B), благодаря этому в код вводится избыточность. Поэтому есть возможность контролировать ошибки без перерыва связи. Замена в линейном сигнале «1» на «0» или «0» на «1» в блоках (2B) комбинацией «11» или «00», фиксируется как ошибка.

5.2 Код с обращением 1B2B

Код с обращением 1B2B формируется следующим образом:

Пробел («0») заменяется блоком «10»; импульс «1» заменяется попеременно блоками «11» и «00». То есть, блок из одного символа «1» или «0» (1B) заменяется блоком из двух символов (2B), благодаря этому в код вводится избыточность. Поэтому есть возможность контролировать ошибки без перерыва связи. Замена в линейном

сигнале «1» на «0» или «0» на «1» приведет к нарушению алгоритма передачи импульсов в цифровом потоке.

Увеличение избыточности в кодах 1B2B ведёт к увеличению тактовой частоты линейного сигнала в два раза и увеличению дисперсии.

Коды 1B2B применяются для передачи сигналов на небольшие расстояния (местные и локальные сети).

Для передачи сигналов на большие расстояния применяют блочные коды с меньшей избыточностью типа 5B6B.

В этом случае тактовая частота линейного сигнала увеличивается примерно на 20% относительно исходной.

5.3 Код 5B6B

Код 5B6B используется в отечественных транспортных сетях и формируется путем замены блока из пяти символов (5B) блоком из шести символов (6B). Поэтому сначала уменьшается длительность символов блока 5B с тем, чтобы за тот же интервал времени передать шесть символов блока 6B.

Порядок замены: если в 5B нечётное число единиц, 6-й символ «1», если чётное – 6-й символ «0».

ЗАДАНИЕ.

1. Приведите шесть требований к кодам ВОСП и их спектральные диаграммы.
2. Поясните формирование, а также достоинства и недостатки заданного в таблице кода (графа «Тип кода»).
3. Постройте заданную в таблице цифровую последовательность в кодах:
 - ✓ Двухуровневом блочном 1B2B манчестерским.
 - ✓ Двухуровневом блочном 1B2B CMI с обращением.
 - ✓ Двухуровневом блочном 5B6B.

Номер варианта	Цифровая последовательность															Тип кода
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1B2B CMI
2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1B2B манчестерский
3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1B2B CMI с обращением
4	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	5B6B

5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1B2B CMI
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1B2B манчестерский
7	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	5B6B
8	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1B2B CMI
9	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1B2B CMI с обращением
10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5B6B

Практическое занятие 13

ФОРМИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ STM-N

1. Цель работы: ознакомиться с принципом формирования модулей STM-N.

2. Задачи работы:

- приобрести навыки анализа заголовков модулей STM-N;
- закрепить теоретические знания по теме Формирование модулей STM-N

3. Подготовка к работе

Повторите теоретический материал по теме Формирование модулей STM-N.

4. Задание

4.1. Прочитать теорию.

4.2. Ответить на вопросы.

5. Порядок выполнения работы

5.1. Составить конспект.

5.2. Подготовить план ответа.

6. Содержание отчета

- Название работы
- Структура заголовка
- Структура SOH STM различного уровня
- Каналы DCC
- Трактовые заголовки POH VC-3 и VC-4

Краткие сведения из теории

ФУНКЦИИ ЗАГОЛОВКОВ

Заголовки выполняют следующие функции:

- Формирование кадра
- Мониторинг состояния
- Обнаружение ошибок
- Локализация ошибок
- Обеспечение функционирования и управления

Структура модулей STM-1 и STM-N такова, что заголовок всегда отделен от пользовательской информации. В результате возможно анализировать, менять и добавлять байты заголовков отдельных каналов в любое время без демультиплексирования всего модуля.

Различают секционные заголовки SOH (Section Overhead) и трактовые заголовки POH (Path Overhead) различного уровня. Область действия различных заголовков показана на Рис. 51.

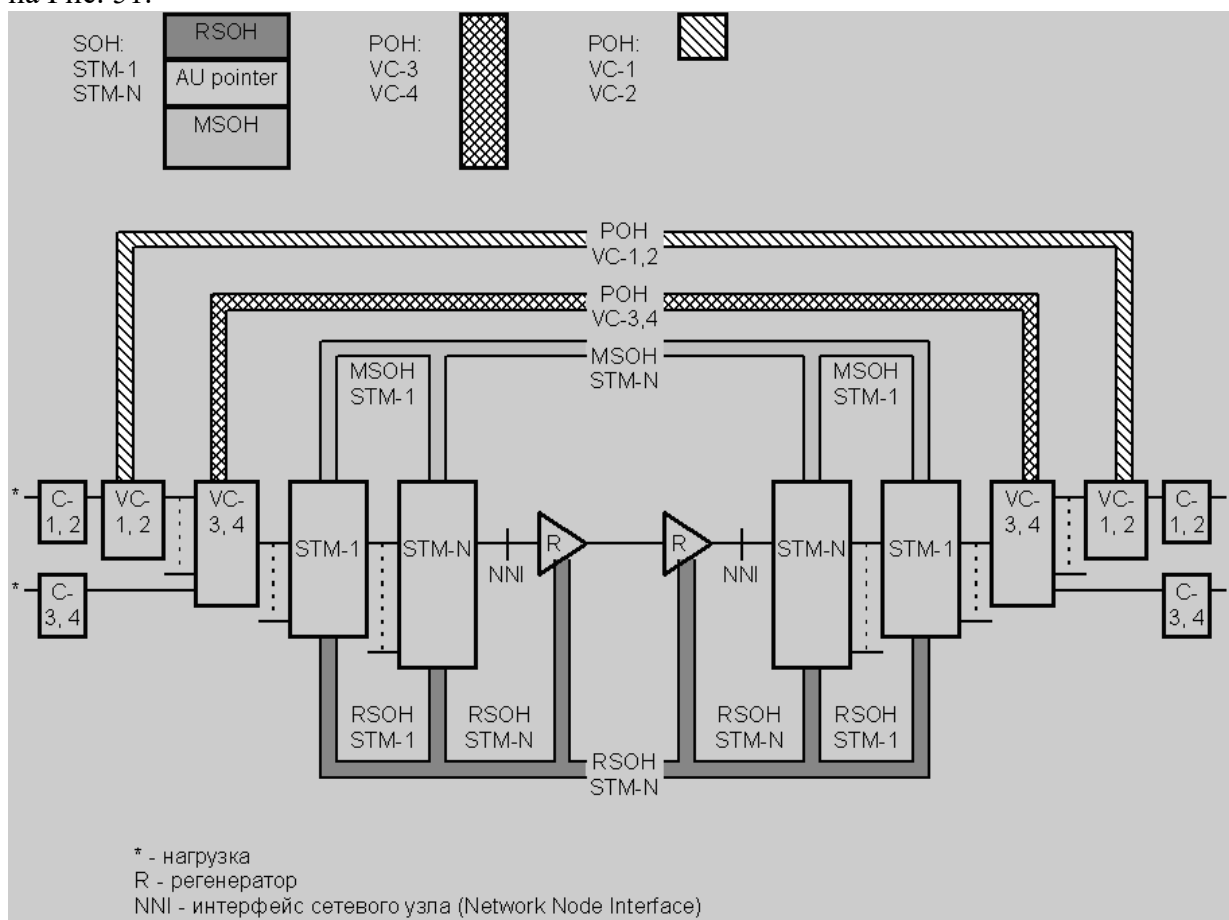


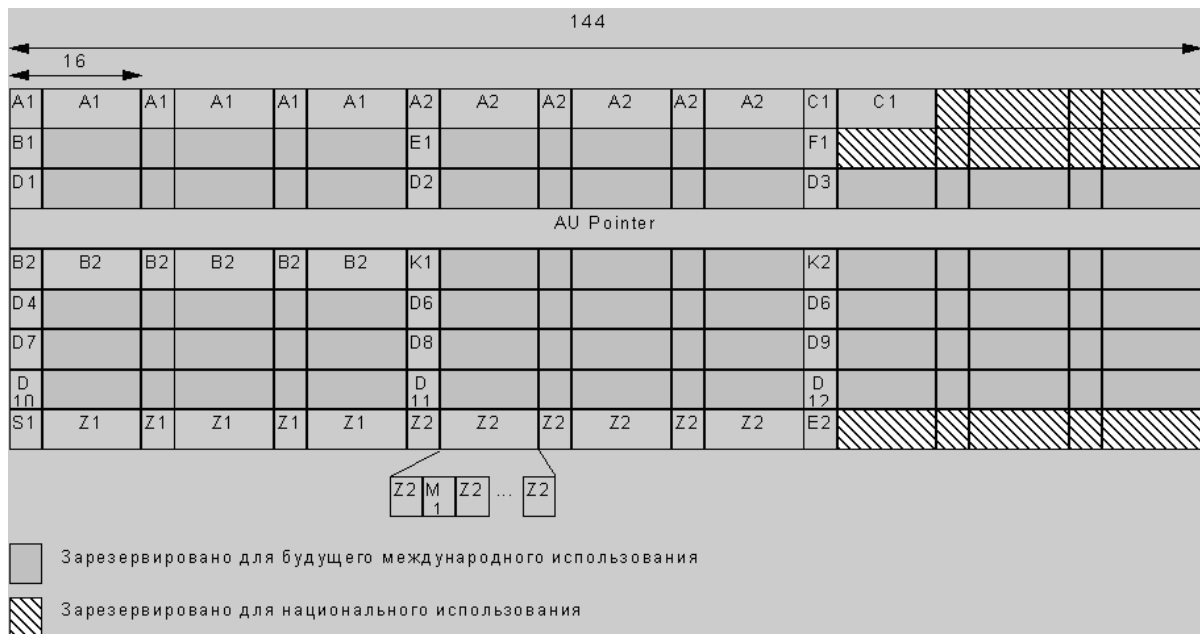
Рис. 1. Область действия заголовков

СЕКЦИОННЫЙ ЗАГОЛОВОК SOH

Блок SOH состоит из восьми строк по 9 байт (см. Рис. 4). Первые три строки содержат заголовок регенерационной секции RSOH, пять последних - заголовок мультиплексной секции MSOH. В четвертой строке расположен указатель AU (pointer - PTR), который не является компонентом секционного заголовка.

При формировании STM-N его SOH составляется из столбцов SOH отдельных STM-1. На Рис. 52 показаны SOH модулей STM-1 (а), STM-4 (б) и STM-16 (в). Доступ к SOH возможен сразу после установления синхронизма по синхросигналу STM-N.

Байты RSOH используются для контроля и управления регенерационных секций. Эти байты создаются в каждом регенераторе и, при необходимости, транслируются в



в)

Рис. 2. Структура SOH STM различного уровня

Байты SOH имеют следующее назначение.

Синхросигнал: A1, A2

В первых шести байтах кадра расположен синхросигнал. A1=11110110, A2=00101000.

Синхросигнал из всех модулей STM-1 включается в состав STM-N. Соответственно, в STM-4 для синхросигнала предусмотрено $4 \cdot 6 = 24$ байта, а в STM-16 - $16 \cdot 6 = 96$ байт.

Каналы передачи данных: D1-D12.

12 байт (D1-D12) заголовка предусмотрены для передачи управляющей информации и называются DCC (data communication channels). Различают DCCR с общей скоростью передачи 192 кбит/с (D1-D3) и DCCM с общей скоростью передачи 576 кбит/с (D4-D12).

В составе STM-N используются DCC только первого STM-1.

На сети СЦИ один и более сетевых элементов (узлов) могут быть оборудованы Q-интерфейсами, по которым обеспечивается соединение с системой управления OS (operation system) (Рис. 53). Такие элементы сети (например, мультиплексоры или АОП) описываются как шлюзовые элементы сети GNE (gateway network element) в отличие от обычных элементов сети NE (network element). Задачей DCCR является направление управляющих команд от GNE к регенераторам и передача от регенераторов к GNE информации о состоянии. Этот процесс возможен, поскольку регенераторы имеют доступ к DCCR.

DCCM обеспечивает связь между GNE и мультиплексорами, имеющими доступ к DCCM.

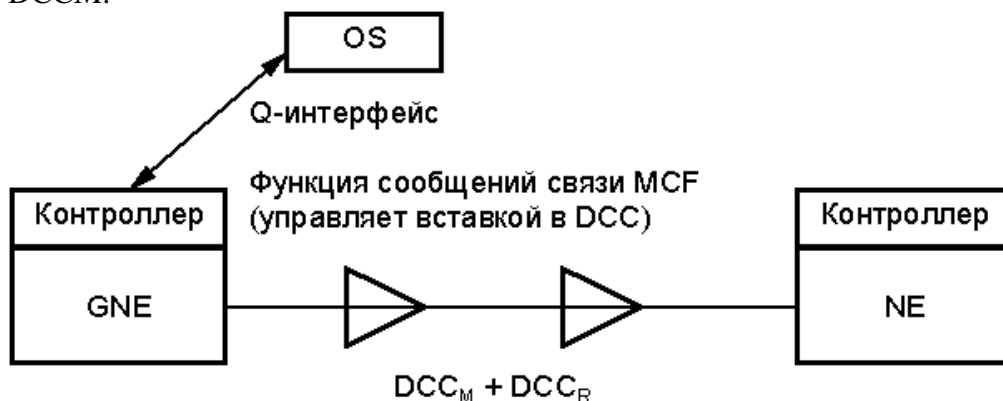


Рис. 3. Каналы DCC

Идентификация STM: C1

Каждый модуль STM-1 имеет соответствующий идентификатор, используемый для определения и проверки его позиции в составе STM-N. Идентификатор помещается в байте C1.

СЛУЖЕБНЫЕ КАНАЛЫ: E1, E2

Эти байты предназначены для организации служебной связи, в том числе голосовой. Обеспечивается передача речи между регенераторами (E1) или между узлами (E2). Определены только для STM-1 №1.

Пользовательский канал: F1

Байт F1 зарезервирован для использования оператором сети. Может использоваться для проверки специфических функций сети. Определен только для STM-1 №1.

ВР-8: B1

Байт B1 используется для обнаружения ошибок в модуле STM-N на регенерационной секции. Один байт B1 предусмотрен в заголовке RSOH каждого модуля STM-1. При передаче STM-N используется только байт B1 модуля STM-1 №1. Обнаружение ошибок производится в соответствии с процедурой контроля четности ВР (см. раздел 8).

В случае контроля сигнала STM-N процедура ВР-8 выполняется для всего скремблированного модуля. Результат - 8-битное кодовое слово - помещается в байт B1 последующего модуля STM-N до скремблирования. B1 пересчитывается в каждом регенераторе и мультиплексоре.

ВР-24: 3 байта B2

Для контроля ошибок на мультиплексной секции предусмотрены три байта B2. Результатом выполнения процедуры ВР-24 является 24-битное кодовое слово, которое вставляется в три байта B2 модуля STM-1. Все байты B2 ($N \cdot 3 \cdot B2$) используются при передаче сигнала STM-N.

В STM-1 процедура ВР-24 выполняется для всего содержимого нескремблированного модуля за исключением первых трех строк SOH, а результат вставляется в байты B2 нескремблированного последующего кадра. Первые три строки SOH (RSOH) не записываются в B2, чтобы возможные изменения RSOH регенераторами не оказывали влияние на B2.

Каналы APS: K1, K2

Два байта K1 и K2 предназначены для сигнализации об автоматической защитной коммутации APS (automatic protection switching) и выполняют следующие функции:

Биты 6, 7 и 8 байта K2 устанавливаются в "1" для передачи сигнала индикации тревоги AIS (alarm indication signal) на линейной секции. Если эти биты распознаются как "1" после дескремблирования STM-N, то это интерпретируется как сигнал AIS.

Ошибка приема на дальнем конце на секции section-FERF (Far End Receive Failure). Если мультиплексор STM-N не принимает сигнала или принимает сигнал AIS, то он начинает передавать в противоположном направлении код FERF, устанавливая комбинацию "110" в битах 6, 7 и 8 байта K2. Это показывает противоположной стороне, что дальний конец не принимает сигнала или принимает сигнал AIS.

Автоматическая защитная коммутация линии 1:n ($n=1..14$). Для защиты нескольких каналов может быть предусмотрен один резервный. При аварии мультиплексоры на обоих концах линии должны переключаться на резервный канал. Согласование данной процедуры осуществляется посредством байта K1. Для этих целей служит последовательный протокол, описанный в Приложении А к Рекомендации G.783.

K1 и K2 определены только в STM-1 № 1 в составе STM-N.

Тип синхронизации: S1

Данный байт несет информацию о типе источника синхронизации для приходящего STM-N. Может индексироваться один из 4 уровней синхронизации, определенных ИТУ-T или то, что качество синхронизации неизвестно или она не может использоваться. Определен только в модуле STM-1 №1 в составе STM-N.

Ошибка блока на дальнем конце на секции section-FEBE (Far End Block Error): M1

Этот байт содержит число ошибочных блоков, обнаруженных с помощью кода ВІР-24 (В2). Возможные значения для STM-1 от 0 до 24, для STM-4 от 0 до 96. В нормальных условиях значения, превышающие указанные пределы, не должны генерироваться.

В составе модуля STM-N байт M1 передается один раз. Он всегда следует за двумя первыми байтами Z2.

Резерв: Z1, Z2

Эти байты SON зарезервированы для будущего международного использования и определены во всех STM-1 в составе STM-N.

ТРАКТОВЫЕ ЗАГОЛОВКИ PОН VC-3 И VC-4

Трактовый заголовок PОН (Path Overhead) добавляется к контейнеру C. Вместе они образуют виртуальный контейнер VC, который переносится трактом сети как неизменяемый объект. PОН содержит всю необходимую для надежного транспортирования контейнера информацию. Информация о состоянии тракта может быть получена обработкой содержимого PОН. Области действия различных PОН показаны на рис. 51.

J1	Трассировка тракта
B3	ВІР-8
C2	Сигнальная метка
G1	Состояние тракта
F2	Канал пользователя тракта
H4	Индикатор сверхцикла
Z3	Резерв
Z4	Резерв
Z5	Резерв

Рис. 4. Трактовые заголовки VC-3 и VC-4

Байты PОН VC-3 и VC-4 имеют следующее назначение.

Трассировка тракта: J1

Этот байт используется для передачи идентификатора точки маршрутного доступа, который представляет собой строку символов в коде ASCII и формате рекомендации МСЭ-Т E.164. Используется для получения принимающим терминалом постоянного подтверждения о связи с определенным передатчиком. В международных сетях используется строка длиной 64 байта, в национальных - 16 байт.

ВІР-8: B3

Обеспечивает проверку четности для обнаружения ошибок на уровне VC. Вычисляется для всех байтов предыдущего VC до скремблирования. Вычисленное значение помещается в данный байт перед скремблированием.

Сигнальная метка: C2

Указатель типа полезной нагрузки виртуального контейнера. Значение метки может принимать одно из 11 разрешенных значений. Наиболее важными из них являются:

00H: Тракты VC еще не установлены. Эта состояние используется для предотвращения ложной сигнализации об аварии.

01H: Тракты VC установлены, но конкретный тип нагрузки еще не определен.

02H: Нагрузкой являются 3 TUG-3.

12H: VC-4 переносит C-4 (сигнал ПЦИ 140 Мбит/с).

13H: Нагрузкой являются ячейки АТМ

Состояние тракта: G1

Направляет информацию о состоянии и результатах мониторинга тракта от приемного оконечного оборудования к соответствующему (передающему) оборудованию. Устанавливается в РОН, передаваемом в обратном направлении.

Биты 1-4 предназначены для передачи FEBE (Far End Block Error) - числа ошибок, обнаруженных с помощью ВЗ. Допустимые значения от 0 до 8. В нормальных условиях значения, превышающие указанные пределы, не должны генерироваться. Появляющиеся недопустимые значения интерпретируются как 0 (отсутствие ошибок).

Бит 5 используется для сигнализации об аварии на дальнем конце тракта FERF (Far End Receive Failure). Возвращается в обратном направлении и устанавливается в активное состояние "1" в случае пропадания сигнала, приема сигнала AIS или неверного соединения трактов (ошибка трассировки).

Биты 6-8 не используются.

Канал пользователя тракта: F2

Обеспечивает служебную связь для оператора сети между точками окончания тракта. Никаких специальных требований не предъявляется.

Индикатор сверхцикла: H4

Используется в случае распределения нагрузки между несколькими кадрами. Показывает, какой цикл (кадр) из сверхцикла присутствует в текущем VC-4. Например, на рис. 55 показано, что заголовок TU распределен между четырьмя кадрами TU, составляющими сверхцикл, а TU-1/2 передается за 4 кадра VC-3/VC-4.

Резерв Z3-Z5:

Зарезервированы для будущего использования.

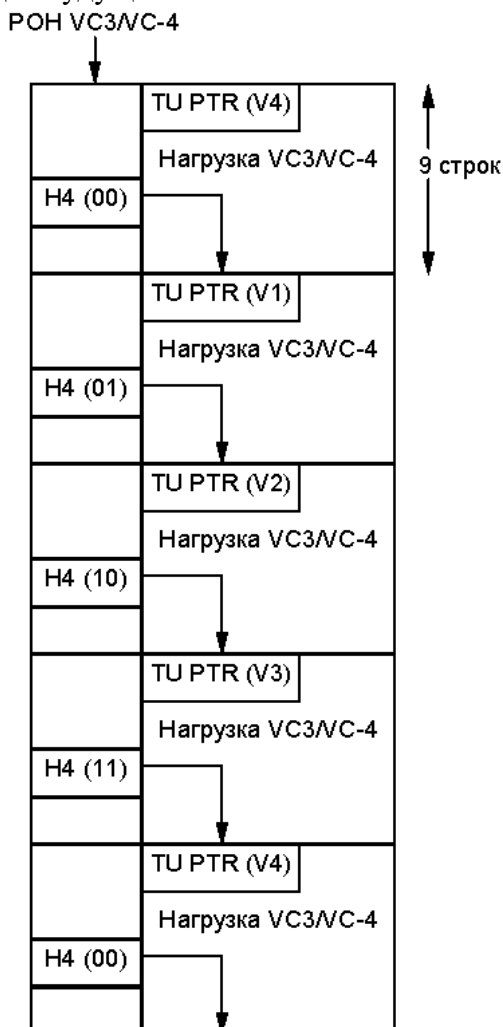


Рис. 5. Пример сверхцикла (500 мкс) для TU-1/2 с использованием индикатора сверхцикла H4

ТРАКТОВЫЙ ЗАГОЛОВОК РОН VC-1X И VC-2

В плавающем режиме передачи VC-1x и VC-2 четыре байта РОН (V5, J2, Z6, Z7) передаются за 500 мкс (рис. 56).

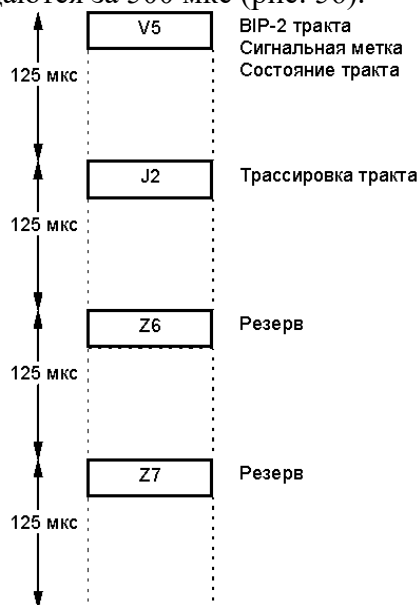


Рис. 56. Трактовый заголовок для VC-1x и VC-2

При этом байты РОН VC-1x и VC-2.

1) Байт V5 выполняет функции:

контроль ошибок

сигнальная метка

индикация состояния тракта

Биты 1 и 2 используются для контроля ошибок в тракте VC-1x и VC-2. Применяется процедура VIP-2. Значение VIP-2 подсчитывается по всем битам соответствующих VC в сверхцикле, включая байты РОН, но не включая биты указателей TU-1x и TU-2

Сигнальная метка	Бит 5	Бит 6	Бит 7
Тракт не установлен	0	0	0
Тракт установлен, но не определен	0	0	1
Асинхронный плавающий режим	0	1	0
Байт-синхронный плавающий режим	1	0	0
	1	0	1
Тракт определен, но не используется	1	1	0
	1	1	1

(исключение составляет байт V3 указателя в случае отрицательного выравнивания).

Бит 3 является индикатором ошибки низкого уровня LO-FEVE и возвращается к началу тракта VC-1x и VC-2. При обнаружении (при помощи VIP-2) одной и более ошибок устанавливается в "1".

Биты 5, 6, 7 содержат сигнальную метку различного типа (см. табл. 3)

Таблица 3

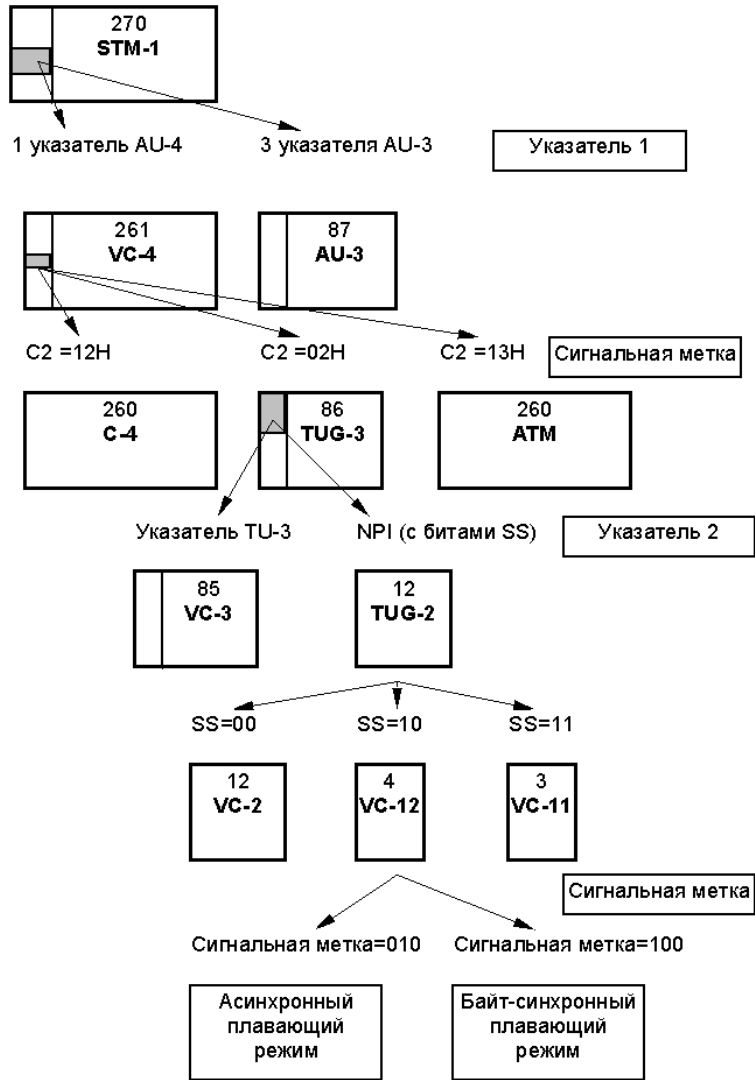
2) Метка тракта: J2

J2 используется для передачи метки тракта, позволяющей отслеживать проключение тракта.

3) Резерв: Z6, Z7

Два байта заголовка зарезервированы для будущего использования.

На Рис. 7 показана общая схема указателей и сигнальных меток для различных структур STM-1.



Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СИГНАЛОВ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

1. Цель работы.

в результате выполнения заданий по лабораторной работе студент должен:

уметь:

- осуществлять необходимые измерения на лабораторной установке по принципу формирования группового АИМ сигнала.

знать:

- принципы построения систем связи с временным разделением каналов использующих амплитудно-импульсную модуляцию (АИМ).

Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен:

- освоить лабораторную установку «Изучение принципов временного разделения каналов»;
- проанализировать результаты измерений;
- закрепить теоретические знания о принципе временного разделения каналов и процессах формирования сигналов с АИМ.

2. Краткие сведения из теории.

Использование для передачи информации дискретных сигналов дает возможность осуществлять временное уплотнение линии связи. При временном разделении каналов сигналы различных каналов передаются по общей линии передачи поочередно во времени, т.е.каждому каналу отводится определенный промежуток времени для работы. Для этого непрерывный аналоговый низкочастотный сигнал преобразуется в дискретный (в виде отсчетов) на передаче перед выходом в линию. Дискретизацию аналогового сигнала осуществляют электронные ключи, которые одновременно подключают передающие и приемные устройства одноименных каналов к линии передачи на промежуток времени, в течение которого проходит импульс сигнала данного канала.

Процесс преобразования аналогового сигнала в дискретные отсчеты называется амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ). Амплитуда дискретного сигнала соответствует амплитуде исходного аналогового сигнала, изменяется только структура сигнала, из непрерывного в отсчеты.

С помощью данной установки анализируются каналы связи, по которым передаются телефонные сообщения. В данном случае могут быть образованы 4 канала связи, на входы трех каналов подаются контрольные сигналы F_1, F_2, F_3 , которые схожи с реальными разговорными сигналами. Один из каналов остается свободным для передачи в линию вспомогательных сигналов. Электронные ключи, стоящие на входах мультиплексора (MUX) преобразуют контрольные сигналы F_1, F_2, F_3 в дискретные отсчеты (индивидуальные АИМ сигналы). Электронные ключи управляются импульсами поступающими с устройства управления (стробирующие импульсы), которые сдвинуты на временной интервал. Таким образом, дискретизация на ключах происходит поочередно. Объединение индивидуальных сигналов АИМ осуществляется на выходе мультиплексора, в результате отсчеты отдельных каналов выстраиваются друг за другом, образуя групповой сигнал. Он поступает в линию связи и, пройдя по ней, попадает на вход демультиплексора (DMUX), в котором производится разделение дискретных сигналов. Оба устройства – мультиплексор и демультиплексор управляются синхронно. Для этого в устройстве управления вырабатывается последовательность импульсов с частотой следования 32 кГц, которая поступает на эти элементы. Для визуального контроля, осуществляющихся в лабораторной установке, коммутаций эта частота может быть уменьшена до 2 кГц. Выбор ее значения осуществляется тумблером на лицевой панели лабораторной установки.

На последнем этапе происходит восстановление аналогового сигнала по пришедшим по линии связи отсчетным импульсам. Для этих функций используется фильтр нижних частот (ФНЧ), который выделяет огибающую дискретного сигнала, она и будет исходным низкочастотным сигналом, пришедшим с передающего тракта.

В схеме лабораторной установки предусмотрен узел, формирующий три различных по форме испытательных сигнала (F_1, F_2, F_3). При проведении измерений они подаются на входы трех каналов связи, один остается свободным.

Все необходимые соединения между блоками выполняются с помощью соединительных шнуров и клемм, выведенных на лицевую панель.

Анализ осциллограмм на выходах отдельных блоков системы связи производится с помощью двухлучевого осциллографа С1-77. Подключение к различным контрольным точкам осуществляется с помощью отдельных шнуров. Контрольные точки выведены на лицевую панель с помощью клемм.

Структурная схема лабораторного макета представлена на рисунке 1.

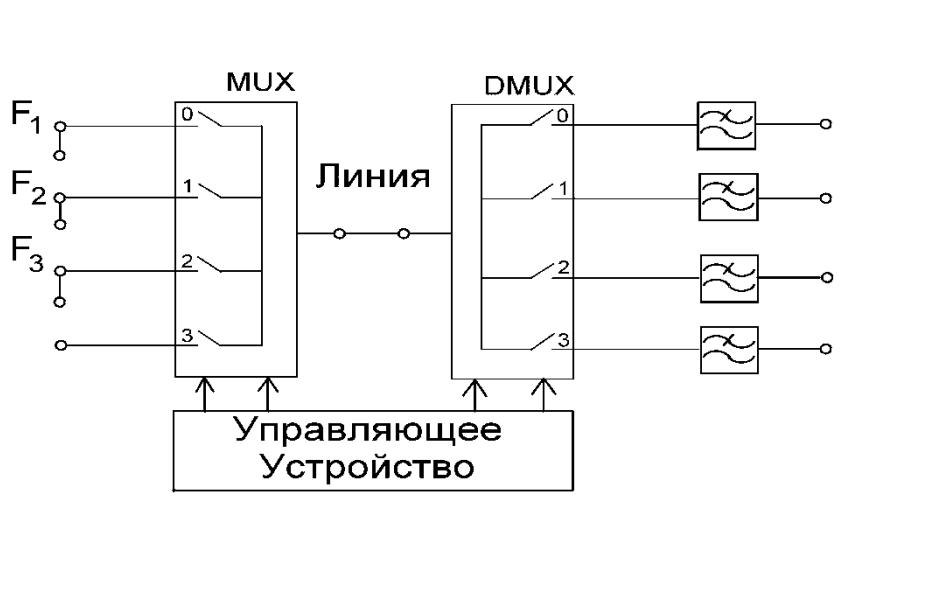


Рис.1. Структурная схема лабораторного макета

3. Порядок выполнения работы.

3.1. Изучить блок схему установки, вынесенную на лицевую панель и найти на ней: электронные ключи, мультиплексор, линию связи, демультиплексор, фильтр нижних частот, устройство управления мультиплексором и демультиплексором, выходы генератора контрольных сигналов F_1, F_2, F_3 , ВХОДЫ 1 и 2 для подключения осциллографа, тумблер включения питания «ВКЛ-СЕТЬ»

3.2. Подготовить лабораторную установку к проведению измерений. Для этого:

- включить питание макета и осциллографа;
- установить тумблеры на устройстве управления в положение «32кГц» и «цикл»;
- нажать кратковременно кнопку «сброс» на устройстве управления;
- установить тумблер порогового устройства ПУ в линии связи в положение «выкл»;
- установить потенциометр «уровень шума» в линии связи в крайнее положение против часовой стрелки.

3.3. С помощью соединительного шнура подключить контрольный сигнал F_1 ко входу 0 мультиплексора. К этой же точке подключить вход 1 канала осциллографа. Зарисовать осциллограмму контрольного аналогового сигнала.

3.4. Подключить второй канал осциллографа к выходу мультиплексора (контрольная точка КТ1). Проконтролировать появление на его экране сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией.

В данном случае она осуществляется электронными ключами, входящими в состав мультиплексора. Зарисовать осциллограмму сигнала АИМ непосредственно под осциллограммой аналогового сигнала F1

3.5. Снять соединение F1- вход 0 мультиплексора. Подключить контрольный сигнал F2 и вход канала 1 осциллографа ко входу 1 мультиплексора. Вход канала 2 осциллографа для всех измерений в этом пункте остается подключенным к контрольной точке КТ1.

3.6. Зарисовать осциллограммы сигналов, поступающих на оба входа осциллографа (контрольный сигнал F2 и соответствующий АИМ сигнал). Во всех случаях выдержать одинаковый масштаб (по временной горизонтальной оси). При зарисовке осциллограмм следует располагать их друг под другом так, чтобы на них были сохранены все временные соотношения между сигналами.

3.7. Снять соединение F2- канал 1 мультиплексора. Повторить измерения, соответствующие пункту 3.6., подав контрольный сигнал F3 на вход 2 мультиплексора.

4. Исследовать процесс формирования группового АИМ сигнала. Для этого выполнить следующие операции:

4.1. Подключить контрольный сигнал F1 и вход 1 канала осциллографа ко входу 0 мультиплексора (вход первого канала связи). Вход второго канала осциллографа остается подключенным к контрольной точке КТ1 (выходу мультиплексора).

4.2. Не снимая установленного соединения, подключить контрольный сигнал F2 и вход 1 канала осциллографа ко входу 1 мультиплексора. Проконтролировать по осциллограмме появление на выходе мультиплексора отсчетных импульсов АИМ сигнала, соответствующего второму каналу

связи, которые занимают временные интервалы в промежутке между двумя отсчетными импульсами, соответствующими первому каналу (вход 0 мультиплексора).

4.3. Не снимая установленного соединения, подключить контрольный сигнал F3 и вход 1 канала осциллографа ко входу 2 мультиплексора и выполнить операции, соответствующие пункту 4.2.

Анализ осциллограмм на выходе мультиплексора при выполнении последовательных подключений контрольных сигналов к его входам иллюстрирует процесс формирования группового сигнала, который и передается по линии связи.

4.4. Выполнив все три коммутации (последний вход мультиплексора при этом остается свободным), зарисовать осциллограмму группового сигнала, наблюдаемую на выходе мультиплексора. Ее следует зарисовать под предыдущими, сохранив выбранный временной масштаб.

5. Проконтролировать процесс разделения каналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого подключить первый вход осциллографа к клемме КТ3 (ко входу демльтиплексора), а второй – последовательно к его выходам 0,1,2. При этом осциллограмма, наблюдаемая по первому каналу осциллографа соответствует групповому сигналу, а по второму – АИМ сигналу соответствующего канала.

6. Проанализировать процесс восстановления аналогового сигнала на приемном конце. Для этого выполнить следующие операции:

6.1. Соединить выходы 0,1,2 демльтиплексора к соответствующим входам фильтров нижних частот (ФНЧ).

6.2. Для контроля временных соотношений подключить вход 1 осциллографа ко входу 0 мультиплексора, а вход 2 осциллографа к выходу ФНЧ. При этом на экране осциллографа наблюдается исходный и восстановленный аналоговые сигналы.

6.3. Зарисовать осциллограмму восстановленного сигнала, сохранив все временные соотношения и масштаб. Отметить на ней временную задержку восстановленного сигнала относительно исходного.

6.4. Аналогичным образом, подключая вход 1 и 2 осциллографа ко входу и выходу второго и третьего каналов, зарисовать осциллограммы соответствующих восстановленных сигналов

4. Содержание отчета.

1. Название, цель работы.
2. Структурная схема лабораторного стенда.
3. Снятые осциллограммы, расположенные так, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами.
4. Выводы по выполненным исследованиям.

5. Вопросы к защите.

1. В чем заключается принцип временного разделения каналов?
2. Какой элемент в схеме лабораторного макета производит АИМ модуляцию?
3. Назначение мультиплексора на передаче .
4. Назначение демультимплексора на приеме.
5. Какую роль играет устройство управления?
6. Как на приемном конце происходит обратное преобразование АИМ. сигнала в исходный аналоговый сигнал?
7. Что такое частота дискретизации?
8. Как определить частоту группового АИМ сигнала, чему она равна.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ КАНАЛА С ВРК

1. Цель работы.

в результате выполнения и изучения лабораторной работы студент должен знать:

- назначение, состав и принцип работы оборудования первичной ЦСП ИКМ-30
Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен:

- изучить основные характеристики ЦСП ИКМ-30;
- разобраться с конструкцией и составом оборудования ЦСП ИКМ-30;
- изучить принцип работы ЦСП ИКМ-30 по структурной схеме

2. Краткие сведения из теории.

Цифровая система передачи ИКМ-30 предназначена для организации соединительных линий между городскими АТС или между АТС и МТС. Она позволяет организовать до 30-ти каналов ТЧ по парам низкочастотного симметричного кабеля типа Т или ТПП.

Предусмотрена возможность организации канала звукового вещания (вместо 4-х каналов ТЧ) и от 1 до 9 каналов передачи дискретной информации.

В состав ЦСП ИКМ-30 входит оборудование оконечного пункта и оборудование линейного тракта. Основным оборудованием оконечного пункта является стойка САЦО-30 (стойка аналого-цифрового оборудования на 30 каналов ТЧ), которая состоит из индивидуального, группового и генераторного оборудования. Индивидуальное оборудование содержит устройства, каждое из которых обрабатывает сигналы, соответствующие только одному каналу ТЧ, а устройства группового оборудования обрабатывает сигналы всех 30 каналов. Генераторное оборудование обеспечивает формирование управляющих сигналов для работы индивидуального и группового оборудования. Размещение блоков в комплекте САЦО-30 показано на рисунке 1.

В индивидуальном оборудовании осуществляется согласование входа и выхода каждого канала аппаратуры ИКМ-30 с оборудованием АТС, дискретизация аналоговых сигналов в передающей части оборудования АЦО и восстановление исходного сигнала из последовательности отчетов в приемной части оборудования АЦО. В групповом оборудовании осуществляется аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов ТЧ (соответственно передающей и приемной частях оборудования АЦО).

Основные параметры ИКМ-30 следующие:

- тактовая частота цифрового сигнала в линии – 2048кГц,
- частота дискретизации – 8кГц,
- кодирование восьмиразрядное, нелинейное (характеристика компандирования-квазилогарифметическая типа $A=87,6/13$),
- цифровой код в линии передачи- квазитроичный с чередованием полярностей импульсов(ЧПИ)
- среднее время восстановления синхронизма по циклам и сверхциклам не превышает 2мс. Цифровой сигнал в линии состоит из последовательности передаваемых сверхциклов длительностью 2мс.

Структура построения сверхцикла и цикла показана на рисунке 2. Сверхцикл объединяет 16 циклов, длительностью каждого из них 125мкс. Нумерация циклов начинается с нулевого: Ц0, Ц1, ..., Ц16. Цикл разбит на 32 канальных интервала (КИ) по 8 тактовых интервалов каждый (Р1-Р8) в соответствии с разрядностью используемого кода.

Канальные интервалы в цикле нумеруются, начиная с нулевого: КИ0, КИ1, ..., КИ31.

Параметры стыка линейного тракта:

- Амплитуда импульсов на выходе передающей части между АЦО и оконечным оборудованием линейного тракта $3 \pm 0,3В$ на нагрузке 120 Ом
- Длительность импульса (на уровне 0,5 амплитуды) 0,24 мкс
- Тактовая частота линейного сигнала 2048кГц

- Относительная нестабильность тактовой частоты линейного сигнала $\pm 3 \cdot 10^{-5}$
- Вид кода линейного сигнала – биполярный
- Входное сопротивление приемной части АЦО и входное сопротивление регенератора 120 Ом
- Затухание соединительного кабеля между АЦО и оконечным оборудованием линейного тракта на частоте 1024 кГц должно быть не более 6дБ

Электрические параметры телефонных каналов:

- Остаточное затухание каналов при двухпроводном окончании устанавливается равным 1,8, 3,5 и 7дБ
 - Остаточное затухание при четырехпроводном окончании канала 0дБ
- при измерительных уровнях на входе и выходе канала 3,5дБ, 1,3дБ при измерительных уровнях на входе канала -13дБ и на выходе +4,3.
- Номинальное значение входного и выходного сопротивления канала 600 Ом
- Кодирование сигналов восьмиразрядное неравномерное и осуществляется по логарифмическому закону (А-87,6),
 - аппроксимированному 13 сегментами с отношением наклонов соседних сегментов равным 2
- Защищенность от внятных переходных влияний между каналами и одной системы на ближнем и дальнем конце не менее 65дБ
- Вместо 1, 9, 16 и 24 телефонных каналов может быть организован канал вещания второго класса.

2.1. Структурная схема оборудования АЦО-30.

Схема представлена на рис.3.

Сигнал ТЧ 0,3 – 3,4 кГц и соответствующие два сигнала управления и взаимодействия СУВ1 и СУВ2 поступают на вход согласующего устройства СУ. Сигнал ТЧ транслируется согласующим устройством в передатчик. Сигналы управления и взаимодействия преобразуются в импульсные последовательности с тактовой частотой 50Гц каждая, синхронизированные с линейным сигналом. Процессом преобразования в передатчике управляют импульсные последовательности, формируемые в генераторном оборудовании ГО делителями частоты (ДЧ). В свою очередь ДЧ управляются последовательностью импульсов с частотой 2048кГц, вырабатываемой задающим генератором (ГЗ).

Сигналы ТЧ в передатчике ограничиваются по частоте фильтром нижних частот ФНЧ (300-3400Гц) и с помощью АИМ амплитудно-импульсных модуляторов преобразуются в

последовательность отсчетов (сигнал АИМ-1), т.е. дискретизируются. При этом модулируемые импульсные последовательности вырабатываемые в ГО, имеют частоту 8кГц равную частоте дискретизации и сдвинуты по времени друг относительно друга на величину, равную одному каналному интервалу. Выходы всех 30-ти передатчиков соединяются в одной точке, в которой образуется групповой АИМ - 1 сигнал,

соответствующий 30каналам ТЧ, разделенным один относительно другого по времени.

Кодер, на вход которого поступает групповой АИМ-1, преобразует последовательность АИМ-1 в АИМ-2 т.е. квантует эту последовательность по уровню и затем кодирует ее в 8-разрядный симметричный двоичный код (ИКМ).

Групповой ИКМ сигнал с выхода кодера и импульсные последовательности СУВ объединяются в формирователе линейного сигнала (ФЛС). В ФЛС, кроме того, вводятся: сигналы дискретной информации, преобразованные в блоке ДИпер, сигналы цикловой и сверхцикловой синхронизации, сформированные в блоке формирователя синхросигнала (ФС) и определяющие временное положение в цикле передачи каналов ТЧ и каналов передачи СУВ. С выхода ФЛС объединенный ИКМ сигнал с частотой 2048 кГц поступает в преобразователь кода передачи (ПКпер.), который преобразует однополярный

двоичный сигнал в сигнал с чередованием полярностей импульсов (квазитроичный или код ЧПИ), удобный для передачи по линейному тракту.

В приемной части оборудования АЦО осуществляются обратные преобразования – групповой сигнал из кода с чередованием полярностей импульсов в ПКпр преобразуется в однополярный двоичный сигнал, который затем декодируется декодером. В устройстве разделения УР групповой сигнал разделяется между соответствующими приемниками, в которых восстанавливается исходная форма переданных сигналов: телефонных – в приемниках ПР, сигналов управления и взаимодействия – в ОУ. Сигналов дискретной информации – в ДИпр. Процессом декодирования и разделения группового сигнала управляет генераторное оборудование ГО приема начальная фаза работы которого устанавливается устройством цикловой синхронизации ЦС в соответствии с ГО передачи

Начало сверхцикла определяется по циклу, в 1 канальном интервале на позиции тактовых интервалов Р1-Р4 вводится синхрогруппа 00001 используемая для сверхциклового синхронизации. На тактовых интервалах Р5, Р7 и Р8 упомянутого канального интервала передается балластный сигнал 101. Интервал Р6 предназначен для передачи сигнала аварии о потере сверхциклового синхронизации (А). Четыре тактовых интервала 16-го канального интервала остальных 15 циклов (Р1, Р2, Р5, Р6) используются для передачи сигналов управления и взаимодействия (СУВ) между АТС. Причем в 16-ом канальном интервале первого цикла организуются сигнальные каналы (СК) первого и семнадцатого каналов ТЧ, в 16-м канальном интервале второго цикла организуется СК второго и восемнадцатого каналов и т.д. Четыре тактовых интервала (Р3, Р4, Р7 и Р8) данного канального интервала заняты передачей балластного сигнала вида 0101.

Начало цикла определяется синхрогруппой 0011011, которая передается в нулевом канальном интервале четных циклов. Частота следования синхросигнала 4кГц. Первый тактовый интервал Р1 нулевого канала во всех циклах используется для передачи

дискретной информации. Символ Р3 нулевого канального интервала нечетных циклов служит для передачи сигнала аварии о потере синхронизации (А), символ Р6 – для передачи сигнала «контроль остаточного затухания» (ОЗ). в тактовом интервале Р2 постоянно передается символ 1. интервалы Р4, Р5, Р7 и Р8 КИО в нечетных циклах не заняты. Канальные интервалы КИ1-КИ-5 и КИ17-КИЗ1 используются для организации 30 каналов ТЧ ТК1-ТК15, ТК17-ТК-31.

В состав ИКМ входят оконечная станция ОП, промежуточные необслуживаемые регенеративные станции НРП, контрольно-измерительные устройства.

Оконечная станция состоит из двух стоек: стойки аналого-цифрового оборудования (САЦО) и стойки оборудования линейного тракта (СОЛТ). На САЦО размещается аналого-цифровое оборудование четырех 30-ти канальных систем и панель обслуживания ПО-1. Размещение блоков одной системы АЦО-30 показано на рис. 2.

В состав каждой 30-ти канальной системы входят: устройства электропитания, блоки приемопередатчиков (ПП), (один блок на два канала); блок формирования линейного сигнала (ФЛС); блок задающего генератора (ГЗ); делителей частоты (ДЧ) разрядный, канальный, цикловой; блоки кодирующего (код А, код Ц) и декодирующего устройства; (декод); блоки приемника синхросигнала (Прсинхр) и преобразователя кода приема (ПКпр); блоки контроля и сигнализация (КС); блок дискретной информации (ДИ). Кроме того на стойке размещается 30 согласующих устройств (СУ), обеспечивающих согласование каналов аппаратуры ИКМ – 30 с оборудованием АТС.

На СОЛТ размещаются блоки контроля и питания регенераторов, оборудование дистанционного питания, блоки станционных регенераторов на 30 цифровых трактов (900 каналов Т4), устройство служебной связи и панель обслуживания ПО-2. к каждой СОЛТ может быть подключено до 7 САЦО.

Во втором варианте на оконечной станции небольшой емкости (до 90 каналов ТЧ) устанавливается стойка оконечного оборудования (СОО), на второй размещается аналого-цифровое оборудование и оборудование линейного тракта трех 30 канальных систем, а также панели служебной связи и обслуживания (ПО-1 и ПО-2).

3. Содержание отчета.

1. Название и цель работы.
2. Назначение и основные технические данные САЦО-30.
3. Состав оборудования САЦО-30.

4. Контрольные вопросы.

1. Назначение САЦО-30.
2. Тип линейного кода используемого в первичной ЦСП.
3. С какой частотой передается по линии цифровой код в первичной ЦСП?
4. Какое устройство в оборудовании САЦО-30 производит дискретизацию и как.
5. Что делает кодер?
6. Назначение блока ФЛС.
7. Сколько канальных интервалов входит в один цикл передачи САЦО-30?
8. Какую роль в оборудовании САЦО-30 играет ГО.
9. Что кроме стойки САЦО-30 входит в состав оборудования первичной ЦСП.

<table border="1"> <tr><td>Ш1</td><td>1-5 кан.</td></tr> <tr><td>Ш2</td><td>6-10</td></tr> <tr><td>Ш3</td><td>16-20</td></tr> <tr><td>Ш4</td><td>сигнализация.</td></tr> <tr><td>Ш5</td><td>Вн. Цепи.</td></tr> </table>					Ш1	1-5 кан.	Ш2	6-10	Ш3	16-20	Ш4	сигнализация.	Ш5	Вн. Цепи.	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">УП</div>						<table border="1"> <tr><td>Ш8</td><td>11-15 кан.С УВ.</td></tr> <tr><td>Ш9</td><td>21-25</td></tr> <tr><td>Ш10</td><td>26-30</td></tr> <tr><td>Ш11</td><td>питание.</td></tr> <tr><td>Ш12</td><td>Дискр. Инфрм.</td></tr> </table>					Ш8	11-15 кан.С УВ.	Ш9	21-25	Ш10	26-30	Ш11	питание.	Ш12	Дискр. Инфрм.
Ш1	1-5 кан.																																		
Ш2	6-10																																		
Ш3	16-20																																		
Ш4	сигнализация.																																		
Ш5	Вн. Цепи.																																		
Ш8	11-15 кан.С УВ.																																		
Ш9	21-25																																		
Ш10	26-30																																		
Ш11	питание.																																		
Ш12	Дискр. Инфрм.																																		
СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	30																					
СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ	СУ																					
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																					
ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП																					
ФЛС <input type="checkbox"/> лин. <input type="checkbox"/> сигн. <input type="checkbox"/>	ГЗ Рег. О част.	ДК	ДЧ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ЦО	Код Ц	Код А	ДИ	КС	Декодер	ДЧ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	ДК	Пр. синхр. Гр. ИКМ <input type="checkbox"/>	ПК Пр <input type="checkbox"/> лин. <input type="checkbox"/> сигн.																							

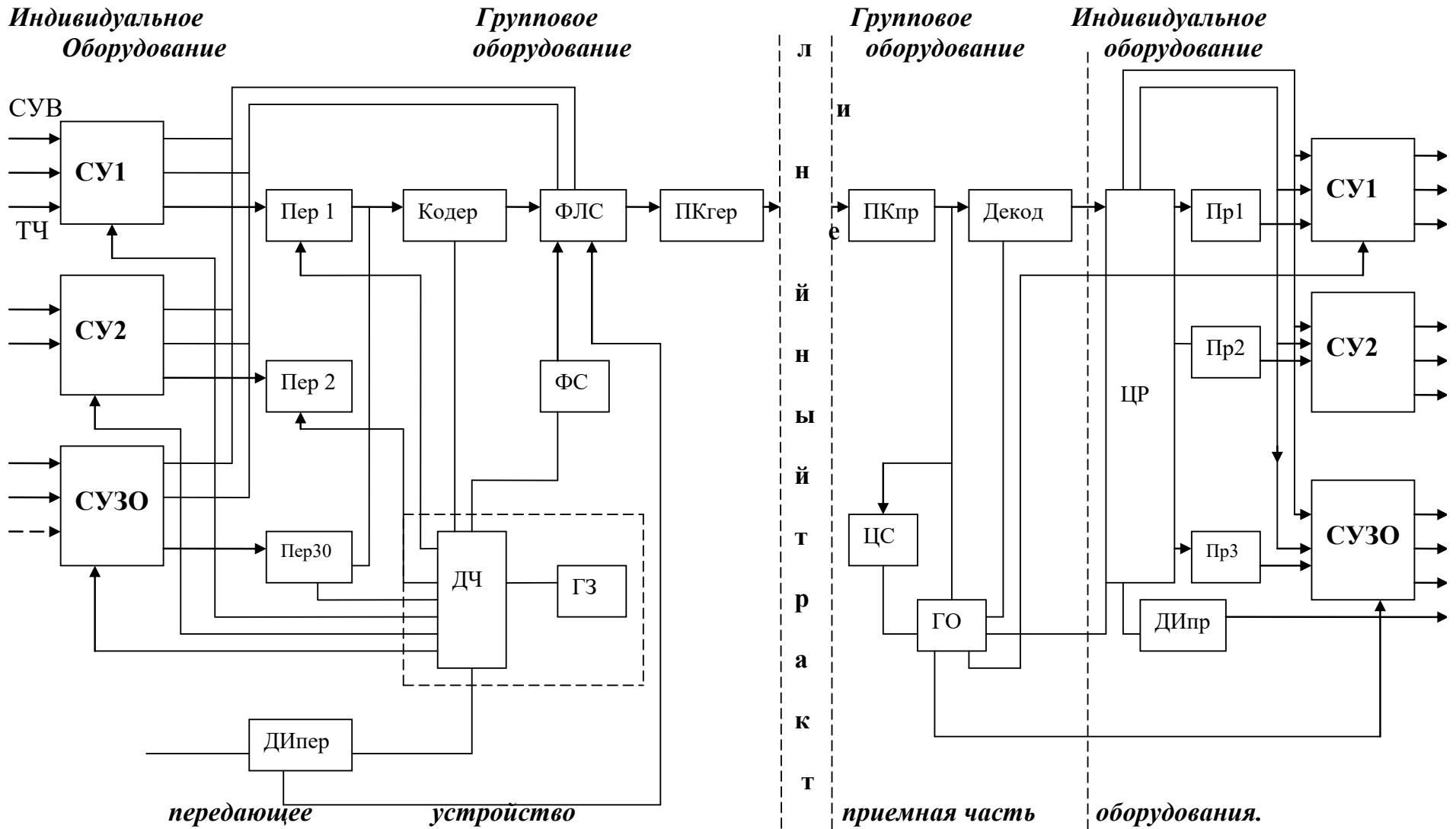


РИС.3.

Структурная схема аналого-цифрового преобразования.

Лабораторная работа 3

НЕЛИНЕЙНЫЕ КОДЕРЫ ВЗВЕШИВАЮЩЕГО ТИПА

Цель практического занятия: иметь представление о линейном и нелинейном кодировании. Знать недостатки линейного кодирования и преимущества нелинейного. Уметь выполнять операцию нелинейного кодирования по заданному значению сигнала и определять ошибки квантования.

7. Краткие сведения из теории.

Квантование сигнала предназначено для преобразования сигнала в коде АИМ в цифровой сигнал - 8-разрядную кодовую комбинацию двоичных символов.

1.1. Квантование сигнала с линейной шкалой характеристики.

Квантование сигнала с линейной шкалой характеристики не позволяет получить высокое качество передачи сигнала с малой амплитудой, поскольку шаги квантования одинаковы для больших и малых значений и, соответственно, для малых значений велика ошибка квантования.



Кодеры и декодеры с равномерным шагом квантования имеют реальную характеристику квантования, показанную на рис. 3.11. На этой характеристике можно отметить ее неравномерность в начале координат, точнее, первые ступеньки в положительной и отрицательной областях характеристики. Это приводит к отклонению реальной характеристики от идеальной, представляющей собой прямую линию, проходящую через начало координат. Обработка сигнала с такой характеристикой квантования вызывает его дополнительные искажения. Для уменьшения этих искажений при декодировании значение амплитуды отсчета положительной и отрицательной полярностей увеличиваются дополнительно на половину шага квантования. Для этого в реальных декодерах используются дополнительные эталонные токи со значениями $0,5\Delta$ и $-0,5\Delta$. Это равносильно смещению характеристики в положительной области вверх, а в отрицательной области вниз на половину шага квантования.

1.2. Квантование сигнала с нелинейной шкалой характеристики.

Квантование сигнала с линейной шкалой характеристики не позволяет получить высокое качество передачи сигнала с малой амплитудой. Поэтому в системах ИКМ—ВРК квантование с линейной шкалой практически не применяется.

Необходимое качество передачи сигналов достигается при выполнении квантования с неравномерной шкалой. В системах ИКМ—ВРК вместо плавной амплитудной характеристики, которую имеют аналоговые компандеры, применяются сегментные характеристики. Они представляют собой кусочно-ломаную аппроксимацию плавных характеристик, при которой изменение крутизны происходит дискретными ступенями. Наибольшее распространение получила сегментная характеристика компандирования типа А-87,6/13, где аппроксимация логарифмической характеристики производится по так называемому А-закону, соответствующему выражениям:

$$\frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{max}}} \begin{cases} \frac{A |I_{\text{вх}} I_{\text{max}}|}{1 + \ln A} & \text{при } |I_{\text{вх}}/I_{\text{max}}| \leq 1/A; \\ \frac{1 + \ln(A |I_{\text{вх}}/I_{\text{max}}|)}{1 + \ln A} & \text{при } 1/A < |I_{\text{вх}}/I_{\text{max}}| \leq 1. \end{cases}$$

Здесь A - коэффициент компрессии, равный 87,6, а сама характеристика строится из 13 сегментов. Такая характеристика показана на рис. 3.12. Она содержит в положительной области сегменты $C_1, C_2, C_3, \dots, C_8$, находящиеся между точками (узлами) $0-1, 1-2, 2-3, \dots, 7-8$.

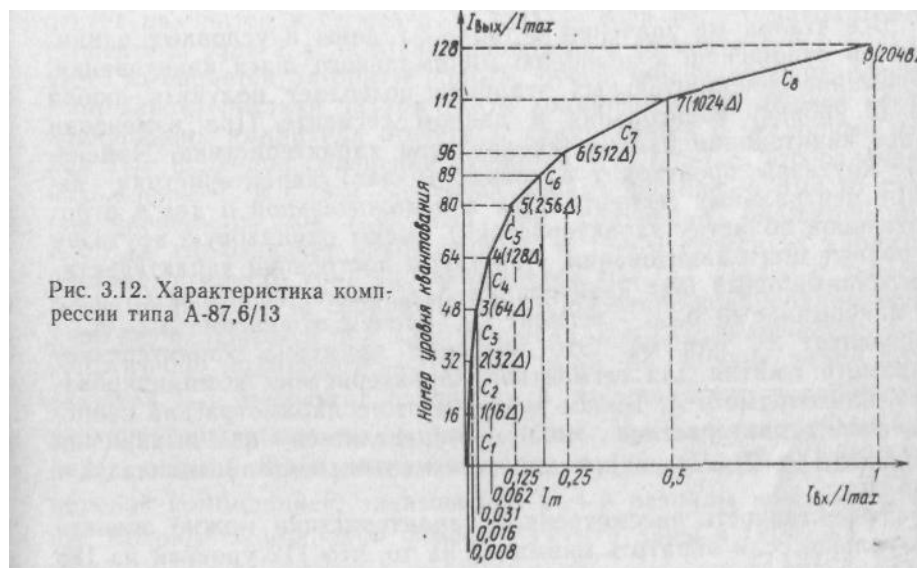


Рис. 3.12. Характеристика компрессии типа А-87,6/13

Аналогичным образом строится характеристика для отрицательной области значений входного сигнала. Четыре центральных сегмента (два в положительной и два в отрицательной областях) объединяются в один нейтральный сегмент, поэтому общее число сегментов на двухполярной характеристике равно 13. Каждый из 16 сегментов характеристики содержит по 16 шагов (уровней) квантования, а общее число уровней равно 256, из них 128 положительных и 128 отрицательных и дополнительных эталонов, шагов квантования даны в табл. 3.1.

Все эталонные значения в табл. 3.1 даны в условных единицах по отношению к значению минимального шага квантования. Сочетание дополнительных эталонов позволяет получить любой из 16 уровней

квантования в данном сегменте. При изменении шага квантования изменяется крутизна характеристики. Изменение крутизны происходит в точках (узлах) характеристики. Четыре центральных сегмента (два в положительной и два в отрицательной областях характеристики) имеют одинаковую крутизну и равные шаги квантования. При таком построении характеристики минимальный шаг квантования Δ_{\min} имеют сегменты С1 и С2, а максимальный Δ_{\max} - сегмент С8, причем отношение $\Delta_{\max} / \Delta_{\min}$ составляет 2^6 , или 64. Это значение примерно характеризует параметр сжатия для сегментной характеристики компандирования, или параметр А. Точное значение этого параметра для непрерывной характеристики типа А определяется из выражения $A/(1+nA)=2^{n_c-1}/n_c$ и при числе сегментов $n_c = 8$ значение $A = 87,6$.

Эффективность рассмотренной характеристики можно оценить визуально, если обратить внимание на то, что 112 уровней из 128 используются для квантования сигналов, амплитуда которых не превышает половины максимальной, 64 уровня - для квантования сигналов, амплитуда которых не

Таблица 3.1

Номер сегмента	Кодовая комбинация номера сегмента	Эталонные сигналы					Шаг квантования	Эталонные сигналы коррекции
		основ-ной	дополнительные					
1	000	—	8	4	2	1	1	0,5
2	001	16	8	4	2	1	1	0,5
3	010	32	16	8	4	2	2	1
4	011	64	32	16	8	4	4	2
5	100	128	64	32	16	8	8	4
6	101	256	128	64	32	16	16	8
7	110	512	256	128	64	32	32	16
8	111	1024	512	256	128	64	64	32

превышает 6,2% максимальной.

Рассмотрим особенности этапов кодирования и декодирования сигналов при нелинейной характеристике квантования. В случае сегментной характеристики компрессии типа А-87,6/13 для кодирования абсолютных величин отсчетов необходимо 11 эталонов с условными весами, равными $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^{10}$ усл. ед., или 1, 2, 4, ..., 1024 усл. ед. При линейном кодировании такая характеристика эквивалентна характеристике квантования с 2048 уровнями. Для кодирования 2048 положительных и 2048 отрицательных уровней потребуется 12-разрядная кодовая группа. При нелинейном кодировании для обеспечения такой же защищенности $A_{\text{кв}} \geq 25$ дБ потребуются 128 положительных и 128 отрицательных уровней, а кодовая группа - 8-разрядная.

1.3. Описание процесса квантования сигнала с нелинейной шкалой характеристики.

Кодирование осуществляется за восемь тактов и включает три основных этапа: 1 - определение и кодирование полярности входного сигнала; 2 - определение и кодирование номера сегмента узла, в котором заключен кодируемый отсчет; 3 - определение и кодирование номера уровня квантования сегмента, в зоне которого заключена амплитуда кодируемого отсчета. Первый этап кодирования осуществляется за 1-й такт, второй этап — за 2...4-й такты, третий этап — за 5...8-й такты кодирования.

Работа кодера на первом этапе кодирования при определении и кодировании полярности отсчета не отличается от работы линейного кодера.

На втором этапе определяется и кодируется узел характеристики, определяющей начало сегмента, в котором находится амплитуда кодируемого отсчета, например узла 0, если отсчет находится в сегменте 1; узла 1, если отсчет находится в сегменте 2; узла 2, если отсчет находится в сегменте 3. и т. д. Для этого выбирается алгоритм работы, обеспечивающий определение узла характеристики за три такта кодирования. В первом такте кодирования амплитуда отсчета I_c сравнивается с эталонным током $I_{эт4}$. Если при сравнении окажется, что $I_c > I_{эт4}$, это означает нахождение I_c в 5...8-м сегментах характеристики, и вместо тока $I_{эт4}$ включается ток $I_{эт6}$. Если при сравнении окажется, что $I_c < I_{эт4}$, это означает нахождение I_c в 1...4-м сегментах характеристики, и вместо тока $I_{эт4}$ включается ток $I_{эт6}$. Далее в зависимости от результата сравнения на втором этапе кодирования, если $I_c > I_{эт6}$, включается ток $I_{эт7}$, или если $I_c < I_{эт6}$, включается $I_{эт5}$. Аналогично подбираются эталоны, если на втором этапе был включен $I_{эт2}$. Результат сравнения в третьем такте кодирования позволяет окончательно выбрать номер узла характеристики, определяющий начало сегмента. Результат представляется двоичной кодовой комбинацией, занимающей 2...4-й разряды кодовой группы. Кодовые комбинации номера сегмента даны в табл. 3.1.

На третьем этапе определяется и кодируется номер уровня квантования внутри выбранного сегмента, в зоне которого находится амплитуда кодируемого отсчета. Необходимо напомнить, что число шагов квантования внутри сегмента равно 16, шаг квантования равномерный, равен Δc и для каждого сегмента свой. Третий этап осуществляется за четыре такта методом линейного кодирования. При кодировании в дополнение к основному эталону, определяющему начало сегмента, подключаются дополнительные эталоны с весами $8\Delta c$, $4\Delta c$, $2\Delta c$, Δc . (см. табл. 3.1). В результате сравнения определяется номер уровня квантования, в зоне которого находится амплитуда отсчета.

Итак, в результате выполнения указанных операций получается 8-разрядная кодовая комбинация двоичных символов, 1-й разряд, который указывает полярность кодируемого отсчета; 2...4-й разряды - номер сегмента узла характеристики компрессии; 5...8-й разряды — номер шага квантования внутри этого сегмента, в зоне которого заключена амплитуда кодируемого отсчета. Например, кодовая комбинация двоичных символов 11011010 означает, что кодированию подлежит отсчет положительной полярности, амплитуда которого находится в сегменте 6 и заключена в зоне 10-го уровня квантования этого сегмента. На характеристике компрессии это соответствует сигналу с амплитудой в зоне 90-го уровня квантования.

2. ЗАДАНИЕ.

3. Рассмотрите сегментную характеристику компандирования типа А-87,6/13.
4. Кратко поясните три этапа кодирования.
5. Выполните операцию нелинейного кодирования по заданному значению сигнала.
6. Укажите значение ошибки квантования.

Исходные данные приведены в табл.

Варианты	1	2	3	4	5
Амплитуда АИМ сигнала, усл. ед.	+101	-96,8	+21,4	-57,2	+62,3

Варианты	6	7	8	9	10
Амплитуда АИМ сигнала, усл. ед.	-460	+17,3	-203	+130	-196,6

Примечания:

1. Порядок выполнения задания показать в таблице 4 для своего варианта.

Таблица 4

	Опред. полярности	Выбор основного эталонного тока $I_{осн. эт.}$			Вкл. $I_{осн. эт.}$	Дополнительные эталонные токи $I_{доп. эт.}$				
		1	2	3		4	5	6	7	8
Разряды кодирования					-					
$I_{эт}$										
$I_{им} - \Sigma I_{эт}$					-					
Состояние выхода компаратора										
Запись решения в ЦР					-					
Шаг квантования					-					
Ошибка квантования, ϵ кв					-					
	1-й этап	2-й этап				3-й этап				

2. Пример выполнения задания показан в таблице 5 для значения -810 у. е.

Лабораторная работа 4

НЕЛИНЕЙНЫЕ ДЕКОДЕРЫ ВЗВЕШИВАЮЩЕГО ТИПА

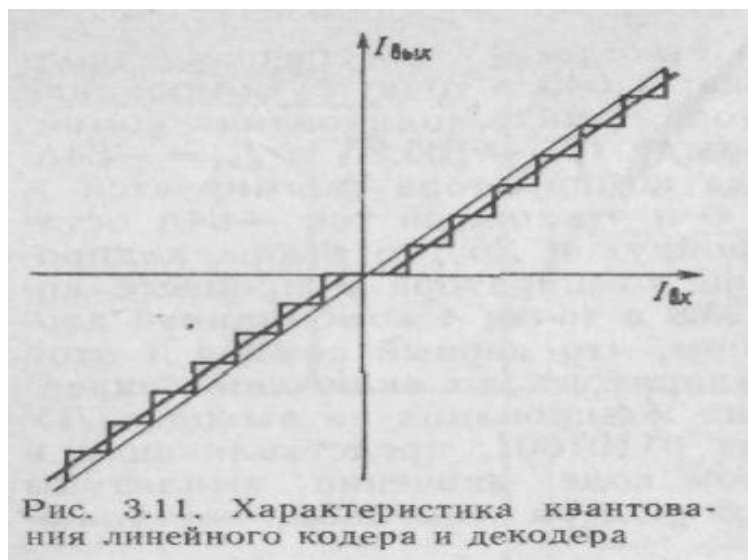
Цель практического занятия: иметь представление о линейном и нелинейном декодировании. Знать недостатки линейного декодирования и преимущества нелинейного. Уметь выполнять операцию нелинейного декодирования по заданному значению кодовой группы и определять назначение эталона коррекции.

8. Краткие сведения из теории.

Квантование сигнала предназначено для преобразования сигнала в коде АИМ в цифровой сигнал - 8-разрядную кодовую комбинацию двоичных символов. Декодирование – для обратного преобразования.

9. Декодирование с линейной шкалой характеристики.

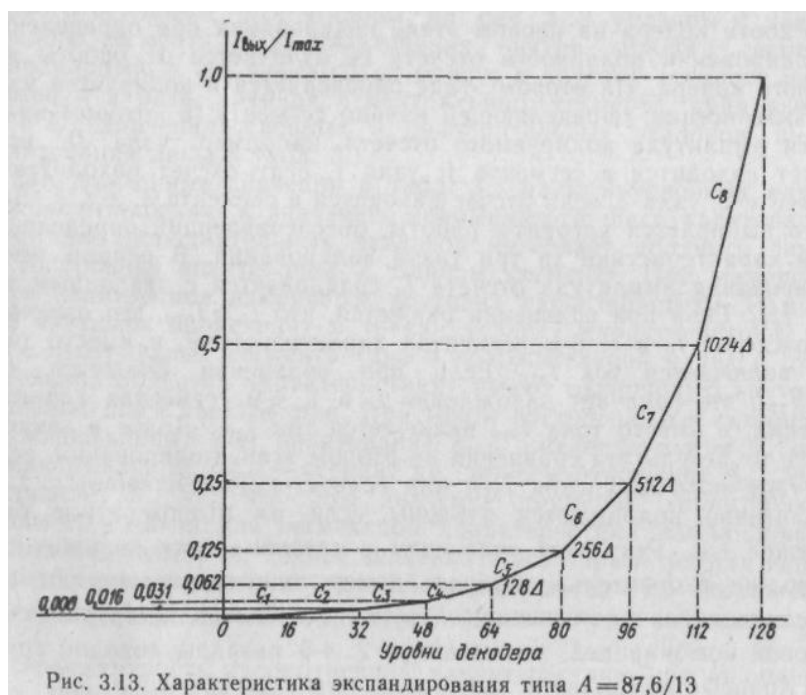
Декодирование с линейной шкалой характеристики не позволяет получить высокое качество передачи сигнала с малой амплитудой, поскольку шаги квантования одинаковы для больших и малых значений и, соответственно, для малых значений велика ошибка квантования.



Декодеры с равномерным шагом квантования имеют реальную характеристику квантования, показанную на рис. 3.11. На этой характеристике можно отметить ее неравномерность в начале координат, точнее, первые ступеньки в положительной и отрицательной областях характеристики. Это приводит к отклонению реальной характеристики от идеальной, представляющей собой прямую линию, проходящую через начало координат. Обработка сигнала с такой характеристикой квантования вызывает его дополнительные искажения. Для уменьшения этих искажений при декодировании значение амплитуды отсчета положительной и отрицательной полярностей увеличиваются дополнительно на половину шага квантования. Для этого в реальных декодерах используются дополнительные эталонные токи со значениями $0,5\Delta$ и $-0,5\Delta$. Это равносильно смещению характеристики в положительной области вверх, а в отрицательной области вниз на половину шага квантования.

10. Декодирование с нелинейной шкалой характеристики.

При декодировании осуществляется обратное цифро-аналоговое преобразование. Характеристика экспандирования нелинейного декодера должна быть обратной характеристике компрессии нелинейного кодера (рис. 3.13).



Входным сигналом декодера является 8-разрядная кодовая группа, определяющая полярность и величину отсчета (номер сегмента и уровень его квантования). В соответствии с принятой кодовой комбинацией выбирается основной эталон, определяющий начало сегмента и соответствующие дополнительные эталоны, суммарный ток которых определяет величину декодируемого АИМ сигнала. Например, при декодировании комбинации двоичных символов 11011010 будут включены источник эталонных токов положительной полярности и эталонные токи с весами, равными основному эталону узла 6, который равен 256 усл. ед. и второму и четвертому дополнительным эталонам сегмента 6, что будет равно $256+128+32=416$ усл. ед.

Учитывая особенности построения нелинейной характеристики квантования декодера, для уменьшения искажений при декодировании используется еще один, 12-й эталон. Значение этого эталона для каждого сегмента свое и равно половине шага квантования в этом сегменте. Эталоны коррекции приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер сегмента	Кодовая комбинация номера сегмента	Эталонные сигналы					Шаг квантования	Эталонные сигналы коррекции
		основной	дополнительные					
1	000	—	8	4	2	1	1	0,5
2	001	16	8	4	2	1	1	0,5
3	010	32	16	8	4	2	2	1
4	011	64	32	16	8	4	4	2
5	100	128	64	32	16	8	8	4
6	101	256	128	64	32	16	16	8
7	110	512	256	128	64	32	32	16
8	111	1024	512	256	128	64	64	32

Последовательность цифроаналогового преобразования:

- 1-й этап - по символу, записанному в 1-м разряде, выбирается полярность ГЭТ: Если записана «1», то выбирается положительная полярность, если «0», то отрицательная.
- 2-й этап - по кодовой комбинации, записанной в 2,3,4 разрядах, выбирается основной эталонный ток.
- 3-й этап - из четырех дополнительных эталонных токов выбранного основного эталонного тока выбираются те, в чьих разрядах записаны «единицы».
- 4-й этап - в конце добавляется эталон коррекции, равный половине шага квантования данного сегмента.

2. ЗАДАНИЕ.

1. Рассмотрите сегментную характеристику экспандирования типа $A=87,6/13$.
2. Кратко поясните три этапа декодирования, назначение всех узлов характеристики экспандирования типа $A=87,6/13$.
3. Укажите назначение эталона коррекции.
4. Выполните операцию нелинейного декодирования по заданному значению кодовой комбинацией.
5. Запишите полученное значение
6. Укажите значение полученного эталона коррекции.

Исходные данные приведены в табл.6

Лабораторная работа 5

ПРИЕМНИК СИГНАЛОВ ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Лабораторная работа 6

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОДА ПЕРЕДАЧИ

1. Цель работы

в результате выполнения заданий по практическому занятию студент должен:

знать:

- Принцип работы преобразователя кода передачи
- Структурную схему преобразователя кода передачи

Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен:

- закрепить теоретические знания

2. Краткие сведения из теории

Линейные коды

По цифровому линейному тракту должны передаваться сигналы, обеспечивающие минимальные уровни помех внутри сигнала и переходных помех между соседними парами.

Уровень и мешающее действие указанных помех зависит как от ширины и формы энергетического спектра сигнала, так и от ширины и формы амплитудно-частотной характеристики тракта передачи.

Вопрос выбора цифрового сигнала, обеспечивающего необходимую помехозащищенность, сводится к подбору сигнала, спектр которого удовлетворяет определенным требованиям:

- Энергетический спектр линейного цифрового сигнала (ЛЦС) должен быть сосредоточен в относительно узкой полосе частот и содержать незначительные низко- и высокочастотные составляющие.
- Спектр ЛЦС должен содержать тактовую частоту с простой реализацией ее выделения
- Структура ЛЦС должна обеспечивать возможность контроля качества передачи информации по линейному тракту.
- Устройства, обеспечивающие преобразование линейного кода должны иметь простую аппаратную реализацию.
- Применение ЛЦС не должно приводить к снижению качества связи

Для передачи между внутренними блоками оборудования ЦСП, а также для внутри станций, используется так называемый код с возвратом к нулю RZ (Return to Zero). В данном коде для передачи логических «1» используются полутактовые токовые посылки со скважностью 2, а для передачи «0» - бестоковые тактовые интервалы, рисунок 5.12.2.

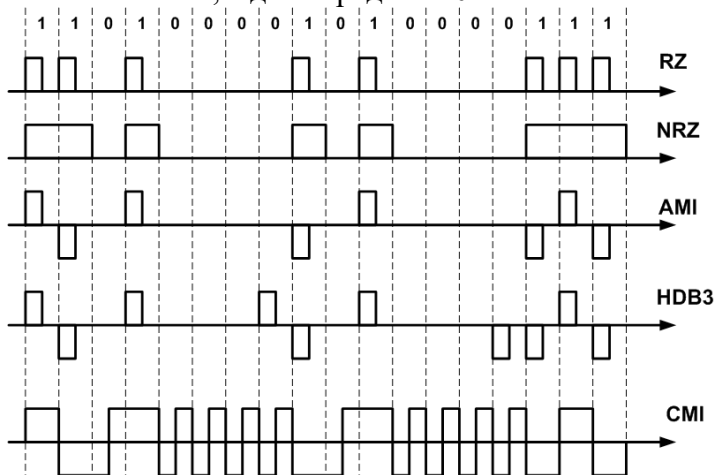


Рис. 1 – Линейные коды ЦСП

В ЦСП наиболее часто применяются следующие основные типы линейных кодов:

- Код без возврата к нулю (NRZ)
- Код с чередующейся полярностью импульсов (ЧПИ или АМІ)
- Код с высокой плотностью следования единиц (КВПЗ или HDB3)
- Код с инверсией единиц (СМІ)

Код NRZ (*NonReturntoZero*) представляет исходную двоичную последовательность, у которой длительность передачи битовых «1» равна длительности битового интервала.

Достоинство: спектр NRZ в два раза уже спектра кода RZ, который наиболее часто применяется для передачи сигналов между узлами ЦСП, рисунок 5.12.3

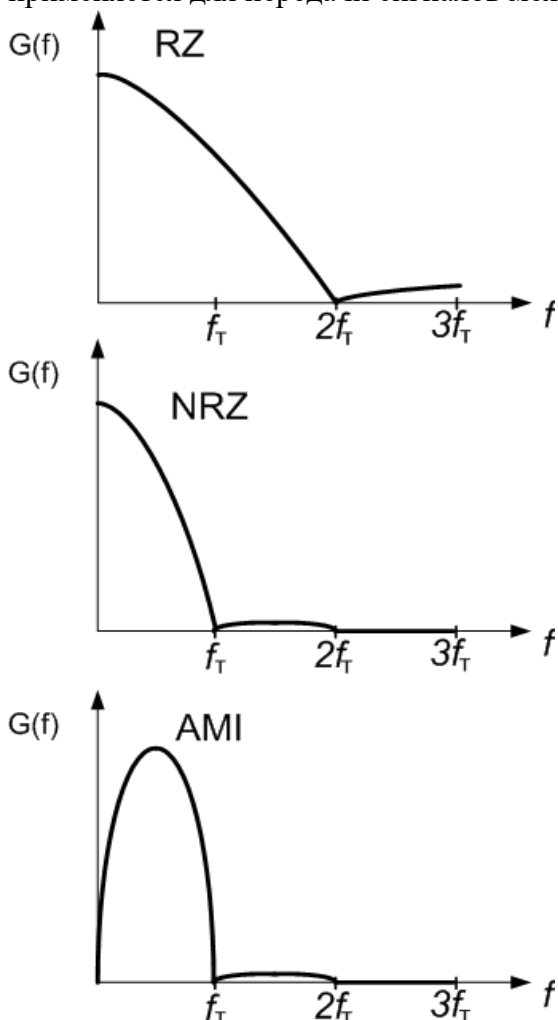


Рис. 2 – Энергетические спектры линейных кодов ЦСП

Недостатки: имеет постоянную составляющую, поэтому не пригоден для передачи по электрическим кабелям и применяется для передачи сигналов по ВОЛП; в спектре отсутствует тактовая частота; возможны сбои тактовой синхронизации при длинных сериях «0» и «1» в сигнале.

Код ЧПИ или АМІ (*AlternateMarkInversion*) является троичным биполярным кодом, в котором логическим «0» соответствуют бестоковые битовые интервалы, а для передачи логических «1» поочередно применяются токовые импульсы разной полярности.

Достоинствами данного кода являются: отсутствие постоянной составляющей, узкий спектр и возможность контроля качества передачи, за счет контроля чередования полярности.

Недостатки: отсутствие тактовой частоты в спектре, возможность сбоев тактовой синхронизации при длинных сериях логических нулей в сигнале.

В коде HDB3 (*High-Density Bipolar*), который также называют модифицированным ЧПИ (МЧПИ) не допускается длинных серий нулей (не более 3) за счет ввода в код специальных комбинаций.

Если число нулей между двумя импульсами двоичного кода превышает 3, то каждые четыре нуля заменяются комбинацией, выбранной по закону:

- **0000→000V** – если после предыдущего символа V появилось нечетное число символов B

- **0000→B00V** – если после предыдущего символа V появилось четное число символов B, Где V – обозначает символ, полярность которого повторяет полярность предыдущего символа; B – обозначает символ, полярность которого противоположна полярности предыдущего импульса.

Двойная подстановка дает возможность сбалансировать число символов «+1» и «-1» в коде МЧПИ и исключить появление постоянной составляющей в линейном сигнале, упрощает требования к устройствам тактовой синхронизации. Однако, усложняется построение преобразователя кода на передаче и приеме.

Энергетический спектр кода незначительно отличается от спектра кода ЧПИ.

В коде с инверсией единиц СМІ (CodedMarkInversion) логические «1» передаются путем чередования токовых тактовых посылок с изменением полярности, а логические «0» - чередованием полутактовых посылок разной полярности на тактовом интервале. Достоинствами данного кода является высокая стабильность выделения тактовой частоты и возможность обнаружения ошибок в линейном тракте за счет контроля чередования полярности. Недостатки - требуется высокое быстродействие кодирующих устройств.

Поскольку коды АМІ, HDB3 и СМІ являются биполярными, то они не пригодны для передачи сигналов по ВОЛП, а применяются для работы по электрическим кабелям.

Характеристики наиболее часто используемых линейных кодов ЦСП с ИКМ, работающими по электрическим кабелям, описываются в рекомендации G.703. Основные данные по ним приведены в таблице 5.12.1.

Таблица 1 – Нормы на электрические параметры некоторых ЛЭС типовых ЦСП

Система	Типкода	Типкабеля	Волновоесопротивление, Ом	Номинальное пиковое напряжение	Длительностьимпульса, нс
ИКМ-30	АМІ	СК	120	3	244
ИКМ-	HDB3	КК	75	2,37	59
ИКМ-	HDB3	КК	75	1	14,55
ИКМ-	СМІ	КК	75	1	3,59

Скремблирование

Скремблирование (от scramble - перемешивание) заключается в преобразовании исходного двоичного сигнала в сигнал, близкий к случайному с равной вероятностью появления логических «0» и «1».

Скремблирование позволяет:

- **повысить надежность выделения тактовой частоты из двоичного сигнала, за счет снижения вероятности появления длинных серий логических «0» и «1»**
- **получить более стабильную характеристику энергетического спектра сигнала, сосредоточенную в заданной области частот;**
- **улучшить качество связи за счет снижения корреляционных связей в исходном сигнале.**

На передающей стороне скремблирование производится при помощи специального устройства — скремблера, а на приеме исходный сигнал восстанавливается дескремблером. Скремблер и дескремблер являются частью ОЛТ-ОП.

Скремблер проводит сложение исходного сигнала с псевдослучайным двоичным сигналом по модулю 2, рисунок 4. Дескремблер выделяет исходную последовательность путем повторного сложения принятого сигнала с такой же ПСП.



ПСП вырабатывается при помощи генераторов на передаче и приеме, которые для правильного восстановления сигнала должны быть синхронизированы.

Применяют два типа скремблеров и дескремблеров:

- самосинхронизирующиеся;
- с установкой (адаптивные);

Самосинхронизируемые (СС) скремблеры содержат генераторы ПСП, основанные на регистрах сдвига, управляемых выходным сигналом, рисунок 5.12.5. В этом случае не требуется специальной установки состояний генераторов ПСП скремблера и дескремблера, поскольку скремблированный сигнал управляет работой генераторов ПСП. При потере синхронизации восстановление синхронизма происходит за число тактов, равное числу ячеек регистра сдвига.

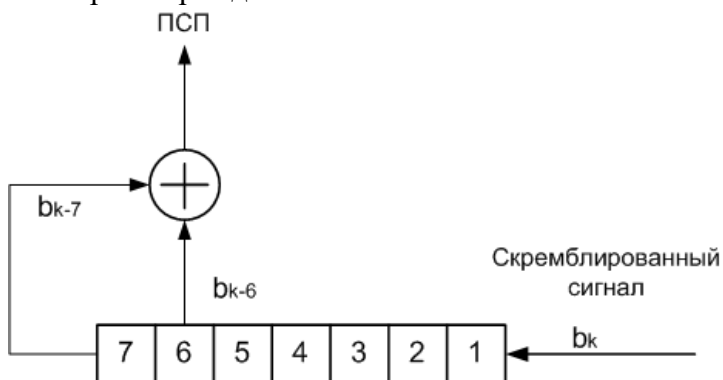


Рис.5 – Схема самосинхронизирующегося генератора ПСП

Недостатки СС скремблеров:

- размножение ошибок: ошибочный прием одного символа может привести к нескольким ошибкам в восстановленном сигнале;
- возможность появления периодических последовательностей в скремблированном сигнале.

В адаптивных скремблерах генератор ПСП не управляется скремблированным сигналом, рисунок 5.12.6. Это устраняет недостатки СС скремблеров, однако требует предварительной установки генераторов ПСП на передаче и приеме в одинаковое состояние. В качестве сигнала установки генераторов применяется сигнал цикловой синхронизации.

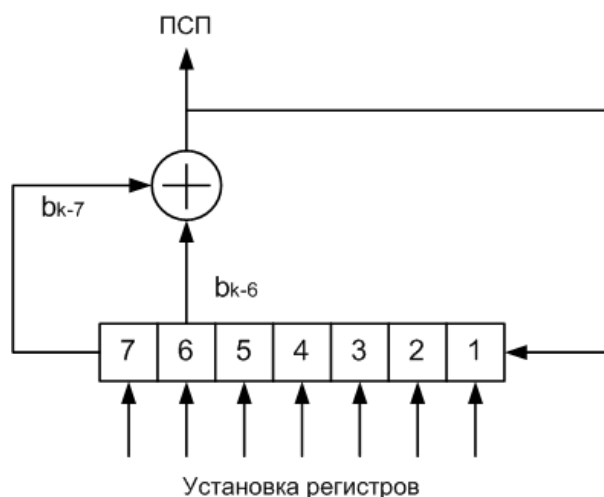


Рис.6 – Схема генератора ПСП с предустановкой

Формирователь линейного сигнала плата 2

Преобразование однополярного группового ИКМ - сигнала в квазитроичный осуществляется простой логической операцией, заключающейся в том, что последовательности однополярных импульсов делятся на две (последовательность четных и нечетных импульсов) и объединяются в биполярную последовательность таким образом, чтобы на выходе ПК.пер соблюдалось правило чередования полярности. Структурная схема преобразователя кода передачи приведена на *рисунке 20*. Групповой ИКМ - сигнал, поступающий с платы 1 блока ФЛС, подается на счетный вход триггера Т1. Триггер регулярно изменяет свое состояние на противоположное при поступлении на вход очередного импульса.

С прямого и инверсного выходов триггера Т1 импульсные последовательности поступают на входы схем совпадения И1, И2, на другие входы которых поступают импульсные последовательности: строб-1и строб 1, задержанный в линии задержки ЛЗ, с помощью которых формируются узкие импульсы, а также импульсные последовательности с элемента памяти RS триггера Т2, разрешающего поочередную работу элементов И1, И2.

Сформированные узкие импульсы с выходов И1 и И2 поступают на входы формирователей импульсов, на другие входы которых подаются узкие импульсы с ФИ. В качестве формирователей используются RS -триггеры Т3 и Т4. Импульсные последовательности с прямых выходов триггеров Т3, Т4 поступают на входы буферных усилителей БУ1, БУ2 соответственно, а с инверсных выходов триггеров Т3, Т4 поступают на входы RS - триггера Т2, который управляет работой схем И1, И2.

Буферные усилители предназначены для устранения влияния отражений на работу триггеров Т3, Т4. Униполярные импульсы, поступающие на вход трансформатора Тр от БУ1 и КУ2, объединяются в нем в квазитроичный биполярный код.

При пропадании ИКМ – сигнала на передаче единичный сигнал с выхода триггера Т3 или Т4, один из которых или оба в любом случае устанавливаются в это состояние сигналом с ФИ, подается на схему ИЛИ, на выходе которой появляется высокий положительный потенциал. Емкость С заряжается до потенциала, равного "логической 1". Тогда сигнал, снимаемый с выхода схемы ИЛИ, включает аварийную сигнализацию в блоке КС.

Лабораторная работа 7

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОДА ПРИЕМА

1. Цель работы: в результате выполнения заданий по практическому занятию студент должен:

знать:

- Принцип работы преобразователя кода приема
- Структурную схему преобразователя кода приема

Таким образом, студент во время проведения занятия и самостоятельной работы по теме занятия должен:

- закрепить теоретические знания

2. Краткие сведения из теории

Линейные коды

По цифровому линейному тракту должны передаваться сигналы, обеспечивающие минимальные уровни помех внутри сигнала и переходных помех между соседними парами.

Уровень и мешающее действие указанных помех зависит как от ширины и формы энергетического спектра сигнала, так и от ширины и формы амплитудно-частотной характеристики тракта передачи.

Вопрос выбора цифрового сигнала, обеспечивающего необходимую помехозащищенность, сводится к подбору сигнала, спектр которого удовлетворяет определенным требованиям:

- Энергетический спектр линейного цифрового сигнала (ЛЦС) должен быть сосредоточен в относительно узкой полосе частот и содержать незначительные низко и высокочастотные составляющие.
- Спектр ЛЦС должен содержать тактовую частоту с простой реализацией ее выделения
- Структура ЛЦС должна обеспечивать возможность контроля качества передачи информации по линейному тракту.
- Устройства, обеспечивающие преобразование линейного кода должны иметь простую аппаратную реализацию.
- Применение ЛЦС не должно приводить к снижению качества связи

Для передачи между внутренними блоками оборудования ЦСП, а также для внутри станций, используется так называемый код с возвратом к нулю RZ (Return to Zero). В данном коде для передачи логических «1» используются полутактовые токовые посылки со скважностью 2, а для передачи «0» - бестокковые тактовые интервалы, рисунок 5.12.2.

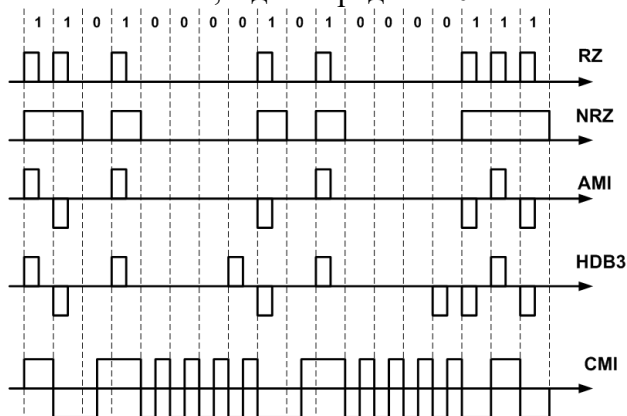


Рис.1 – Линейные коды ЦСП

В ЦСП наиболее часто применяются следующие основные типы линейных кодов:

- Код без возврата к нулю (NRZ)
- Код с чередующейся полярностью импульсов (ЧПИ или АМІ)
- Код с высокой плотностью следования единиц (КВПЗ или HDB3)
- Код с инверсией единиц (СМІ)

Код NRZ (*NonReturntoZero*) представляет исходную двоичную последовательность, у которой длительность передачи битовых «1» равна длительности битового интервала.

Достоинство: спектр NRZ в два раза уже спектра кода RZ, который наиболее часто применяется для передачи сигналов между узлами ЦСП, рисунок 1

Преобразователь кода приема.

Структурная схема ПК.пр приведена на рисунке

Биполярный сигнал поступает через симметрирующий трансформатор на вход предварительного усилителя, который обеспечивает нормальную работу ПК.пр при изменении входного сигнала на 6 дБ.

Постоянство амплитуды и формы импульсов на выходе усилителя обеспечивается системой АРУ.

С выхода усилителя через трансформатор импульсы сигнала подаются на схему АРУ, на формирователь ИКМ – сигнала и на ВТЧ (выделитель тактовой частоты).

Формирователь ИКМ - сигнала состоит из двухполупериодного выпрямителя, пороговых устройств, RS - триггеров и схемы ИЛИ2.

Выпрямитель служит для преобразования квазитроичной последовательности в униполярную, содержащую в своем спектре составляющую тактовой частоты, которая выделяется колебательным контуром ВТЧ и используется для формирования стробирующих импульсов.

Стробирующие импульсы определяют моменты опробования входного сигнала и длительность выходных импульсов.

Пороговые устройства осуществляют селекцию сигнала по уровню и запускают RS триггеры, формирующие стандартные импульсы.

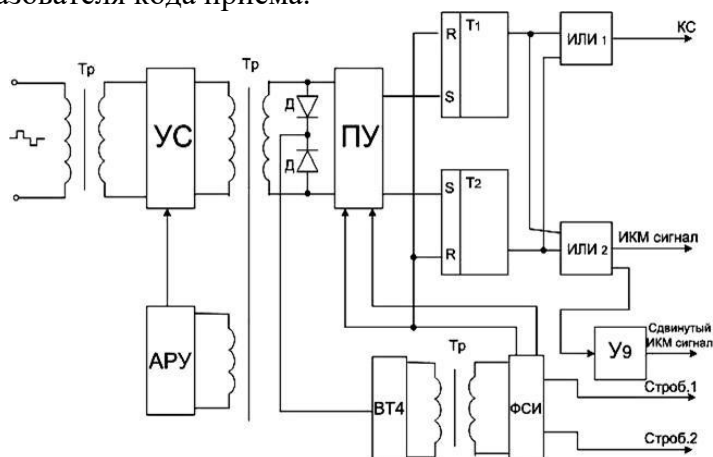
С выходов триггеров импульсы подаются на схемы ИЛИ1 и ИЛИ2.

ИЛИ1 – служит для контроля пропадания ИКМ – сигнала.

ИЛИ2 – формирует ИКМ – сигнал.

Цепочка инверторов, реализованная на микросхеме У9, сдвигает ИКМ – сигнал для нормальной работы декодера.

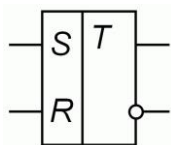
Структурная схема преобразователя кода приема.



RS-триггер

Триггер – простейшее устройство, представляющее собой цифровой автомат. Он имеет два состояния устойчивости. Одному из этих состояний присваивается значение «1», а другому - «0». Состояние триггера, а также значение двоичной информации, которая в нем

хранится, определяется выходными сигналами: прямым и инверсным. В том случае, когда на прямом выходе установится потенциал, который соответствует логической единице, состояние триггера называется единичным (при этом потенциал на инверсном выходе равен нулю). Если же на прямом выходе нет потенциала, то состояние триггера называется нулевым.



Классифицируют триггеры по следующим признакам:

- По способу записываемой информации (асинхронные и синхронные).
- По способу управления информацией (статистические, динамические, одноступенчатые, многоступенчатые).
- По способу реализации логических связей (JK-триггер, RS-триггеры, T-триггер, D-триггер и других типов).

Асинхронный RS-триггер конструктивно имеет два прямых (R и S) входа. Это устройство функционирует согласно таблице переходов.

R	S	Q_t	Q_{t+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	-
1	1	1	-

Q_{t+1}		
R	S	Q_t
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	-

Запрещенной для такого триггера является комбинация сигналов на входах устройства, вызывающая состояние неопределенности. Эта комбинация может быть выражена требованием $R_t S_t = 0$. При минимизации карты Карно выводится закон функционирования триггера, который называют характеристическим уравнением: $Q(t+1) = S \vee R' \wedge Q_t$. При этом $R_t S_t$ будет равно нулю.

Синхронный RS-триггер. Такое устройство конструктивно имеет три прямых входа S, R, и C. Отличие триггера синхронного типа от асинхронного заключается в наличии входа синхронизации (C). Он необходим по следующим причинам: ведь на входы устройства (логического элемента) сигналы поступают не всегда одновременно. Это связано с тем, что они проходят через различные типы и количество узлов, которые обладают разной задержкой. Это явление называют «состязанием». В результате таких «состязаний» полученные значения сигналов будут накладываться на предыдущие значения других сигналов. Все это приводит к ложному срабатыванию устройства.

Это явление можно устранить подачей на вход устройства сигналов временного стробирования. А именно: на вход логического элемента, кроме непосредственно информационных сигналов, подаются ключевые синхронизирующие импульсы, к этому моменту информационные входные сигналы успеют зафиксироваться на входах. Главное условие правильности работы срабатывания логических каскадов в RS-триггере и

управляемых ими логических схем – недопустимость одновременного действия сигнала R_t или S_t , переключающего устройство, и съема информации с выхода $Q(t+1)$ триггера. В связи с этим в потенциальных сериях элементов содержатся только синхронные. RS-триггер синхронного типа представлен характеристическим уравнением: $Q(t+1) = S_t C_t \vee R'_t Q_t \vee Q_t C'_t$.

Выводы по разделу

Рассмотрен вопрос формирования линейных цифровых сигналов для различного типа линейных кодов.

Рассмотрено для чего служат RS-триггеры, и их структурная схема.

Рассмотрена структурная схема ПКпр.

Контрольные вопросы:

1. Для чего служит преобразователь кода приёма?
2. В каком оборудовании применяется преобразователь кода приёма?
3. Пояснить назначение и общий принцип работы каждого блока ПКпр.
4. Для чего служит АРУ ПКпр?
5. Из каких узлов состоит блок формирователя ИКМ и каков принцип работы формирователя ИКМ?