



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ  
**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ**  
Учебно-методическая документация

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**ОСНОВЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**  
Специальность:  
**11.02.11 Сети связи и системы коммутации**

Квалификация выпускника: техник

**Разработчик: Цыбульская Г. В.**, преподаватель

Методические рекомендации приняты на заседании предметной (цикловой) комиссии дисциплин профессионального цикла специальности 11.02.11 Сети связи и системы коммутации колледжа протокол № 1 от 18.09.2017 г.

Председатель предметной (цикловой) комиссии \_\_\_\_\_  Г. В. Цыбульская

## Содержание

1. Пояснительная записка
2. Тематический план дисциплины “Основы телекоммуникаций”
3. Перечень практических и лабораторных работ:

## **Пояснительная записка**

Методические рекомендации по практическим занятиям и лабораторным работам, являющиеся частью учебно-методического комплекса по дисциплине «Основы телекоммуникаций» составлены в соответствии с:

1. Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности 11.02.11 Сети связи и системы коммутации;
2. Рабочей программой учебной дисциплины;
3. Положением о планировании, организации и проведении практических занятий студентов, осваивающих основные профессиональные образовательные программы среднего профессионального образования в колледжах НовГУ.

Методические рекомендации включают 9 практических занятий, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины в объеме 18 часов и 2 лабораторных работ в объеме 4 часов.

В результате выполнения практических заданий обучающийся **должен уметь:**

**уметь:**

- анализировать граф сети;
- составлять матрицу связности для ориентированного и неориентированного графа;
- составлять фазы коммутации при коммутации каналов, коммутации сообщений, коммутации пакетов;
- составлять матрицы маршрутов для каждого узла коммутации сети;
- сравнивать различные виды сигнализации;
- составлять структурные схемы систем передачи для различных направляющих сред;
- осуществлять процесс нелинейного кодирования и декодирования;
- формировать линейные коды цифровых систем передачи;
- определять качество работы регенераторов.

**знать:**

- состав классификации и состав Единой сети электросвязи Российской Федерации;
- теорию графов и сетей;
- задачи и типы коммутации;
- сущность модели взаимодействия открытых систем ВОО/OSI;
- методы формирования таблиц маршрутизации
- системы сигнализации в телекоммуникационных системах с коммутацией каналов, коммутацией сообщений, коммутацией пакетов;
- структурные схемы систем передачи с временным разделением каналов и спектральным уплотнением;
- принципы осуществления нелинейного кодирования и декодирования;
- алгоритмы формирования линейных кодов цифровых систем передачи;
- виды синхронизации в цифровых системах передачи и их назначение;
- назначение, принципы действия регенераторов.

Тематический план и содержание учебной дисциплины «Основы телекоммуникаций»

| Наименование разделов и тем                                         | Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Объем часов       | Уровень освоения |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| 1                                                                   | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                 | 4                |
| <b>Раздел 1. Единая сеть электросвязи Российской Федерации</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>48</b>         |                  |
| Тема 1.1. Построение Единой сети электросвязи Российской Федерации. | <p>Федеральный закон «О связи». Общие положения и понятия, используемые в Федеральном законе. Виды сетей электросвязи. Архитектура и структура Единой сети электросвязи Российской Федерации (ЕСЭ РФ). Виды телефонных сетей. Архитектура сетей. Функции сетей. Планы нумерации сетей.</p> <p><b>Самостоятельная работа №1:</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Цель, задачи и функции управления Связью РФ, Лицензирование и Сертификация продукции, услуг и систем.</p> | <p>2</p> <p>2</p> | 1                |
| Тема 1.2. Модель взаимодействия открытых систем(OSI)                | <p>Модель взаимодействия открытых систем IS)/)SI. Функции уровней модели ISO/OSI. Стек протоколов OSI. Взаимодействие уровней модели OSI.</p> <p><b>Самостоятельная работа №2</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Эталонная модель взаимодействия открытых систем - ЭМ ВОС</p>                                                                                                                                                                                            | <p>4</p> <p>2</p> | 2                |
| Тема 1.3. Построение первичных сетей ЕСЭ РФ.                        | <p>Принципы построения первичных сетей. Способы передачи и приема сообщений электросвязи. Теория графов сетей, назначение элементов сетей электросвязи, топологические модели сетей. Составление матриц связности для ориентированного и неориентированного графа.</p> <p><b>Практическая работа №1</b> Построение схем внутризонавой сети фиксированной телефонной связи</p>                                                                                                                            | <p>6</p> <p>2</p> | 2                |

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |   |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---|
|                                                   | <p><b>Самостоятельная работа №3</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам : Управление телекоммуникационными сетями РФ</p> <p>Сеть управления сетью TMN - Telecommunication Management Network</p>                                                                                                                                                | 2               |   |
| Тема 1.4. Сети подвижной связи                    | <p>Общие характеристики и принцип построения сетей подвижной связи. Сети сотовой связи 2,3 и 4 поколений</p> <p><b>Практическая работа №2</b> Построение сети сотовой связи</p> <p><b>Самостоятельная работа №4</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта Задание: Реферат - Краткий итоговый обзор основных сетей сотовой связи</p>                       | 4<br><br>2<br>3 | 2 |
| Тема 1.5. Сети звукового и телевизионного вещания | <p>Принципы построения сетей звукового и телевизионного вещания. Организация процесса вещания.</p> <p><b>Самостоятельная работа №5</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Реферат Современные модемы, работающие в двухстороннем режиме в кабельных ТВ-сетях</p>                                                                              | 4<br><br>2      | 2 |
| Тема 1.6. Построение вторичных сетей связи.       | <p>Схемы коммутационных трактов с использованием систем передачи различных направляющих сред.</p> <p><b>Практическая работа №3</b> Методика расчета номерной емкости телефонной сети открытой</p> <p><b>Самостоятельная работа №6</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Виды сетей и принципы построения фиксированной телефонной связи.</p> | 3<br><br>2<br>2 | 2 |
| Тема 1.7. Сети связи следующего поколения         | <p>Технология NGN (Next Generation Network) - как основа внедрения универсальной услуги. Мультисервисные сети. Принципы построения интеллектуальных сетей. Основы протокола TCP-IP.</p> <p><b>Самостоятельная работа №7</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Базовые принципы построения сети нового поколения.</p>                         | 4<br><br>2      | 2 |



|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |   |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---|
|                                                 | <b>Самостоятельная работа №10</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Функциональная схема телекоммуникационной сети (общий вид)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                   |   |
| Тема 3.2. Сигнализация в сетях электросвязи     | <p>Назначение и виды систем сигнализации в телекоммуникационных системах с коммутацией каналов, с коммутацией сообщений, с коммутацией пакетов. Сравнение различных видов сигнализации.</p> <p><b>Самостоятельная работа №11</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Общекабельная система сигнализации (ОКС)</p>                                                                                                                                                                                                                                             | 4<br><br>2          | 2 |
| Тема 3.3. Синхронизация вторичных сетей связи.  | <p>Назначение и способы синхронизации вторичных сетей связи. Виды синхронизации. Качество связи.</p> <p><b>Самостоятельная работа №12</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Синхронная цифровая иерархия - SDH - Synchronous Digital Hierarchy, Синхронная оптическая сеть - SONET - Synchronous Optical Network</p>                                                                                                                                                                                                                                        | 4<br><br>5          | 2 |
| Тема 3.4. Управление коммутационными системами. | <p>Управляющие устройства телекоммуникационных систем, периферийные и центральные управляющие устройства. Управление записанной программой. Особенности и режимы работы управляющих устройств. Структура программного обеспечения систем управления. Алгоритмическое и программное обеспечение систем управления КС.</p> <p><b>Практическая работа №5</b> Моделирование коммутационной системы заданной емкости</p> <p><b>Самостоятельная работа №13</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Функциональная схема системы коммутации (КС) аналоговой сети</p> | 6<br><br>2<br><br>4 | 2 |
| Тема 3.5. Оборудование коммутационных систем.   | Состав оборудования коммутационных систем. Аппаратное обеспечение и комплектация оборудования коммутационных систем. Функции и назначение линейного и группового оборудования. Коммутационное оборудование. Виды цифровой коммутации: пространственная и временная. Построение коммутационных полей. Понятие ступеней искания. Увеличение емкости коммутационной станции.                                                                                                                                                                                                                | 6                   | 2 |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |   |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---|
|                                                      | <b>Практическая работа № 6</b> Изучение управляющих систем узлов коммутации с управлением по записанной программе - ЭУС<br><b>Самостоятельная работа №14</b> Проработка учебной литературы, составление конспекта по темам: Эволюция телефонных станций. Однозвенные и многозвенные коммутационные поля.                               | 2<br>4      | 2 |
| Тема 3.6. Технология обслуживания вызовов.           | Особенности функционирования коммутационной системы по записанной программе. Алгоритмы обслуживания вызовов при установлении соединений различных системах коммутации.                                                                                                                                                                 | 4           | 2 |
|                                                      | <b>Практическая работа № 7</b> Построение коммутационного оборудования. EWSD (по рекомендации работодателя)<br><b>Практическая работа № 8</b> Изучение способов определения номера вызывающего абонента<br><b>Самостоятельная работа №15</b> Алгоритмы обслуживания вызовов при установлении соединений различных системах коммутации. | 2<br>2<br>4 |   |
| Тема 3.7 Основы построения цифровых систем передачи. | Коммутация каналов на основе разделения времени и на основе частотного уплотнения. Кодирование и декодирующие устройства. Формирование управляющих сигналов в генераторном оборудовании ЦСП. Формирование линейных цифровых сигналов. Синхронизация ЦСП. Регенерация цифрового сигнала. Исследование принципа работы канала с ВРК      | 4           | 2 |
|                                                      | <b>Лабораторная работа №2</b> Исследование принципа работы канала с ВРК                                                                                                                                                                                                                                                                | 4           |   |
|                                                      | <b>Практическая работа № 9</b> Изучение линейного кодера взвешивающего типа                                                                                                                                                                                                                                                            | 2           |   |
|                                                      | <b>Самостоятельная работа №16</b> Формирование линейных кодов<br>Построение временных диаграмм линейны кодов. Регенерация цифровых сигналов                                                                                                                                                                                            | 4           |   |
|                                                      | Контрольная работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1           |   |
| <b>Итого</b>                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>157</b>  |   |

Уровни освоения учебного материала имеют следующие обозначения:

1. – **ознакомительный** (узнавание ранее изученных объектов, свойств);
2. – **репродуктивный** (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством)
3. – **продуктивный** (планирование и самостоятельное выполнение деятельности, решение проблемных задач)

## **Содержание практических занятий и лабораторных работ**

### **Практическая работа № 1**

Построение структурной схемы одного из заданного вида электрической связи

### **Практическая работа № 2**

Построение сети сотовой связи

### **Практическая работа № 3**

Методика расчета номерной емкости телефонной сети с открытой нумерацией

### **Практическая работа № 4**

Изучение терминальных устройств ISDN.

### **Лабораторная работа № 1**

Определение времени доставки сообщения при заданном методе коммутации

### **Практическая работа № 5**

Моделирование коммутационной системы заданной емкости

### **Практическая работа № 6**

Изучение управляющих систем узлов коммутации с управлением по записанной программе - ЭУС

### **Практическая работа № 7**

Построение коммутационного оборудования EWSD (по рекомендации работодателя ).

### **Практическая работа № 8**

Изучение способов определения номера вызывающего абонента

### **Лабораторная работа № 2**

Исследование принципа работы канала с ВРК

### **Практическая работа № 9**

Изучение линейного кодера взвешивающего типа.

.

Практическая работа

«Построение структурной схемы одного из заданного вида электрической связи».

1. В результате выполнения работы,

Студент должен знать:

- виды связи и перечень предоставляемых услуг;
- принцип построения первичных и вторичных сетей.

Студент должен уметь:

- на конкретном примере построить структурную схему первичной и вторичной сети..

2. Содержание работы.

Цель работы:

Построить заданную структурную схему вида электрической связи.

Работа рассчитана на 2 часа

3. Направляющие вопросы.

- Дайте определение Магистральной сети, внутризоновой сети, местной сети.
- Что такое первичная и вторичная сети связи

4. Рабочее задание:

- Начертить структурную схему построения первичной сети между :

Новгород- Валдай – село Валдая – 1, 16 варианты

Новгород-Боровичи – село Боровичей – 2, 17 варианты

Новгород – Старая Русса – село С.Руссы 3, 18 варианты

Новгород – Шимск и т.д. 4, 19 варианты

Новгород – Батецкая и т.д. 5, 20 варианты

Новгород- Волот – село Волота – 6, 21 варианты

Новгород- Поддорье – село Поддорья – 7, 22 варианты

Новгород – Холм – село Холма 8, 23 варианты

Новгород – Парфино и т.д. 9, 24 варианты

Новгород – Демянск и т.д. 10, 25 варианты

Новгород- М.Вишера – село Б.Вишера и т.д. – 11, 26 варианты

Новгород- Чудово – село Чудово – 12, 27 варианты

Новгород – Крестцы – село Крестец 13, 28 варианты

Новгород – Окуловка и т.д. 14, 29 варианты

Новгород – Хвойная и т.д. 15, 30 варианты

## СТРУКТУРА ЕАСС

Единая автоматизированная сеть связи предназначена для удовлетворения потребностей предприятий, организаций, учреждений и населения страны в передаче любой информации с требуемой скоростью, точностью и высокой надежностью. Сеть ЕАСС представляет собой достаточно сложный комплекс технических средств, которые образуют:

первичную сеть типовых каналов связи и типовых групповых трактов, обеспечивающих передачу информации любого вида;

вторичные сети, подключаемые к типовым каналам и групповым трактам первичной сети, которые разделяются в зависимости от вида передаваемых по ним сообщений на телефонные, телеграфные, передачи данных, звукового и телевизионного вещания, передачи газет и др. (рис. 1.7).

К типовым каналам и групповым трактам первичной сети ЕАСС относятся:

стандартный канал тональной частоты (ТЧ), который характеризуется полосой частот 0,3 ... 3,4 кГц;

групповые тракты, сформированные на основе каналов ТЧ: первичный групповой тракт из 12 каналов ТЧ, вторичный групповой тракт из 60 каналов ТЧ, третичный и четвертичный групповые тракты соответственно из 300 и 900 каналов ТЧ;

каналы передачи телевизионных изображений в полосе частот 50 Гц ... 6 МГц; звукового сопровождения телевидения высшего класса (30 ... 15 000 Гц) и первого класса (50 ... 10 000 Гц), а также каналы передачи звукового вещания в полосах 30 ... 15 000 Гц, 50 ... 10 000 Гц и 100 ... 6300 Гц, которые формируются на базе канала ТЧ и групповых трактов;

основной цифровой канал (ОЦ) со скоростью передачи 64 кбит/с (бит — единица измерения количества информации, более крупные единицы — килобит и мегабит);

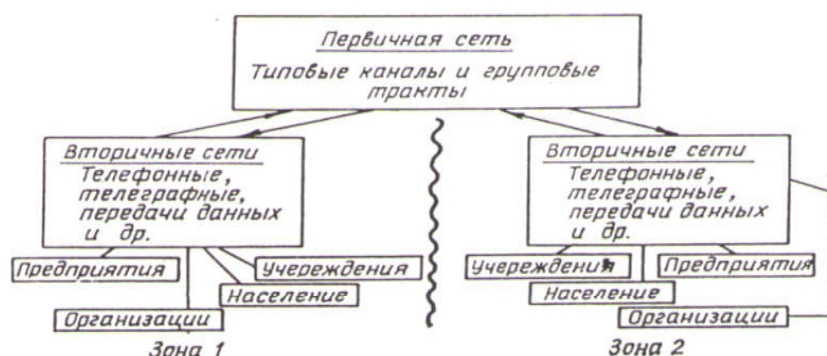


Рис. 1.7. Структура ЕАСС

цифровые групповые тракты, сформированные на основе каналов ОЦ: первичный (30 каналов ОЦ), вторичный (120 каналов ОЦ), третичный и четвертичный групповые тракты соответственно из 480 и 1920 каналов ОЦ.

**Первичная сеть ЕАСС.** Основу ЕАСС составляет первичная сеть. Исходя из особенностей эксплуатации и сложившейся структуры управления она строится по территориальному принципу и включает магистральную и зональные первичные сети. Каждая зональная сеть является совокупностью внутризональной и местных первичных сетей.

Местные первичные сети формируются на базе городских телефонных сетей (ГТС) и сельских телефонных сетей (СТС), соединяя райцентр с колхозами, совхозами и рабочими поселками. Внутризональные первичные сети объединяют местные первичные сети (городские и сельские), соединяя районные центры данной области с областными центрами. Внутризональная первичная сеть, как правило, ограничена территорией одной области. Магистральная первичная сеть соединяет между собой все областные центры, объединяя внутризональные первичные сети в единую первичную сеть.

Рассмотрим, что собой представляет структура первичной сети ЕАСС и каково назначение основных ее элементов.

Первичная сеть ЕАСС (рис. 1.8) образуется системой линий передачи, сетевых узлов (СУ) и сетевых станций (СС).

Каждой линии передачи присваивается название в зависимости от первичной сети, которой она принадлежит (например, магистральная, внутризоновая, местная) и от среды распространения сигналов (кабельная, радиорелейная, спутниковая и др.). По линиям первичной сети осуществляется передача всех видов сообщений: телефонных, телеграфных, программ звукового и телевизи-

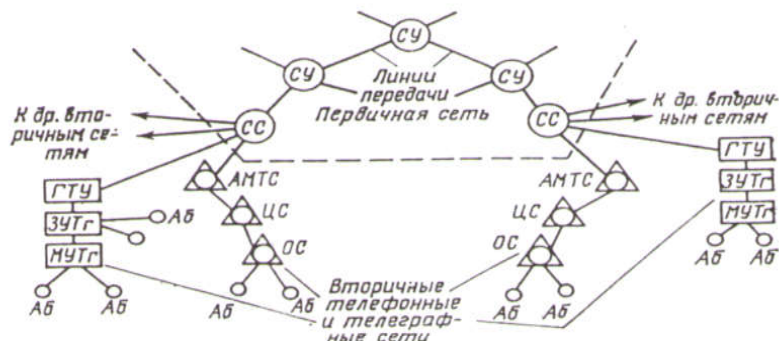


Рис. 1.8. К пояснению структуры первичной и вторичных сетей ЕАСС: ГТУ, ЗУТГ, МУТГ — главные, зонавые, местные узлы телеграфной связи; ОС, ЦС, АМТС — оконечные, центральные, автоматические междугородные телефонные станции; АБ — абоненты

онного вещания, данных для ЭВМ и др. Для этого требуется организация большого числа каналов (десятки, сотни, тысячи каналов). Каким же образом это осуществляется? Эффективное использование линий передачи первичной сети обеспечивается применением многоканальных систем передачи ЕАСС, соединяющих сетевые узлы и станции первичной сети (рис. 1.9).

Сетевые узлы первичной сети содержат аппаратуру систем передачи ЕАСС, обеспечивающих организацию и транзит необходимого числа групповых трактов и каналов первичной сети, а также предоставление этих трактов и каналов вторичным сетям.

Транзит — это соединение одноименных типовых каналов или одноименных типовых групповых трактов, обеспечивающее прохождение сигналов без изменения полосы частот или скорости передачи. Кроме того, в процессе управления первичной сетью осуществляются соответствующие переключения трактов и каналов, принадлежащих различным линиям передачи, чтобы обеспечить передачу информации потребителям по заданному адресу.

Сетевые станции, по существу, являются оконечными узлами сети, но на них не производится сквозной транзит каналов и групповых трактов. Через сетевые станции происходит подключение вторичных сетей к типовым каналам и групповым трактам первичной сети.

**Вторичные сети ЕАСС.** Вторичные сети ЕАСС представляют собой совокупность станций, узлов коммутации различного назначения, оконечных абонентских устройств и каналов вторичной сети.

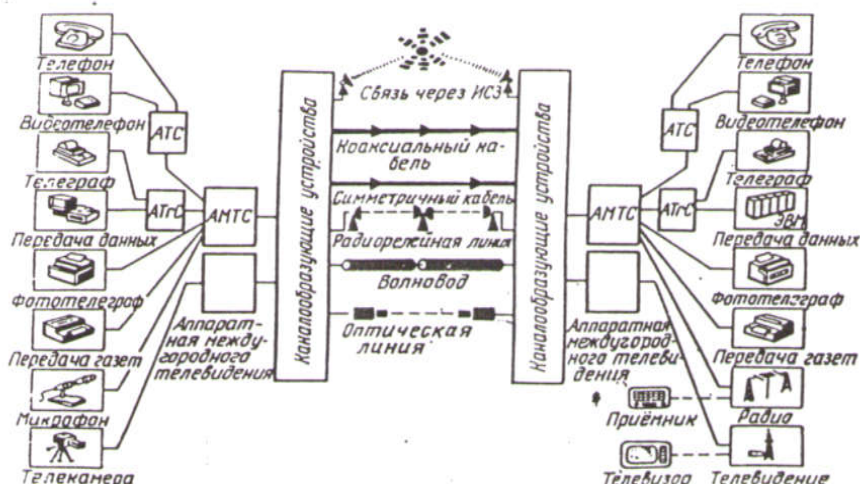


Рис. 1.9. Обобщенная схема ЕАСС

«Построение сети сотовой связи»

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- общие принципы построения систем подвижной связи;
- основные стандарты сотовых систем связи.

уметь:

- применять принципы повторного использования выделенного ресурса частот.

2 Содержание работы

Цель работы: Изучение общих принципов построения и организации систем подвижной радиосвязи.

3 Направляющие вопросы

3.1 Дайте понятие частотно-территориального плана.

3.2 Что называется кластером?

3.3 Как влияет коэффициент повторного использования частот на емкость сети?

3.4 Поясните понятие интеллектуальная антенная система.

3.5 В чем отличие микросотовых сетей подвижной связи от макросотовых сетей?

3.6 Поясните процедуру «ведение абонента», «роуминг».

3.7 Назначение каналов трафика и управления.

3.8 Поясните назначение центра коммутации.

3.9 Назначение интерфейсов в сетях сотовой связи.

4 Рабочее задание

4.1 Ознакомиться с общими принципами построения систем подвижной радиосвязи. Изучить основные стандарты сотовых систем связи, дать их характеристику:

Вариант А – стандарт GSM;

Вариант Б – стандарт ADC;

Вариант В – стандарт JDC.

Номер варианта задается преподавателем.

4.2 Изучите особенности построения цифровых ССПС с макросотовой структурой. Приведите значения количества каналов  $N$  на соту для ССПС различных стандартов при разных коэффициентах повторного использования частот. Сделайте вывод.

4.3. Изучите и перечислите основные категории каналов, предусмотренные в ССПСЭ.

## 5. Указания по выполнению работы

В разных источниках используется различное название систем мобильной связи, в данном случае будем использовать два названия: сотовые системы мобильной связи (ССМС) и сотовые сухопутные подвижные системы электросвязи (ССПЭ).

### 5.1. Основные стандарты ССПС

Развитие в 70-х годах сотовых систем подвижной связи и их внедрение решили проблему экономии спектра радиочастот путем многократного использования выделенного частотного ресурса при пространственном разнесении приемопередатчиков с совпадающими рабочими частотами. Сотовая топология позволила многократно увеличить емкость телекоммуникационных сетей по отношению к сетям радиальной структуры без ухудшения качества связи и расширения выделенной полосы частот. Однако, внедрение систем сотовой подвижной связи (ССПС) началось после того, как были найдены способы определения текущего местоположения подвижных абонентов и обеспечения непрерывности связи при перемещении абонента из одной соты в другую.

Известны девять основных стандартов аналоговых ССПС. Один из них NMT-450 принят в качестве федерального стандарта для России. На его основе созданы ССПС в Москве ("Московская сотовая связь"), Санкт-Петербурге ("Дельта-Телеком") и других городах.

Однако, аналоговые ССПС уже не удовлетворяют современному уровню развития информационных технологий из-за многочисленных недостатков, главные из которых: несовместимость стандартов; ограниченная зона действия; низкое качество связи; отсутствие засекречивания передаваемых сообщений и взаимодействия с цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN) и пакетной передачи данных (PDN).

В последние годы из-за ограниченных возможностей стандартов NMT-450 и NMT-900 во всем мире наблюдается снижение роста числа их пользователей.

В 80-х годах в Европе, Северной Америке и Японии приступили к интенсивному изучению принципов построения перспективных цифровых ССПС и сегодня уже разработаны три стандарта таких систем с макросотовой топологией сетей и радиусом сот до 35 км: общеевропейский стандарт GSM, принятый Европейским институтом стандартов в области связи (ETSI); американский стандарт ADC (D-AMPS), разработанный Промышленной ассоциацией в области связи (TIA); японский стандарт JDC, принятый Министерством почт и связи Японии.

Общеевропейский стандарт GSM - первый в мире стандарт на цифровые ССПС, который предусматривает их создание в диапазоне 900 МГц и является основой стандарта ССПС DCS 1800 (диапазон 1800 МГц) с микросотовой структурой, принятого в настоящее время в Европе. Стандарт GSM реализуется в настоящее время в Северной Америке в диапазоне 1900 МГц (PCS-1900).

Указанные выше стандарты на цифровые ССПС отличаются своими характеристиками. Они построены на единых принципах и концепциях и отвечают требованиям современных информационных технологий (табл. 1).

Таблица 1

| №<br>№<br>п.п. | Характеристики стандарта                        | GSM<br>DCS18000,<br>PCS1900    | ADC                        | JDC                                                          |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1              | Метод доступа                                   | TDMA                           | TDMA                       | TDMA                                                         |
| 2              | Разнос частот                                   | 200 кГц                        | 30 кГц                     | 25 кГц                                                       |
| 3              | Количество речевых каналов на несущую           | 8(16)                          | 3                          | 3(6)                                                         |
| 4              | Скорость преобразования речи                    | 13 кбит/с (6,5 кбит/с)         | 8 кбит/с                   | 11,2 кбит/с (5,6 кбит/с)                                     |
| 5              | Алгоритм преобразования речи                    | RPE-LTP                        | VSELP                      | VSELP                                                        |
| 6              | Общая скорость передачи                         | 270 кбит/с                     | 48 кбит/с                  | 42 кбит/с                                                    |
| 7              | Метод разнесения                                | Перемежение, скачки по частоте | Перемежение                | Перемежение                                                  |
| 8              | Эквивалентная полоса частот на речевой канал    | 25 кГц (12,5 кГц)              | 10 кГц                     | 8,3 кГц (4,15 кГц)                                           |
| 9              | Вид модуляции                                   | 0,3 GMSK                       | $\pi/4$ DQPSK              | $\pi/4$ DQPSK                                                |
| 10             | Требуемое отношение несущая/интерференция (C/I) | 9 дБ                           | 16 дБ                      | 13 дБ                                                        |
| 11             | Рабочий диапазон частот                         | 935-960 МГц<br>890-915 МГц     | 824-840 МГц<br>869-894 МГц | 810-826 МГц<br>940-956 МГц<br>1429-1441 МГц<br>1447-1489 МГц |

|    |             |           |           |                                             |
|----|-------------|-----------|-----------|---------------------------------------------|
| 12 | Радиус соты | 0,5-35 км | 0,5-20 км | 1453-1465 МГц<br>1501-1513 МГц<br>0,5-20 км |
|----|-------------|-----------|-----------|---------------------------------------------|

Стандарт GSM - результат фундаментальных исследований ведущих научных и инженерных центров Европы. Разработанные в GSM системные и технические решения могут использоваться для всех перспективных цифровых ССПС. В первую очередь, к таким решениям относятся: построение сетей GSM на принципах интеллектуальных сетей; распространение модели открытых систем на ССПС; внедрение новых, более эффективных, моделей повторного использования частот; применение временного разделения каналов связи (TDMA); временное разделение режимов приема и передачи пакетированных сообщений; использование эффективных методов борьбы с замираниями сигналов, основанных на частотном разнесении, путем применения режима передачи с медленными скачками по частоте (SFH) и тестирования канала связи с помощью псевдослучайной последовательности, известной в приемнике; применение блочного и сверточного кодирования в сочетании с прямоугольным и диагональным перемежением; программное формирование логических каналов связи и управления; использование спектрально-эффективного вида модуляции (GMSK); разработка высококачественных низкоскоростных речевых кодеков; шифрование передаваемых сообщений и закрытие данных пользователей.

Принципиально новым шагом в развитии ССПС было принятие для GSM концепции интеллектуальной сети и модели открытых систем (OSI), одобренных международной организацией стандартов.

Американский стандарт ADC (D-AMPS) разрабатывался для отличных от Европы условий; диапазон частот 800 МГц и работа в общей с существующей аналоговой ССПС AMPS полосе частот. В этом случае для цифровой ССПС необходимо было сохранить частотный разнос каналов 30 кГц, используемый в AMPS, и обеспечить одновременную работу абонентских радиостанций как в аналоговом, так и в цифровом режимах. Применение специально разработанного речевого кодека (VSELP), имеющего скорость преобразования речевого сигнала 8 кбит/с, и цифровой дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции со сдвигом  $\pi/4$  позволило в режиме TDMA организовать три речевых канала на одну несущую с разносом канальных частот 30 кГц (табл. 1).

Японский стандарт JDC во многом совпадает с американским. Основные отличия заключаются в использовании другого частотного диапазона, дуплексного разнеса полос частот приема и передачи 55 МГц при разносе каналов 25 кГц. Стандарт JDC адаптирован также к диапазону 1500 МГц (табл. 1).

Все стандарты цифровых ССПС обеспечивают взаимодействие с ISDN и PDN. Принятые технические решения гарантируют высокое качество передаваемых сообщений в режимах открытой или закрытой (засекреченной) передачи.

## 5.2 Общие принципы построения сотовой сухопутной подвижной системы электросвязи

### 5.2.1 Основные понятия

Главные элементы сотовой сухопутной подвижной системы электросвязи (ССПСЭ) - это центр коммутации подвижной службы (ЦКПС), а также станции (БС и АС). Все БС соединены со своим ЦКПС стационарными линиями связи (кабельными, радиорелейными и др.), а все ЦКПС сети - стационарными линиями с транзитными коммутаторами ТФОП и обмениваются информацией по общему каналу сигнализации ОКС 7.

Сотовые сухопутные подвижные системы электросвязи строят на основе частотно-территориальных планов (ЧТП). При составлении ЧТП обслуживаемую территорию разделяют между базовыми станциями. Если на БС используется всенаправленная антенна, то граница территории, которую обслуживает одна БС, - окружность, в центре которой располагается БС (рис. 1.1,а). Границы трех соседних окружностей пересекаются в одной точке. Соединив точки пересечения окружностей, уточним границы территории, которую обслуживает каждая БС. Получается шестиугольник - сота.

Итак, сота - это территория, обслуживаемая одной БС при всенаправленных антеннах. Каждая БС поддерживает радиосвязь с абонентскими станциями, находящимися в своей соте. Во избежание взаимных помех соседние БС работают на разных частотах. Каждой соте присваивается частотная группа и для всей ССПСЭ составляется частотно-территориальный план.

Основой ЧТП является кластер. Кластер образован совокупностью соседних сот, в которых используются разные частотные группы. Частотные группы внутри кластера не повторяются. Число таких сот в кластере называется его размерностью. Все частотные каналы системы делят между БС, входящими в один кластер.

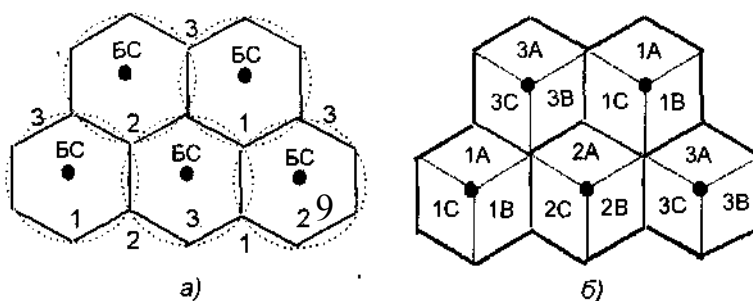


Рис. 1.1. Сотовые структуры: а — регулярная; б — секторная

Сотовая структура может быть двух типов:

- регулярная, использующая всенаправленные антенны (рис. 1.1,а);
- секторная на основе направленных антенн (рис. 1.1,б).

В качестве направленных антенн на БС используются секторные антенны. Получили распространение секторные антенны с шириной главного лепестка ДНА ( $\alpha$ ), равной 60, 90 или 120°. На рис. 1.1,б показаны соты с секторными антеннами при  $\alpha = 120^\circ$ . В этом случае сота делится на три сектора А, В, С. В каждом секторе устанавливается своя БС, причем в центре соты каждая БС работает на своей частоте. Частотные группы обозначены 1 А, 1В, ...

### 5.2.2 Особенности построения цифровых ССПС с макросотовой структурой

Принципы построения цифровых ССПС позволили применить при организации сотовых сетей новые более эффективные модели повторного использования частот, чем в аналоговых сетях. В результате без увеличения общей полосы частот системы связи значительно возросло число каналов на соту. В первую очередь, сказанное относится к стандарту GSM. Вид модуляции, способы кодирования и формирования сигналов в каналах связи, принятые в GSM, обеспечивают прием сигналов с отношением сигнал/помеха  $C/I = 9$  дБ, в то время как в аналоговых системах тот же показатель равен 17-18 дБ. Поэтому передатчики базовых станций (BTS), работающие на совпадающих частотах, могут размещаться в более близко расположенных сотах без потери высокого качества приема сообщений.

Первыми моделями повторного использования частот, которые применялись в аналоговых ССПС, были модели с круговыми диаграммами направленности (ДН) антенн базовых станций. В сетях цифровых ССПС для сот с круговой ДН антенн применяют модель повторного использования частот, включающую 7 или 9 сот. На рис. 2 показана модель повторного использования частот для семи сот. Модель с круговой ДН антенн предполагает передачу сигнала БС одинаковой мощности по всем направлениям, что для абонентских станций эквивалентно приему помех со всех направлений.

Эффективным способом снижения уровня соканальных помех, то есть помех по совпадающим частотным каналам, может быть использование секторных антенн. В секторе направленной антенны сигнал излучается в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается до минимума. Секторизация сот позволяет более часто повторно применять частоты в сотах при одновременном снижении уровня помех. Общеизвестная модель повторного использования частот в секторизованных сотах включает три соты и три БС.

Самую высокую эффективность использования полосы частот, то есть наибольшее число абонентов сети в выделенной полосе частот, обеспечивает разработанная фирмой Motorola (США) модель повторного использования частот, включающая две БС. Как следует из схемы, показанной на рис. 3, каждая частота используется дважды в пределах модели, состоящей из четырех БС. Благодаря этому каждая из четырех БС в пределах действия шести 60-градусных антенн может работать на 12-ти группах частот.

Например, в сети GSM с общей полосой 7,2 МГц (36 частот), модель повторного использования частот двумя БС позволяет на одной БС одновременно применять 18 частот (в модели с тремя БС таких частот 12). Емкость сети возрастает на 50%, однако для обеспечения прежнего значения вероятности блокировки канала связи необходимо снижение этого показателя до 40%.

В любой ССПС емкость сетей зависит от количества каналов связи в соте  $N$ , которое, например, для стандартов с временным разделением каналов определяется выражением:

$$N = \frac{1}{k} * \frac{F}{f}$$

где  $F$  - полоса частот ССПС;

$f = \frac{F_k}{n}$  - эквивалентная полоса частот, приходящаяся на один речевой канал;

$F_k$  – полоса частот одного радиоканала;

$n$  - число временных позиций в TDMA кадре;

$\frac{F}{f}$  - число речевых каналов связи;

$k$  - коэффициент повторного использования частот.

В таблице 2 приведены значения количества каналов  $N$  на соту для ССПС различных стандартов при разных коэффициентах повторного использования частот. Как следует из этой таблицы, при одинаковой полосе частот ССПС наибольшее число каналов на соту и, следовательно, наибольшая емкость сетей может быть реализована в стандартах GSM и JDC в полускоростном канале связи. Внедрение полускоростного канала в сетях связи GSM ожидается в ближайшее время после завершения разработки речевого кодека со скоростью преобразования речи 6,5 кбит/с.

Структура сот и схемы повторного использования частот разрабатывались при условии, что местоположение подвижного абонента заранее неизвестно и непредсказуемо. В отличие от этой концепции в настоящее время развивается новое направление в подвижной связи, основанное на использовании интеллектуальных антенных систем, автоматически

перестраивающих свои диаграммы направленности на источник излучения сигнала.

Таблица 2

| Характеристики<br>ССПС                                             | Аналоговые<br>ССПС |      | Цифровые ССПС            |                         |      |      |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|------|--------------------------|-------------------------|------|------|
|                                                                    |                    |      | GSM                      |                         | ADC  | JDC  |
|                                                                    | NMT-<br>450        | AMPS | полноскоростной<br>канал | полускоростной<br>канал |      |      |
| Общая полоса частот<br>$F$ , МГц                                   | 4,5                | 25   | 25                       | 25                      | 25   | 25   |
| Эквивалентная<br>полоса частот на<br>один канал связи $f$ ,<br>кГц | 25                 | 30   | 25                       | 12,5                    | 10   | 8,3  |
| Число речевых<br>каналов связи $F/f$                               | 180                | 833  | 1000                     | 2000                    | 2500 | 3000 |
| Коэффициент<br>повторного<br>использования частот<br>$k$           | 7 (3)              | 7    | 3 (2)                    | 3 (2)                   | 7    | 4    |
| Число каналов на<br>соту $N$                                       | 26 (60)            | 119  | 333 (500)                | 666 (1000)              | 357  | 750  |

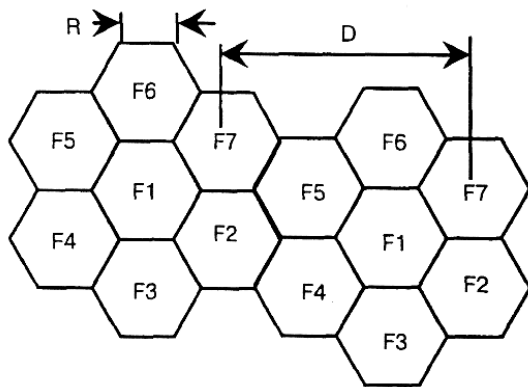


Рис.2. Модель повторного использования частот для семи сот.

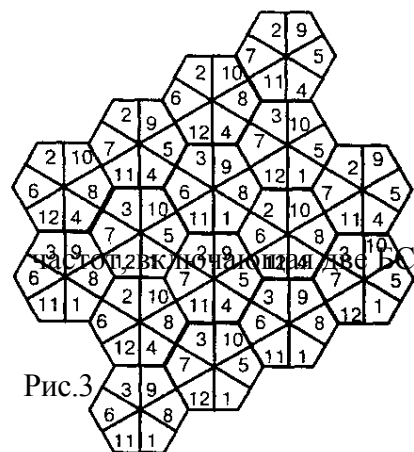


Рис.3. Модель повторного использования частот, включающая две БС.

Интеллектуальные антенные системы разрабатываются и применяются уже много лет, однако их реализация до последнего времени в коммерческих системах была не выгодна до

появления дешевых сигнальных процессоров, удобных к реализации алгоритмов управления диаграммой направленности антенн, разработанных применительно к цифровым сотовым системам связи со своей структурой логических каналов управления.

В настоящее время развиваются два способа построения интеллектуальных антенных систем, **основанных на коммутировании лучей и адаптации диаграммы направленности**. Оба способа основаны на увеличении коэффициента усиления антенны в направлении на абонентскую станцию, причем только адаптивные антенны обеспечивают максимальный коэффициент усиления и минимальный уровень соканальных помех.

Интеллектуальная антенная система состоит из нескольких антенн, объединенных электронной схемой с фазовыми и амплитудными анализаторами. В результате анализа принимаемых сигналов, поступающих на различные элементы антенны, вычисляется направление оптимального приема. Сигнальный процессор в реальном масштабе времени формирует суммарную диаграмму направленности антенн на источник излучения с учетом частоты принимаемого сигнала и некоторых других параметров.

Результаты исследований показали, что при граничном значении вероятности блокировки вызова 0,01 использование адаптации диаграммы направленности антенной системы позволяет увеличить нагрузку в системе связи до шести раз по отношению к обычной системе TDMA.

Практическая реализация интеллектуальных антенных систем представляется весьма перспективной для сотовой связи независимо от стандарта GSM, DECT и т.д. Их применение на практике не будет требовать уменьшать размеры сот при возрастании нагрузки. Увеличение емкости сети сотовой связи может в этом случае обеспечиваться внедрением новых аппаратных средств и соответствующего программного обеспечения.

При включении АС выполняется определение ее местоположения и выделение для нее рабочих частот. При пересечении станцией границы соты сеть передает абонента другой БС, при этом на АС производится автоматическая смена рабочих частот. Ведение абонента включает несколько функций. Одна из них - эстафетная передача АС от одной БС к другой при движении абонента с включенной АС. Другая функция - переключение частотных каналов внутри одной соты, например, при поражении сигнала рабочего канала помехой. Наконец, при перегрузке соты ЦКПС может передавать абонентскую станцию другой БС, имеющей свободные частотные каналы. Процедура «ведение абонента» часто называется процедурой эстафетной передачи (ПЭП). Ее называют также хэндовер или хэнд-офф (от англ. handover или амер. hanhd-off). Решение о выполнении ПЭП обычно принимает ЦКПС на основании результатов измерений, сделанных на АС и БС. На станциях измеряются уровни принимаемых сигналов, отношение сигнал-шум в канале и другие параметры. Эти результаты передаются на ЦКПС по каналам

управления. Измеренные параметры используются также для регулирования мощности АС.

5.2.3 Роуминг. Если АС находится вне области обслуживания своего ЦКПС, то при ее включении выполняется процедура роуминга. Эта процедура предусматривает определение местоположения АС вне «собственной» зоны обслуживания и предоставление абонентской станции каналов связи при перемещении абонентов в пределах сети. Роуминг возможен между ЦКПС сети и между странами. Роуминг бывает автоматический и заказной.

#### 5.2.4 Каналы трафика и управления.

В ССПСЭ предусмотрены две основные категории каналов:

- каналы трафика (или линейные каналы), предназначенные для передачи речи и данных (англ, аббревиатура TCH);
- каналы управления, которые используются для сигнализации и управления, включая ведение абонента (англ, аббревиатура CCH).

Наличие каналов для ведения абонента отличает ССПСЭ от неподвижных систем радиосвязи с сотовой структурой, например от цифровых радиорелейных линий (ЦРРЛ) со структурой «точка - много точек».

Следующий шаг развития сотовых систем подвижной связи после введения цифровой технологии - переход к микросотовой структуре сетей. При радиусе сот несколько сотен метров их емкость может быть увеличена в 5-10 раз по сравнению с макросотами. Кроме того, возможно применение абонентских радиостанций существующих стандартов цифровых ССПС наряду с портативными маломощными абонентскими радиостанциями, служащими основой для создания систем персональной связи (PCS).

Микросотовая структура ССПС органически сочетается с макросотами. Микросоты строятся на основе БС небольшой мощности, обслуживающих участки улиц, помещения в зданиях (магазины, аэропорты, вокзалы и т.д.). Микросотовая структура может рассматриваться как развитие оборудования макросотовой базовой станции, с управлением единым контроллером и с взаимным соединением при помощи линий со скоростью передачи 64 кбит/с. Микросоты берут на себя нагрузку от медленно перемещающихся абонентов, например, пешеходов и неподвижных автомобилей.

Принципы построения создаваемых микросотовых сетей подвижной связи отличаются от существующих для макросотовых сетей. К таким отличиям относятся отсутствие частотного планирования и "эстафетная передача" (handover). Первое отличие связано с тем, что в

условиях микросот трудно спрогнозировать условия распространения радиоволн и дать оценку уровня соканальных помех. В этом случае практически невозможно применять принципы частотного планирования в микросотах. Кроме того, фиксированное распределение каналов приводит к низкой эффективности использования спектра частот. По данным причинам в микросотовых сетях связи действует процедура автоматического адаптивного распределения каналов (АРК) связи, реализованная, например, в европейском стандарте DECT на цифровые системы беспроводных телефонов общего пользования.

Преимущества АРК особенно заметны при рассмотрении емкости сетей связи, так как тогда практически отсутствуют потери эффективности использования соединительных линий, а возможность повторного задействования канала зависит от среднего уровня помех, а не от максимального.

Что касается второго отличия, то в микросотовых сетях в процессе обычного телефонного соединения число переключений между БС возрастает, и для обеспечения непрерывности связи необходимы новые быстродействующие алгоритмы переключения (handover).

В существующих цифровых ССПС применяют так называемые алгоритмы принудительного переключения, относящиеся к классу распределенных алгоритмов, которые работают значительно быстрее, чем централизованные алгоритмы аналоговых ССПС. В микросотовой структуре нет необходимости нагружать сеть измерением уровня радиосигнала для принятия решения о переключении. Функции измерения переданы подвижной станции, которая передает его результаты на БС. В процессе переключения не требуется синхронизировать БС. Центр коммутации подвижной связи не задействуется до тех пор, пока не будет выполнено фактическое переключение.

Микросотовая структура используется при реализации сетей в рамках концепции персональной связи (PCN), которые в Европе создаются на основе стандарта DCS-1800, предусматривающем соответствие радиоинтерфейса стандарту GSM. В рамках реализации концепции персональной связи в структуру сетей вводятся пикосоты с радиусом 10-60 м, предназначенные для обслуживания абонентов в городских районах с большой плотностью населения и в закрытых зонах (офисы, жилые помещения, подземные гаражи, вокзалы и т.д.). Применение пикосот - еще один значительный шаг к повышению емкости ССПС.

Центр коммутации - это автоматическая телефонная станция ССС, обеспечивающая все функции управления сетью. ЦК осуществляет постоянное слежение за подвижной станцией (ПС), организует их эстафетную передачу, в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении ПС из соты в соту и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей.

На ЦК замыкаются потоки информации со всех БС, и через него осуществляется выход на другие сети связи - стационарную телефонную сеть, сети междугородной связи, спутниковой связи, другие сотовые сети. В состав ЦК входит несколько процессоров (контроллеров).

Коммутатор подключается к линиям связи через соответствующие контроллеры связи, осуществляющие промежуточную обработку (упаковку/распаковку, буферное хранение) потоков информации. Управление работой ЦК и системы в целом производится от центрального контроллера. Работа ЦК предполагает участие операторов, поэтому в состав центра входят соответствующие терминалы, а также средства отображения и регистрации (документирования) информации. В частности, оператором вводятся данные об абонентах и условиях их обслуживания, исходные данные по режимам работы системы, в необходимых случаях оператор выдает требующиеся по ходу работы команды.

В каждом стандарте сотовой связи используется несколько интерфейсов, в общем случае различных в разных стандартах.

Предусмотрены свои интерфейсы для связи ПС с БС, БС - с ЦК (а в стандарте GSM - еще и отдельный интерфейс для связи приемопередатчика БС с контроллером базовой станции (КБС)), центра коммутации с домашним регистром, с гостевым регистром, с регистром аппаратуры, со стационарной телефонной сетью и другие.

Все интерфейсы подлежат стандартизации для обеспечения совместимости аппаратуры разных фирм-изготовителей, что не исключает возможности использования различных интерфейсов, определяемых разными стандартами, для одного и того же информационного стыка. В некоторых случаях используются уже существующие стандартные интерфейсы, например, соответствующие протоколам обмена в цифровых информационных сетях.

Интерфейс обмена между ПС и БС носит название эфирного интерфейса или радиоинтерфейса (air interface) и для двух основных стандартов цифровой сотовой связи (D-AMPS и GSM) обычно обозначается одинаково - Dm, хотя организован по-разному. Эфирный интерфейс обязательно используется в любой ССС при любой ее конфигурации и в единственном возможном для своего стандарта сотовой связи варианте. Данное обстоятельство позволяет ПС любой фирмы-изготовителя успешно работать совместно с БС той же или любой другой фирмы, что удобно для компаний-операторов и необходимо для организации роуминга. Стандарты эфирного интерфейса разрабатываются весьма тщательно, чтобы обеспечить возможно более эффективное использование полосы частот, выделенной для канала радиосвязи.

## 6 Литература

6.1 Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб. пособие для вузов. - М: Радио и связь, 2002.

### Практическая работа № 3

Методика расчета номерной емкости телефонной сети с открытой нумерацией.

1.В результате выполнения работы

Студент должен знать: -методику расчета номерной емкости телефонной сети

- понятие фиксированной телефонной среды

. Студент должен уметь

- определять номерную емкость телефонной сети с  
трехзначной и пятизначной нумерации

2.Содержание работы

Цель работы: Определить номерную емкость телефонной сети с открытой  
пятизначной нумерацией

Рабочее задание: Определить номерную емкость телефонной сети с  
открытой пятизначной нумерацией, а также номерную емкость конечных станций,  
на каждой из которых используется трехзначная нумерация. Исходные данные даны  
в таблице 2. Вариант выбирается по списку в журнале

*Дано:*

Индекс выхода: 3

Выход на АМТС: 38

Выход на спецслужбы: 30

*Решение:*

Сокращенные (двузначные) номера на станциях должны быть вида

$X^I X$ ,

где  $X^I$  не может быть 3, т.к. цифра 3 является индексом выхода на внешнюю сеть, а  $X$  может быть любая от 0 до 9.

Число сокращенных номеров:

$$9 \times 10 = 90.$$

Полные номера с учетом индекса выхода должны быть вида:

$3 X^{II} X X X^I X$ ,

где  $X^{II}$  не может быть 8, т. к. она используется для выхода на АМТС и 0, который используется для выхода на спецслужбы.

Число полных номеров:

$$8 \times 10 \times 10 \times 9 \times 10 = 72000.$$

Таблица 2

| Номер<br>варианта                      | 0    | 1   | 2    | 3   | 4    | 5   | 6    | 7   | 8    | 9   |
|----------------------------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| Наличие<br>индекса<br>выхода           | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть | Нет |
| Индекс<br>выхода                       | 2    | -   | 1    | -   | 3    | -   | 5    | -   | 4    | -   |
| Полные<br>номера<br>начина-<br>ются на | -    | 1   | -    | 3   | -    | 2   | -    | 5   | -    | 6   |
| Выход на<br>АМТС                       | 8    | 8   | 18   | 38  | 38   | 28  | 8    | 8   | 48   | 8   |
| Выход на<br>спец-<br>службы            | 0    | 0   | 0    | 30  | 30   | 0   | 58   | 58  | 0    | 0   |

| Номер варианта              | 10   | 11  | 12   | 13  | 14   | 15  | 16   | 17  | 18   |
|-----------------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| Наличие индекса выхода      | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть | Нет | Есть |
| Индекс выхода               | 5    | -   | 7    | -   | 6    | -   | 9    | -   | 1    |
| Полные номера начинаются на | -    | 7   | -    | 1   | -    | 4   | -    | 5   | -    |
| Выход на АМТС               | 58   | 78  | 8    | 8   | 68   | 48  | 8    | 8   | 8    |
| Выход на спецслужбы         | 0    | 70  | 0    | 10  | 60   | 8   | 90   | 50  | 10   |

При решении задачи необходимо учитывать, что цифры сокращенного номера должны быть последними цифрами полного (пятизначного) номера.

Примеры решения задачи.

Пример №1.

Определить номерную емкость телефонной сети с открытой пятизначной нуммерацией с индексом выхода, а также номерную емкость оконечных станций, на каждой из которых используется **двухзначная** нумерация, если индекс выхода 1, выход на АМТС 18, выход на спецслужбы 0.

Сокращенные (двухзначные) номера на станциях должны быть  $X^I X$ , где  $X^I$  не может быть 1 и 0, а  $X$  – любая цифра от 0 до 9.

Поэтому число сокращенных номеров  $8 * 10 = 80$ .

Полные номера с учетом индекса выхода должны быть  $1 X^{II} X X X^I X$ , где  $X^{II}$  не может быть 8.

Поэтому число полных номеров  $9 * 10 * 10 * 8 * 10 = 72000$ .

Пример №2.

Определить номерную емкость телефонной сети с открытой пятизначной нуммерацией без индекса выхода, а также номерную емкость оконечных станций, на

каждой из которых используется **двухзначная** нумерация, если полные номера начинаются на 4, выход на АМТС 8, выход на спецслужбы 40.

*Сокращенные (двузначные) номера на станциях должны быть  $X^I X$ , где  $X^I$  не может быть 4 и 8, а  $X$  – любая цифра от 0 до 9.*

*Поэтому число сокращенных номеров  $8 * 10 = 80$ .*

*Полные номера с учетом индекса выхода должны быть  $4 X^{II} X X^I X$ , где  $X^{II}$  не может быть 0.*

*Поэтому число полных номеров  $9 * 10 * 8 * 10 = 7200$ .*

Указания по выполнению работы.

Сначала необходимо изучить теоретический материал. Рассмотреть решение на приведенном примере и приступить к выполнению работы

Дополнительная литература :Корякин-Черняк С.Л., Котенко Л.Я. Телефонные сети и аппараты. – СПб.: ДЕАН, 2008г. – 184 с.

## Практическая работа №4

### Изучение терминальных устройств ISDN

#### 1 Указания по выполнению работы

##### 1.1 Описание лабораторного макета «Обучающая ISDN система EURO-PIT»

1.1.1 Состав обучающей ISDN системы. Обучающая ISDN система EURO-PIT рекомендуется для использования в лаборатории для всех форм профессионального обучения. Она предусматривает получение знаний и практических навыков при изучении цифровых систем коммутации.

Структурная схема обучающей ISDN системы EURO-PIT представлена на рисунке 11.

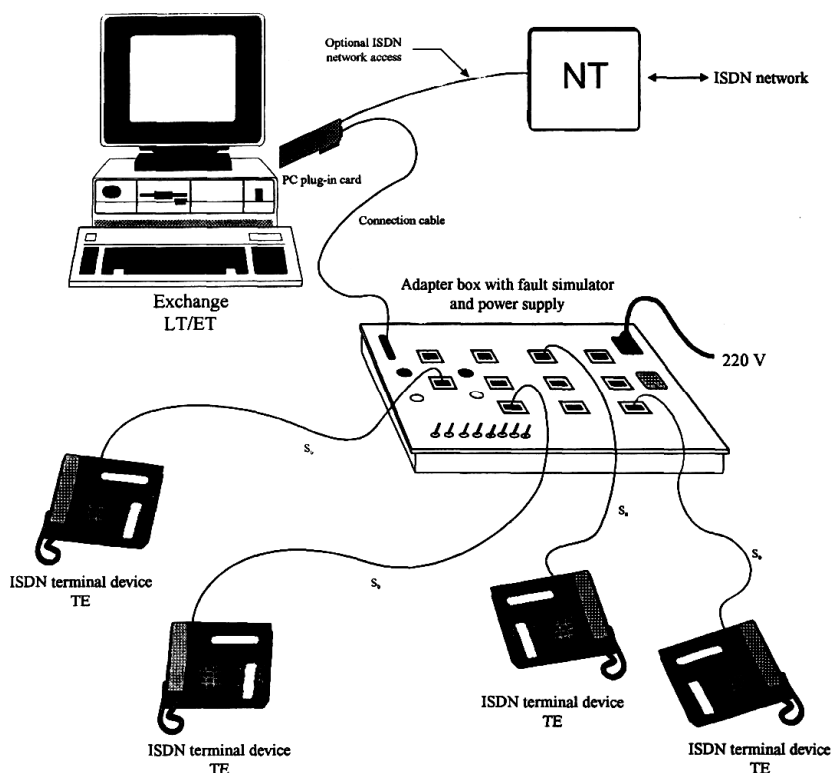


Рисунок 11 – Структурная схема обучающей ISDN системы EURO-PIT

Персональный компьютер – основа обучающей системы EURO-PIT. ISDN карта LM9911 для ПК и соответствующее ПО превращают обычный персональный компьютер в цифровую телефонную станцию, работающую по протоколу DSS1. Эта телефонная станция позволяет устанавливать как внутренние соединения между двумя различными абонентами, так и осуществлять выход на телефонную сеть общего пользования, а также предоставляет

абонентам дополнительные виды обслуживания. Набор предоставляемых ДВО зависит от типа установленных оконечных терминалов. На экране монитора можно проследить весь процесс установления соединения между абонентами согласно протоколу DSS1. Оконечные ISDN терминалы подключаются к адаптеру LM9913, который с помощью кабеля соединяется с ISDN картой для ПК. Адаптер содержит четыре шины So, 11 точек для подключения оконечного ISDN оборудования и симулятор ошибок.

1.1.2 ISDN карта для персонального компьютера. При установке ISDN карты LM 9911 и соответствующего ПО появляется возможность использовать персональный компьютер в качестве цифровой телефонной станции с функциями ISDN. Абонентская сторона (четыре So шины – порт 1, порт 2, порт 3 и порт 4), расположенная на адаптере, подключается к карте через специальный кабель. Подключение шины So к внешней телефонной сети общего пользования осуществляется через RJ 45. Когда ПК выключен, выход на внешнюю телефонную сеть возможен только с 4 порта, расположенного на адаптере. Все шины So защищены от перепадов напряжения и короткого замыкания.

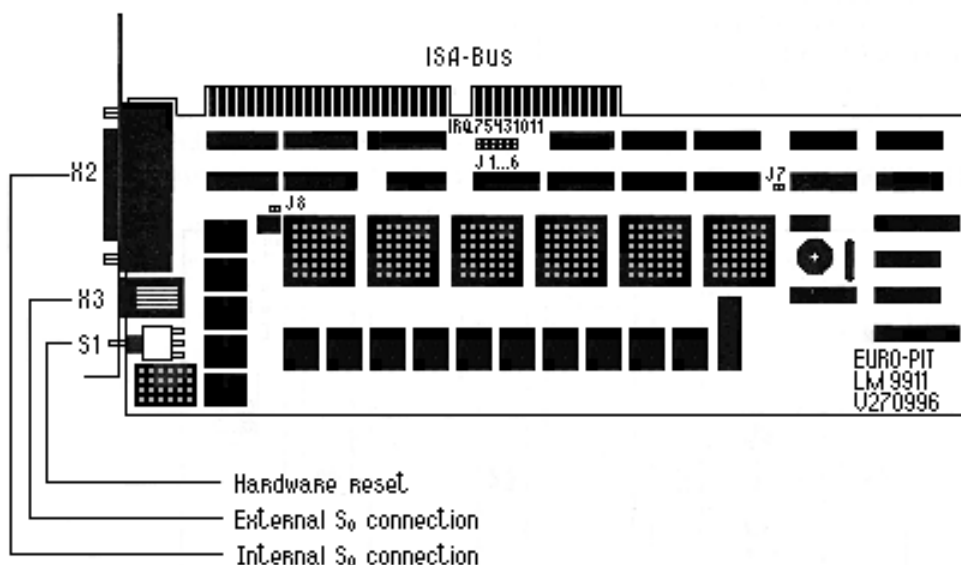


Рисунок 12 – ISDN карта для персонального компьютера LM 9911

На карте расположены следующие разъемы и переключатели:

S1 – кнопка сброса;

X2 – разъем для подключения адаптера;

X3 – разъем для подключения блока NT через RJ 45, (для выхода на внешнюю телефонную сеть общего пользования);

16-битовая шина ISA;

J 1...8 – переключатели.

Минимальные требования к персональному компьютеру:

- ПК 80 386 и выше;
- 4 МВ свободного места на винчестере;
- 4 МВ ОЗУ для DOS 5.X и выше;
- 16 МВ ОЗУ для Windows.

1.1.3 ISDN адаптер. Адаптер LM 9913 содержит четыре шины So (Порт № 1, Порт № 2, Порт № 3 и Порт № 4), симулятор ошибок и встроенный блок питания. Через адаптер можно подключить максимально 11 абонентских ISDN терминалов к цифровой телефонной станции, реализованной на базе ПК. Встроенный блок питания обеспечивает напряжением 40В как оконечные терминалы, так и ISDN карту для ПК.

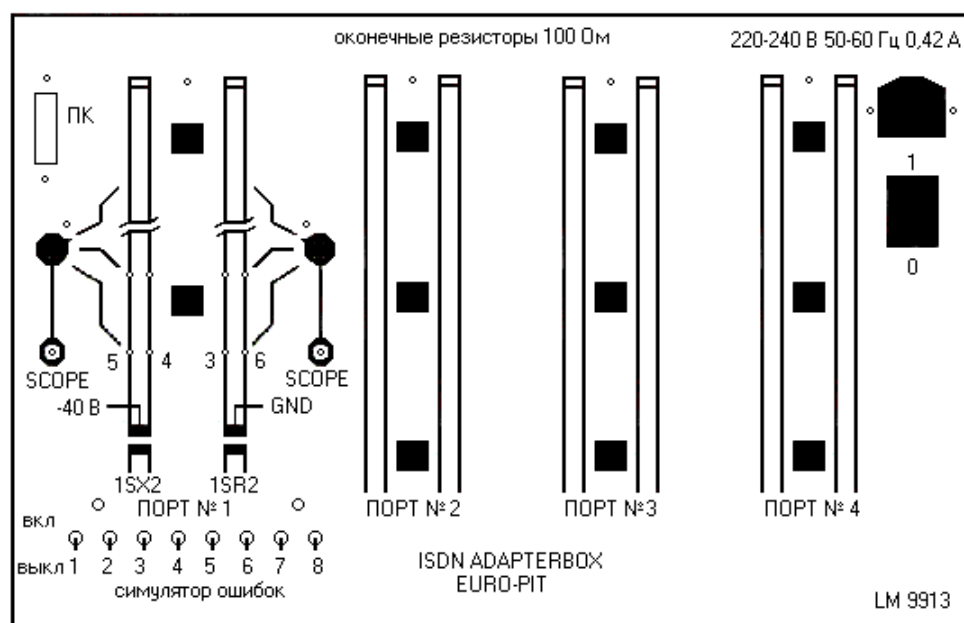


Рисунок 13 – ISDN адаптер с симулятором ошибок и источником питания

Симулятор ошибок имеет восемь переключателей. Первые семь ключей 1-7 имитируют повреждения на шине So – обрыв или перекрест проводов приема или передачи Порта № 1. Восьмой ключ обеспечивает фантомное питание Порта № 2.

Кроме того, адаптер имеет два входа SCOPE для подключения осциллографа. С помощью осциллографа можно посмотреть сигналы, передаваемые по шине So в трех точках в направлениях передачи и приема.

1.1.4 Программное обеспечение. Программное обеспечение обучающей ISDN системы EURO-PIT является многофункциональным и выполняет следующие задачи:

1. Контроль всех функции ISDN согласно протоколу DSS1 и поддержка следующих дополнительных услуг:

- COLR (Connected Line Identification Restriction) – запрет идентификации номера вызываемого абонента;
  - CLIP (Calling Line Identification Presentation) – определение номера вызывающего абонента;
  - COLP (Connected Line Identification Presentation) – определение номера вызываемого абонента;
  - MSN (Multiple Subscriber Number) – множественный номер абонента;
  - SUB (Subaddressing) – подадресация;
  - UUS (User-User Signaling) – сигнализация пользователь-пользователь;
  - TP (Terminal Portability) – портативность терминала;
  - CW (Call Waiting) – вызов с ожиданием;
  - HOLD – удержание вызова.
2. Отображение всей сигнальной информации второго и третьего уровня в D-канале, а также сохранение ее в буфере для последующего анализа.
  3. Описание изучаемого предмета (на английском языке).

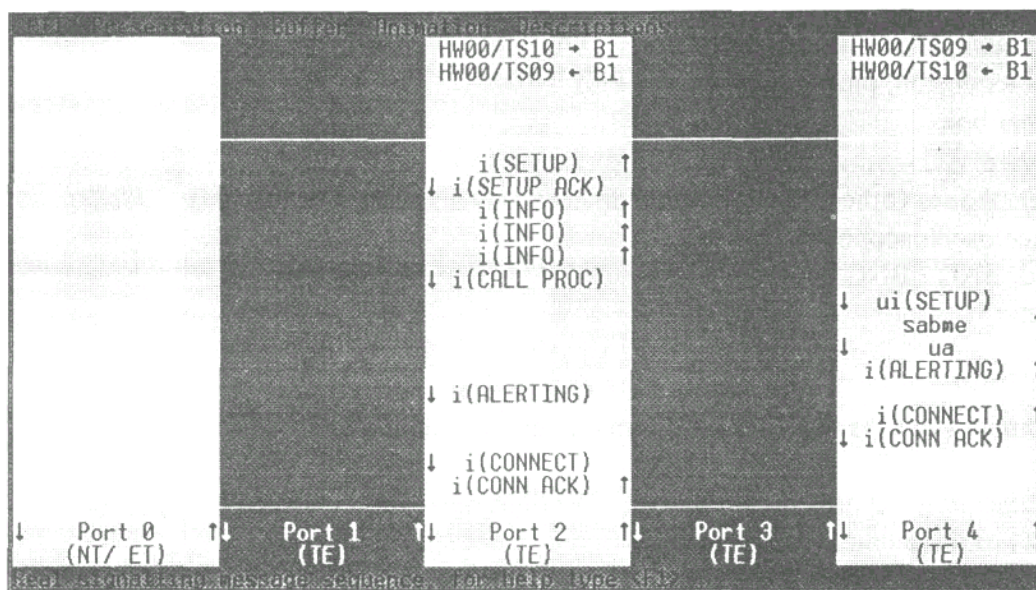


Рисунок 14 – Интерфейс пользователя

#### 1.1.5. Работа с программой EURO-PIT. Интерфейс пользователя.

Окно программы разделено на 3 главных области (рисунок 14): линейка меню сверху экрана, строка состояния внизу и центральная (основная) область. Работа с меню может производиться как при помощи мыши, так и нажатием определенных комбинаций клавиш на клавиатуре, которые более подробно будут перечислены в процессе рассмотрения опций меню. В строке состояния указывается текущий режим работы программы.

- Центральная область окна служит для отображения сообщений системы EURO-PIT, возникающих в процессе установления соединения. Она разделена на 2 части: в верхней части выводятся сообщения коммутатора центральной станции, в нижней – сообщения сигнального обмена между LT/ET и терминальными устройствами. Оконечные устройства, соединенные с So интерфейсами (портами), имеют двунаправленное соединение с коммутатором через соответствующий D-канал. Центральная область разделена на 5 колонок, по одной для каждого порта (самая первая колонка относится к порту, предназначенному для внешних соединений, а остальные 4 – для внутренних оконечных устройств). Рядом с каждым сообщением имеется сигнальная стрелка, позволяющая определить направление сигнала, инициирующего появление данного сообщения. Стрелка, направленная вверх, означает, что сигнал послан оконечным устройством центральной станции.

Помимо вывода на экран, все выводимые сообщения направляются в буфер сообщений программы, и затем могут быть вызваны оттуда для просмотра и анализа, вывода в файл на диске, или на принтер.

#### 6.1.6 Работа с программой EURO-PIT. Запуск программы EURO-PIT.

Для запуска программы EURO-PIT в системе Windows необходимо сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши по значку «EURO-PIT». После запуска программа инициализирует систему EURO-PIT, затем система оказывается в основном рабочем режиме – отображения поступающих сообщений в реальном времени («Real singling message sequence»). Для проверки функционирования системы необходимо поднять трубку на одном из аппаратов, подключенных к макету. В колонке, соответствующей задействованному порту, появятся сообщения сигнального обмена с терминальным устройством.

Наиболее важные опции меню и связанные с ними режимы работы программы:

1. Переключения возможностей отображения сообщений протоколов 2 и 3 уровней. Сразу после запуска выводятся сообщения только 3-го уровня (Layer 3), вывод сообщений 2-го уровня (Layer 2) отключен. Включение/отключение вывода сообщений для Layer 2 производится функциональной клавишей F3, а для Layer 3 – клавишей F4. Также эти действия могут быть произведены через меню (опция «Settings» - выбрать щелчком мыши или одновременно нажатием клавиш «Alt» и «S»).

2. Режим анализа поступивших сообщений в буфер сообщений. Переключение в данный режим из режима отображения и обратно производится нажатием клавиши F8 (либо через меню выбором опции «Buffer», и далее «Analysis» - для анализа или «Real execution» - для возврата в режим отображения). В режиме анализа центральная область делится на 2

части. В нижней показаны сообщения, записанные в буфере. Горизонтальная красная полоса выделяет текущее анализируемое сообщение, ее можно перемещать на нужное сообщение курсорными клавишами либо мышью. В верхней части отображается в шестнадцатиричном формате последовательность октетов, составляющая данное сообщение, а также расшифровка отдельных ее участков. Октеты, соответствующие уровню 2, выделяются темно-серым фоном, соответствующие уровню 3 – синим. Расшифрованные последовательности октетов выделены тем же цветом символов и фона, что и соответствующая им строка расшифровки. Если какая-либо последовательность октетов является слишком длинной для ее отображения на экране, на месте последнего октета ставится многоточие. При записи буфера в файл или при выводе на печать (см. ниже) данная последовательность вместе с расшифровкой будет выведена полностью. Расшифровка октетов может быть отключена. Для отключения/включения расшифровки надо в меню «Buffer» выбрать опции «Don't decode buffer content» либо «Decode buffer content» соответственно (комбинация клавиш «Alt» + «D»). При необходимости можно очистить буфер сообщений, выбрав (только в режиме отображения) в меню «Buffer» опцию «Erase buffer», либо просто нажав клавишу «Esc». Для вывода содержимого буфера в файл на диске либо на принтер надо в меню «Buffer» выбрать (только в режиме анализа буфера) подменю «Print buffer content» (клавиши «Alt» + «R») и далее опции «File» («Alt» + «F») либо «Printer» («Alt» + «R») соответственно. При каждом выводе буфера сообщений в файл на диске последовательно создаются файлы трассировки с именами «out1.trc», «out2.trc» и т.д., которые находятся в поддиректории программы (по умолчанию «C:\EURO-PIT») и могут быть просмотрены любым редактором текстовых файлов, например, стандартным просмотрщиком Norton Commander, вызываемым из него нажатием клавиши «F3». Надо иметь в виду, что после перезапуска программы файлы «\*.trc» при записи буфера в файл начнут перезаписываться в той же последовательности. Для того, чтобы избежать этого, после выхода из программы следует сохранить в другой директории файлы трассировки, записанные в процессе работы.

3. Режим анимации. Демонстрирует пример соединения 2-х абонентов. Для включения режима выбрать меню «Animation» (клавиши «Alt» + «A») и затем одну из 3-х опций: «Signaling» (клавиши «Alt» + «I») – отображение сообщений, «Time-divided switching stage» (клавиши «Alt» + «T») – демонстрация работы временной ступени коммутации станции, либо «Space-divided switching stage» (клавиши «Alt» + «S») – демонстрация работы пространственной ступени. Также данные подрежимы можно вызвать непосредственно из режима отображения нажатием функциональных клавиш F5, F6 или F7 соответственно. Находясь в режиме анимации, можно выйти в пошаговый режим, нажав на клавишу пробела.

Для выхода из режима анимации надо нажать клавишу F2, либо в меню «Animation» выбрать опцию «Stop» (клавиши «Alt» + «T»).

4. Для выхода из программы EURO-PIT необходимо в меню «PIT» выбрать опцию «Quit», либо просто нажать клавишу F10.

## 1.2 Технология ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) в переводе на русский язык означает цифровая сеть с интеграцией служб. Это наложенная цифровая сеть, которая организуется на существующей аналоговой телефонной сети общего пользования.

ISDN стандартизована союзом ITU-T и институтом ETSI для достижения следующих целей:

- совместимый ISDN-трафик через национальные границы и
- свободный рынок терминалов на основе стандартизованных определений терминальных интерфейсов.

Стандарты ISDN определяют различные услуги, управление которыми может быть выполнено абонентом.

Основные характеристики ISDN являются следующими:

- интеграция различных услуг связи (речь, текст, данные, изображение) на одной линии абонентского доступа;
- интеграция существующих отдельных сетей, поддерживающих эти различные услуги;
- цифровая телефонная сеть (в качестве предварительного условия для ISDN);
- прозрачная цифровая передача со скоростью 64 кбит/с внутри сети;
- два стандартизованных типа доступа на абонентском интерфейсе:
  - базовый доступ, обеспечивающий два канала связи (В-каналы) и канал сигнализации (D-канал);
  - первичный доступ, содержащий 30 В-каналов и D-канал;
- «протокол DSS1 D-канала» на линии доступа;
- «система сигнализации по общему каналу № 7 (ОКС № 7)», включающая подсистему пользователя ISDN (ISUP) внутри сети;
- сквозная сигнализация (SCCP, TCAP) для поддержки более сложных дополнительных услуг.

## 1.3 Услуги ISDN

Основные услуги, предоставляемые сетью ISDN:

1. Услуги по передаче информации:

- 3,1 кГц Аудио (3,1 kHz Audio)
  - Речь (Speech)
  - Передача цифровой информации без ограничений (Unregistered Digital Info)
  - Пакетный режим (Packet Mode)
2. Услуги телесервиса:
- Телекс гр. 2/3 (telex Grp.2/3)
  - ISDN телефония 3.1 кГц (telephony ISDN 3.1 kHz)
  - ISDN телефония 7 кГц (telephony ISDN 7 kHz)
  - Телефакс гр. 4 (Telefax Grp.4)
  - Телетекс 64 кбит/с (Teletex 64 kbit/s)
  - Видеотекс (Videotex)
  - Видеотелефония (Videotelephony)
3. Дополнительные услуги, предоставляемые сетью ISDN:
- CLIP (Calling Line Identification Presentation) – определение номера вызывающего абонента;
  - COLP (Connected Line Identification Presentation) – определение номера вызываемого абонента;
  - COLR (Connected Line Identification Restriction) – запрет идентификации номера вызываемого абонента;
  - CLIR (Calling Line Identification Restriction) – запрет идентификации номера вызывающего абонента;
  - MSN (Multiple Subscriber Number) – множественный номер абонента;
  - SUB (Subaddressing) – подадресация;
  - UUS (User-User Signaling) – сигнализация пользователь-пользователь;
  - MCID (Malicious Call Identification) – идентификация злонамеренного вызова;
  - CFB (Call Forwarding on Busy) – пересылка вызова при занятости абонента;
  - CFNR (Call Forwarding on No Reply) – пересылка вызова при неответе абонента;
  - CFU (Call Forwarding Unconditional) – безусловная пересылка вызова;
  - CCBS (Completion of Call to Busy Subscriber) – завершение вызовов занятых абонентов;
  - TP (Terminal Portability) – портативность терминала;
  - FPH (Free Pay Phone) – телефон, свободный от оплаты;
  - CUG (Closed User Group) – замкнутая группа пользователей;
  - CW (Call Waiting) – вызов с ожиданием;
  - 3PTY (Three Party Service) – дополнительная услуга трехсторонней связи;
  - HOLD – удержание вызова;

- CD (Call Deflection) – отклонение вызова;
- DDI (Direct Dialling-In) – прямой набор;
- CONF (Conference) – конференц-связь с расширением;
- AOC (Advise of Charges) – извещение об оплате.

#### 1.4 Типы ISDN-доступов

Сеть ISDN обеспечивает два следующих типа доступа:

- базовый доступ (Basic Rate Interface – BRI или Basic Access - BA );
- первичный доступ (Primary Rate Interface – PRI или Primary Access – PA).

Базовый доступ ISDN (2B + D) включает в себя:

- два канала связи 64 кбит/с B1 и B2;
- канал сигнализации 16 кбит/с D-канал.

Каналы связи B1 и B2 имеют одни и те же характеристики и могут использоваться независимо друг от друга для передачи речи, текста, данных или изображения одновременно. В-каналы являются «прозрачными» по отношению к типу передаваемой информации.

D-канал используется для обмена информацией по обработке вызовов между терминалом и станцией. Он также может использоваться для передачи пакетных данных (до 9,6 кбит/с).

Первичный доступ ISDN (30B + D) используется для подключения учрежденческих телефонных станций ISDN большой емкости и обеспечивает 30 каналов связи (B-каналы) и один канал сигнализации (D-канал). Рабочие скорости для B-канала – 64 кбит/с. D-канал обеспечивает также скорость 64 кбит/с и используется только для сигнализации.

Базовый и первичный доступы могут быть обеспечены по медным проводным парам существующих абонентских линий, а также по парам световодов.

#### 1.5 Эталонная модель OSI

Эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI), разработанная Международной организацией по стандартизации, определяет структуру логических операций в сети связи. Последовательное применение эталонной модели OSI позволяет реализовать взаимодействие в сети (открытой системе) оконечного оборудования различных производителей.

Эталонная модель OSI обеспечивает необходимую базу для организации и разработки протоколов и интерфейсов для связи в открытых системах, но она не содержит никаких технических решений. Она просто определяет общие технологические принципы.

Эталонная модель OSI распределяет необходимые функции связи между семью уровнями. Функции уровней 1-7 определены в Рекомендации X.200 МККТТ. Основными задачами семи уровней являются следующие:

- Уровень 1: Управление физической средой передачи;
- Уровень 2: Обеспечение передачи данных по линиям;
- Уровень 3: Установление и коммутация всего сетевого соединения;
- Уровень 4: Обеспечение сквозной транспортной службы;
- Уровень 5: Управление сквозной линией связи;
- Уровень 6: Создание формы представления для передачи данных, которая не зависит ни от пользователя, ни от устройства;
- Уровень 7: Управление связью, определяемой требованиями пользователя.

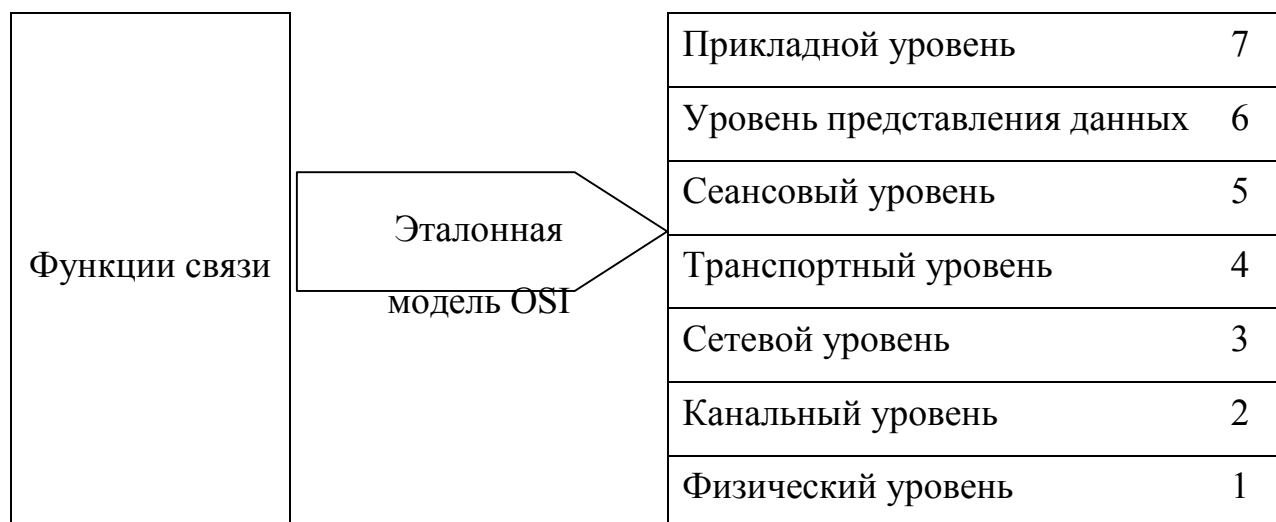


Рисунок 15 - Семь уровней эталонной модели OSI

Сети связи с коммутацией каналов обеспечивают только соединение уровня 1 между двумя единицами оконечного оборудования для обмена пользовательской информацией по каналу В. Станции проключают прозрачные соединения уровня 1 через свои коммутационные поля в соответствии с принятой сигнальной информацией. Функции других уровней (2-7) используются в оконечном оборудовании в соответствии с конкретной услугой и выполняются только на этом оконечном оборудовании. Следовательно, они имеют значение только как функции сквозной (end-to-end) передачи.

Комитетом МККТТ для ISDN определены уровни 1-3 для обеспечения надежной передачи сигнальной информации и низкоскоростных данных по каналу D.

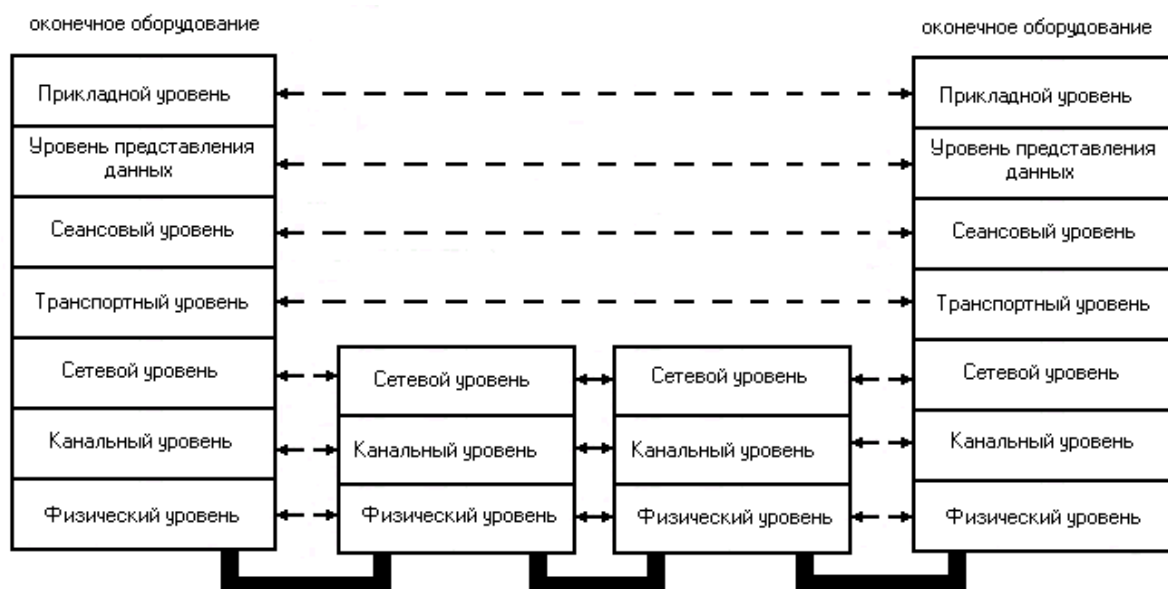


Рисунок 16 – Эталонная модель OSI

## 1.6 Структура и характеристика базового доступа ISDN

1.6.1 Эталонная конфигурация ISDN. Одним из предварительных условий, которое должно быть выполнено перед вводом сети ISDN, является цифровая сеть, включающая оконечное оборудование. Для линии абонентского доступа союз ITU-T определил функциональные группы с промежуточными точками. Для обеспечения совместимости между различными станциями и оконечным оборудованием также были определены задачи, которые должны выполнять отдельный абонент и функциональные группы станции.

В число компонентов ISDN входят терминалы, терминальные адаптеры (ТА), устройства завершения работы сети, оборудование завершения работы линии и оборудование завершения коммутации.

Имеется два типа терминалов ISDN. Специализированные терминалы ISDN называются "терминальным оборудованием типа 1" (*terminal equipment type 1*) (TE1) и подключаются к сети ISDN через четырехпроводный интерфейс, в котором по принципу временного разделения организованы три канала – В, В, D (или 2В + D). ISDN предусматривает подключение к одному интерфейсу 2В + D до 8 терминалов TE1.

Терминалы, не совместимые с ISDN, называются "терминальным оборудованием типа 2" (*terminal equipment type 2*) (TE2). Терминалы TE2 подключают к сети ISDN через терминальный адаптер (ТА), который преобразует сигналы других стандартов в стандарт ISDN. Терминальный адаптер может быть либо автономным устройством, либо платой внутри TE2. Если TE2 реализован как автономное устройство, то он подключает к ТА через стандартный интерфейс физического уровня (например, EIA232, V.24 или V.35).

Имеются две категории сетевых окончаний: NT1 и NT2. Функциональный блок NT1 включает в себя основные функции сетевого окончания – подача питания к абонентской установке, обеспечение технического обслуживания линии и контроля рабочих характеристик, синхронизация, мультиплексирование на 1 уровне модели OSI и разрешение конфликтов доступа.

NT2 является более сложным устройством, и выполняет функции обработки протоколов уровней 2 и 3, мультиплексирования, коммутации и концентрации, а также функции технического обслуживания и некоторые функции уровня 1. В качестве функционального блока NT2 могут выступать УАТС, локальная сеть или ТА.

Существует также устройство NT1/2 (или просто NT); это отдельное устройство, которое сочетает функции NT1 и NT2.

На встречной стороне цифровой абонентской линии в АТС устанавливаются линейное окончание LT и станционное окончание ET.

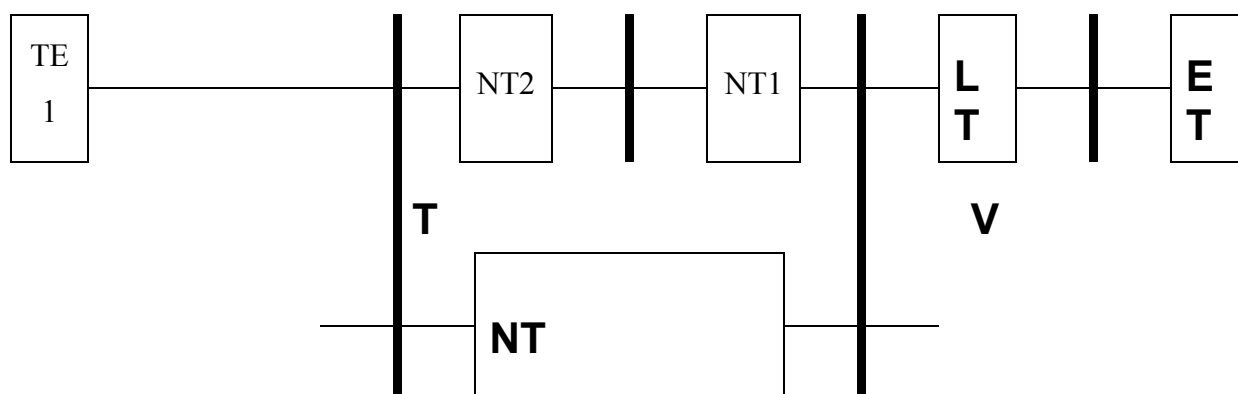
Линейное окончание (*line termination*) подключает линию доступа на станции в случае, когда речь идет о передаче. В зависимости от того, используется ли оно для базового доступа или для первичного доступа, LT может выполнять такие функции, как подача питания в NT или в промежуточные регенераторы, обеспечение тестовых шлейфов, регенерация сигнала и преобразование кода.

Станционное окончание (*exchange termination*) выполняет подключение линии доступа на станции в случае, когда речь идет об управлении; через него проходит пользовательская и сигнальная информация.

Окончания LT и ET могут быть объединены в одном функциональном блоке.

Союзом ITU-T определены следующие эталонные точки, которые определяют логические интерфейсы между функциональными блоками, такими, как ТА и NT1:

- "R" – связывает несовместимое с ISDN оборудование TE2 с терминальным адаптером ТА;
- "S" – соединяет ISDN-совместимое терминальное оборудование с сетевым окончанием;
- "T" – связывает оборудование пользователя с находящимися в помещении пользователя сетевым окончанием NT1;
- "U" - интерфейс между устройствами NT1 и оборудованием АТС;
- "V" – эта точка находится между оборудованием линейного окончания LT на станционном конце абонентской линии и станционным окончанием ET.



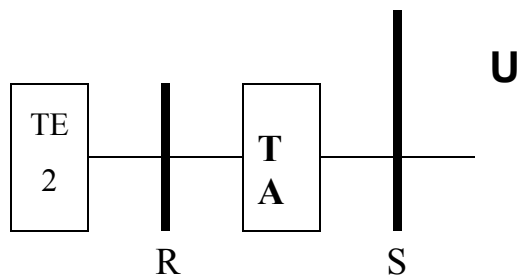


Рисунок 17 – Абонентское оборудование и интерфейсы ISDN

1.6.2 Интерфейс So. Так как в общем случае в интерфейс So могут подключаться до восьми TE, то вводится понятие шины So. Согласно рекомендации ITU-T I.430 шина So может быть выполнена в нескольких вариантах:

- 1) схема короткой пассивной шины So типа «точка-многоточие» (short passive S bus), к которой могут подключаться до восьми различных терминалов на произвольном расстоянии друг от друга, при этом максимальная длина кабеля пассивной шины составляет не более 200 метров;



Рисунок 18 - Схема короткой пассивной шины So типа «точка-многоточие»

- 2) в случае необходимости выноса группы терминалов используется схема расширенной пассивной шины So типа «точка-многоточие» (extended passive S bus), длина которой может достигать 500 метров, при подключении всех терминалов к шине в пределах 50 метров;



Рисунок 19 - Схема расширенной пассивной шины So типа «точка-многоточие»

- 3) отдельный терминал может подключаться к NT по схеме шины So типа «точка-точка» на расстоянии до 1 км; фактором ограничения здесь выступает затухание в кабеле, которое не должно превышать 6 дБ.

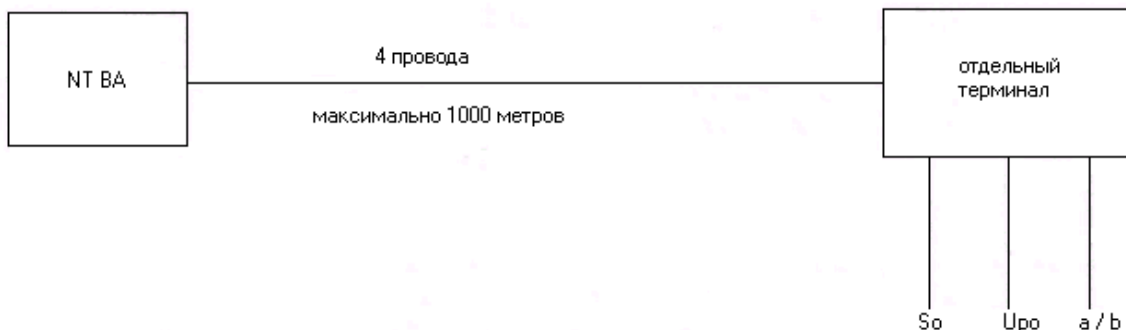


Рисунок 20 - Схема шины So типа «точка-точка»

Конструктивно шина So представляет собой четырехпроводную кабельную линию с подключением терминалов к интерфейсу So через разъем RJ 45.

В интерфейсе S имеются две цепи питания – фантомное питание, поскольку используется 4-проводный интерфейс приемопередачи, и независимая цепь питания, которая является дополнением к цепи приемопередачи. Организация питания предусматривает нормальный режим работы в штатных условиях и ограниченный режим работы при неисправности в основной цепи питания. Номинальное напряжение питания равно 40 В.

Через интерфейс S, когда он полностью активизирован, происходит непрерывная передача битов в обоих направлениях между NT и ТЕ со скоростью 192 кбит/с. Эти 192 кбит/с составляют два В-канала по 64 кбит/с, один D-канал 16 кбит/с и ресурс 48 кбит/с для синхронизации циклов.

Структура цикла в точке S приведена на рисунке 21. Структура меняется в зависимости от направления передачи между NT и ТЕ, но идентична для конфигурации «точка-точка» и для многоточечной конфигурации. Циклы имеют длину 48 битов и передаются из ТЕ и NT каждые 250 мкс. Первый бит цикла, передаваемого к NT, задерживается на два битовых периода по отношению к первому биту цикла, принимаемого от NT.

Цикл длительностью 250 мкс обеспечивает скорость 4000 циклов в секунду ( $1 \text{ секунда} / 0,00025 = 4000$ ) и скорость передачи 192 кбит/с ( $4000 \cdot 48 = 192\,000$ ). Однако в каждом цикле имеются 12 служебных битов, поэтому скорость передачи данных пользователя составляет 144 кбит/с ( $4000 \cdot [48 - 12] = 144\,000$ ).

Первые два бита цикла – синхронизирующий бит F и симметрирующий бит L используются для цикловой синхронизации. Кроме того, бит L используется в цикле TE для электрического симметрирования цикла, а в цикле NT - для электрического симметрирования каждого байта В-канала и каждого бита D-канала. Дополнительный бит цикловой синхронизации Fa и бит N (только в цикле NT) также используются в процедурах цикловой синхронизации. Бит A (только в цикле NT) используется для активизации и деактивизации TE. Биты эха гарантируют, что тракт свободен перед попыткой передачи со стороны TE.

Физически к одной цепи может быть подключено множество устройств пользователей ISDN. Для такой конфигурации столкновения могут быть результатом одновременной передачи двух терминалов. Поэтому ISDN предусматривает средства для определения конфликтов в канале связи. При получении устройством NT бита D из TE оно отражает этот бит эхо-сигналом обратно в соседнюю позицию E-бита. TE ожидает, что соседний E бит должен быть тем же самым, что и бит D, который он передал в последней передаче.

Терминалы не могут передавать в D-канал до тех пор, пока они не распознают специфичное число единиц (указывающих на "отсутствие сигнала"), соответствующее заранее установленному приоритету. Если устройство TE обнаруживает какой-либо бит в канале с эхо-сигналом (E), отличающимся от его битов D, оно должно немедленно прекратить передачу. Этот простой прием является гарантией того, что одновременно только один терминал может передавать свои D-сообщения. После успешной передачи D-сообщения приоритет этого терминала становится более низким, что обеспечивается путем предъявления ему требования до передачи детектировать большее число последовательных единиц. Приоритет у терминалов может не повыситься до тех пор, пока все другие устройства на этой линии не получат возможность отправить D-сообщение. Телефонные связи имеют более высокий приоритет, чем все другие службы, а информация обмена сигналами имеет более высокий приоритет, чем несигнализирующая информация.

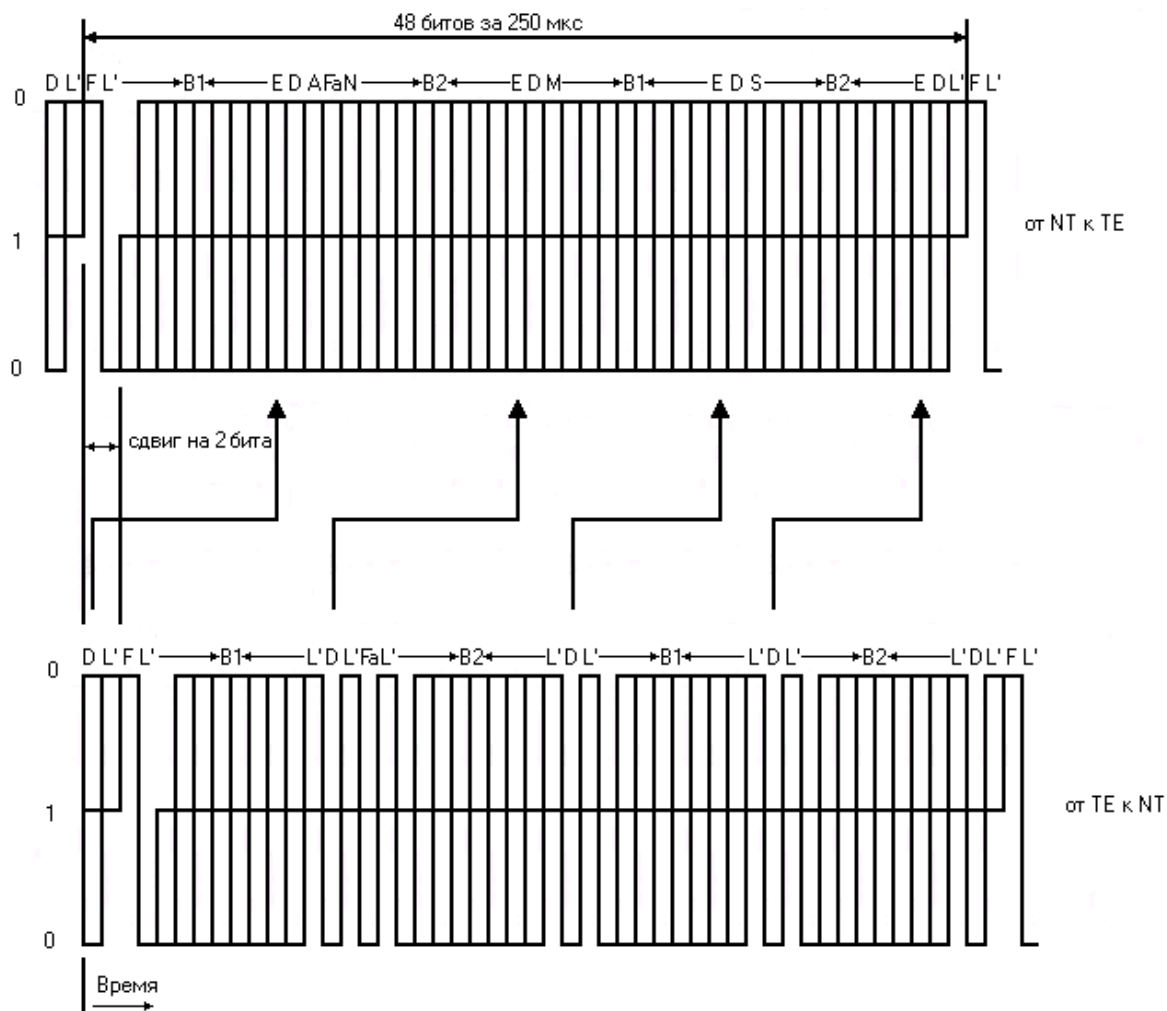


Рисунок 21 – Цикловая структура сигнала в интерфейсе S

F – бит цикловой синхронизации

L – бит симметрирования по постоянному току

D – бит D-канала

E – бит эхо D-канала

Fa – дополнительный бит цикловой синхронизации

N – бит со значением, обратным Fa

B1 – бит в первом B-канале

B2 – бит во втором B-канале

A – бит, используемый для активизации

M – бит сверхцикла

S – бит S-канала

## Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-68 стандартом НовГУ, требованиям ЕСКД, ЕСТД и др.

Отчет должен содержать :

- структурную схему макета
- диаграммы сигнального обмена между NT/ET и TE согласно рисункам

## Контрольные вопросы

1. Что такое ISDN?
2. Услуги предоставляемые ISDN
3. Базовый уровень ISDN
4. Первичный доступ ISDN
5. Что такое эталонная модель OSI
6. Эталонная конфигурация ISDN

## Литература

## Лабораторная работа № 1

### Определение времени доставки сообщения при заданном методе коммутации

1. Цель работы: Определение времени доставки сообщения методом КС, КК, КП.
2. Направляющие вопросы:
  - 2.1. Перечислите методы оперативной коммутации.
  - 2.2. Назовите достоинства и недостатки метода коммутации каналов-КК.
  - 2.3. Назовите достоинства и недостатки метода коммутации каналов -КП.
  - 2.4 Назовите достоинства и недостатки метода КС.
3. Рабочее задание:
  - 3.1 Поясните сущность заданного в Вашем варианте метода оперативной коммутации.
  - 3.2. Начертите упрощенную схему организации связи для заданного метода и соответствующую временную диаграмму.
  - 3.3. Определите время доставки сообщения по данным в таблице 1, если известно. Что сообщения передаются кодом МТК-2 стартстопным методом.

**Таблица 1**

| Варианты | Параметры                |                                            |                                      |                                          |                                          |                                      |                                              |
|----------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
|          | Метод оперативн. коммут. | Время установления соединения<br><i>мс</i> | Длина сообщения в знаках<br><i>E</i> | Скорость передачи ОП-УК, Бод<br><i>V</i> | Скорость передачи УК-УК, Бод<br><i>V</i> | Время задержки на связи<br><i>мс</i> | Время обработки сообщения в УК,<br><i>мс</i> |
| 1        | КК                       | 2,25                                       | 1000                                 | 50                                       | 50                                       |                                      |                                              |
| 2        | КС                       |                                            | 1200                                 | 50                                       | 200                                      |                                      | 10                                           |
| 3        | КК                       | 2,5                                        | 2000                                 | 10                                       | 100                                      |                                      |                                              |
| 4        | КС                       |                                            | 2300                                 | 100                                      | 200                                      |                                      | 15                                           |
| 5        | КК                       | 2,75                                       | 3000                                 | 50                                       | 50                                       |                                      |                                              |
| 6        | КС                       |                                            | 2500                                 | 100                                      | 200                                      |                                      | 5                                            |
| 7        | КК                       | 3                                          | 1500                                 | 100                                      | 100                                      |                                      |                                              |
| 8        | КС                       |                                            | 1800                                 | 50                                       | 200                                      |                                      | 20                                           |
| 9        | КК                       | 4                                          | 2500                                 | 50                                       | 50                                       |                                      |                                              |
| 10       | КС                       |                                            | 2800                                 | 100                                      | 200                                      |                                      | 7                                            |

На сетях документальной электросвязи используется три метода оперативной коммутации: коммутация каналов (КК); коммутация сообщений (КС) и коммутация пакетов (КП).

При КК до начала обмена информацией между абонентами устанавливается тракт передачи, по которому затем происходит обмен сообщениями. Временная диаграмма передачи сообщений показана на рас. 15. Процедура установления соединения начинается с посылки вызова (2). Если станция коммутации каналов (СКК) готова к приему номера, то

она передается сигнал приглашения к набору номера (3). Абонент передает на станцию номер вызываемого абонента (4). СКК, получив номер, определяет направление к смежной станции, передает ей сигнал вызова, затем, получив ответный сигнал (один или два, в зависимости от типа СКК), передает ей полученный номер. Входящая станция отыскивает линию вызываемого абонента и, если она свободна, подключает тракт соединения между абонентами и передает сигнал установления соединения (5) вызываемому абоненту. Сигнал установления соединения (5) транслируется вызываемому абоненту. По образцовому тракту сообщения передаются как в ту, так и в другую сторону. После окончания двустороннего обмена сообщениями, один из абонентов передает сигнал отбоя, и происходит разъединение установленного соединения (7).

Одой из характеристик сети является время доставки сообщения, которое определяется как отрезок времени от начала ввода сообщения в сеть до момента окончания его приема получателем.

Время доставки  $t_{\text{дост. кк}}$  на сети КК определяется:

$$t_{\text{дост. кк}} = t_{\text{уст.соед}} + t_{\text{пер.}},$$

где  $t_{\text{пер.}}$  – время передачи сообщения;

$t_{\text{уст.соед}}$  – время установления соединения, зависит от вида соединения на СКК (местное, исходящее, транзитное, входящее).

На рис. 15 на СКК1 должно быть установлено исходящее соединение, а на СКК2 –входящее.

Поэтому  $t_{\text{уст.соед}} = t_{\text{выз}} + t_{\text{отв. ст}} + t_{\text{нн}} + t_{\text{выз2}} + t_{\text{отв.ст2}} + t_{\text{нн2}} + t_{\text{соед.уст}}$ ,

где  $t_{\text{выз}} = 150 \text{ мс}$ ;

$t_{\text{отв. ст}} = 25 \text{ мс}$ ;

$t_{\text{нн}} \approx 15 \text{ с}$ ;

$t_{\text{соед.уст}} = 150 \text{ мс}$ .

Время передачи сообщения зависит от длины сообщения, скорости передачи, используемого кода и метода физирования. При стартстопном методе физирования кода МТК-2 длительность цикла передачи каждого знака составит  $T_{\text{пер.}} = 7.5 t_0$ , где  $t_0$  длительность единичного элемента, зависящая от скорости телеграфирования.

Коммутацией сообщений называют такой метод, при котором сообщение, снабженное заголовком, включающим адрес получателя и служебную информацию, передается на ближайший узел коммутации, где оно записывается в запоминающее устройство. Адрес анализируется, и выбирается дальнейшее направление передачи. Если в данном направлении имеется свободный канал, то сообщение передается немедленно, в противном случае сообщение ставится в очередь, в которой оно будет находится до момента освобождения канала. Далее оно будет передаваться от узла к узлу поэтапно. Временная диаграмма передачи сообщения на сетях КС показана на рис. 16. Момент начала ввода сообщения обозначен цифрой (1). Оператор передает в ЦКС запрос на передачу сообщения соответствующей кодограммой КГ1 (2). Если ЦКС готов к приему сообщения. То он посылает вызываемому оператору сигнал приглашения к передаче сообщения (3) (соответствующее служебное извещение). Далее оператор передает сообщение в цент (4). Полностью приняв сообщение от оператора, ЦКС передает ему сигнал подтверждения (5). Причем на участке ОП-ЦКС сообщения могут передаваться низкими скоростями (50, 100 Бод). На участке ЦКС-ЦКС сообщения могут передаваться более высокими скоростями (200, 1200 Бод), что показано на рис. (7). В каждом центре производится запись полученного сообщения в накопитель на магнитных лентах или магнитных дисках. Заголовок сообщения анализируется и определяется направление последующей передачи. Все поступающие сообщения распределяются по очередям на исходящие направления (6). При освобождении канала сообщение передается на смежный цент коммутации, где процесс полностью повторяется.

Время доставки сообщения на сети с КС составит:

$$t_{\text{дост}} = t_{\text{запр}} + 2t_{\text{обр}} + t_{\text{пер}} + 2t_{\text{пер}},$$

где  $t_{\text{запр}}$  - время запроса, складывающееся из времени передачи сигнала запроса и приглашения к передаче.  $t_{\text{запр}}$  - зависит от скорости передачи на участке.

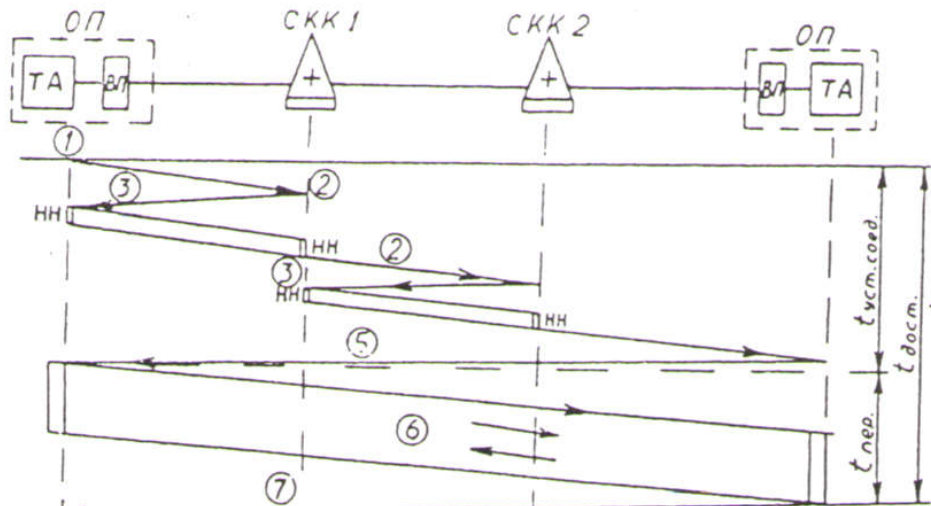
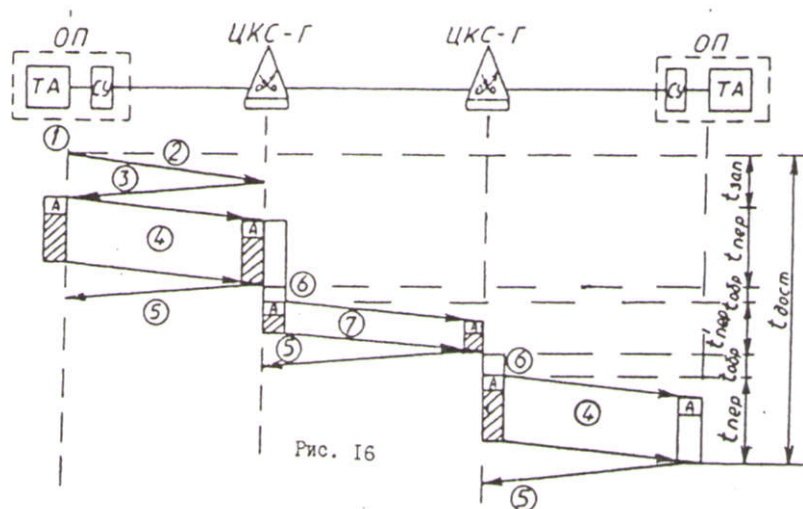


Рис. 15  
Структурная схема организации связи для передачи методом КС  
и определение времени доставки сообщения



ОП-ЦКС и длины текстов взаимодействия;  
 $t_{\text{обр}}$  - время обработки сообщения в ЦКС с учетом ожидания  
 в очереди на передачу;  
 $t_{\text{пер}}$  - время передачи сообщения на участке ОП-ЦКС;  
 $t'_{\text{пер}}$  - время передачи сообщения на участке ЦКС-ЦКС.

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- классификацию коммутационных схем;
- режимы искания выходов в коммутационных схемах;
- устройство, коммутационные параметры МКС;
- способы включения вертикалей в коммутационных схемах;
- звеньевое включение в коммутационных схемах;

уметь:

- рассчитывать структурные параметры многозвенных коммутационных схем;
- разрабатывать и вычерчивать координатным и символическим способами схемы группообразования.

## 2 Содержание работы

Цель работы:

Изучение способов расчета структурных параметров и способов построения двухзвенных коммутационных схем.

## 3 Направляющие вопросы

3.1 Что называется коммутационной схемой?

3.2 По каким признакам классифицируются коммутационные схемы?

3.2 Какая коммутационная схема называется искателем? С помощью каких коммутационных приборов может быть построен искатель?

3.3 Какая коммутационная схема называется коммутатором? Особенности построения коммутаторов с помощью МКС.

3.4 Поясните принципы построения однозвенных неполнодоступных КС.

3.5 Перечислите достоинства и недостатки полнодоступных и неполнодоступных КС.

3.6 Поясните принципы построения многозвенных КС с использованием МКС.

## 4 Рабочее задание

4.1 Выбрать из таблицы 4.1 в соответствии с вариантом, (номер варианта равен номеру по журналу) исходные данные: число входов в коммутационную схему N, выходов M, промежуточных линий VAB и тип МКС.

4.2 Выбрать структуру (ВП-ВП, ПВ-ПВ, ВП-ПВ или ПВ-ВП) двухзвенной схемы коммутации, выполненной на МКС.

4.3 Определить число коммутаторов каждого звена, число входов и выходов каждого коммутатора, связность, коэффициенты расширения (сжатия) на звеньях А и В и схемы в целом.

4.4 Разработать и вычертить координатным способом ее схему группообразования.

4.5 Подсчитать количество МКС на каждом звене и для схемы в целом.

Таблица 4.1 – Исходные данные

| Номер варианта | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N              | 20    | 200   | 50    | 40    | 100   | 60    | 30    | 20    | 100   | 200   |
| VAB            | 50    | 60    | 100   | 80    | 40    | 100   | 60    | 40    | 50    | 100   |
| M              | 100   | 30    | 200   | 100   | 20    | 200   | 200   | 100   | 40    | 50    |
| МКС А          | 20x10 | 10x20 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 10x20 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 10x20 |
| МКС В          | 20x10 | 20x10 | 10x20 | 20x10 | 20x10 | 10x20 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 |
| Номер варианта | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| N              | 100   | 30    | 40    | 200   | 200   | 20    | 40    | 100   | 100   | 30    |
| VAB            | 80    | 60    | 50    | 100   | 40    | 40    | 80    | 50    | 60    | 60    |
| M              | 40    | 100   | 100   | 60    | 80    | 200   | 200   | 20    | 20    | 200   |
| МКС А          | 10x20 | 10x20 | 20x10 | 10x20 | 10x20 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 |
| МКС В          | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 10x20 | 20x10 | 10x20 | 10x20 | 20x10 | 10x20 | 10x20 |
| Номер варианта | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    |
| N              | 100   | 30    | 40    | 200   | 200   | 20    | 40    | 100   | 100   | 30    |
| VAB            | 80    | 60    | 50    | 100   | 40    | 40    | 80    | 50    | 60    | 60    |
| M              | 40    | 100   | 100   | 60    | 80    | 200   | 200   | 20    | 20    | 200   |
| МКС А          | 10x20 | 10x20 | 10x10 | 10x10 | 10x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 | 20x10 |
| МКС В          | 10x10 | 10x10 | 10x10 | 10x10 | 10x10 | 10x20 | 10x20 | 20x10 | 10x20 | 10x20 |

## 5 Указания по выполнению работы

### 5.1 Классификация коммутационных схем и их характеристика

Коммутационной схемой называется совокупность коммутационных приборов, имеющих все или часть общих выходов. В общем случае КС имеет N входов и M выходов и обеспечивает их взаимное соединение, образуя точки коммутации.

При построении КС с требуемыми структурными параметрами из отдельных коммутационных приборов, могут выполняться следующие операции:

- объединение входов;

- объединение выходов;

- последовательное соединение коммутационных приборов, т.е. выход одного прибора соединяется с входом другого.

Коммутационные схемы могут быть построены с использованием одновременно нескольких операций.

В коммутационной схеме включение выходов по отношению к входам может быть:

- полноступным, при котором любой вход схемы может быть соединен с любым свободным выходом;

- неполноступным, при котором вход может быть соединен только с частью определенных выходов схемы, численно равной величине доступности.

Доступность  $D$  называется число выходов схемы, с которым вход схемы может получить соединение.

Соединение между входом и выходом в КС образуется через одно или несколько точек коммутации.

Каждый вход и выход имеет несколько проводов, обозначаемых буквами латинского алфавита  $a, b, c$  и т.д. В точке коммутации каждый провод входа соединяется с одноименным проводом выхода. Число коммутируемых проводов называется проводностью КС.

В зависимости от числа последовательно включенных между входом и выходом точек коммутации различают однозвенные и многозвенные КС. В однозвенной КС соединение осуществляется через одну точку коммутации, в двухзвенной - через две и т.д. Многозвенная КС состоит из нескольких последовательно соединенных звеньев, обозначаемых буквами  $A, B, C$  и т.д. Каждое звено представляет собой совокупность однозвенных схем, соединенных определенным образом с однозвенными схемами соседних звеньев. Соединительные пути между звеньями называются промежуточными линиями (промлиниями). Число промлиний между звеньями  $A$  и  $B$  обозначается  $V_{AB}$ .

Различают КС:

- с расширением, когда число выходов больше числа входов, т.е.  $N < M$ ;

- с сжатием, когда число входов больше числа выходов, т.е.  $N > M$ .

Отношение числа выходов к числу входов называется коэффициентом расширения или сжатия КС:

$$\sigma = M / N. \quad (1)$$

## 5.2 Режимы искания выходов

Возможны следующие три режима искания выходов в КС:

- свободного искания - все выходы схемы образуют одно направление  $H = 1$ ; в этом режиме занявшийся вход требуется соединить с любым свободным и доступным выходом из всех  $M$  выходов схемы;
- группового искания - все выходы схемы разбиваются на  $H_i$  групп, называемых направлениями; занявшийся вход должен быть соединен с любым свободным и доступным ему выходом в требуемом направлении;
- линейного искания - каждый выход представляет собой отдельное самостоятельное направление  $M = H$ ; занявшийся вход требуется соединить с конкретным выходом.

### 5.3 Многозвенные коммутационные схемы

В двухзвенной КС различают:

- входы  $N$ ;
- промежуточные линии между звеньями  $A$  и  $B$   $V_{AB}$ ;
- выходы  $M$ .

Каждое звено состоит из нескольких отдельных коммутаторов и характеризуется следующими структурными параметрами:

- $k_A$  - число коммутаторов на звене  $A$ ;
- $k_B$  - число коммутаторов на звене  $B$ ;
- $n_A$  - число входов в один коммутатор звена  $A$ ;
- $n_B$  - число входов в один коммутатор звена  $B$ ;
- $m_A$  - число выходов из одного коммутатора звена  $A$ ;
- $m_B$  - число выходов из одного коммутатора звена  $B$ ;
- $f_{AB}$  - связность - число промлиний, связывающих каждый коммутатор звена  $A$  с каждым коммутатором звена  $B$ .

При этом имеют место следующие простые соотношения:

$$N = k_A \cdot n_A, \quad (2)$$

$$M = k_B \cdot m_B, \quad (3)$$

$$V_{AB} = k_A \cdot m_A = k_B \cdot n_B, \quad (4)$$

$$f_{AB} = \frac{m_A}{k_B} = \frac{n_B}{k_A}. \quad (5)$$

Кроме того двухзвенная схема характеризуется коэффициентами расширения (сжатия) - общим для всей схемы и отдельными по каждому звену:

$$\sigma = \frac{M}{N}, \quad (6)$$

$$\sigma_A = \frac{V_{AB}}{N} = \frac{m_A}{n_A}, \quad (7)$$

$$\sigma_B = \frac{M}{V_{AB}} = \frac{m_B}{n_B}, \quad (8)$$

$$\sigma = \sigma_A \cdot \sigma_B. \quad (9)$$

При построении двухзвенной схемы на МКС включение входов и выходов коммутаторов можно осуществлять двумя способами:

- вертикаль - поле ВП
- поле - вертикаль ПВ.

Комбинируя различные способы включения входов и выходов в звеньях А и В, можно получить четыре типа двухзвенных схем:

- ВПВП - количество вертикалей для построения данной КС равно  $N + V_{AB}$ ;
- ПВПВ - количество вертикалей для построения данной КС равно  $M + V_{AB}$ ;
- ВППВ - количество вертикалей для построения данной КС равно  $N + M$ ;
- ПВВП - количество вертикалей для построения данной КС равно  $2 \cdot V_{AB}$ .

5.3.1 Пример расчета двухзвенной коммутационной схемы. В качестве примера рассмотрим построение полноступенчатой двухзвенной коммутационной схемы с  $N = 100$ ,  $V_{AB} = 60$ ,  $M = 40$  на МКС  $20 \times 10 \times 6$ .

В основу выбора типа двухзвенной КС положен принцип минимализации затрат по числу вертикалей. Исходя из этого условия определим тип КС:

- ВПВП -  $N + V_{AB} = 100 + 60 = 160$  вертикальных блока;
- ПВПВ -  $M + V_{AB} = 60 + 40 = 100$  вертикальных блока;
- ВППВ -  $N + M = 100 + 40 = 140$  вертикальных блока;
- ПВВП -  $2 \cdot V_{AB} = 2 \cdot 60 = 120$  вертикальных блока.

Следовательно, двухзвенная схема будет типа ПВПВ.

Рассчитаем параметры коммутационной схемы. При расчете параметров коммутаторов двухзвенных схем обязательно должно выполняться условие максимального использования поля вертикали МКС. При выполнении этого условия в схемах типа:

ПВ-ПВ  $n_A = t$ ,  $n_B = t$  (здесь  $t$  - емкость поля вертикали МКС);

$$\text{ВП-ВП } m_A = T, m_B = T;$$

$$\text{ПВ-ВП } n_A = T, m_B = T;$$

$$\text{ВП-ПВ } m_A = T, n_B = T.$$

Так как на звеньях А и В применяются коммутаторы типа ПВ, то число входов в один коммутатор принимаем равным емкости поля вертикали МКС:

$$- n_A = 10;$$

$$- n_B = 10.$$

$$k_A = \frac{N}{n_A} = \frac{100}{10} = 10 \quad k_B = \frac{V_{AB}}{n_B} = \frac{60}{10} = 6 \quad m_A = \frac{V_{AB}}{k_A} = \frac{60}{10} = 6$$

$$m_B = \frac{M}{k_B} = \frac{40}{6} = 6\frac{4}{6}, \text{ т.е. 2 коммутатора звена В имеют 6 выходов, 4 коммутатора – 7 выходов.}$$

$$f_{AB} = \frac{m_A}{k_B} = \frac{6}{6} = 1$$

$$\text{Коэффициент сжатия } \sigma_A = 0,6; \sigma_B = 0,67; \sigma = 0,4.$$

При построении схемы координатным способом вначале изобразим друг под другом коммутаторы звеньев А и В. Для удобства начертания схемы коммутаторы звена А повернуты на  $90^\circ$  по отношению к коммутаторам звена В. Коммутаторы нумеруются римскими цифрами. Затем выходы первого коммутатора звена А соединяем с первыми входами всех шести коммутаторов звена В, выходы второго коммутатора - соответственно со вторыми входами и т.д.

Построенная таким образом двухзвенная КС является полнодоступной, поскольку каждый коммутатор звена А соединен с каждым коммутатором звена В и в исходном состоянии (все промиллины свободны) любой вход может быть соединен с любым выходом схемы.

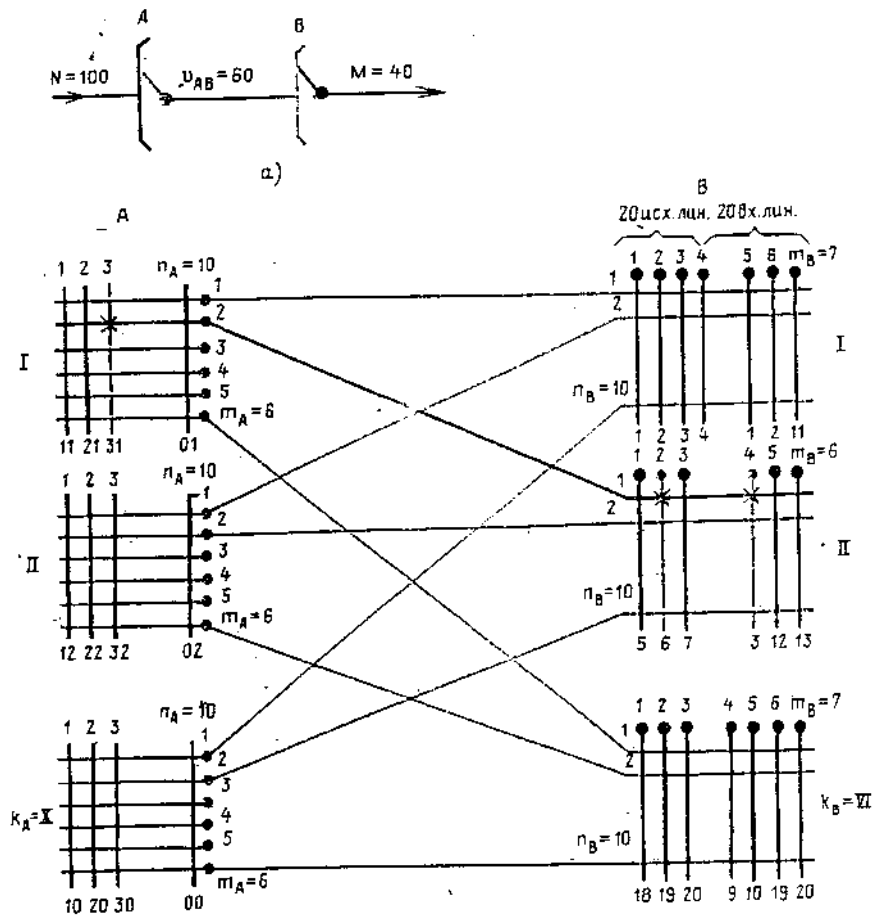


Рисунок 5.1 – Двухзвенная коммутационная схема

Количество МКС в схеме определяется исходя из числа используемых вертикальных блоков. Для звена А необходимо 60 вертикальных блоков (тип включения ВП, число вертикальных блоков =  $N$ ), т.е. три МКС 20х10х6, а для звена В требуется 40 вертикальных блоков (тип включения ВП, число вертикальных блоков =  $V_{AB}$ ) или два МКС. Всего данная схема содержит пять МКС.

## **Практическая работа №6**

### **«Изучение управляющих систем узлов коммутации с управлением по записанной программе - ЭУС»**

1 В результате выполнения работы студент должен  
знать:

- состав и режимы работы УК;
- состав исполнительной и управляющей систем УК;
- классификацию ЭУС;
- структурные схемы ЭУС АТСКЭ;

уметь:

- дать техническую характеристику ЭУС.

2 Содержание работы

Цель работы:

Изучение состава и режимов работы управляющих систем узлов коммутации с управлением по записанной программе.

3 Средства обучения

3.1 Структурные схемы ЭУС АТСКЭ.

4 Направляющие вопросы

4.1 Что называется узлом коммутации?

4.2 Назовите режимы коммутации, в которых может работать УК.

4.3 Что входит в состав исполнительной и управляющей систем УК?

4.4 Перечислите технические, эксплуатационные и экономические требования, предъявляемые к ЭУС.

4.5 Охарактеризуйте каждый из трех классификационных признака ЭУС.

4.6 Охарактеризуйте каждый из трех основных типов ЭУС – централизованные, децентрализованные и иерархические.

4.7 Перечислите способы построения системного интерфейса.

## 5 Рабочее задание

5.1 Дайте определение ЭУС УК. Перечислите требования, предъявляемые к ЭУС, на которые оказывает существенное влияние ее структура. Представьте общую структурную схему ЭУС УК, дайте к ней пояснения.

5.2 Представьте техническую характеристику электронного управляющего комплекс квазиэлектронной АТС: структурная схема и состав ЭУС, тип периферийного интерфейса; способ управления установление соединения; системный интерфейс; режим работы (синхронный или распределение нагрузки); технические характеристики процессора.

5.3 Исходные данные 1 вариант – ЭУС «Исток», 2 вариант – ЭУС «Квант», 3 вариант – ЭУС «Кварц»

## 6 Указания по выполнению работы

### 6.1 Узел коммутации как объект управления

Под узлом коммутации УК понимается совокупность технических средств, предназначенных для приема и распределения информации по направлениям связи.

УК может использовать один из трех режимов работы:

- коммутация каналов;
- коммутация сообщений;
- коммутация пакетов.

УК в ЦСИС, как правило, используют комбинированный режим коммутации каналов и пакетов.

В общем виде УК можно представить (рисунок 1) состоящим из;

- **управляющей системы УС**, которая включает в себя управляющие устройства УУ1 - УУх;
- **исполнительной системы ИС**, которая включает в себя: комплекты К, коммутационное поле КП, периферийные устройства.

**К** – комплекты – к комплектам подключаются линии и каналы. Комплекты принимают и передают сигналы, необходимые для установления и разъединения соединений: линейные (вызов, ответ, отбой и др.), акустические («ОС», «ПВ», «КПВ», «Занято»), сигналы управления (сигналы набора номера, служебные сигналы для УУ другого УК); через комплекты осуществляется питание приборов абонентских аппаратов.

**КП** – коммутационное поле – в КП включаются комплекты. С помощью КП осуществляется физическое соединение комплектов, а следовательно, подключенных к ним линий (каналов) между собой. КП может быть построено на основе пространственного или временного разделения каналов, образующих соединительные пути между его входами и выходами. В зависимости от используемой элементной базы и принципов построения КП различают УК:

- механоэлектронные – для построения КП используются мини-МКС или кодовые соединители;
- квазиэлектронные – для построения КП используются соединители на герконовых реле, ферридах или ремридах;
- цифровые электронные – для построения КП используются электронные полупроводниковые элементы.

В механо- и квазиэлектронных УК применяется принцип пространственного разделения каналов в КП, в цифровых УК – принцип временного разделения каналов или различные комбинации пространственного и временного разделения каналов.

**Периферийные устройства** обеспечивают совместную работу комплектов и коммутационного поля с управляющей системой.

В управляющей системе все действия УУ заранее определены и регламентированы алгоритмом (программой) их функционирования, т.е. УУ являются программными. Узлы коммутации с программными УУ называются узлами коммутации с программным управлением.

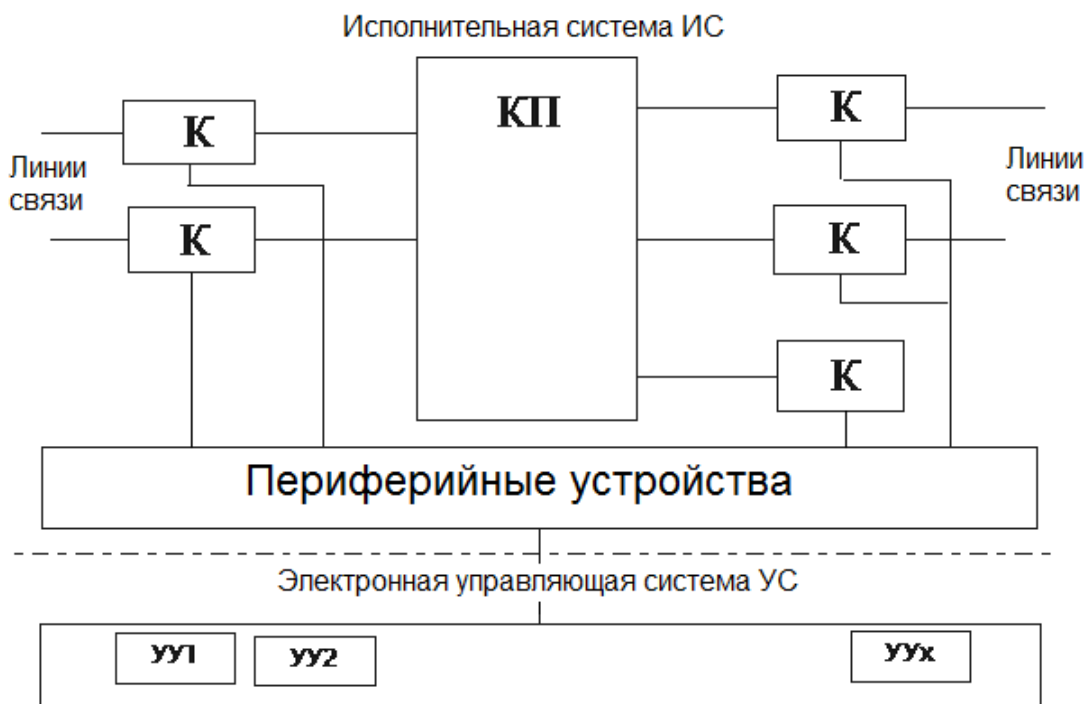


Рисунок 1 - Общая функциональная блок-схема узла коммутации

В зависимости от способа задания и хранения программы работы различают:

- УУ с замонтированной программой – алгоритм функционирования задается схемной логикой, заложенной в специальном программном блоке (блоке управления), изменить программу можно только путем перемонтажа этого блока;
- УУ с записанной программой – алгоритм функционирования в закодированном виде записывается и хранится в запоминающем устройстве УУ, изменяется программа путем перезаписи в нем соответствующей информации.

ЭВМ, представляющие собой технические и программные средства, специализирующиеся на выполнении заданного набора функций управления работой узла коммутации, называются **электронными управляющими машинами ЭУМ**, а построенные на их основе УС – **электронными управляющими системами ЭУС**.

ЭУС в узлах коммутации выполняют функции управления установлением и разъединением различных соединений. В процессе обслуживания вызова ЭУС:

- обнаруживает и принимает входные сигналы, поступающие от участников соединений по линиям (каналам) связи через комплекты К ИС;
- анализирует их;

- отыскивает комплекты нужных типов и соединительные пути в КП;
- вырабатывает и выдает в ИС управляющие воздействия (периферийные команды) для установления – разъединения соединительных путей в КП,
- подключения – отключения комплектов и выдачи из них участникам соединений требуемых ответных выходных сигналов («ОС», «ПВ», «КПВ», «Занято»).

Процесс обслуживания вызова многоэтапный – число, последовательность и типы этапов зависят от вида соединения.

ЭУС также выполняет:

- дополнительные функции - предоставление абонентам ДВО;
- вспомогательные функции – автоматизация процессов эксплуатации и технического обслуживания УК (контроль за состоянием оборудования, определение места повреждений, учет нагрузки и т.д.).

## 6.2 Общие принципы построения ЭУС УК

ЭУС УК – это комплекс технических и программных средств, обеспечивающий выполнение возложенных на нее основных, дополнительных и вспомогательных функций и удовлетворяющий заданным техническим, эксплуатационным и экономическим требованиям.

**Технические требования** определяют значения различных показателей производительности ЭУС, при которых обеспечивается работа УК данного типа заданной емкости в реальном времени (например, вероятность потери вызова, среднее время реакции ЭУС на входные сигналы, пропускная способность и т.д.).

**Эксплуатационные требования** регламентируют:

- надежность – комплексное свойство ЭУС, которое заключается в ее способности выполнять заданные функции, сохраняя при определенных условиях эксплуатации в установленных пределах лишь свои основные характеристики. Надежность охватывает такие свойства ЭУС, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.
- живучесть (устойчивость к отказам) – определяет свойство ЭУС сохранять свою работоспособность при отказах входящих в ее состав компонентов при постепенном ухудшении качества функционирования системы в допустимых пределах;
- гибкость – отражает приспособленность ЭУС к изменению ее свойств (функций, состава и характеристик) в зависимости от изменяющихся условий ее использования в составе УК.

**Экономические требования** связаны с такими основными экономическими характеристиками ЭУС, как оптовая цена и приведенные годовые затраты.

На выполнение большинства указанных выше требований существенное влияние оказывает структура ЭУС, определяющая состав и взаимодействие УУ.

На рисунке 2 представлена общая структурная схема ЭУС УК.

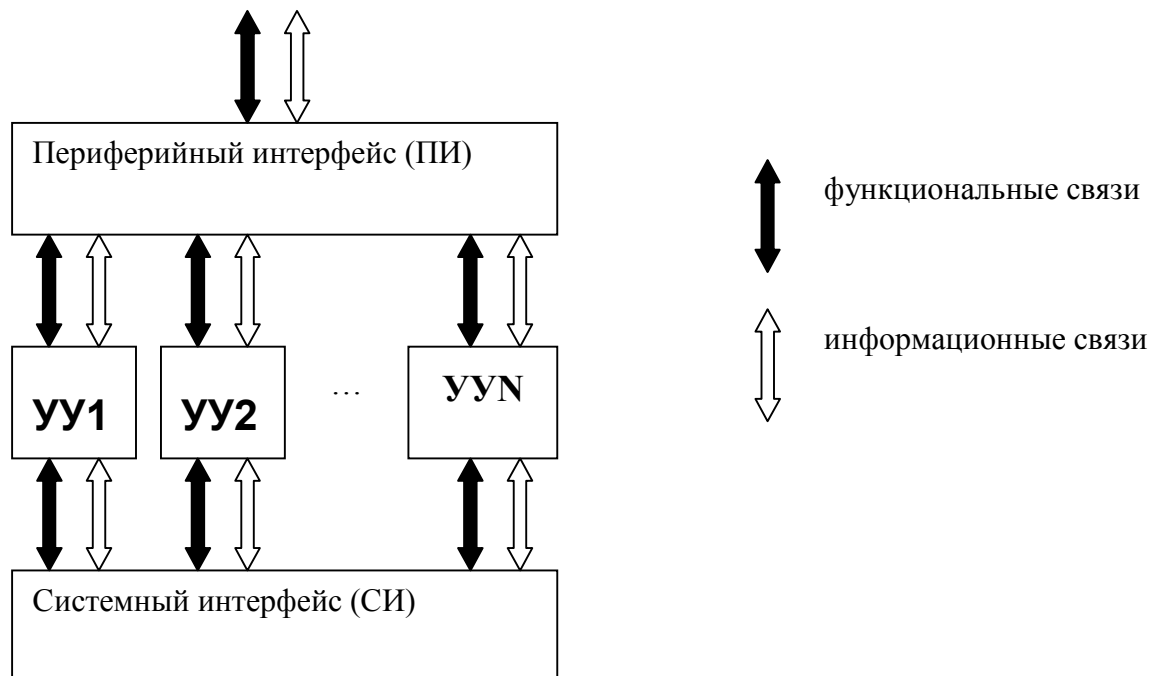


Рисунок 2 - Общая структурная схема ЭУС УК

В общем случае ЭУС состоит из нескольких УУ. Обмен управляющими сигналами (функциональные связи) и информацией (информационные связи) между УУ в процессе их совместного функционирования осуществляется через системный интерфейс, а между УУ и периферийными устройствами ИС – через периферийный интерфейс. Интерфейсы являются средствами сопряжения (соединения) устройств между собой, отличающимися унификацией способов физического соединения, а также процедурами установления связи и передачи информации.

### 6.3 Классификация ЭУС УК

На рисунке 3 приведена классификационная схема ЭУС, использующая три классификационных признака, отражающих возможные варианты построения и организации функционирования трех основных структурных компонентов ЭУС – периферийного интерфейса, управляющих устройств и системного интерфейса.

#### 6.3.1 Тип периферийного интерфейса

Тип периферийного интерфейса, используемый в конкретной ЭУС, зависит от состава, числа и элементной базы периферийных устройств, а также от форматов, способов кодирования и контроля верности передачи сообщений.

Периферийный интерфейс в ЭУС механо- и квазиэлектронных УК содержит средства сопряжения, представляющие собой несколько общих для всех ПУ и УУ шин для передачи управляющих сообщений из УУ в ПУ и ответных информационных сообщений из ПУ в УУ, и адресующие устройства для выбора нужного ПУ.

В электронных УК каждое УУ имеет свой периферийный интерфейс, построение которого зависит от типа подключаемых к данному УУ устройств ИС.

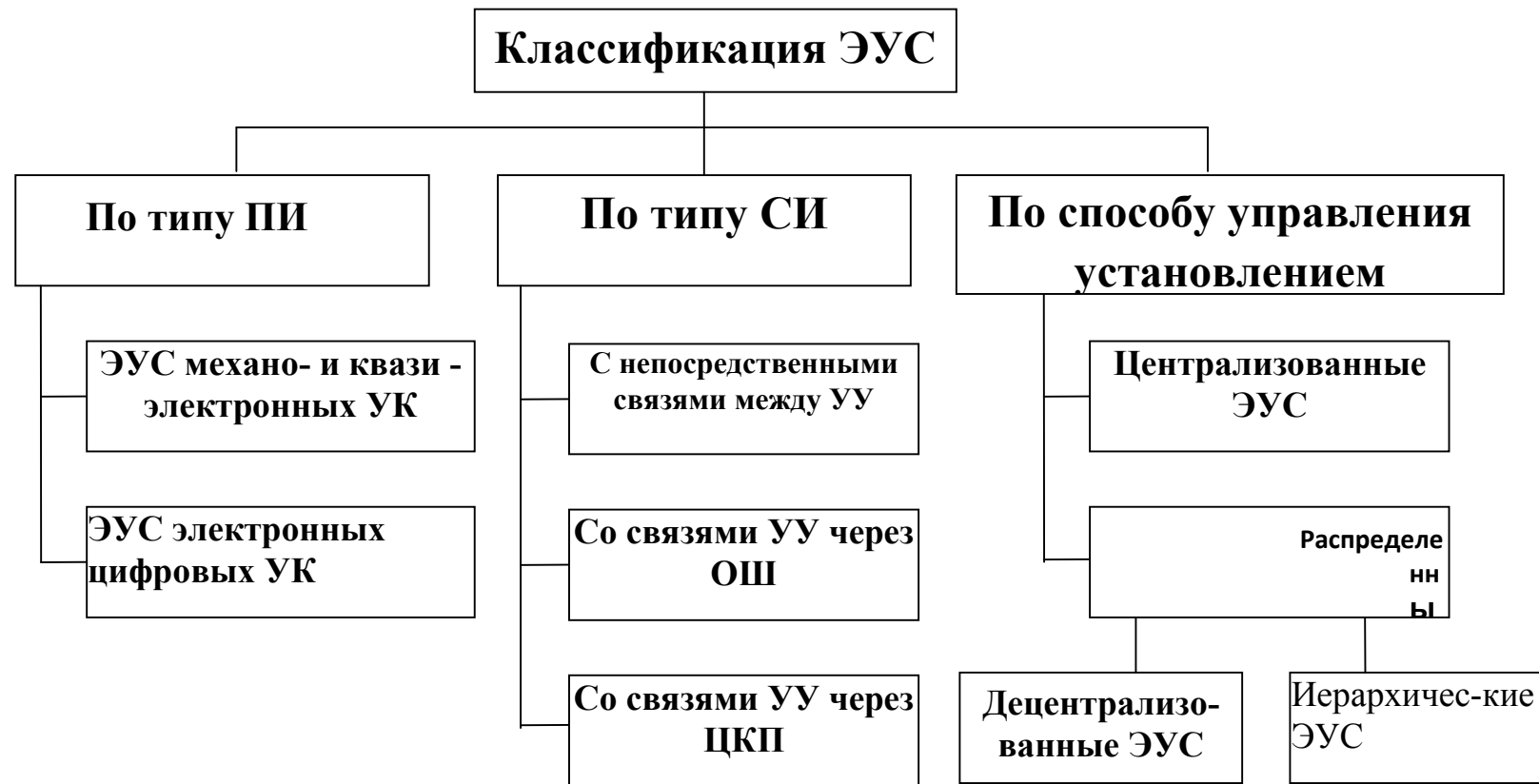


Рисунок 3 - Классификация ЭУС

В зависимости от используемого способа управления различают три основных типа ЭУС – централизованные, децентрализованные и иерархические.

**Централизованная ЭУС** состоит из одного центрального УУ (ЦУУ), осуществляющего управление установлением всех соединений в пределах всего УК (рисунок 4).

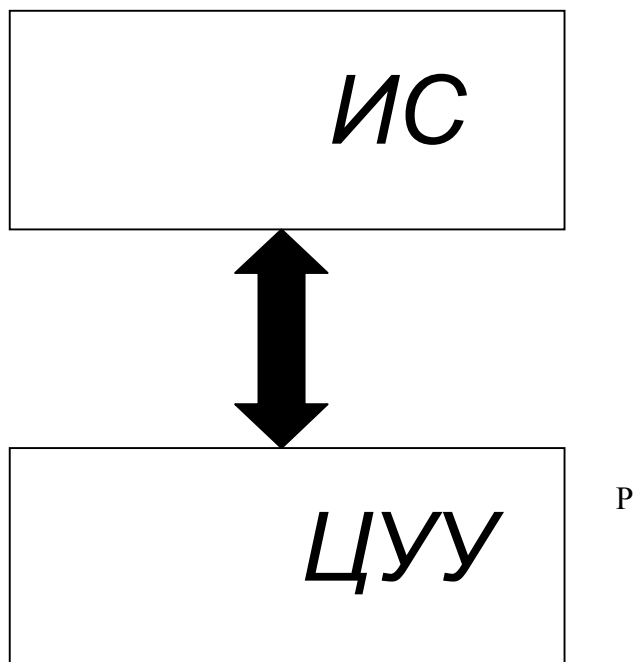


Рисунок 4 - Функциональная схема централизованной ЭУС

ЦУУ – централизованное управляющее устройство;

ИС – исполнительная система

#### Рисунок 4 - Функциональная схема централизованной ЭУС

Примеры централизованных ЭУС – ЭУС узлов коммутации типа «Квант», «Кварц», «Исток».

Достоинства: наиболее простые по принципам построения; наиболее экономично удовлетворяют требования к производительности УК заданной фиксированной емкости.

Недостатки: низкая живучесть (выход из строя ЦУУ приводит к полной потере работоспособности УК в целом); низкая гибкость (ограничена возможность расширения емкости УК).

**Децентрализованная ЭУС** состоит из нескольких УУ, каждое из которых выполняет только определенную часть функций по управлению установлением всех или определенной части соединений в пределах определенной части УК и равноправно с остальными УУ (рисунок 5).

Отличительными чертами децентрализованной ЭУС являются управление процессом установления каждого соединения несколькими УУ и отсутствие единого координирующего их совместную работу органа (ЦУУ).

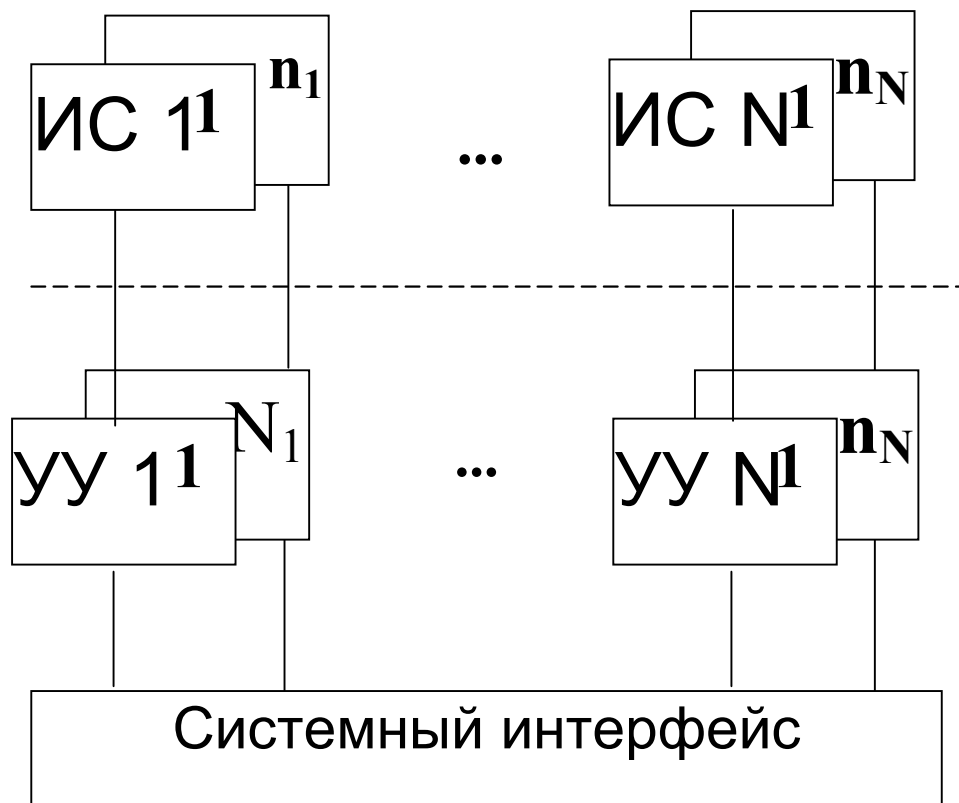


Рисунок 5 - Функциональная схема децентрализованной ЭУС

Примеры децентрализованных ЭУС – ЭУС узлов коммутации типа «DX-200», «S-12».

Достоинства: линейная зависимость стоимости ЭУС от емкости УК в достаточно большом диапазоне емкостей, высокая живучесть ЭУС за счет распределения функций управления и нагрузки между несколькими УУ.

Недостатки: сложность организации и координации совместной работы многих УУ; построение УК большой емкости приводит к избыточности по общему объему оборудования и соответственно к ухудшению их экономических показателей.

**Иерархическая ЭУС** состоит из ЦУУ и нескольких групп периферийных УУ (ПУУ), находящихся между собой в отношении иерархического подчинения. Группа ПУУ, непосредственно подключенная к периферийному интерфейсу, образует самый низкий, а ЦУУ – самый высокий уровень управления. Управляющие устройства одного иерархического уровня не связаны между собой и работают независимо друг от друга, тогда как УУ соседних иерархических уровней имеют между собой информационные и функциональные связи через соответствующий системный интерфейс (рисунок 6).

Процесс управления на каждом этапе обслуживания вызова проходит в ЭУС через иерархические уровни, начиная с самого низкого до самого высокого и обратно. При этом УУ на более высоком иерархическом уровне выполняют более сложные функции управления.

Иерархические ЭУС обычно имеют пирамидальную структуру, при которой чем выше иерархический уровень управления, тем меньшее число УУ он содержит.

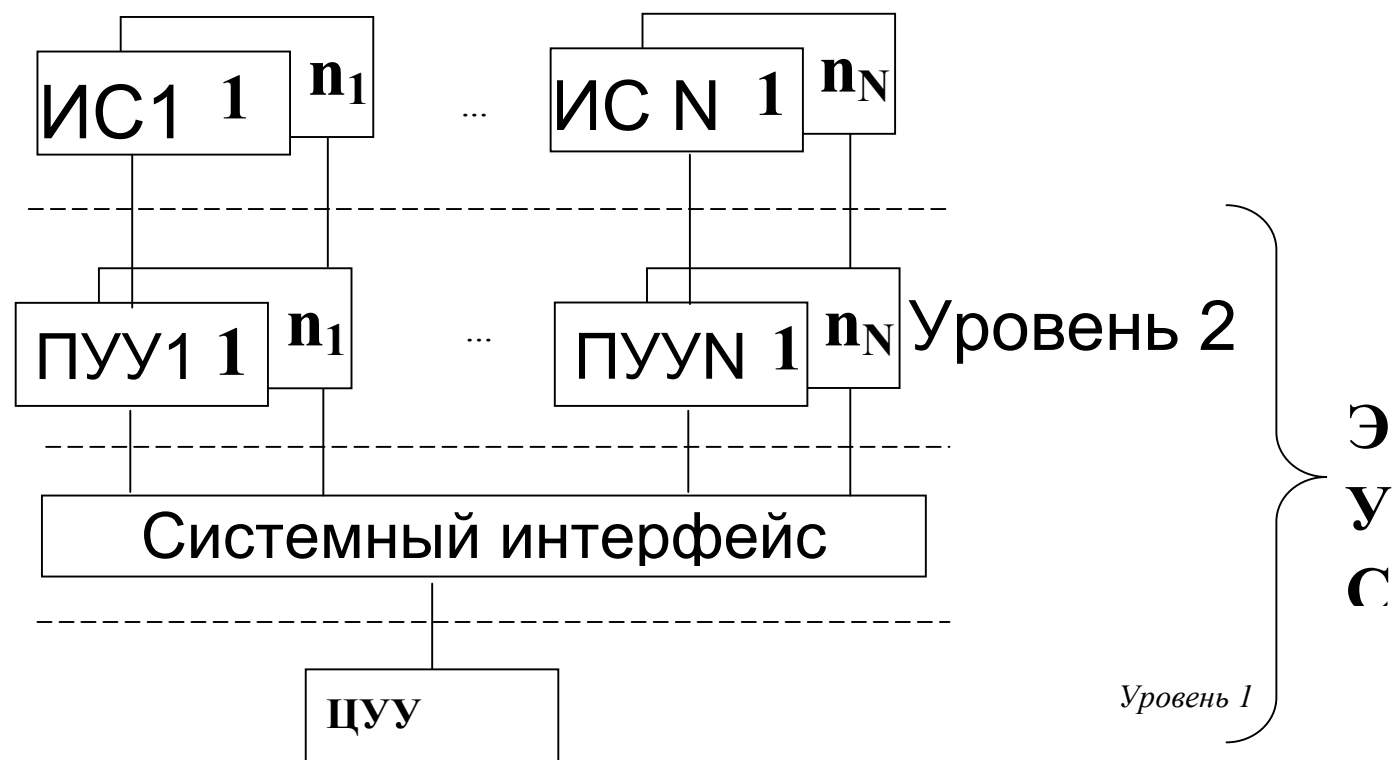


Рисунок 6 - Функциональная схема иерархической ЭУС

Примеры иерархических ЭУС – ЭУС узлов коммутации типа «EWSD», «AXE-10».

Достоинства: простота и экономичность централизованных ЭУС с возможностью наращивания производительности и достаточно высокой живучестью децентрализованных ЭУС.

Недостатки: в значительно меньшей степени недостатки как централизованных, так и децентрализованных ЭУС.

### 6.3.3 Системный интерфейс

В децентрализованных и иерархических ЭУС взаимосвязь и взаимодействие УУ между собой в процессе управления установлением соединений осуществляется через системный интерфейс.

Принцип построения системного интерфейса зависит от числа взаимосвязанных УУ и объема передаваемой между ними информации.

При небольшом числе УУ (2 – 3) и достаточно большом объеме информации между каждой парой УУ связь между ними может осуществляться с помощью специальных каналов, непосредственно соединяющих каждую пару УУ и имеющих прямой доступ к памяти этих УУ. При этом обмен информацией может выполняться одновременно между несколькими парами УУ (рисунок 7).

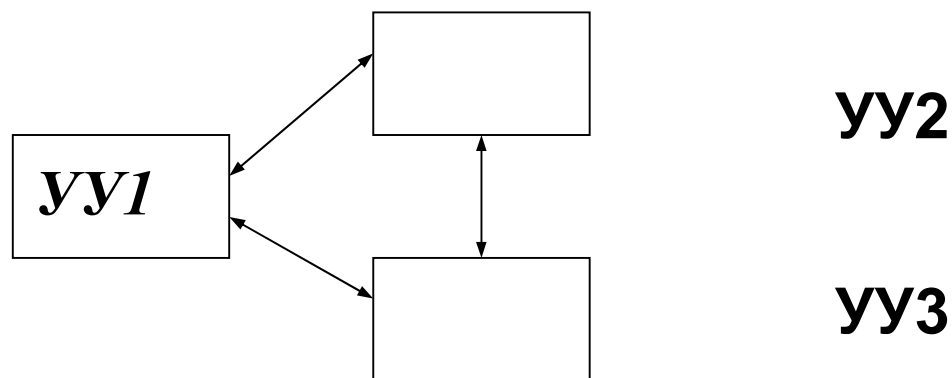
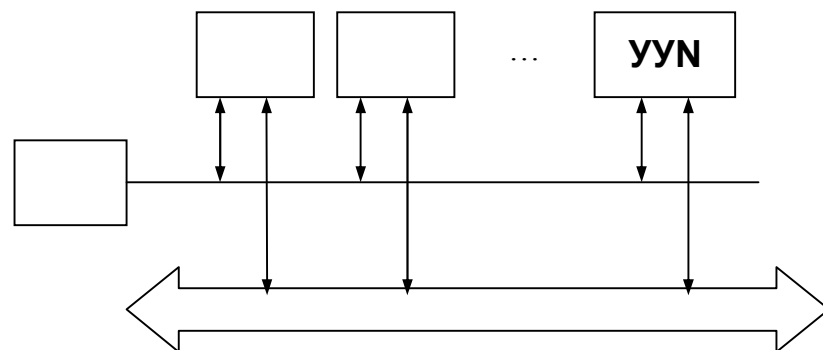


Рисунок 7 - Непосредственная связь между УУ

При увеличении числа УУ до нескольких десятков и соответствующем уменьшении объема информации передаваемой между отдельными парами УУ, взаимосвязь между ними осуществляется с помощью общей шины (ОШ), к которой подключаются все УУ, поочередно (с разделением во

времени) использующие ее для передачи необходимой информации. В любой момент по ОШ информация может передаваться только между одной парой УУ, поэтому для организации очередности доступа УУ к ОШ в состав системного интерфейса вводится специальный блок управления ОШ (рисунок 8).



БУШ – блок управления шиной

ОШ – общая шина

Рисунок 8 - Связь между УУ через ОШ

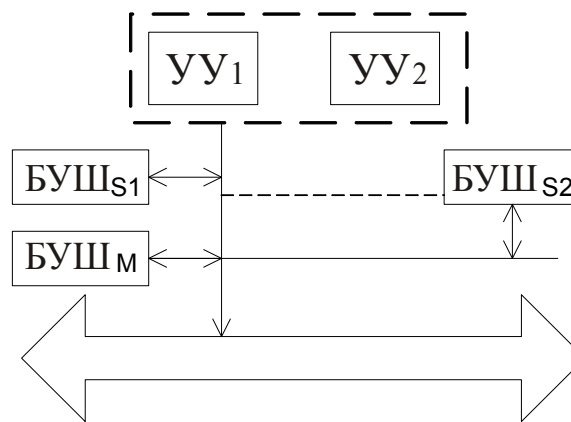


Рисунок 9 - Структура с иерархическим БУШ

При увеличении числа УУ до сотни и более связь между УУ организуется через цифровое коммутационное поле (ЦКП) с собственным управлением (рисунок 10). При этом для обмена информацией между УУ может использоваться специальное ЦКП, входящее в состав ЭУС, или общее ЦКП УК, предназначенное для установления соединений между включенными в УК линиями (каналами) связи. В последнем случае информация между УУ через ЦКП может передаваться по любым или только по специальным выделенным временным каналам коммутируемых ИКМ-линий.

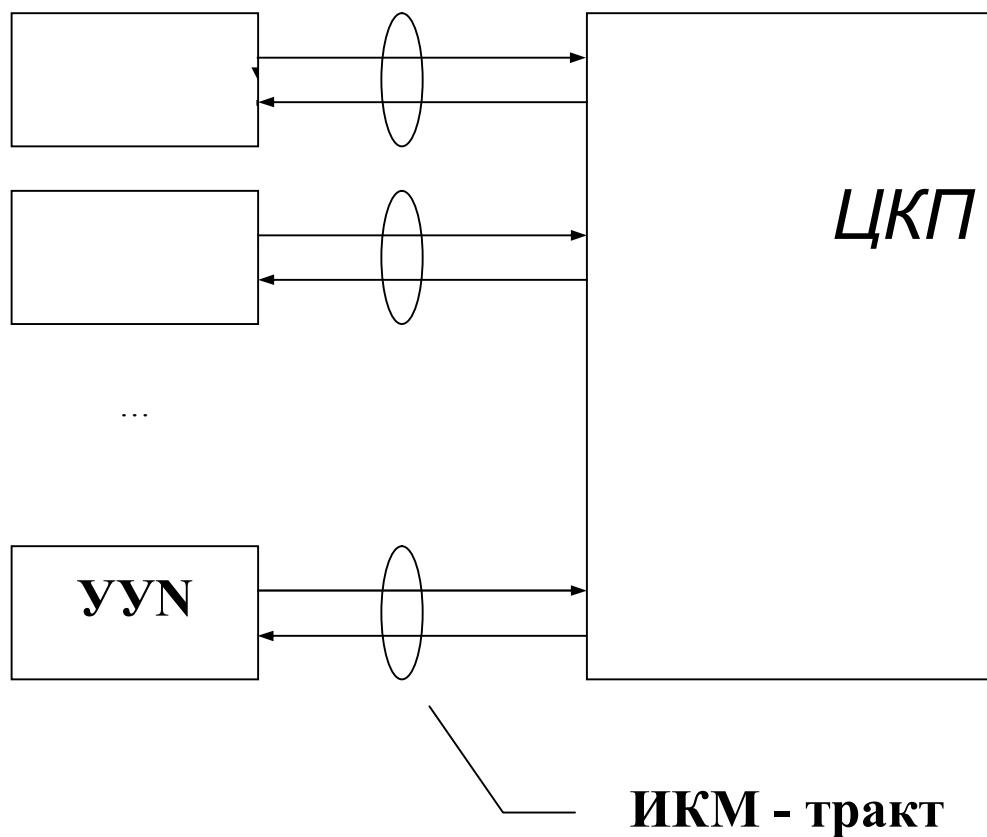


Рисунок 10 - Связь между УУ через ЦКП

#### 6.4 Электронные управляющие системы квазиэлектронных УК

ЭУС, установленные на квазиэлектронных узлах коммутации "Кварц", "Квант", "Исток" называется двухмашинный управляющий комплекс (ДУК).

Общая структурная схема ДУК приведена на рисунке 11. ДУК состоит из двух идентичных ЭВМ (ЭУМ0, ЭУМ1). Для организации согласованной работы

двух ЭУМ необходимо обеспечить между ними функциональные и информационные связи. В состав ДУК входят:

ЗУ - запоминающее устройство, состоящее из ОЗУ и ПЗУ;

ЦПР - центральный процессор;

КВВ - канал ввода - вывода;

КМО - канал межмашинного обмена, предназначен для обмена информацией между ЭУМ. С помощью схем сравнения проверяется одинаковость выполнения каждой команды в обеих ЭУМ;

МП - машинная периферия.

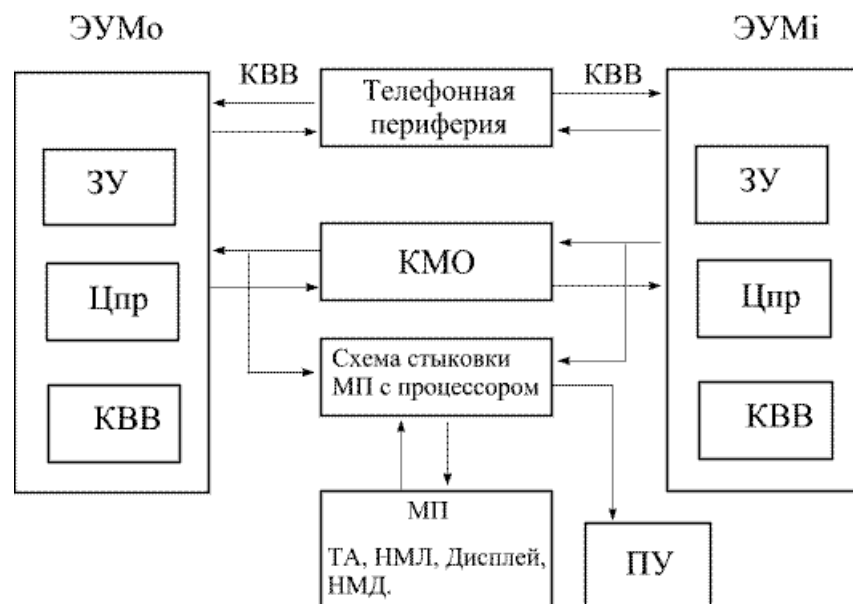


Рисунок 11 – Структурная схема ДУК

Двухмашинный УК может работать в следующих режимах:

- синхронный;
- с разделением нагрузки (пространственное, временное разделение нагрузки);

При работе в синхронном режиме обе ЭУМ ведут обработку вызовов, сравнивая полученные, результаты. Выдача команд в ПУУ обеспечивается от одной машины, которая называется ведущей, например ЭУМ0, первая ЭУМ1 называется ведомой рисунок 12.

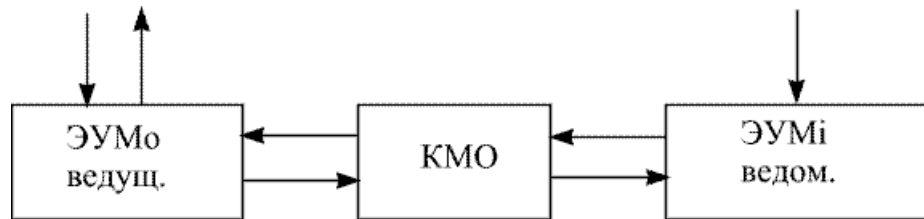


Рисунок 12 – Синхронный режим работы ВВК

В синхронизме ЭУМ работают, пока не будет обнаружено не совпадение информации. Далее выдается сигнал аварийного прерывания, осуществляется поиск причин несовпадения, при этом каждая ЭУМ выполняет тест самоконтроля. Исправная ЭУМ остановит неисправную, проанализирует результат теста, выдаст телетайпную распечатку о сбое и продолжит работу в асинхронном режиме.

При режиме разделения нагрузки обе ЭУМ обрабатывают различные вызовы одновременно (параллельно). При этом обе ЭУМ равноправны и независимы. Каждая ЭУМ обрабатывает часть нагрузки.

Нагрузка между ЭУМ может быть разделена по способу временного и пространственного разделения. При временном разделении нагрузки обе ЭУМ работают во времени со сдвигом по фазе. При пространственном разделении обслуживание одного и того же вызова на различных может выполняться различными ЭУМ.

Управление установлением и разъединением соединений представляет собой процесс выработки процессором управляющих сигналов, воздействующих на телефонное оборудование. Процессор УК обеспечивает последовательное выполнение команд, объединенных в программы.

Под программным обеспечением ЕСС АЦ понимается совокупность алгоритмов и программ, предназначенных для эксплуатации системы. Программное обеспечение состоит из двух частей: функционального ПО и сопровождающего или общего ПО.

Функциональное ПО предназначено для решения задач организации основных и дополнительных видов обслуживания, контроля правильности функционирования и автоматизации технического обслуживания при использовании системы связи по назначению. Функциональное ПО является основным при нормальной эксплуатации комплекса и включает следующие системы программ:

- организации основных видов обслуживания;

- организации дополнительных видов обслуживания;
- операционную систему;
- технического обслуживания.

Сопровождающее ПО служит для автоматизации трудоемких процессов разработки, производства и ввода в эксплуатацию системы связи.

#### 6.4.1 Управляющий комплекс АТСКЭ системы «Исток»

##### 6.4.1.1 Назначение и основные характеристики

Управляющий Комплекс УК 4310 единой аналого-цифровой системы связи Исток предназначен для формирования управляющих команд при установлении соединений на участке интегральной сети. Управляющие команды вырабатываются комплексом на основе получаемой им информации и записанной программы.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к УК, является надежность, для ее повышения оборудование комплекса полностью дублировано, чем достигается суммарная длительность его простоя не более двух часов за 20 лет работы.

Участок телефонной сети, управление которым осуществляется с помощью УК 4310, может состоять из нескольких или одной АТС. В последнем случае говорят, что УК использован на станции автономного режима. Емкость участка телефонной сети, управляемого одним УК, составляет 4096 номеров, с учетом спаренных ТА - 6144 номера.

Быстродействие процессора управляющего комплекса составляет 250 000 оп./с.

Емкость запоминающего устройства УК - 256К слов (одно слово содержит 16+2 бита). Предусмотрены расширение ЗУ до 500К слов и круглосуточный режим работы УК.

Управляющий комплекс получает питание от источника постоянного тока напряжением 60 В, потребляемая мощность 1,4 кВт. Для нормальной работы устройств ввода-вывода информация и вентиляторов комплекса необходимо подключить сеть переменного тока напряжением 220 В.

Основное оборудование комплекса размещается в двух стандартных шкафах ЕС ЭВМ, обеспечивающих легкий доступ к монтажу любого блока. Отдельно устанавливаются устройства, входящие в состав машинной периферии и предназначенные для ввода-вывода информации. На двух столах размещаются устройства для ввода информации с перфоленты (считыватель) и вывода ее на перфоленту (перфоратор).

Комплекс обеспечивает возможность дистанционного управления и контроля функционирования с помощью телеграфных аппаратов (телетайпов), входящих в состав машинной периферии, причем они могут быть установлены как в одном помещении с комплексом, так и отдельно, например в центре технической эксплуатации. Связь между комплексом и телеграфным аппаратом в этом случае может осуществляться по двухпроводной физической цепи и по каналу тонального телеграфирования.

Пульт управления и индикация комплекса размещен в одном из шкафов конструкции и позволяет производить отладку, управление и контроль за работой

комплекса.

#### 6.4.1.2 Структурная схема комплекса

Структурная схема управляющего комплекса 4310 представлена на рисунке 13. При исправной работе всех функциональных блоков создается нормальная конфигурация комплекса - две независимые электронные управляющие машины ЭУМ или ствола, основу которых составляют процессоры Пр0 и Пр1. Кроме процессора, в состав каждой ЭУМ входят:

- ОЗУ, ПЗУ;
- МП машинная периферия, предназначенная для ввода-вывода информации и состоящая из перфоратора, считывателя с перфоленты, телетайпов и кассетных накопителей на магнитной ленте;
- УСТО устройство сопряжения с телефонным оборудованием, обеспечивающее подключение управляющего комплекса к ПУУ через датчики и приемники сигналов ДПС, согласование временных режимов работы ПУУ и УК, а также получение информации от ПУУ и распределение информации по ПУУ;
- УСМП устройство сопряжения с машинной периферией.

Каждый функциональный блок имеет собственное устройство питания (конвертор), чем обеспечивается независимая работа блоков по питанию.

Работа процессоров обоих стволов строго синхронизирована. Применение синхронного режима работы УК обусловлено высокими требованиями к достоверности обработки вызовов, т. е. к вероятности правильного установления соединения и неразрушения его. При синхронном режиме работы оба ствола обрабатывают один и тот же вызов, а через определенное время сравнивают полученные результаты. Эта операция выполняется схемой сравнения СС, которая подключена к выходам обоих процессоров, в конце каждого такта выполнения команды.

В случае отказа одного из функциональных блоков схема сравнения регистрирует неравенство результатов и вырабатывает сигнал аварии. При этом приводится в действие блок аварийного прерывания, в результате чего неисправный блок обнаруживается и отключается, а из исправных блоков создается конфигурация, обеспечивающая работоспособность комплекса. Синхронная работа процессоров с потактовым сравнением результатов сохраняется до тех пор, пока блок аварийного прерывания не обнаружит неисправность в одном из процессоров. В этом случае схема комплекса переключается на асинхронный режим с одним процессором. Переключение конфигурации может производиться как вручную, так и автоматически, без вмешательства обслуживающего персонала, чем достигается высокая надежность работы комплекса.

Процессор управляющего комплекса имеет трехшинную структуру. Система команд процессора — одноадресная. Форматы команд и данных постоянные. Данные и команды представляются в виде 18-разрядного слова (16 разрядов информационных, два — контрольных). В процессоре применяются четыре вида адресации: абсолютная, относительная, прямая и косвенная.

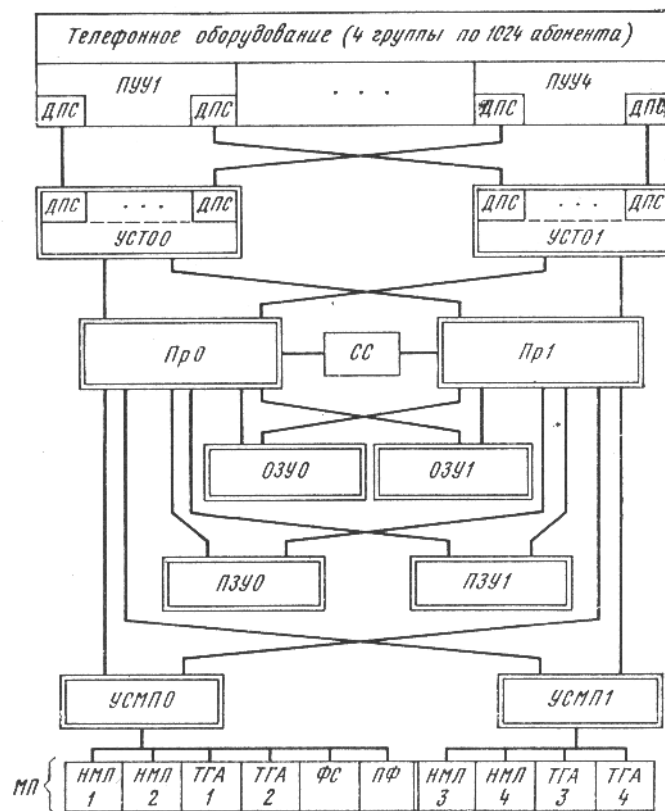


Рисунок 13 – Структурная схема управляющего комплекса 4310

Запоминающее устройство УК состоит из двух функциональных блоков: оперативного и постоянного. Конструктивно ОЗУ и большая часть ПЗУ выполнены одинаково, на базе микросхем серии 565. Различие между ними заключается в виде запоминаемой информации: ОЗУ предназначено для хранения быстро изменяющихся данных, в ПЗУ перед запуском системы записываются программы работы УК. В случае перерывов энергоснабжения комплекса рабочие программы могут быть повторно записаны в ПЗУ с кассетных накопителей на магнитной ленте НМЛ, которые входят в состав машинной периферии МП. Часть ПЗУ емкостью 2К слова, выполненная на постоянных ЗУ с ультрафиолетовым стиранием ППЗУ, представляет энергозависимое ЗУ и предназначено для обеспечения работы блока аварийного прерывания БАП. Последний содержит стартовую часть программы устойчивого функционирования, а также программы грубой диагностики.

Машинная периферия представляет собой средства управления и обмена информацией между УК и обслуживающим персоналом, а также устройства долговременного хранения рабочих программ комплекса. В состав машинной периферии входят следующие устройства:

- четыре телеграфных аппарата ТГА (телетайпа),

- фотосчитыватель с перфоленты ФС,
- перфоратор ПФ,
- четыре кассетных накопителя на магнитной ленте.

Эти устройства служат для загрузки и хранения всех работающих программ, начального ввода информации, а также поиска неисправностей, текущего обслуживания, проведения отладочных работ, хранения и печати статистических данных.

Пульт управления и индикации используется только для отладки, поиска неисправностей и обслуживания. Во время эксплуатации он практически не нужен, поэтому находится внутри одного из двух шкафов.

#### 6.4.2 Управляющий комплекс АТСКЭ системы «Квант»

Центральное управляющее устройство АТС «Квант» представляет собой специализированный двухмашинный управляющий комплекс, работающий в синхронном режиме (рисунок 14).

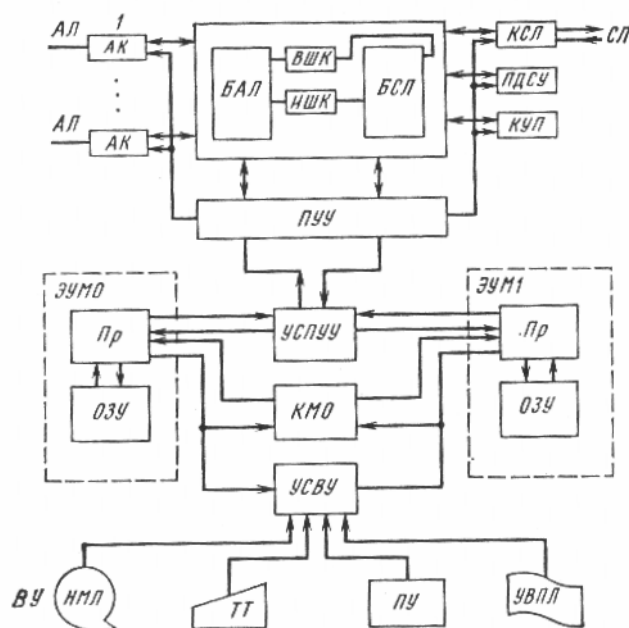


Рисунок 14 – ЦУУ АТС «Квант»

Электронные управляющие машины, входящие в состав ЦУУ, построены на интегральных микросхемах третьего и четвертого поколений.

Каждая ЭУМ ЦУУ состоит из устройства обработки информации — процессора Пр и оперативного запоминающего устройства ОЗУ. Для построения Пр применяются интегральные микросхемы серии К155. Быстродействие процессора составляет 100 000 оп./с. Оперативное ЗУ предназначено для хранения программ и данных. Информация может как считываться из ОЗУ, так и записываться в него. Емкость ОЗУ составляет 128К 16-разрядных слов. Кроме того, в состав ЦУУ входят общие для двух ЭУМ устройства сопряжения с ПУУ - УС ПУУ, с внешними устройствами УС ВУ, канал межмашинного обмена КМО и внешние устройства ВУ.

Устройства сопряжения с ПУУ предназначены для согласования электрических, логических и временных параметров Пр обеих ЭУМ с ПУУ. Через УС ПУУ осуществляется обмен следующей информацией:

- периферийными командами опроса, которые поступают в определители из Пр;
- информации о состоянии заданных контрольных точек линейных, станционных и регистровых комплектов, поступающей в Пр из определителей;
- периферийными командами управления, которые поступают в устройства управления коммутационным полем и комплектами.

Канал машинного обмена предназначен для сравнения результатов работы двух ЭУМ после выполнения каждой из них очередной микрокоманды и выработки соответствующих управляющих сигналов, а также для организации обмена информацией между процессорами ЭУМ при проведении диагностики неисправной ЭУМ и восстановлении синхронного режима работы обеих ЭУМ.

Устройства сопряжения с ВУ выполняют функции электрического, временного и логического согласования ЭУМ с ВУ и управления работой ВУ в процессе обмена информацией между ВУ и ЭУМ.

В состав ВУ ЦУУ входят:

- кассетный накопитель на магнитной ленте НМЛ, используемый для ввода программ и данных при начальном запуске станции или ее перезапуске после сбоя в работе ЦУУ, также накопления статистических данных о телефонной нагрузке и качественных показателях работы станций;
- телетайп ТТ, с помощью которого осуществляется связь между обслуживающим персоналом и ЭУМ;
- пульт управления ПУ, предназначенный для задания конфигурации и режима работы ЦУУ, запуска любой программы, индикации содержимого регистров ЭУМ и ячеек памяти при настройке и эксплуатации станции;
- устройство ввода информации с перфолент УВПЛ (считыватель с перфоленты), которое может использоваться для ввода программ и данных в процессе настройки станции.

#### 6.4.3 Управляющий комплекс АТСКЭ системы «Кварц»

Структурная схема управляющего комплекса УК «Нева-1» квазиэлектронной АТС «Кварц» представлена на рисунке 15. Каждая ЭУМ комплекса состоит из:

- центрального процессора ЦПр, осуществляющего программную обработку информации в реальном масштабе времени;
- постоянного запоминающего устройства ПЗУ для хранения программ и констант;
- оперативного запоминающего устройства ОЗУ для хранения оперативной информации;
- устройства сопряжения с запоминающими устройствами УС ЗУ, обеспечивающего независимое обращение к памяти со стороны центрального процессора, каналов и периферийного процессора;
- каналов для обмена информацией с устройствами ввода-вывода КВВ;
- устройства сопряжения с каналами УСК, управляющего очередностью подключения каналов к межблочным магистралям М;
- устройства сопряжения с внешними устройствами УС ВУ, обеспечивающего подключение устройств ввода-вывода к каналам двух синхронно работающих специализированных управляющих машин ЭУМ.

При необходимости увеличить производительность машины в состав комплекса вводится периферийный процессор ППр для обмена информацией с периферийными устройствами ПУУ, коммутационным полем и для частичной обработки этой информации. При отсутствии ППр обмен информацией с ПУУ осуществляется через простое устройство сопряжения УС посредством команд прямого управления.

Внешними устройствами комплекса могут быть любые устройства из номенклатуры ЕС ЭВМ. Состав этих устройств определяется требованиям конкретного коммутационного оборудования.

Центральный процессор, память с УС ЗУ, каналы с УСК и периферийный процессор дублируются и обрабатывают одну и ту же информацию параллельно и синхронно, что обеспечивает необходимую надежность комплекса и простоту контроля. Один из двух периферийных процессоров и одна из двух групп каналов являются активными и осуществляют двухсторонний обмен информацией с периферийными устройствами и устройствами ввода-вывода, вторые из этих устройств являются пассивными и их выходы блокируются, а входы остаются открытыми.

Информация, вырабатываемая одноименными устройствами комплекса (активными и пассивными), поступает по магистралям М на входы принимающих устройств и там сравнивается. Несовпадение информации указывает на неисправность одного из блоков. При этом вызывается программа, определяющая неисправный блок, который автоматически отключается и диагностируется с помощью исправного центрального процессора. Отказ всего комплекса происходит только при одновременном выходе из строя двух одноименных устройств.

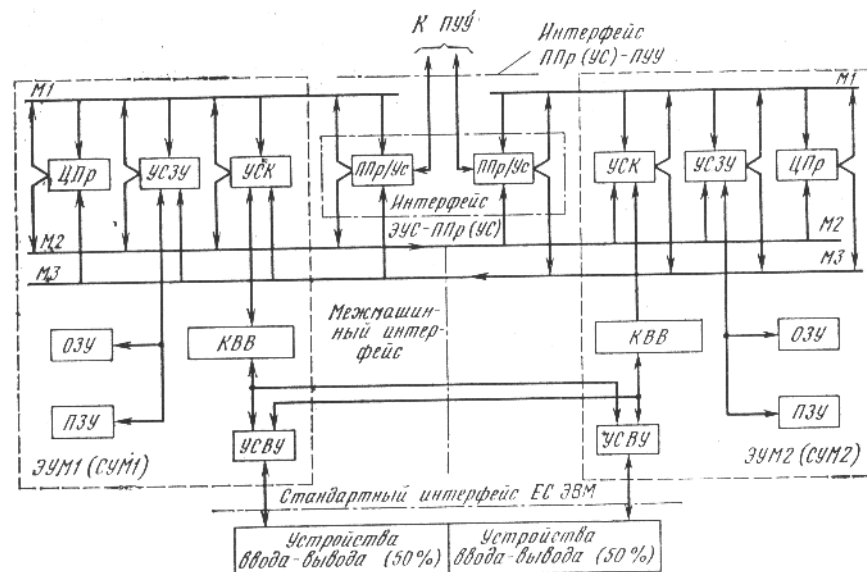


Рисунок 15 – Структурная схема ДУК «Нева-1»

Параллельная работа в синхронном режиме (без разделения нагрузки) с поблочным дублированием обеспечивает высокую надежность комплекса.

Для АМТСКЭ емкостью 8000x2 каналов и линий управляющая машина должна иметь быстродействие не менее 500000 оп/с. С целью получения заданного быстродействия в ЭУМ «Нева» в блоке управления ЦПр используется не макропрограммное, а схемное или аппаратное управление выполнением микроопераций, совмещение выполнения операций, параллельное обращение к разным блокам памяти. Известно, что производительность машины в значительной степени определяется системой команд и логической структурой процессора, в частности, наличием регистров для хранения промежуточных результатов и их количеством, наличием регистров для хранения баз информационных массивов, отсутствием необходимости в больших вспомогательных вычислениях.

Для запоминания промежуточных результатов вычислений в ЭУМ «Нева» используются так называемые рабочие регистры. Их число равно четырем, разрядность 32. Каждый из этих регистров может быть разбит на несколько 16-, 8- и 4-разрядных подрегистров, которые в большинстве операций участвуют как самостоятельные операционные или индексные регистры. Операционные регистры используются в командах для задания операндов и запоминания результата операций, индексные - для задания номеров элементов массивов (индексов).

Разбиение рабочих регистров на подрегистры устанавливается для каждой программы при ее запуске и может быть изменено в самой программе.

специальными командами. Такая организация операционных и индексных регистров позволяет иметь достаточно большое их количество при небольших аппаратных затратах и сократить время при прерываниях программ на операции запоминания-восстановления содержимого регистров, что приводит к повышению производительности ЭУМ.

Для повышения реализована возможность обращения к элементам массивов (однородных) непосредственно по номерам этих элементов без предварительного вычисления адресов. Такая возможность обеспечивается заданием в базовых регистрах кроме начальных адресов массивов (баз) некоторой дополнительной информации, описывающей соответствующие массивы, в частности тип массива (однородный или неоднородный), размер элементов массива (для однородных массивов).

Наличие в базовых регистрах в составе информации, описывающей массивы, размера элементов позволяет автоматически вычислять адреса элементов при обращении к ним по номерам.

## 7 Дополнительная литература

7.1 Аваков Р.А., Игнатьев В.О., Попова А.Г. и др. Управляющие системы коммутации и их программное обеспечение. – М.: Радио и связь, 1991. – 256 с.

7.2 Артемьев М.Ю., Самоелов В.П. Программное обеспечение управляющих систем электросвязи. – М.: Радио и связь, 1990. – 266 с.

## Практическая работа № 7

«Изучение процессов обслуживания вызовов в коммутационной системе EWSD»

(По рекомендации работодателя предприятия ОАО Ростелекома Новгородский и Псковский филиал)

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- назначение и техническую характеристику коммутационной системы EWSD;
- состав оборудования коммутационной системы EWSD;
- состав программного обеспечения коммутационной системы EWSD;
- организацию эксплуатации и технического обслуживания коммутационной системы EWSD;

уметь:

- составлять алгоритмы установления внутростанционных и междо станционных соединений.

### 2 Содержание работы

Цель работы:

Исследование процессов обслуживания вызовов в коммутационной системе EWSD.

### 3 Средства обучения

3.1 Программный модуль «Изучение станции типа EWSD».

### 4 Направляющие вопросы

4.1 Дайте техническую характеристику коммутационной системы EWSD.

4.2 Опишите состав оборудования коммутационной системы EWSD.

4.3 Укажите, в чем особенность построения программного обеспечения коммутационной системы EWSD.

4.4 Как организуется эксплуатация и техническое обслуживание коммутационной системы EWSD?

## 5 Рабочее задание

5.1 Запустить на ПК программный модуль «Изучение станции типа EWSD».

5.2 Изучите назначение, техническую характеристику, состав оборудования и программного обеспечения коммутационной системы EWSD: «Главное меню» - «Теоретический материал».

Изучите процесс установления внутристанционного соединения в коммутационной системе EWSD: «Главное меню» - «Обучение» - «Процесс установления соединения».

5.4 Содержание отчета:

- опишите назначение и дайте техническую характеристику коммутационной системы EWSD;
- изобразите структурную схему коммутационной системы EWSD, перечислите назначение всех устройств, представленных на схеме;
- опишите все этапы процесса установления внутристанционного соединения в коммутационной системе EWSD.

## 6 Указания по выполнению работы

6.1 Работа с программным модулем «Изучение станции типа EWSD».

Для запуска программного модуля «Изучение станции типа EWSD» необходимо запустить файл c:/EWSD.LAB/EWSD.bat. После запуска программы появляется заставка, показанная на рисунке 1. Для продолжения работы нажать клавишу <Enter>.

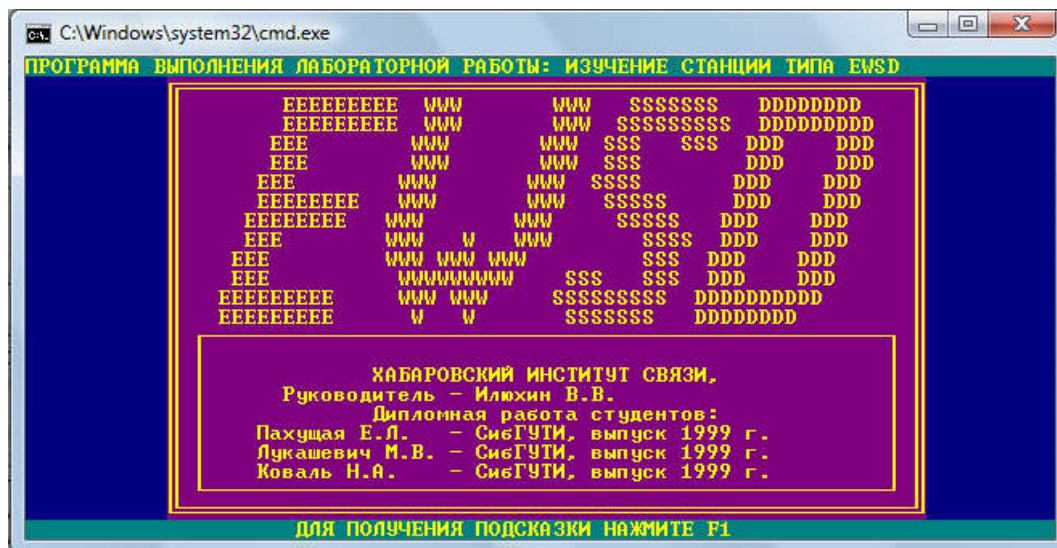


Рисунок 1

Для продолжения работы нажать клавишу <Enter>. Главное меню программы содержит следующие подменю (рисунок 2):

- задание для выполнения;
- теоретический материал;
- обучение;
- зачет;
- просмотр результатов;
- завершение работы.

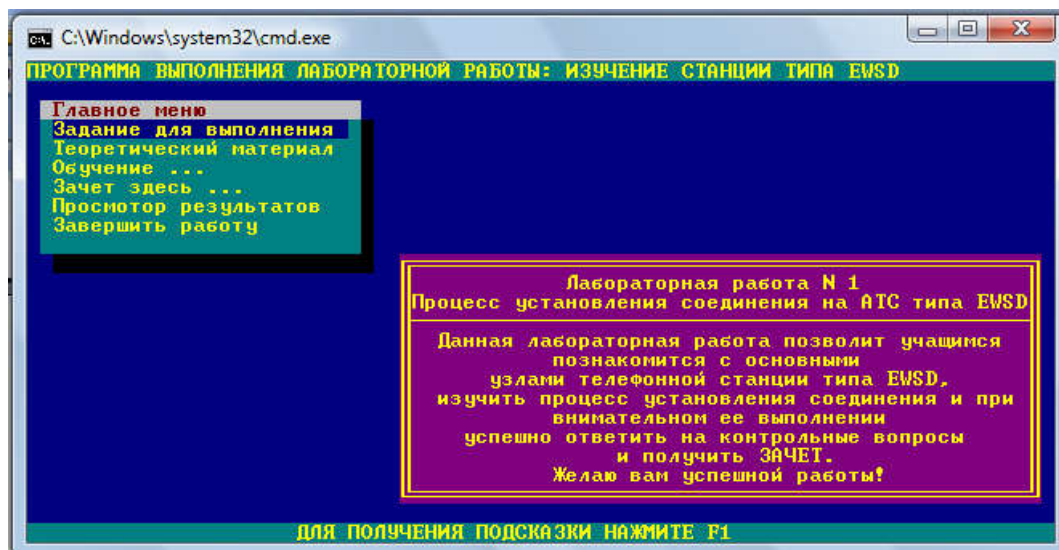


Рисунок 2

Для перемещения по главному меню используйте клавиши «Стрелки ВВЕРХ/ВНИЗ». Для выбора подменю используйте клавишу «Enter». Для возврата назад используйте клавишу «Esc». Для вызова подсказки используйте клавишу «F1». Для просмотра рисунков в подменю «Теоретический материал» используйте клавишу «F2». Для выхода из программы используйте подменю «Завершение работы».

## 6.2 Области применения коммутационной системы EWSD

Система EWSD является универсальной для различных сфер применения с точки зрения емкости и производительности телефонных станций, а так же диапазона предоставляемых услуг. Она может использоваться как сельская телефонная станция небольшой емкости, а так же как местная, междугородная, международная или комбинированная станция, рассчитанная на большие емкости.

В системе EWSD используется распределенное управление с взаимодействием управляющих устройств через коммутационное поле станции. Координацию работы локальных процессоров осуществляет координатный процессор. Станция является легко наращиваемой благодаря модульности

ее аппаратного и программного обеспечения. На основе EWSD возможна реализация цифровой сети с интеграцией служб (ЦСИС), которая позволяет осуществлять коммутацию и передачу телефонных речевых сообщений, данных и изображений.

Основные сферы применения системы EWSD представлены на рисунке 3

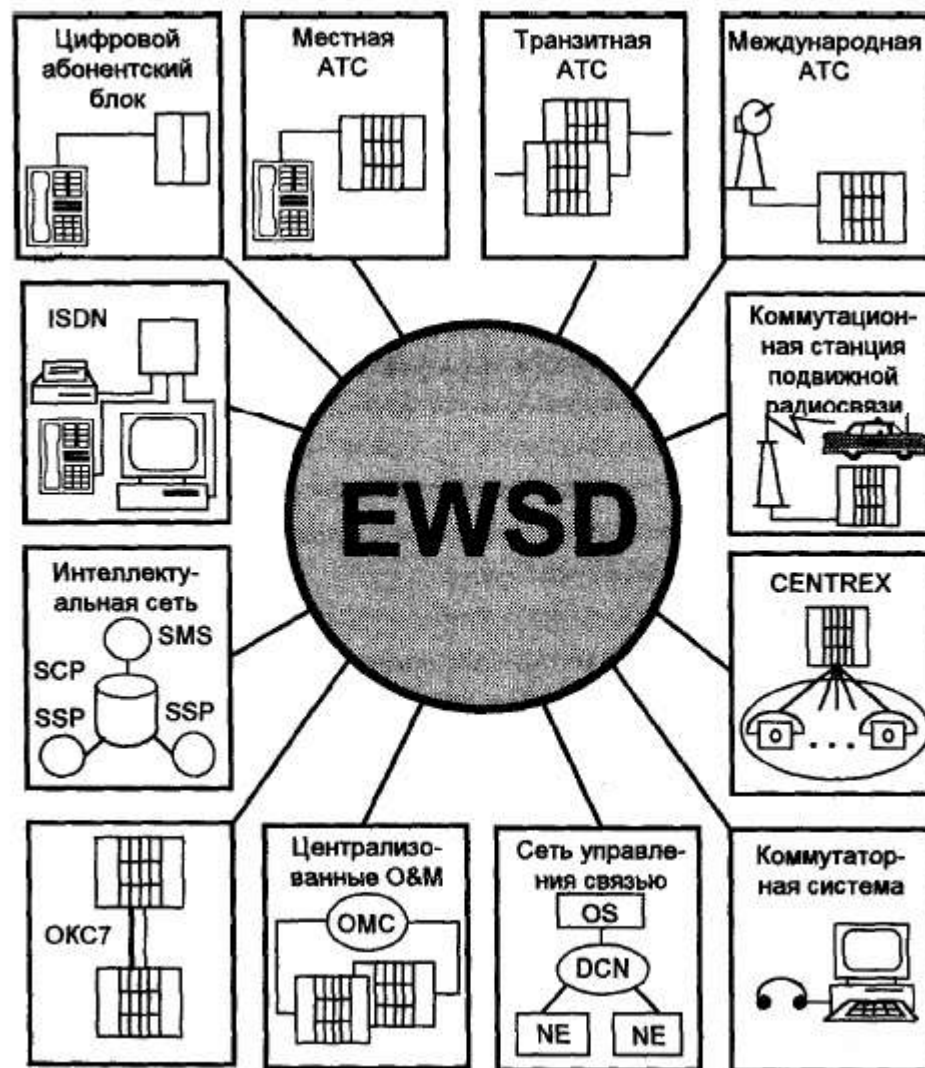


Рисунок 3 – Области применения системы EWSD

### 6.3 Основные технические характеристики системы EWSD

Максимальное количество абонентских линий: до 250 000.

Максимальное количество соединительных линий: до 60 000.

Пропускная способность: до 25 200 Эрл.

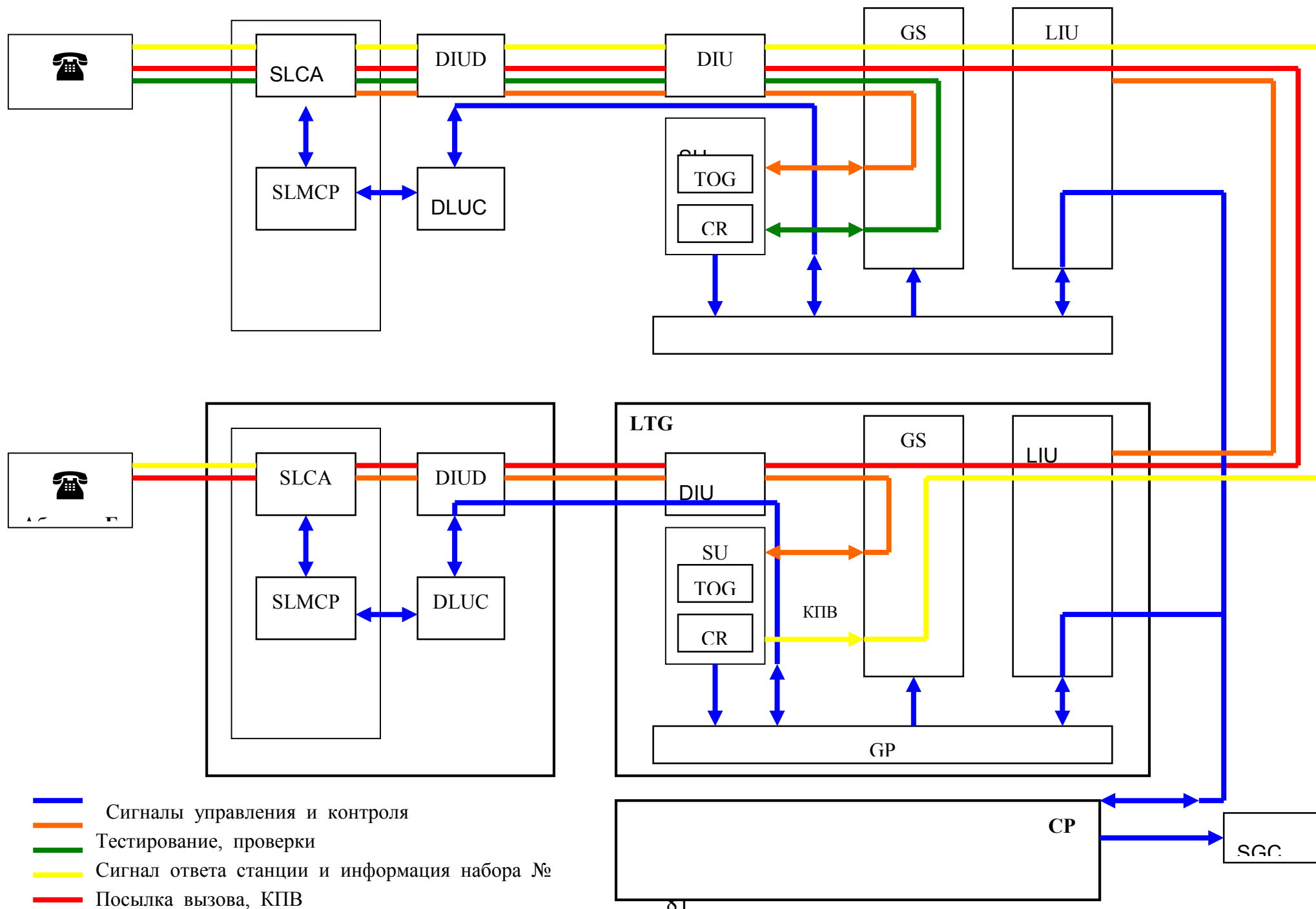
Число попыток установления соединений в ЧНН. более 1 млн.

Поддерживаются все стандартные системы сигнализации (R2, N5, N7).

Управляющее устройство сети ОКС-7 поддерживает до 254 сигнальных каналов.

Поддержка двух видов доступа ISDN:

- 1) Базовый доступ: 160 кбит/с (2B+D+синхр), B=64 кбит/с, D=16 кбит/с.
- 2) Первичный доступ . 2048 кбит/с (30B+D+синхр), B=64 кбит/с. D=64 кбит/с.



Основной функцией коммутационной системы EWSD является установление соединения между абонентами. Объяснение основных его принципов позволит лучше представлять взаимодействие различных подсистем и функциональных блоков EWSD и понять задачи, решаемые соответствующими устройствами управления.

Рассмотрим пример установления соединения между двумя аналоговыми абонентами, использующими тональный набор номера. Подсистемы/функциональные блоки, относящиеся к вызывающему абоненту (абонент А), обозначаются символом А- (например, А-DLU, А-GP), а подсистемы/функциональные блоки, относящиеся к вызываемому абоненту (абонент В), обозначаются символом В- (например, В-DLU, В-GP). Соединение через узел всегда устанавливается по отдельным соединительным путям для двух направлений передачи ( $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow A$ ).

На рисунке 4 показаны описываемые этапы установления соединения (функциональные блоки, встречающиеся в описании более одного раза, сохраняют свой номер, но в этом случае он указывается в круглых скобках):

1. Абонент А инициирует установление соединения путем снятия трубки или нажатия кнопки набора номера. Аналоговый абонентский комплект А-SLCA в цифровом абонентском блоке А-DLU обнаруживает замыкание шлейфа.
2. Процессор модуля абонентских комплектов А-SLMCP определяет во время сканирования SLCA наличие запроса на соединение. SLMCP посылает сообщение «Замыкание шлейфа» в управляющее устройство цифрового абонентского блока А-DLUC.
3. А-DLUC передает это сообщение в групповой процессор А-GP через цифровые интерфейсные блоки в DLU (А-DIUD) и в А-LTG (А-DIU).
4. А-GP определяет категорию и услуги абонента А по хранящимся в памяти спискам, присваивает временной интервал и сообщает это в А-SLMCP. (2). А-SLMCP загружает временной интервал в А-SLCA.
5. А-GP проключает групповой коммутатор (А-GS) из А-LTG в А-SLCA в блоке А-DLU и обратно в А-LTG для проверки тракта передачи. Для выполнения этой проверки генератор тональных сигналов TOG в А-GS посылает тестовый тональный сигнал по этому тракту. Кодовый приемник CR в А-GS принимает этот тестовый тональный сигнал. (4). Если проверка завершена успешно, то А-GP посылает в А-SLMCP команду на проключение разговорного тракта в А-SLCA. А-GP выполняет также проключение А-GS для выполнения процедуры набора номера. (5). TOG в А-GS посылает сигнал ответа станции в А-SLCA. CR готов к приему набираемых цифр. (2). А-SLMCP проключает сигнал ответа станции (из TOG

в А-GS) на терминал. (1). Абонент А начинает посылать цифры методом тонального набора. (5). CR в А-GS принимает цифры и передает информацию в цифровом виде в А-GS. (4). После приема первой цифры А-GP отключает сигнал ответа станции. А-GP добавляет исходную информацию к информации о наборе номера и посылает ее в СР.

6. СР проверяет в своей памяти, свободен ли запрашиваемый абонент (абонент В), и определяет DLU, SLCA и порт В, присвоенные абоненту В. Он также определяет, какая из двух LTG, к которым подсоединен В-DLU, будет использоваться, и если проверка показывает, что свободен порт В, отмечает в памяти порт В как занятый.

7. СР устанавливает соединительный путь между А-LTG и В-LTG через коммутационное поле SN, а также инициирует внутрисканционную проверку СОС между А-LTG и В-LTG.

(4). Если СОС завершается успешно, то А-GP посылает в А-GS команду на проключение к SN и соответствующий отчет в В-GP.

8. В-GP присваивает временной интервал соединению между В-LTG и ВDLU и сообщает об этом в В-SLMCP.

9. В-SLMCP загружает временной интервал в В-SLCA. В-GP проключает В-GS из В-LTG в В-SLCA в блоке В-DLU и обратно в В-LTG для проверки тракта передачи. Для выполнения этой проверки ТОГ в В-GS посылает тестовый тональный сигнал.

10. CR в В-GS принимает этот тестовый тональный сигнал. (8). В-GP посылает в В-DLUC команду на подачу вызывного сигнала, если тест завершен успешно. В-GP проключает В-GS для подачи сигнала «Контроль посылки вызова» абоненту А.

11. В-DLUC инициирует передачу вызывного тока к абоненту В. (1). Абонент А принимает сигнал «Контроль посылки вызова» (КПВ) из ТОГ в блоке В-GS.

12. В-SLCA подает вызывной ток на линию абонента В, который принимает вызов путем снятия трубки или нажатия кнопки. В-SLCA обнаруживает замыкание шлейфа. (9). При сканировании В-SLCA В-SLMCP обнаруживает, что абонент В намерен принять вызов. В-SLMCP посылает сообщение «Замыкание шлейфа» в В-DLUC. (11). В-DLUC отключает вызывной ток и посылает сообщение в В-GP. (8). В-GP отключает сигнал КПВ к абоненту А и коммутирует соединительный путь через В-GS. В-GP посылает сигнал ответа в А-GP. Требуемое соединение между абонентами А и В установлено. (4). А-GP регистрирует данные об оплате и записывает их в один из своих регистров и в конце вызова пересылает эти данные в СР.

## 7 Дополнительная литература

7.1 Цифровые системы коммутации. Электронный учебник. – СибГУТИ, 2007.

## Лабораторная работа 2

### Исследование принципа работы канала с ВРК

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- состав, принцип работы канала ВРК;

уметь:

- построить временную диаграмму сверхцикла, цикла, канального интервала

2 Содержание работы

**Цель работы:**

Исследование принципа работы канала с ВРК

Рабочее задание

1. Рассчитайте тактовую частоту  $f_t$ , длительность тактового интервала  $T_t$ , длительность канального интервала  $T_k$  и длительность цикла системы  $T_{ц}$ , длительность сверхцикла  $T_{сц}$ .
2. Постройте временную диаграмму сверхцикла, цикла, канального интервала.
3. Число телефонных каналов системы ИКМ  $N_{т.к.}$  частота дискретизации телефонного сигнала  $F_d$ , разрядность кодовой группы  $m$  даётся в исходных данных в табл. 1.

Таблица 1

| Наименование показателя             | Номер варианта |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                     | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| Число телефонных каналов $N_{т.к.}$ | 10             | 14 | 18 | 22 | 26 | 28 | 24 | 20 | 16 | 12 |
| $F_d$ , кГц                         | 8              | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| $M$                                 | 8              | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |

Методические указания по выполнению задачи

Материал изложен в [2, с. 41-44].

Разберите принцип построения системы передачи с ИКМ и временную диаграмму цикла и сверхцикла по рис. 3.1 и 3.2 в [2].

Следует уяснить, что такое частота дискретизации, тактовая частота, скорость передачи цифрового линейного сигнала, кодовая группа (кодовая группа); как формируется цикл и сверхцикл системы, для чего нужны дополнительные канальные интегралы в цикле и дополнительный цикл в сверхцикле; где они размещаются в цикле и сверхцикле.

После этого приступайте к решению задачи.

Тактовая частота (скорость передачи цифрового линейного сигнала) определяется по формуле:

$$F_T = F_d \cdot N_{к.и} \cdot m, \text{ кГц}$$

Где  $F_d$  – частота дискретизации,  $F_d = 8$  кГц;  $N_{к.и}$  число канальных интервалов в цикле.  $N_{т.к}$  (см. исходные данные в табл. 1), одного канального интервала для цикловой синхронизации и одного канального интервала для передачи сигналов управления и взаимодействия между АТС и СУВ (за один цикл передаётся СУВ для одного телефонного канала);  $m$  разрядность кодовой комбинации,  $m = 8$ .

Длительность такта (разряда) определяется по формуле:

$$T_T = \frac{1}{F_T}, \text{ мкс. (8)}$$

Обратите внимание, что скважность передачи символов  $Q = 2$ , т.е. половине  $T_T$ .

Длительность канального интервала определяется по формуле:

$$T_{к.и} = T_T \cdot m, \text{ мкс (9)}$$

Длительность цикла системы определяется по формуле:

$$T_{ц} = T_{к.и} \cdot N_{к.и}, \text{ мкс (10)}$$

Длительность сверхцикла системы определяется по формуле:

$$T_{сц} = T_{ц} \cdot S, \text{ мс (11)}$$

Постройте временную диаграмму сверхцикла, цикла. Канального интервала, тактового интервала и представьте на ней рассчитанные значения  $T_{сц}$ ,  $T_{ц}$ ,  $T_{к.и}$ ,  $I_{и}$ .

Примеры расчетов и построения диаграммы временного сверхцикла, цикла, канального интервала для  $N_{т.к} = 8$  приводится ниже, см. рис.4.

Решение:

$$F_T = 8 \cdot (8 + 1 + 1) \cdot 8 = 640 \text{ кГц.}$$

$$T_T = \frac{1}{640} \cong 1.56 \text{ мкс.}$$

$$I_{и} = 0.5 \cdot 1.56 = 0.78 \text{ мкс.}$$

$$T_{к.и} = 1.56 \cdot 8 = 12.48 \text{ мкс.}$$

$$T_{ц} = 12.48 \cdot 10 = 124.8 \cong 125 \text{ мкс.}$$

$$T_{сц} = 125 \cdot (10 + 1) = 1375 \cong 1.4 \text{ мс.}$$

Сигнал цикловой синхронизации передаётся в начале цикла в нулевом канальном интервале КИ-С. СУВ передаются в середине цикла (в данной задаче за один цикл передаются СУВ для одного канала); сигнал сверхцикловой синхронизации передаётся в начале сверхцикла в середине нулевого цикла ЦО вместо СУВ. В канальном интервале изобразите кодовую комбинацию, полученную при решении задачи .

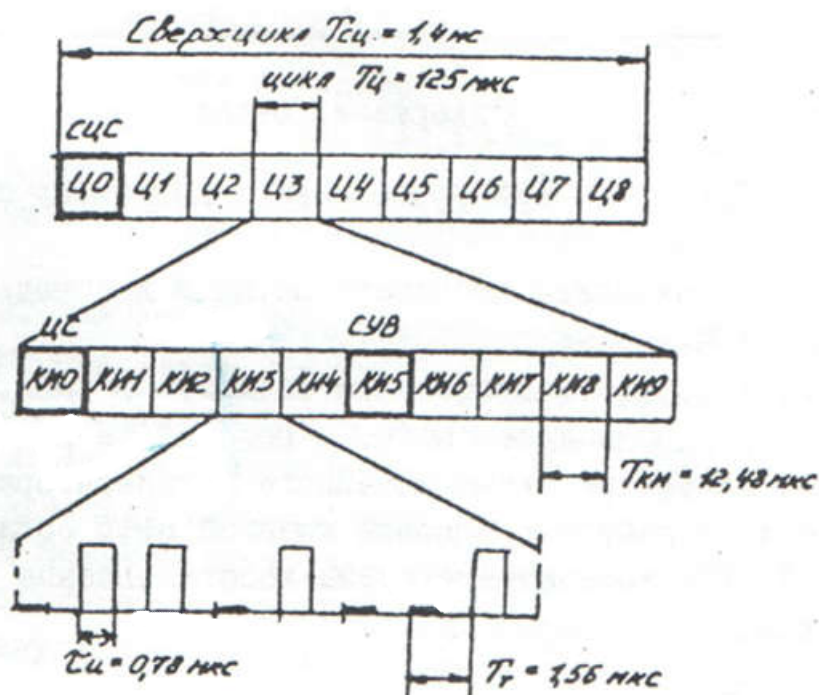


Рис. 4. Временные диаграммы сверхцикла, цикла, канального интервала

Практическая работа № 8 «Изучение способов определения номера вызывающего абонента»

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- состав, принцип работы и размещение аппаратуры АОН;
- методы выдачи информации передающей частью АОН;
- способов определения номера вызывающего абонента методом DTMF, FSK;

уметь:

- составлять частотно-кодированный безинтервальный пакет информации.

2 Содержание работы

**Цель работы:**

Изучение способов определения номера вызывающего абонента методом АОН, DTMF, FSK.

3 Средства обучения

**3.1** Электронное учебно-методическое пособие: Прозоров В.М. «Сигнализация в сетях связи» раздел «Приложения».

#### **4 Направляющие вопросы**

- 4.1 Каким способом и кодом передается информация из ПУ АОН в УЗПИ?
- 4.2 Сколько кодовых комбинаций содержит один пакет информации, выдаваемый из ПУ АОН?
- 4.3 С какой кодовой комбинации начинается выдача пакета информации из ПУ АОН?
- 4.4 Какой сигнал запроса из УЗПИ подготавливает ПУ АОН к выдаче информации?
- 4.5 Какой сигнал запроса запускает ПУ АОН для выдачи кодовых комбинаций?
- 4.6 Каким способом и кодом передается информация из УЗПИ в ПР?
- 4.7 По каким проводам передается информация из ПУ АОН в УЗПИ?
- 4.8 Поясните способ определения номера вызывающего абонента методом DTMF.
- 4.9 Поясните способ определения номера вызывающего абонента методом FSK.

#### **5 Рабочее задание**

5.1 Используя информацию, которая приведена в таблице 5.1, составьте частотно-кодированный безынтервальный пакет информации, передаваемый из ПУ аппаратуры АОН в УЗПИ, заполнив таблицы 5.2, 5.3 и 5.4.

5.2 Используя электронное учебно-методическое пособие «Сигнализация в сетях связи» раздел «Приложения» изучите способы определения номера вызывающего абонента методом DTMF, FSK, дайте их краткую характеристику.

#### **5.3 Исходные данные**

Таблица 5.1

| Номер варианта | Номер абонента «А» | Номер категории | Цифра начала передачи информации | Номер варианта | Номер абонента «А» | Номер категории | Цифра начала передачи информации |
|----------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1              | 1233558            | 1               | К                                | 16             | 5977322            | 6               | И2                               |
| 2              | 2299975            | 2               | Е                                | 17             | 3144333            | 7               | И1                               |
| 3              | 3677221            | 3               | Д                                | 18             | 4022664            | 8               | Н                                |
| 4              | 5122416            | 4               | С                                | 19             | 5148700            | 9               | К                                |
| 5              | 3866440            | 5               | Т                                | 20             | 4411197            | 0               | Е                                |
| 6              | 1273777            | 6               | ИЗ                               | 21             | 5899443            | 1               | Д                                |

|    |         |   |    |    |         |   |    |
|----|---------|---|----|----|---------|---|----|
| 7  | 4866211 | 7 | И2 | 22 | 7344638 | 2 | С  |
| 8  | 2033222 | 8 | И1 | 23 | 3495999 | 3 | Т  |
| 9  | 3911554 | 9 | Н  | 24 | 6088433 | 4 | ИЗ |
| 10 | 4037699 | 0 | К  | 25 | 3334413 | 5 | И2 |
| 11 | 2344669 | 1 | Е  | 26 | 4662204 | 6 | И1 |
| 12 | 3300086 | 2 | Д  | 27 | 9978415 | 7 | Н  |
| 13 | 4788332 | 3 | С  | 28 | 7922255 | 8 | К  |
| 14 | 6233527 | 4 | Т  | 29 | 4550096 | 9 | Е  |
| 15 | 2384888 | 5 | ИЗ | 30 | 9475548 | 0 | Д  |

Таблица 5.2

|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Номер позиции      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Передаваемые цифры |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 5.3

|                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Номер позиции                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер передаваемой комбинации |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 5.4

|                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Номер позиции                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Передаваемая частотная комбинация |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 6 Указания по выполнению работы

### 6.1 Аппаратура автоматического определения номера АОН

6.1.1 Назначение аппаратуры АОН. Аппаратура АОН предназначена для определения и передачи на АМТ информации о номере и категории вызывающих абонентов.

6.1.2 Состав аппаратуры АОН. Аппаратура АОН состоит из двух основных частей:

- передающего устройства (ПУ), устанавливаемого на АТС;
- приемного устройства (устройства запроса и приема информации УЗПИ), устанавливаемого на АТС или АМТС.

Встречаются два варианта аппаратуры АОН: с релейными – РПУ АОН и электронными – ПЭУ АОН, ПЭУ АОН-М передающими устройствами. Приемное устройство - УЗПИ (устройство запроса и приема информации) до настоящего времени остается релейным.

ПЭУ АОН-М предназначено для определения и дистанционной передачи информации о категориях и номерах телефонов вызывающих абонентов в УЗПИ после получения из УЗПИ соответствующих сигналов «запроса».

УЗПИ предназначено для передачи сигналов «запрос АОН» в сторону ПЭУ АОН-М и приема из него информации о категориях и номерах телефонов вызывающих абонентов и передачи этой информации в промежуточный или исходящий регистр.

Аппаратура ПЭУ АОН-М как правило размещается на АТС. Аппаратура УЗПИ может быть размещена как на АТС, так и на АМТС. Для организации исходящей автоматической междугородней связи на основе АМТС-2(3) необходима установка дополнительного оборудования, в состав которого входят промежуточные регистры ПР и ИКЗСЛ. Для АРМ-20, АМТСК «Кварц» и электронных АМТС типа EWSD, S-12, AXE-10 дополнительное оборудование не требуется.

С использованием аппаратуры АОН имеется возможность ввести ограничения выхода абонентов на АМТС и приоритет при установлении соединений на междугородних сетях путем присвоения индивидуальному абонентскому номеру специальной категории (1 – 10):

категория 1 – абонент квартирного или учрежденческого сектора, имеющий право выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети;

категория 2 – абонент гостиницы, имеющий право выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети;

категория 3 – абонент, не имеющий права выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети, а также на платные справочные службы «сервис»;

категория 4 – абонент, имеющий право выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети и на платные службы и приоритет при установлении соединений на внутризонной и междугородней сетях;

категория 5 – абонент, имеющий право выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети; вызовы не должны тарифицироваться, но должны учитываться;

категория 6 – таксофон или телефон переговорного пункта с возможностью выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети; разговоры ведутся за наличный расчет;

категория 7 – абонент, имеющий право выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети, а также на платные службы;

категория 8 – абонент, имеющий право подключаться к устройствам передачи данных с возможностью выхода на автоматические междугородную, международную и зонную сети;

категория 9 – городской таксофон;

категория 10 – международная связь.

В аппаратуре ПЭУ АОН-М конструктивно предусмотрена возможность путем перепаяк менять категории абонентов при необходимости в процессе эксплуатации.

В связи с монополизацией рынка дальней связи в 2005 году были внесены следующие изменения.

Аппаратура АОН, которой оборудуются узлы местной сети, предоставляет следующую информацию:

- информацию, используемую операторами сетей местной и зонной телефонной связи для маршрутизации вызовов на сети связи операторов междугородной и международной телефонной связи при их предварительном выборе;

- информацию, используемую операторами сетей местной и зонной телефонной связи для маршрутизации вызовов на сети связи операторов междугородной и международной телефонной связи для их выбора при каждом вызове;

- информацию, идентифицирующую оконечные элементы сети связи, используемые для предварительного выбора оператора сети междугородной и международной телефонной связи, либо для выбора при каждом вызове;

- информацию, идентифицирующую оконечные элементы сети связи с правом выхода только на рабочие места телефонистов.

Значения информации, получаемой из АОН, представлены в таблице 6.1.

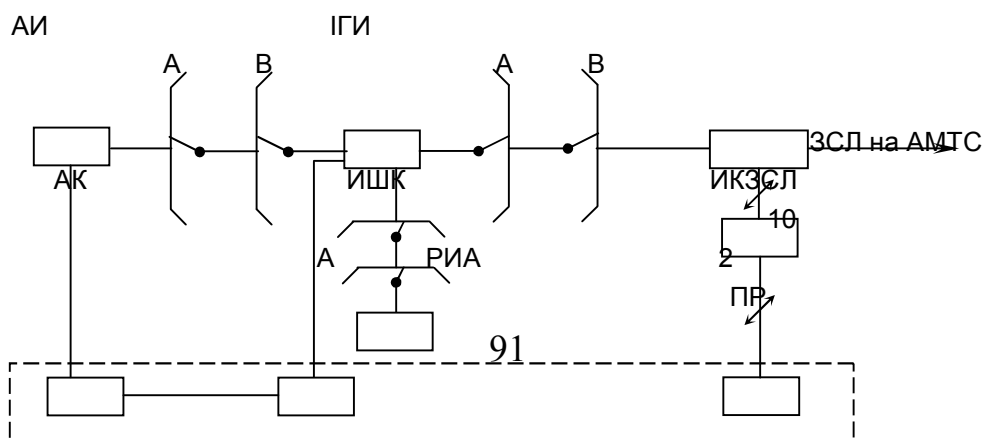
Таблица 6.1 - Информация, получаемая из АОН

| Информация АОН                                                                                                                                                                                                                | Значение | Определение                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------|
| Информация, используемая операторами сетей местной и зонной телефонной связи для маршрутизации вызовов на сети связи операторов междугородной и международной телефонной связи при их предварительном выборе<br>(1-ая группа) | 1        | Оператор сети междугородной и международной телефонной связи. |
|                                                                                                                                                                                                                               | 3        |                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                               | 5        |                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                               | 6        |                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                               | 7        |                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                               | 9        |                                                               |
| Информация, используемая операторами сетей местной и зонной телефонной связи для маршрутизации вызовов на сети связи                                                                                                          | 0        | Выбор оператора сети междугородной и международной телефонной |

|                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| операторов междугородной и международной телефонной связи для их выбора при каждом вызове<br>(2-ая группа)                                                                                                             |   | связи при каждом вызове                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Информация, идентифицирующая оконечные элементы сети связи, используемые для предварительного выбора оператора сети междугородной и международной телефонной связи, либо для выбора при каждом вызове<br>(3-ая группа) | 2 | Пользовательское (оконечное) оборудование, устанавливаемое в гостинице с возможностью предоставления местной, междугородной и международной телефонной связи и платных информационно-справочных услуг                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                        | 4 | Учрежденческое пользовательское (оконечное) оборудование с возможностью установления автоматической междугородной и международной телефонной связи и с правом выхода на платные информационно-справочные службы с обеспечением приоритета при установлении соединений на сетях междугородной и международной телефонной связи |
|                                                                                                                                                                                                                        | 8 | Пользовательское (оконечное) оборудование с возможностью выхода на сети междугородной и международной телефонной связи с подключением устройств передачи данных, факсимильных сообщений и сообщений электронной почты                                                                                                         |

6.1.3 Подключение аппаратуры АОН к тракту АТС. Один из вариантов подключения УЗПИ к тракту АТС осуществляется через промежуточное оборудование – промежуточные регистры ПР и исходящие комплекты заказно-соединительных линий ИКЗСЛ показан на рисунке 1.

Передающее устройство ПУ подключается к тракту через плату ОВВ (общественная выдержка времени), которая устанавливается на стативах ПИ (АТСДШ) или ИШК-ИШКТ (АТСКУ).



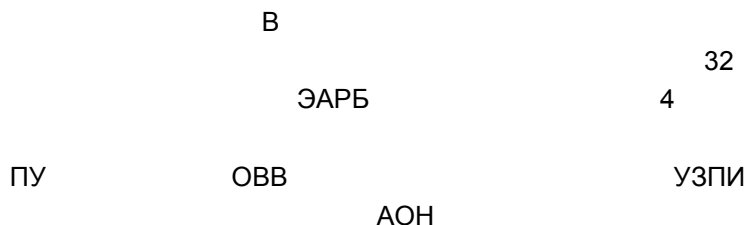


Рисунок 1 – Подключение аппаратуры АОН к тракту АТСКУ

После набора цифры «8» через ступень ПГИ занимает свободный ИКЗСЛ, через который к разговорному тракту подключается ПР. Из ПР в аппарат абонента подается повторный сигнал «Ответ станции». Вызывающий абонент набирает номер вызываемого абонента вида ABCabxxxxx или 2abxxxxx, который фиксируется в ПР. После этого ПР подключается к УЗПИ. Из УЗПИ в сторону ПУ подается сигнал запроса, по которому ПУ выдает в УЗПИ информацию о номере и категории вызывающего абонента. Из УЗПИ эта информация поступает в ПР, а из ПР передается по ЗСЛ в приборы АМТС. УЗПИ и ПР после выдачи информации освобождаются.

6.1.4 Принцип выдачи информации из ПУ АОН в УЗПИ. При определении категории и номера телефона вызывающего абонента ПЭУ АОН-М и УЗПИ обмениваются информацией, которая передается по разговорному тракту, устанавливаемому приборами АТС, с использованием многочастотного беспauseного способа передачи информации.

Аппаратура ПЭУ АОН-М позволяет одновременно определять и передавать категории и номера телефонов нескольких вызывающих абонентов. Подобное ПЭУ АОН-М называется передающим устройством АОН с групповым способом передачи информации.

Информация из ПЭУ АОН-М выдается пакетами (циклами) из кодовых комбинаций, каждая из которых создается линейным смешиванием двух сигнальных частот. Один пакет передаваемой информации состоит из девяти знаков и содержит перевернутый семизначный номер телефона вызывающего абонента, одну цифру категории и один знак, который отмечает начало передачи информации.

Для правильной работы аппаратура УЗПИ из ПЭУ АОН-М должна получать полную информацию о категории и номере телефона вызывающего абонента, содержащую не менее десяти знаков, которые передаются строго в следующей последовательности:

- 1 – цифра категории абонентского номера - К;
- 2 – цифра единиц абонентского номера - Е;
- 3 - цифра десятков - Д;
- 4 – цифра сотен - С;

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 5 – цифра тысяч -                          | Т;  |
| 6 – цифра десятков тысяч -                 | ИЗ; |
| 7 – цифра сотен тысяч -                    | И2; |
| 8 – цифра разряда миллионов -              | И1; |
| 9 – сигнал «Начало» -                      | Н;  |
| 10 – цифра категории абонентского номера – | К.  |

Десятый знак является избыточным и используется для повышения достоверности на приемном конце (на УЗПИ).

Передача информации будет циклически повторяться в соответствии с указанной очередностью на все время пуска аппаратуры АОН (рисунок 2).

Количество знаков в передаваемой из ПЭУ АОН-М в сторону УЗПИ информации о категории и номере телефона вызывающего абонента всегда постоянно и не зависит от значности нумерации, принятой на данной телефонной сети, независимо от того, какая это сеть – ГТС или СТС.

При 5-6 значной системе нумерации недостающие знаки программируются в аппаратуре АОН. Недостающие цифры абонентского номера обычно заменяют цифрой «2».

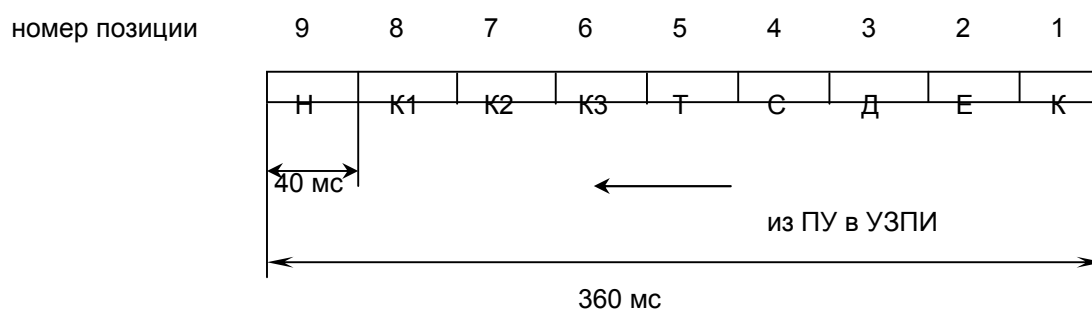


Рисунок 2 – Информация, передаваемая из ПУ АОН в УЗПИ

Цифровая информация из ПЭУ АОН-М передается многочастотным равномерным кодом «2 из 6» с использованием частот:  $f_0 = 700$  Гц,  $f_1 = 900$  Гц,  $f_2 = 1100$  Гц,  $f_4 = 1300$  Гц,  $f_7 = 1500$  Гц,  $f_{11} = 1700$  Гц. Каждая кодовая комбинация, соответствующая определенной цифре номера, категории, сигналам «Начало» и «Повторение» образуется суммированием двух частот согласно кодовой таблице 6.2.

Таблица 6.2

| Номер кодовой комбинации | Код           | Используемые частоты, Гц | Цифры номера и сигналы |
|--------------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| 1                        | $f_0, f_1$    | 700, 900                 | 1                      |
| 2                        | $f_0, f_2$    | 700, 1100                | 2                      |
| 3                        | $f_1, f_2$    | 900, 1100                | 3                      |
| 4                        | $f_0, f_4$    | 700, 1300                | 4                      |
| 5                        | $f_1, f_4$    | 900, 1300                | 5                      |
| 6                        | $f_2, f_4$    | 1100, 1300               | 6                      |
| 7                        | $f_0, f_7$    | 700, 1500                | 7                      |
| 8                        | $f_1, f_7$    | 900, 1500                | 8                      |
| 9                        | $f_2, f_7$    | 1100, 1500               | 9                      |
| 10                       | $f_4, f_7$    | 1300, 1500               | 0                      |
| 11                       | $f_2, f_{11}$ | 1100, 1700               | «Начало»               |
| 12                       | $f_4, f_{11}$ | 1300, 1700               | «Повторение»           |

Код «2 из 6» позволяет максимально получить 15 кодовых комбинаций, однако в аппаратуре ПЭУ АОН-М для формирования полной информации о категории и номере телефона вызывающего абонента используется 12 кодовых комбинаций, которые в соответствии с таблицей 1 распределяются следующим образом. Комбинации с 1 по 10 – это цифры 1, 2, 3,..., 0, которые используются для формирования информации о категориях и номерах телефонов вызывающих абонентов. Комбинация 11 – это сигнал «Начало» информации для разделения одного пакета информации от другого, по положению которой в принятой в УЗПИ информации восстанавливается последовательность кодовых комбинаций в пакете. Комбинация 12 – это сигнал «Повторение» в качестве служебной для каждой второй цифры при передаче подряд двух или более одинаковых цифр абонентского номера и категории телефона вызывающего абонента.

Введение служебных сигналов «Начало» и «Повторение» вызвано использованием группового способа выдачи и беспазуностью передачи информации из ПЭУ АОН-М. При беспазуном способе кодовые комбинации, соответствующие цифрам номера и категории абонентского номера, передаются без разделения их между собой в виде сплошного частотно-кодированного пакета. Для распознавания следующих подряд комбинаций их кодируют на передающем конце в аппаратуре ПЭУ АОН-М таким образом, чтобы соседние кодовые комбинации различались хотя бы одной сигнальной частотой. С этой целью в исходном

пакете в ПЭУ АОН-М, состоящем из цифр абонентского номера и категории, каждая вторая из двух следующих подряд одинаковых цифр заменяется служебной комбинацией 12 «Повторение». В приемном устройстве в УЗПИ комбинация 12 заменяется на цифру, которой она соответствовала при передаче из ПЭУ АОН-М.

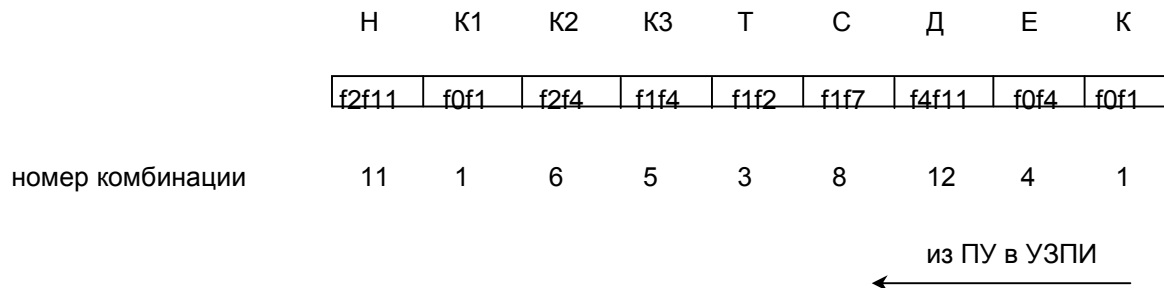


Рисунок 3 – Сформированный частотно-кодовый безинтервальный пакет, соответствующий номеру 1653884, категория 1

Порядок цифр в абонентском номере восстанавливается в УЗПИ с помощью комбинации 11 «Начало». Десятая кодовая комбинация используется для оценки в УЗПИ достоверности принятой информации.

Цифры абонентского номера из ПЭУ АОН-М в УЗПИ выдаются в обратной последовательности: К, Е, Д, С, Т, И3, И2, И1, Н. Для передачи девяти знаков номера требуется время 360 мс, так как длительность одной кодовой посылки в пакете составляет 40 мс. Однако аппаратура АОН в состоянии определения номера находится в течение 900 мс при одиночных вызовах АМТС, а в случае нескольких последовательных вызовов еще дольше. Поэтому передача цифр категории и номера телефона вызывающего абонента может начинаться с любой кодовой комбинации. Например, с комбинации Е или Д. Однако это обстоятельство на правильность приема информации о номере не повлияет, так как после того как принято десять комбинаций, в УЗПИ производится дополнительная проверка правильности принятой информации. Во-первых, проверяется наличие среди девяти зафиксированных комбинаций только одной комбинации 11 (Н), так как в любой последовательности из девяти переданных комбинаций комбинация 11 (Н) может быть только одна. Во-вторых, проверяется совпадение первой комбинации, в нашем примере комбинации 12 (К), и десятой – также комбинация 12(К), которые не могут совпадать с комбинациями между ними.

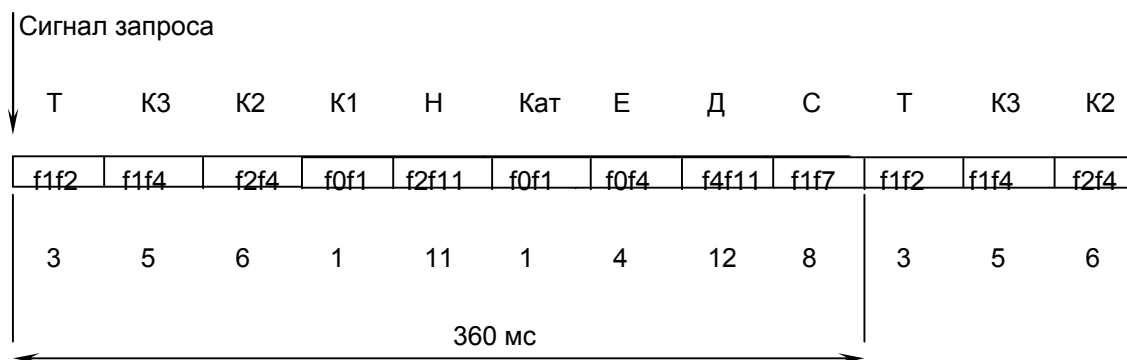


Рисунок 4 – Сформированный частотно-кодовый безинтервальный пакет, соответствующий номеру 1653884, категория 1, сигнал запроса поступил в момент выдачи цифры тысяч

Передача информации о цифрах категории и номере телефона вызывающего абонента из УЗПИ в промрегистр ПР осуществляется постоянным током с применением кода “2 из 5” по пяти проводам 1 – 5, т.е. каждая цифра от “1” до “0” соответствует подаче сигнала “+” по двум проводам. Код “2 из 5” для цифр 1-0 совпадает с равномерным многочастотным кодом “2” из “6”, который используется при передаче информации о категории и номере вызывающего абонента из ПЭУ АОН-М в УЗПИ. Например, цифра “1” соответствует передаче первой и второй сигнальных частот (700, 900 Гц) в УЗПИ из ПЭУ АОН-М. Из УЗПИ в ПР информация о цифре 1) передается подачей сигнала “+” на провода 1 и 2. Комбинация “12” в ПР не передается.

Таким образом, из УЗПИ в ПР (или ИР) информация передается постоянным током в следующей последовательности: К, И1, И2, И3, Т, С, Д, Е. Причем комбинация 12 (“Повторение”) подменяется предыдущей цифрой. Из УЗПИ информация о номере вызывающего абонента должна всегда выдаваться в обычном (прямом) порядке с категорией на первом месте.

Последовательность выдачи знаков номера из УЗПИ в регистр определяется специальным переключателем выдачи, последовательность работы реле которого зависит от номера фиксатора, который принял комбинацию 11(Н).

#### 6.1.5 Состав аппаратуры ПЭУ-АОН-М. Передающая часть АОН состоит из:

- централизованного управляющего устройства (статив ПЭУ-АОН-М);
- абонентских и таксофонных программирующих устройств (ПУ);
- испытательных приборов.

Состав основных узлов передающей части АОН:

ПУ-10 – плата программирующих устройств на 10 АК;

БП – блок подключения;

РИ – распределитель информации;

ДКК – датчик кодовых комбинаций;

СР – плата сигнальных реле;

ПЗ – плата запуска;

КИУ – контрольно-измерительное устройство;

ОВВ – общестативная выдержка времени;

РКК – распределитель кодовых комбинаций.

Приемная часть АОН – УЗПИ состоит из следующих основных узлов:

БЗО – блок занятия и освобождения;

Г – генератор;

ПФ – полосовой фильтр;

ПР – приемные реле;

ВВ – выдержка времени;

НИ – накопитель информации (содержит 10 фиксаторов);

ППИ – блок проверки правильности приема информации.

Статив ПЭУ АОН-М обеспечивает управление абонентскими и таксофонными программирующими устройствами. На стативе устанавливаются контрольно-измерительное устройство КИУ и кассеты распределителей кодовых комбинаций РКК. Каждая кассета РКК обслуживает абонентскую группу в 2000 номеров. На стативе может быть установлено до пяти кассет РКК, что соответствует емкости станции до 10 000 номеров. Кроме того, на стативе предусматривается установка еще одной кассеты РКК для обслуживания выделенной таксофонной группы, емкость которой может составлять 100 – 400 таксофонов. При обслуживании такой группы передаются условные номера телефонов-автоматов.

Программирующие устройства ПУ предназначены для кодирования цифр категорий, а также разрядов единиц, десятков и сотен. Общие цифры абонентских номеров: разряды Т, И3, И2, И1 кодируются непосредственно в кассетах РКК. ПУ состоят из однотипных печатных плат ПУ-10, которые устанавливаются в стативы АК-АВ, образуя 100-номерные группы. Для стативов КСА предусмотрены кассеты ПУ-100, содержащие по 10 плат ПУ-10. Таксофонные программирующие устройства выполнены в виде кассет ПУ-200 и ПУ-100, устанавливаемых на стативах ПЭУ АОН-М.

Испытательные приборы, входящие в состав оборудования ПЭУ АОН-М, предназначены для проведения пусконаладочных работ во время установки ПЭУ АОН-М, а также для проверки оборудования в процессе его эксплуатации. К указанным приборам

относятся: пульт комплексной настройки и проверки аппаратуры ПКНП АОН; прибор для измерения выдержки времени ПИВ АОН.

6.1.6 Принцип работы аппаратуры АОН. Функциональная схема аппаратуры АОН представлена на рисунке 6. Накопитель информации УЗПИ передает в ПУ сигнал запроса (гальванический сигнал – плюс по проводу а). В ИШК срабатывает реле ОН, которое замыкает цепи по проводам «Зан.» и «Удерж.» в плату ОВВ, отключает АЛ от разговорного тракта и подключает обмотку трансформатора к выходу ПУ, т.е. создается цепь для выдачи информации. Из платы ОВВ через КИУ в РКК в течение 420 по проводу «запрос» передается сигнал запроса и одновременно удерживается реле ОН.

Через 250-300 мс генератор Г УЗПИ подает тональный сигнал запроса ( $f = 500$  Гц) длительностью 100 мс. Этот сигнал через трансформатор Т ИШК передается по проводу «е» через ПУ в плату запуска ПЗ. В ОВВ передается сигнал «продление ОВВ», увеличивающий время ее подключения до 850 мс.

С момента фиксации сигнала запроса ( $f = 500$  Гц) до окончания продления ОВВ с выхода ПУ по проводу «е» в ИШК передается непрерывная последовательность кодовых комбинаций «безинтервальный пакет».

Последовательность кодовых комбинаций поступает от ДКК через блок подключения БП под управлением блока распределения информации РИ в плату ПУ-10 и далее через трансформатор ИШК по проводам «а» и «б» через ступень ПГИ, ИКЗСЛ, ПР в УЗПИ.

В УЗПИ эти частотные послышки принимаются кодовым приемником КП, преобразуются в импульсы постоянного тока и с помощью контактов ПР записываются в НИ на 10 фиксаторах. Прием информации может начаться с любой комбинации пакета.

После приема 10-й комбинации начинается проверка принятой информации:

- на наличие среди первых 9-ти комбинаций только одной комбинации «Начало»;
- совпадение комбинаций на фиксаторах 1 и 10.

Предусмотрен трехкратный прием информации.

Зафиксированная в УЗПИ информация независимо от последовательности приема передается в промрегистр ПР многопроводным способом кодом «2 из 5» в следующем порядке:

Кат   К1   К2   К3   Т   С   Д   Е.

При передаче в ПР комбинация 12 (замена) заменяется предыдущей цифрой абонентского номера. Если в УЗПИ информация не зафиксирована, то в ПР передается восемь троек: 33333333.



Сигнал запроса

|      |      |      |      |       |      |      |       |      |      |                 |
|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-----------------|
| Т    | КЗ   | К2   | К1   | Н     | Кат  | Е    | Д     | С    | Т    |                 |
| f1f2 | f1f4 | f2f4 | f0f1 | f2f11 | f0f1 | f0f4 | f4f11 | f1f7 | f1f2 |                 |
| 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    | 8     | 9    | 10   | номер фиксатора |

Рисунок 5 - Сформированный частотно-кодированный безинтервальный пакет, соответствующий номеру 1653884, категория 1, выдача информации началась с цифры тысяч





## Практическая работа №9

Изучение линейного кодера/декодера взвешивающего типа

1 В результате выполнения работы студент должен

знать:

- состав, принцип работы кодера, декодера;

уметь:

- составлять частотно-кодированный безинтервальный пакет информации.

2 Содержание работы

Цель работы:

Изучение линейного кодера/декодера взвешивающего типа

3. Направляющие вопросы

4. Рабочее задание

1. Начертите структурную схему линейного кодера взвешивающего типа. Приведите схему в соответствии с исходными данными и результатом кодирования. Кратко поясните: два этапа кодирования, назначение кодера и всех его узлов (компаратора, ГЭТ "+", ГЭТ "-", ЛУ, ПК, Г0<sub>пер</sub>>).

2. Выполните операцию линейного кодирования. Рассчитайте ошибку квантования.

3. На выходе кодера приведите полученную в результате кодирования кодовую 8-разрядную комбинацию для Вашего варианта.

Значения амплитуды отсчета АИМ -сигнала для всех вариантов приведены в табл. 3. Минимальный шаг квантования  $\Delta$  для всех вариантов - одна условная единица у.е.

Таблица 3

| Вариант                                      | 1     | 2     | 3     | 4      | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10            |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Амплитуда<br>АИМ – сигнала<br>Jaим, $\Delta$ | -79,3 | +39,7 | +27,5 | -117,1 | +29,8 | -85,6 | -75.2 | +55,9 | +45,4 | -<br>95<br>,3 |

Методические указания по выполнению задания

Сначала по [2, с. 21-29] изучите: операцию квантования с равномерным и неравномерным шагом, достоинства и недостатки того и другого метода; операцию кодирования.

Обратите внимание на определение параллельного и последовательного двоичных кодов / 2, с. 29, предпоследний абзац: при параллельном коде сигналы кодовой группы появляются одновременно, при последовательном коде

сигналы кодовой группы появляются последовательно во времени, разряд за разрядом.

Разберите принцип действия линейного кодера для однополярного сигнала [2, с. 49-51]. Самостоятельно закодируйте несколько конкретных значений.

Далее по [2, с. 51-53] изучите принцип действия линейного кодера для двухполярного сигнала. Самостоятельно закодируйте несколько конкретных значений

#### Содержание ответа:

1. I. Начертите структурную схему линейного кодера (см. рис.6 данного издания). Эта схема соответствует рис. 3.9 в [2], но более адаптирована для студентов. Кроме того, на рис.6 отсутствуют инверторы.

2. Укажите назначение узлов схемы.

Кодер - для преобразования амплитудного значения отсчета АИМ -сигнала в 8-разрядную кодовую комбинацию.

Компаратор - для сравнения амплитудного значения АИМ -сигнала с эталонными токами.

Генераторы эталонных токов ГЭТ - для получения семи эталонных токов (64 Δ, 32 Δ, 16 Δ, 8Δ, 4 Δ, 2 Δ, 1Δ) в ГЭТ"Ч" при кодировании положительных АИМ - сигналов и семи эталонных токов (-64Δ,-32Δ,-16Δ, -8 Δ,-4 Δ,-2 Δ,-1 Δ) в ГЭТ"- при кодировании отрицательных АИМ -сигналов.

Логическое устройство ЛУ - для записи решений компаратора в каждом такте (разряде) кодирования и управления работой ключей Кл.1 ... Кл.7.

Преобразователь кода ПК - для преобразования параллельного кода, в котором фиксируются на I ... 8 выходах логического устройства результаты каждого такта кодирования в последовательный код. Т.о. из ЛУ выводится в устройство объединения УО разряд за разрядом закодированный отсчет.

Генераторное оборудование ГО передачи - для управления работой узлов кодера.

3. Кодирование осуществляется в два этапа:

1 этап - кодирование полярности. Результат кодирования записывается в первом разряде. Для этого в компаратор подается эталонный ток - 0 («земля»). Положительные значения кодируются символом «1», отрицательные -символом "0".

2 этап - кодирование амплитуды АИМ -сигнала. Результаты кодирования записываются в разряды 2...8. Для этого в компаратор последовательно добавляются от большего к меньшему семь эталонных токов (64; 32; 16; 8; 4;2;1).

2. I. Выполните операцию линейного кодирования. Рассчитайте ошибку квантования.

2. Результаты поэтапного кодирования занесите в таблицу 4.

Таблица 4

| Такты<br>(разряды)<br>кодирования | Jэт | Jaим - $\sum J_{эт}$ | Состояние<br>выхода<br>компаратора<br>«0» или «1» | Выходы ЛУ                                    |                   |
|-----------------------------------|-----|----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|
|                                   |     |                      |                                                   | Состояние<br>ключей ГЭТ<br>«вкл»<br>(«выкл») | Запись<br>решения |
| 1                                 | 0   |                      |                                                   |                                              |                   |
| 2                                 | 64  |                      |                                                   |                                              |                   |
| 3                                 | 32  |                      |                                                   |                                              |                   |
| 4                                 | 16  |                      |                                                   |                                              |                   |

|   |   |  |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|
| 5 | 8 |  |  |  |  |
| 6 | 4 |  |  |  |  |
| 7 | 2 |  |  |  |  |
| 8 | 1 |  |  |  |  |

$$S_{\text{КВ}} = |J_{\text{АИМ}}| - |J_{\text{ЭТ}}|$$

Пример заполнения этой таблицы с результатами кодирования  $J_{\text{АИМ}} = -105,3 \Delta$  приведён в таблице 5.

На схеме кодера рис.6 в соответствии с результатами кодирования заданных в табл. 3  $J_{\text{АИМ}}$  укажите следующее:

значение амплитуда АИМ -сигнала на входе компаратора;

кодovou комбинацию на выходе компаратора;

состояние ключа (замкнут или разомкнут) у ГЭГ "+" и для ГЭТ "-" (Кл. + или Кл.-);

замкнутое состояние ключей выбранных эталонных токов у ГЭТ «+» или ГЭТ «-» для своего варианта;



Вход АИМ сигнала . . . . .  $\Delta$

КОМПАРАТОР  
К

ГЕНЕРАТОР ЭТАЛОННЫХ ТОКОВ  
ГЭТ " - "

-64 $\Delta$  -32 $\Delta$  -16 $\Delta$  -8 $\Delta$  -4 $\Delta$  -2 $\Delta$  -1 $\Delta$

Кл. - Кл.1' Кл.2' Кл.3' Кл.4' Кл.5' Кл.6' Кл.7'

ГЭТ

Кл. +

Кл.1 Кл.2 Кл.3 Кл.4 Кл.5 Кл.6 Кл.7

64 $\Delta$  32 $\Delta$  16 $\Delta$  8 $\Delta$  4 $\Delta$  2 $\Delta$  1 $\Delta$

ГЕНЕРАТОР ЭТАЛОННЫХ ТОКОВ  
ГЭТ " + "

1 2 3 4 5 6 7 8

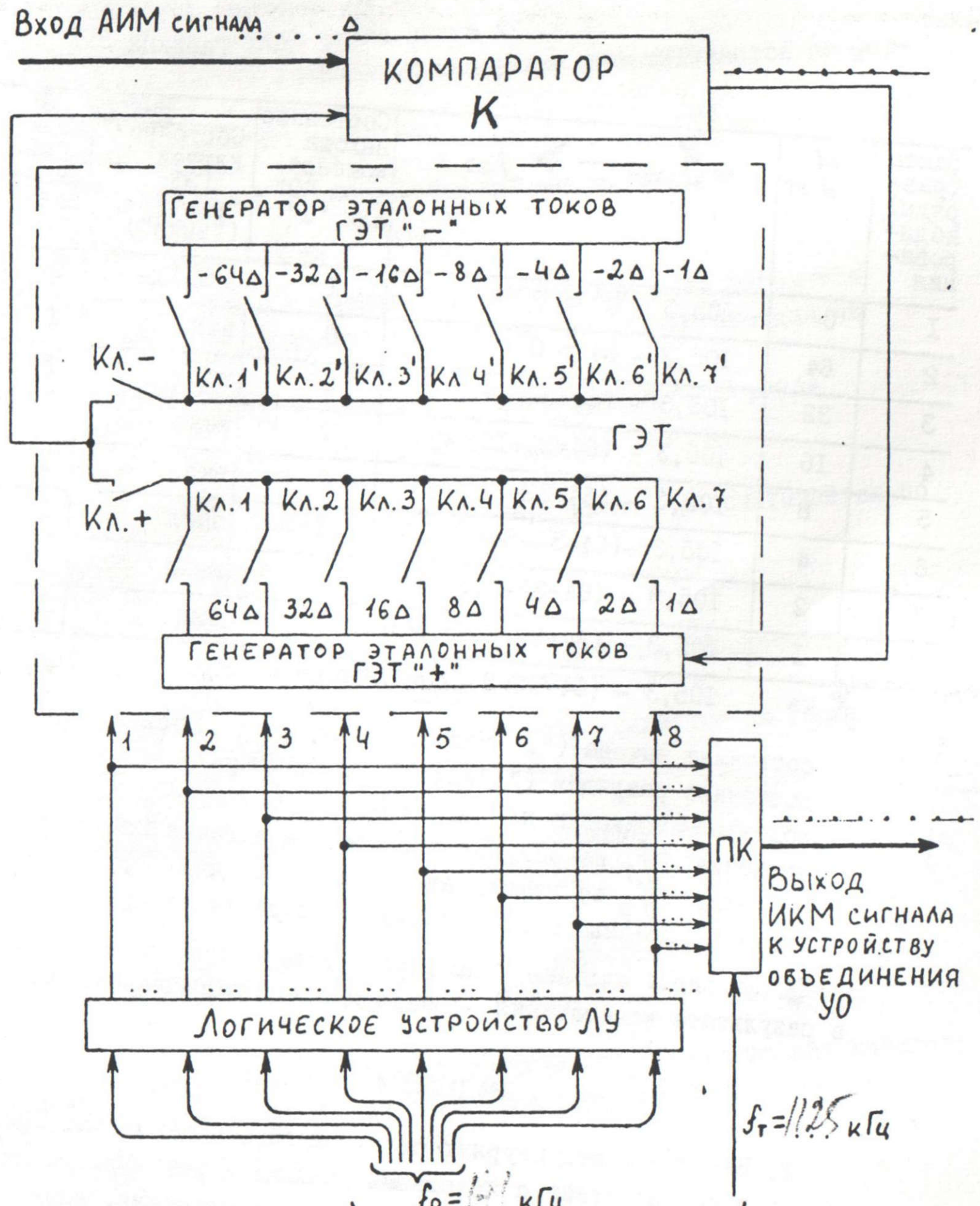
ПК

Выход  
ИКМ сигнала  
к устройству  
объединения  
УО

ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ЛУ

$f_T = 1125 \text{ кГц}$

$f_0 = 10 \text{ кГц}$



| Такты<br>(разряды)<br>кодирования | Jэт | Jaим - $\sum J_{эт}$      | Состояние<br>выхода<br>компаратора<br>«0» или «1» | Выходы ЛУ                                 |                   |              |
|-----------------------------------|-----|---------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|
|                                   |     |                           |                                                   | Состояние<br>ключей ГЭТ<br>«ВКЛ» («ВЫКЛ») | Запись<br>решения |              |
| 1                                 | 0   | $-105,3 - 0 < 0$          | 1                                                 | вкл КЛ-                                   | 0                 | 1-ый<br>этап |
| 2                                 | 64  | $105,3 - 64 > 0$          | 0                                                 | вкл                                       | 1                 | 2-ой<br>этап |
| 3                                 | 32  | $105,3 - (64+32) > 0$     | 0                                                 | вкл                                       | 1                 |              |
| 4                                 | 16  | $105,3 - (64+32+16) < 0$  | 1                                                 | выкл                                      | 0                 |              |
| 5                                 | 8   | $105,3 - (64+32+8) > 0$   | 0                                                 | вкл                                       | 1                 |              |
| 6                                 | 4   | $105,3 - (64+32+8+4) < 0$ | 1                                                 | выкл                                      | 0                 |              |
| 7                                 | 2   | $105,3 - (64+32+8+2) < 0$ | 1                                                 | выкл                                      | 0                 |              |
| 8                                 | 1   | $105,3 - (64+32+8+1) > 0$ | 0                                                 | вкл                                       | 1                 |              |

Таблица 5

$$S_{кв} = 105,3 - (64+32+8+1) = 0,3$$

Состояние выхода ("I" или "O") каждого из восьми разрядов ЛУ;  
состояние разрядов ("1"или"0") входа ПК;  
кодovou комбинацию на выходе ПК;

## Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.

Основные источники:

1. Крук, Б. И. Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие в 3-х т.: . Т. 1 : Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов ; ред. В. П. Шувалов. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия-Телеком, 2013. - 620 с.
2. Гордиенко, В. Н. Многоканальные телекоммуникационные системы : учеб. для вузов / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкой. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2013. - 396 с.
3. Зиятдинов, С. И. Схемотехника телекоммуникационных устройств : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / С. И. Зиятдинов, Т. А. Суетина, Н. В. Поваренкин. - М.: Академия, 2013. - 368 с.

Дополнительные источники:

1. Дж. Беллами Цифровая телефония./Пер.с англ.-М.: Эко-Трендз ,2004.
2. Данилов В. И. Сотовые телефонные сети стандарта GSM: Учебн. пособие.- СПб.:СПбГУТ,1996.
3. Гольдштейн Б.С.. Системы коммутации. - С-Пб.:БХВ-Петербург,2003.
4. Крук Б., Попантонопуло В., В. Шувалов. Телекоммуникационные системы и сети т.1, Издательство " Наука" Новосибирск, 1998 .
5. Б. С. Гольдштейн. Сигнализация в сетях связи. - Москва: "Радио и связь", 1997.
6. Сети и телекоммуникации - С. А Пескова – Москва издательский центр Академия. 2009г.-286с
7. Гольдштейн Б.С., Соколов В.А. Автоматическая коммутация: учебник для студ. сред. проф. образования В.А. Соколов. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. –

Интернет-ресурсы:

1. [www.minsvyaz.ru](http://www.minsvyaz.ru) Официальный сайт Министерства информационных технологий и связи.
2. [www.sotovik.ru](http://www.sotovik.ru) Информационный сайт, посвященный телекоммуникациям: обзоры рынка, новости операторов.
3. [www.telecomru.ru](http://www.telecomru.ru) Экспертный портал "Телекоммуникации России" -независимое сетевое СМИ.
4. [www.comnews.ru](http://www.comnews.ru) Новости рынка телекоммуникаций России и СНГ.
5. [www.mobail-review.com](http://www.mobail-review.com) Сайт, посвященный мобильным устройствам и технологиям, новостям операторов связи, рекламным акциям.

# ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| Номер<br>изме-<br>нения | Номер листа |             |        |          | Всего<br>листов в<br>документе | ФИО и подпись<br>ответственного за внесение<br>изменения | Дата<br>внесения<br>изменения | Дата введения<br>изменения |
|-------------------------|-------------|-------------|--------|----------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                         | измененного | замененного | нового | изъятого |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |
|                         |             |             |        |          |                                |                                                          |                               |                            |