

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**
**Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева**

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра «Радиотехники, электроники и телекоммуникации»



Е.К. Есназаров

Сети связи и системы коммутации

*Учебно-методический комплекс дисциплины
(для специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника
и телекоммуникация)*

Алматы 2011

Составитель Е.К. Есназаров. Сети связи и системы коммутации.

Учебно-методический комплекс по дисциплины для специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникация. Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2011 -151 с.

Аннотация

Дисциплина «Сети связи и системы коммутации» является обязательным предметом для студентов высших учебных заведений и включается в учебные планы в качестве базовой дисциплины. Цель курса - обучение студентов методам и основам построения телекоммуникационных сетей и систем коммутации, их принципы построения, требования предъявляемые к ним и особенности построения аналоговых и цифровых сетей и систем коммутации.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- Знать общие принципы построения сетей связи и систем электросвязи, особенности построения вторичных сетей и сетей радиосвязи, аналоговых и цифровых сетей связи, систем сигнализации, синхронизации и управления

- Знать принципы построения аналоговых и цифровых систем коммутации, особенности функционирования современных цифровых систем коммутации. Принципы коммутации при интеграции разных видов аппаратуры и услуг;

- Уметь производить расчеты по проектированию телекоммуникационных сетей и систем коммутации и отдельных элементов, осуществлять анализ коммутационных систем и принципов функционирования сетей связи;

- Иметь навыки по построению и анализа функционирования блоков коммутационных станции. Различных структур сетей, а так же изучения принципов работы и установления соединений в электронных станциях и цифровых сетях.

Конечная задача дисциплины «Сети связи и системы коммутации» - обучить студентов теоретическим знаниям и принципам работы систем коммутации и сетей связи, а так же привить им практические навыки по и обучить методам технической эксплуатации.

Эти вопросы составляют содержание разделов тематического плана (учебной программы – SYLLABUS) курса.

В заключительной части учебно-методического комплекса по дисциплине «Сети связи и системы коммутации» приведены контрольные вопросы и темы для СРС и СРСП, а также список рекомендуемой литературы.

Табл. –9 рис. – 113

Рецензент канд. техн. наук. доцент

Абдуллаев М.А.

Печатается по типовой программе, утвержденной Министерством образования и науки Республики Казахстан на 2011 год.

© Каз. НТУ имени Сатпаева К.И., 2011 г.

1 УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ – SYLLABUS

1.1 Данные о преподавателях:

Преподаватель, ведущий занятия Есназаров Есенкельди Куанышбекович - старший преподаватель

Контактная информация:

Офис: кафедра РЭТ ауд.9 АТМ, Адрес:050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, КазНТУ, каф. РЭТ, а.9 АТМ, Тел.: 92-58-61 доп. 3-68, дом. 252-55-82,

E-mail: Esenkeldy_47@mail.ru.

Время пребывания на кафедре ауд. 9 АТМ, 8.30 – 16.30.

1.2 Данные о дисциплине:

Название Сети связи и системы коммутации

Количество кредитов – 4.

Место проведения - ГУК и компьютерные лаборатории кафедры РЭТ.

Таблица 1 Выписка из учебного плана

Курс	Семестр	Кредиты	Академических часов в неделю					Форма контроля
			Лекции	Практич. занятия	СРС	СРСП	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	6	4	2	2	4	4	12	Экзамен .

1.3 Пререквизиты: предшествующие дисциплины необходимые для изучения данной дисциплины (перечень дисциплин по рабочему учебному плану специальности). Дисциплина "Сети связи и системы коммутации" базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: “Теория электрических цепей”, «Физика», «Микроэлектроника» «Общая теория связи».

1.4 Постреквизиты: перечень дисциплин, в которых используются знания изучаемой дисциплины (по рабочему учебному плану специальности). Перечень дисциплин, взаимосвязанных с данной дисциплиной: «Многоканальные телекоммуникационные системы–1», «Многоканальные телекоммуникационные системы–2», «Технологии беспроводной связи», «Направляющие системы», «Цифровые системы передачи».

1.5 Цели и задачи дисциплины.

Основной задачей и целью курса является формирование фундамента специальных знаний в области сетей связи и цифровой коммутации. В курсе принято единая методологическая концепция изложения материала, начиная с общих принципов сетей электросвязи и систем коммутации, заканчивая современными сетями телекоммуникации и цифровыми системами коммутации. Также рассматриваются особенности аналоговых и цифровых сетей связи, принципы сигнализации, синхронизации и управления в

цифровых сетях связи, принципы построения и цифровых систем коммутации и наконец, перспективы развития сетей и систем коммутации.

Изучив дисциплину, студент должен:

- *Знать* общие принципы построения сетей связи и систем электросвязи, особенности построения вторичных сетей и сетей радиосвязи, аналоговых и цифровых сетей связи, систем сигнализации, синхронизации и управления

- *Знать* принципы построения аналоговых и цифровых систем коммутации, особенности функционирования современных цифровых систем коммутации. Принципы коммутации при интеграции разных видов аппаратуры и услуг;

- *Уметь* производить расчеты по проектированию телекоммуникационных сетей и систем коммутации и отдельных элементов, осуществлять анализ коммутационных систем и принципов функционирования сетей связи;

- *Иметь навыки* по построению и анализа функционирования блоков коммутационных станции. Различных структур сетей, а так же изучения принципов работы и установления соединений в электронных станциях и цифровых сетях.

Конечная задача дисциплины «Сети связи и системы коммутации» - обучить студентов теоретическим знаниям и принципам работы систем коммутации и сетей связи, а так же привить им практические навыки по методологии инженерных расчетов систем коммутации и обучить методам технической эксплуатации.

1.6 Перечень и виды заданий и график их выполнения:

- перечень и виды заданий (тематика курсовых проектов (работ), перечень расчетно-графических заданий, типовых расчетов и др.)

- список рекомендуемой литературы;

- сроки выполнения;

- формы контроля (тесты, экспресс-опрос, отчет, реферат, доклад и др.).

График составляется тьютором по нижеприведенной форме (Таблица 2) и доводится до сведения обучающихся с начала учебного семестра.

Таблица 2 - Виды заданий и сроки их выполнения

Виды контроля	Вид работы	Тема работы	Ссылки на рекомендуемую литературу с указ. страниц	Сроки сдачи
1	2	3	4	6
1. Текущий контроль	Л Пр	<i>Введение.</i> История развития сетей связи и систем коммутации. Роль и место систем коммутации в современных телекоммуникационных сетях. Содержание и задачи дисциплины сети связи и системы коммутации. Перспективы развития сетей связи и систем коммутации.	Доп.[2] стр. 11-38, [4] Стр. 4 - 9	1 нед

2. Текущий контроль	Л Пр	2. <i>Общие принципы построения сетей и систем электросвязи</i> Назначение, состав и классификация сетей электросвязи. Методы коммутации в сетях электросвязи. Структура сетей электросвязи. Принципы построения взаимоувязанной сети связи РК.	Осн. [3] стр. 406-430	2 нед
3. Текущий контроль	Л Пр	3. <i>Особенности построения вторичных ТКС.</i> Состав и назначение телефонной и телеграфной связи. Сети передачи данных. Сети ЭВМ. Телематические службы и цифровые сети интегрального обслуживания.	Осн. [3] стр. 438-474	3 нед
4. Текущий контроль.	Л Пр	4. <i>Принципы построения сетей и систем радиосвязи.</i> Основные понятия и определения. Основы построения систем сотовой связи. Основы транкинговых систем радиосвязи. Основы построения систем беспроводного абонентского радио доступа.	Осн. [3] стр. 474-505	4 нед
5. Текущий контроль	Л Пр	5. <i>Аналоговые сети связи.</i> Телефонные сети их классификация. Сельские телефонные сети. Городские телефонные сети. ГТС с узлообразованием и без узлообразования. Внутризоновые телефонные сети и междугородняя связь. Системы нумерации в телефонных сетях.	Осн.[2] стр. 21-37	5 нед
6. Текущий контроль	Л Пр	6. <i>Цифровые сети связи.</i> Принципы цифровизации телефонной сети. Стратегия построения цифровой сети. Построение районированной цифровой ГТС. Цифровизация аналоговой районированной ГТС без узлообразования. Цифровизация аналоговой районированной ГТС с узлообразованием.	Осн.[2] стр. 37-50	6 нед
7. Рубежный контроль	РК	7. Построение цифровой сети с кольцевой структурой. Принципы включения цифровых УПАТС в местные телефонные сети. Стратегия цифровизации СТС.	Осн.[2] стр. 51-62	7 нед
8. Текущий контроль	Л Пр	8. <i>Принципы сигнализации, синхронизации и управления в цифровых сетях связи.</i> Классификация видов сигнализации. Абонентская сигнализация. Линейная сигнализация. Регистровая сигнализация. Методы передачи регистровых сигналов. Кодирования регистровых сигналов.	Осн.[2] стр. 62 - 80	8 нед
9. Текущий контроль	Л Пр	9 <i>Общеканальная система сигнализации ОКС № 7.</i> Принципы построения сетей ОКС. Синхронизация на сетях связи. Основные принципы синхронизации цифровых сетей. Управление сетью. Управление сетями и сетевыми элементами.	Осн.[2] стр. 83-94, [4] Стр. 552-570 Доп. [4] стр. 195-211	9 нед

10. Текущий контроль	Л Пр	<i>10. Базовые сетевые технологии для современных цифровых транспортных и корпоративных сетей связи.</i> Технологии передачи для транспортных сетей. Технологии передачи в сетях доступа. Технология плезиохронной цифровой иерархии. Технология синхронной цифровой иерархии.	Осн. [2] стр. 109-131	10 нед
11. Рубежный контроль	Л Пр	<i>11. Тенденции развития перспективных сетей связи.</i> Технологии волнового и плотно-го волнового мультиплексирования. Основы технологии WDM/DWDM. Пространственное разделение каналов и стандартизация DWDM. Системы DWDM в оптических сетях. Технология асинхронного режима передачи. Технологии сети Интернет. Интеграция сетевых технологий в цифровых сетях.	Осн. [2] стр. 131-150 Доп. [4] стр. 166-229	11 нед
12. Текущий контроль	Л Пр	<i>12. Принципы построения систем коммутации.</i> Структура и классификация коммутационных узлов. Коммутационные приборы и элементы. Способы построения коммутационных блоков. Коммутационные схемы и их характеристики. Структурные параметры двухзвенной и трехзвенной коммутационной схемы.	Осн. [2] стр. 197-217 Доп. [4] стр. 45-76	12 нед
13. Текущий контроль	Л Пр	<i>13. Аналоговые системы коммутации.</i> Коммутационные приборы АТС-ДШ. АТС-ДШ со ступенями ПИ и ЛИ (100 номеров). АТС-ДШ со ступенями ПИ, ГИ и ЛИ (1000 номеров). АТС-ДШ емкостью 10 000 номеров. Координатные АТС. Коммутационные приборы АТСК. АТСК с одной ступенью ГИ. АТСК с двумя ступенями ГИ. Управление коммутацией в АТСК. Регистры и маркеры.	Осн. [2] стр. 221-245 Доп. [2] стр. 47-85	13 нед
14. Текущий контроль	Л Пр	<i>14. Цифровые системы коммутации</i> Принципы временной коммутации. Коммутация каналов в схеме В-П-В. Неблокирующая коммутационная схема В-П-В. Структура и взаимодействие блоков ЦСК. Оборудование доступа в ЦСК.	Осн. [2] стр. 245-283 Доп. [2] стр. 85-109	14 нед
15. Убежденный контроль	РК	<i>15. Современные цифровые АТС.</i> Особенности цифровых электронных АТС типа 5ESS, S-12, EWSD, SI-2000, AXE-10 и учрежденческих (офисных) АТС.	Осн. [2] стр. 253-268 Доп. [2] стр. 109-130, [4] 108-167	15 нед.

1.7 Список литературы

Основная литература

1. Теория сетей связи. Учебник для вузов связи. Под ред. В. Н. Рогинского. - М.: Радио и связь, 1981. -192 с.
2. Абилов А. В. Сети связи и система коммутации. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2004. -288 с.
3. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов; Под ред. В.Н.Гордиенко и В.В. Крухмалева. –М.: Горячая линия - Телеком, 2004.-510с.
4. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В трех томах. Том 1 – Современные технологии; под. Ред. В.П.Шувалова.-М.: Горячая линия - Телеком, 2004.- 647с.

Дополнительная литература

1. Г.В. Давыдов и др. Сети электросвязи. М., «Связь»,1977. -360с.
2. Б.С.Гольдштейн Системы коммутации. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2003. -318с.
3. Джон К. Беллами Цифровая телефония: Пер. с англ. –М.: Эко-Трендз, 2004.-640с.
4. Баркун М.А., Ходасевич О.Р. Цифровые системы синхронной коммутации - М.: Эко-Трендз, 2001. – 187с
5. А.В. Шмалько., Цифровые сети связи: основы планирования и построения. - М.: Эко-Трендз, 2001. -282с
6. Р.А. Аваков и др. Управляющие системы электросвязи и их программное обеспечение: Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 1991. -256с.
7. М.А. Баркун Цифровые автоматические телефонные станции: Учеб. пособие для вузов. –Мн.: Выш.шк., 1990. -192с.
8. Р. Бесслер и др. Проектирование сетей связи. Справочник: Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1988. -272с

1.8 Контроль и оценка знаний. По кредитной технологии обучения для всех курсов и по всем дисциплинам Казахского национального технического университета имени К.И.Сатпаева применяется рейтинговый контроль знаний студентов. Сведения об оценке знаний осуществляются по балльно-рейтинговой системе в виде шкалы, где указываются все виды контроля.

Рейтинг каждой дисциплины, которая включена в рабочий учебный план специальности, оценивается по 100 - бальной шкале независимо от итогового контроля.

Для каждой дисциплины устанавливаются следующие виды контроля: текущий контроль, рубежный контроль, итоговый контроль.

Видами текущего контроля являются контрольные работы, рефераты, семестровые задания, коллоквиумы, выполнение лабораторных работ и др. К итоговому контролю относятся курсовой проект или курсовая работа и экзамен. В зависимости от видов итогового контроля применяется различная разбалловка видов контроля (таблица 3).

Таблица 3 - Распределение рейтинговых % по видам контроля

№ вариантов	Вид итогового контроля	Виды контроля	%
1.	Экзамен	Итоговый контроль	100
		Рубежный контроль	100
		Текущий контроль	100

Сроки сдачи результатов текущего контроля должны определяться календарным графиком учебного процесса по дисциплине (таблица 4). Количество текущих контролей определяется содержанием дисциплины и ее объемом, которое указывается в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Таблица 4 - Календарный график сдачи всех видов контроля по дисциплине "Сети связи и системы коммутации"

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Виды контроля	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	РК	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Пр СР	Р	РК
К-во контроля в неделю	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1

Виды контроля: Пр – практическое занятие. СР-самостоятельная работа, РК – рубежный контроль, Р- рефераты и др.

Студент допускается к сдаче итогового контроля при наличии суммарного рейтингового балла ≥ 30 . Итоговый контроль считается сданным в случае набора ≥ 20 баллов. Итоговая оценка по дисциплине определяется по шкале (таблица 5).

Таблица 5 - Оценка знаний студентов

Оценка	Буквенный эквивалент	Рейтинговый балл (в процентах %)	В баллах
Отлично	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Хорошо	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Удовлетворительно	C+	70-74	2,33
	C	65-69	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
	D	50-54	1,0
Неудовлетворительно	F	0-49	0

Перечень вопросов для проведения контроля по модулям и промежуточной аттестации

Вопросы для проведения контроля по 1 модулю:

1. Назначение, состав и классификация сетей электросвязи.
2. Состав и назначение телеграфных сетей.
3. Структура информационно-вычислительной сети. Сети ЭВМ.
4. Принципы построения сетей и систем радиосвязи.
5. Основы построения систем сотовой связи.

6. Состав и назначение сетей телефонной связи.
7. Сельские телефонные сети.
8. Городские телефонные сети.
9. ГТС без узлообразования.
10. ГТС с узлообразованием.
11. Внутрizonовые телефонные сети и междугородняя связь.
12. Интеграция телекоммуникационной сети.
13. Принципы цифровизаций телефонной сети. Стратегия построения цифровых сетей.
14. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС без узлов.
15. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС с УВС и УИС.
16. Построение цифровой сети с кольцевой структурой.
17. Стратегия цифровизаций СТС.
18. Классификация видов сигнализации.
19. Способы передачи межстанционной сигнальной информации.
20. Способы передачи линейной сигнализаций.

Вопросы для проведения контроля по 2 модулю:

1. Структура и классификация коммутационных узлов. Способы коммутации на сетях связи.
2. Коммутационные поля и блоки.
3. Способы построения коммутационных блоков.
4. Коммутационные схемы и их характеристики. Однозвенные коммутационные схемы.
5. Структура и параметры двухзвенной коммутационной схемы.
6. Анализ характеристик двухзвенной коммутационной схемы.
7. Коммутационные приборы декадно-шаговой АТС.
8. АТСДШ со степенью ЛИ на 100 номеров.
9. АТСДШ со степенью ПИ и ЛИ на 100 номеров.
10. АТСДШ со степенью ПИ, ЛИ и ГИ на 1000 номеров.
11. Коммутационные приборы координатной АТС.
12. АТСК с одной степенью ГИ с четырехзначной нумерацией.
13. АТСК с двумя степенями ГИ с пятизначной нумерацией.
14. Принципы временной коммутации. Работа звена с временной коммутацией.
15. Структура цифровых систем коммутации (ЦСК).
16. Взаимодействие блоков ЦСК. Оборудование доступа в ЦСК.
17. Абонентские комплекты (АК) и его функции.
18. Оборудование подключение соединительных линий (СЛ).
19. Группообразование коммутационных полей.
20. Цифровые КП типа П-В-П и В-П-В.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации:

1. Внутрizonовые телефонные сети и междугородняя связь.

2. Системы нумерации на телефонных сетях.
3. Сети документальной электросвязи.
4. Интеграция телекоммуникационной сети.
5. Принципы цифровизаций телефонной сети.
6. Стратегия построения цифровых сетей.
7. Построение нерайонированной цифровой ГТС.
8. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС без узлов.
9. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС с УВС и УИС.
10. Построение цифровой сети с кольцевой структурой.
11. Принципы включения цифровых УПАТС в местные телефонные сети.
12. Стратегия цифровизаций СТС.
13. Стратегия построения наложенной сети.
14. Стратегия интеграции СТС с ГТС райцентра.
15. Классификация видов сигнализации.
16. Способы передачи межстанционной сигнальной информации.
17. Передача номера абонента по абонентской линий.
18. Способы передачи линейной сигнализаций.
19. Передача линейных сигналов по аналоговым СЛ.
20. Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-30(2ВСК).

1.9 Политика и процедура курса содержит требования преподавателя к студентам об обязательном посещении занятий, своевременной отчетности по всем видам контроля, порядке отработки пропущенных занятий и пр. При сдаче видов контролей необходимо соблюдать логическую последовательность изучаемых дисциплин. Каждому преподавателю необходимо обосновать последовательность сдачи видов контроля.

2 СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНОГО РАЗДАТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Тематический план курса составляется в виде таблицы, где указываются наименование темы и количество академических часов, предусмотренных для каждой темы.

Таблица 2.1 Тематический план курса

Наименование темы	Количество академических часов			
	Лекция	Практич. занятие	СРСП	СРС
1. Введение. Общие принципы построения сетей и систем электросвязи	2	2	4	4
2. Особенности построения вторичных ТКС.	2	2	4	4
3. Принципы построения сетей и систем радиосвязи.	2	2	4	4

4. Аналоговые сети связи	2	2	4	4
5. Цифровые сети связи	2		4	4
6. Построение цифровой сети с кольцевой структурой	2	2	4	4
7. Принципы сигнализации, синхронизации и управления в цифровых сетях связи.	2	2	4	4
8. Кодирования регистровых сигналов. Общекабельная система сигнализации ОКС № 7. Принципы построения сетей ОКС.	2	2	4	4
9 Базовые сетевые технологии для современных цифровых транспортных и корпоративных сетей связи.	2	2	4	4
10 Тенденции развития перспективных сетей связи.	2	2	4	4
11. Принципы построения систем коммутации.	2	2	4	4
12. Принципы временной коммутации.	2	2	4	4
13. Аналоговые системы коммутации.	2	2	4	4
14. Цифровые системы коммутации	2	2	4	4
15.Современные цифровые системы коммутации.	2	2	4	4
Всего – 180 часов	30	30	60	60

2.2 Конспект лекционных занятий

Лекция 1. Введение. Роль и место систем коммутации в современных телекоммуникационных сетях.

Краткая история развития электросвязи. На заре становления человеческого общества общение между людьми было весьма скудным. Воткнутая в землю ветка указывала, в каком направлении и на какое расстояние ушли люди; особо положенные камни предупреждали о появлении врагов; зарубки на палках или деревьях сообщали об охотничьей добыче и пр. Существовала и примитивная передача сигналов на расстояние. Сообщения, закодированные в виде определенного числа выкриков либо ударов барабана с изменяющимся ритмом, содержали ту или иную информацию.

В десятом томе «Всеобщей истории» древнегреческого историка Полибия (ок. 201-120 г. до н.э.) описан способ передачи сообщений на расстояние с помощью факелов (факельный телеграф), изобретенный александрийскими учеными Клеоксеном и Демоклитом.

В 1800 г. итальянский ученый А. Вольта создал первый химический источник тока. Это изобретение дало возможность немецкому ученому С. Земмерингу построить и представить в 1809 г. Мюнхенской академии наук проект электрохимического телеграфа. Телеграф Земмеринга имел много недостатков и не нашел практического применения. Понадобилось более 20 лет, чтобы появилась первая практически применимая система телеграфирования. Ее автор - выдающийся русский ученый П.Л. Шиллинг. В октябре 1832 г. состоялась первая публичная демонстрация электромагнитного телеграфа. В том же году с помощью телеграфа Шиллинга была налажена связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения.

Подлинную революцию в деле электросвязи по проводам произвели русский академик Б.С. Якоби и американский ученый С. Морзе, предложившие независимо друг от друга пишущий телеграф. Заслугой С. Морзе является создание используемой до сих пор телеграфной азбуки, в которой буквы обозначались комбинацией точек и тире.

В 1841 г. Б.С. Якоби ввел в эксплуатацию линию, оборудованную пишущим телеграфом и соединявшую Зимний дворец с Главным штабом. Через два года аналогичная линия протяженностью 25 км была построена между Петербургом и Царским Селом. Первая действующая линия связи в США (Вашингтон - Балтимор, 63 км) начала действовать в 1844 г.

В 1850 г. Б.С. Якоби сконструировал первый буквопечатающий аппарат, который в 1874 г. был усовершенствован американцем Д. Юзом и французом Ж. Бодо.

В июне 1866 г. была осуществлена прокладка кабеля через Атлантический океан. Европа и Америка оказались связанными телеграфом. С 1866 г. телеграфные линии потянулись во все концы земного шара, связав между собой страны и континенты.

Рождение телеграфа дало толчок к появлению телефона. Начиная уже с 1837 г. многие изобретатели пытались передать на расстояние человеческую речь с помощью электричества. Почти через 40 лет эти опыты увенчались успехом. В 1876 г. американский изобретатель А.Г. Белл запатентовал устройство для передачи речи по проводам - телефон. В 1878 г. русский ученый М. Махальский сконструировал первый чувствительный микрофон с угольным порошком, который в модернизированном виде применяется во всех современных телефонных аппаратах.

На первых порах для телефонной связи использовались телеграфные линии. Но для улучшения качества связи потребовалось строительство специальных двухпроводных телефонных линий. Такая линия была спроектирована в 1895 г. между Петербургом и Москвой профессором Петербургского электротехнического института П.Д. Войнаровским и построена в 1898 г.

Существенный вклад в усовершенствование телефона внес русский физик П.М. Голубицкий, который в 1886 г. разработал новую схему телефонной связи. Согласно этой схеме микрофоны абонентских телефонных аппаратов получали питание от одной (центральной) батареи, расположенной на телефонной станции. Эта система была внедрена во всем мире под названием системы ЦБ.

Первые телефонные станции в России были построены в 1882-1883 гг. в Москве, Петербурге, Одессе.

Уже в конце прошлого столетия Земля оказалась опоясанной проводами и кабелями, соединяющими города и континенты. Однако проводная связь не могла удовлетворить быстрорастущие потребности промышленности, транспорта и особенно судоходства. В беспроводной связи остро нуждались мореплаватели и военный флот.

Изобретение радио - заслуга нашего выдающегося соотечественника, талантливого русского ученого А.С. Попова. Первая публичная демонстрация устройства А.С. Попова для приема электромагнитных волн состоялась на заседании Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. Этот день и вошел в историю как день изобретения радио. В марте 1896 г. А.С. Попов передал электрическими сигналами без проводов текст, состоящий из двух слов («Генрих Герц»), на расстояние всего 250 м. А уже в 1900 г. радиосвязь использовалась на практике при снятии с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» и при спасении рыбаков, унесенных в море.

В 1913 г. был организован радиотелеграфный завод с радиолaborаторией под руководством М.В. Шулейкина, а в 1914 г. в Москве и Петербурге построены первые искровые радиостанции.

Сотрудники созданной в 1918 г. Нижегородской лаборатории (ее возглавил М.А. Бонч-Бруевич) уже в 1922 г. построили в Москве первую в мире радиовещательную станцию мощностью 12 кВт, а 17 сентября 1922 г. состоялась первая передача радицентра. К 1924 г. радиовещательные станции появились в Ленинграде, Горьком.

В 1935 г. между Нью-Йорком и Филадельфией вступила в строй радиопередача на ультракоротких волнах. Она имела протяженность 150 км. Чтобы перекрыть это расстояние, через 50 и 100 км были построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны, «заменяли» их новыми и посылали дальше. Сама радиопередача была названа «радиорелейной линией».

Отныне во все концы земного шара протянулись цепочки радиорелейных линий. Строительство первой радиорелейной линии в нашей стране было осуществлено в 1953 г. между Москвой и Рязанью.

«Бип...бип...бип». Эти сигналы услышал 4 октября 1957 г. весь мир. Наступила эра освоения космоса. Совсем небольшой срок отделяет нас от этой даты, а на космические орбиты уже запущены тысячи искусственных спутников, исправно служащих человеку.

В 1947 г. появилось первое упоминание о разработанной фирмой «Белл» системе с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Система оказалась громоздкой и неработоспособной. И только в 1962 г. была внедрена в эксплуатацию первая коммерческая система передачи ИКМ-24.23 апреля 1965 г. в СССР был запущен искусственный спутник Земли «Молния-1», на борту которого находилась приемопередающая ретрансляционная станция.

В 1960 г. в Америке был создан первый в мире лазер. Это стало возможным после появления работ советских ученых В.А. Фабриканта, Н.Г. Басова и А.М. Прохорова и американского ученого Ч. Таунса, получивших Нобелевскую премию.

«Обучать» лазеры передаче на расстояние информации стали вскоре после их изобретения. Первые лазерные линии связи появились в начале 60-х годов этого столетия. В нашей стране первая такая линия была построена в 1964 г. в Ленинграде.

Москвичам хорошо знакомы такие уголки столицы, как Ленинские горы и Зубовская площадь. В 1966 г. между ними засветилась красная нить лазерного света. Связывала она две городские АТС, находящиеся на расстоянии 5 км друг от друга.

В 1970 г. в американской фирме «Corning Glass Company» было получено сверхчистое стекло. Это дало возможность создать и внедрить повсеместно оптические кабели связи.

Современные тенденции развития электросвязи.

В последующие годы связь развивалась по пути цифровизации всех видов информации. Это стало генеральным направлением, обеспечивающим экономичные методы не только ее передачи, но и распределения, хранения и обработки. Вслед за ИКМ-24 появляются ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920, а затем системы передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ).

Интенсивное развитие цифровых систем передачи объясняется существенными достоинствами этих систем по сравнению с аналоговыми системами передачи: высокой помехоустойчивостью; слабой зависимостью качества передачи от длины линии связи; стабильностью электрических параметров каналов связи; эффективностью использования пропускной способности при передаче дискретных сообщений и др.

Из года в год растет в стране телефонная плотность (число телефонов на сто жителей), но пока Россия еще существенно отстает по этому показателю от промышленно развитых стран. Так, если в промышленно развитых странах этот показатель составляет **46** и более телефонов на 100 жителей, то в России в среднем - **21** телефон. Разработана концепция, намечены сроки ликвидации этого отставания, в результате чего к 2005 г. количество телефонов на сто жителей ожидается **36,9**, а к 2010 - **47,7** [2].

На смену телеграфной связи пришли такие виды документальной электросвязи, как передача данных, электронная почта, факсимильная связь.

Успешно развивается российский сегмент сети Интернет, объем услуг, в котором составил 220 млн. долл. и увеличился в 2001 г. по сравнению с 2000 г. на 50 %. Растет количество наименований русскоязычных ресурсов в сети. Число регулярных пользователей в России оценивается на конец 2001 г. в *4,3 млн. человек*, а количество хотя бы раз посетивших всемирную сеть превысило *12 млн.* За последние два года российская аудитория сети Интернет выросла в **2,9 раза**. Число пользователей электронной почтой за этот же период выросло в **3 раза**. Однако по-прежнему основное количество пользователей сосредоточено в крупных и средних городах. Жители Москвы составляют пятую часть общероссийской аудитории.

Одновременно с ростом числа услуг связи будет меняться их качество - от простого телефонного сервиса до услуг мультимедиа, которые будут обеспечиваться интегральными цифровыми сетями связи.

Особенно быстрыми темпами в мире и у нас в стране идет развитие сети мобильной радиосвязи. Человек с сотовым телефоном, не привязанный шнуром к своему месту, превратился в своеобразный символ конца века.

Количество людей, пользующихся мобильными телефонами в мире, приближается к **600 млн.**

По числу абонентов системы мобильной связи уже можно судить об уровне и качестве жизни в данной стране. В этом смысле темпы роста абонентов мобильной связи в России (почти 200 % в год) являются показателем роста благосостояния общества.

Так, 1 января 2001 г. «трубками» пользовались 3,4 млн. россиян, 31 декабря того же года уже 7,8 млн. Именно благодаря столь бурному развитию этого рынка в 2001 г. доходы операторов новых видов связи (сотовой, пейджинговой, спутниковой и т.д.) превысили доходы от услуг фиксированной связи. Оборот «новых» операторов в 2001 г. достиг 101 млрд. руб., в то время как традиционные собрали 85 млрд. руб., и это притом, что последние обслуживают 85 % телекоммуникационной инфраструктуры России.

Исходя из макроэкономических показателей развития Российской Федерации, определенных в Основных направлениях социально-экономической политики Правительства Российской Федерации на долгосрочную перспективу, рынок телекоммуникационных услуг к 2010 г. будет характеризоваться следующим образом (табл. 1).

Объем капитальных затрат составит за 10 лет около 33 млрд. долларов США. Для стран с развитой экономикой развитие телекоммуникаций уже в настоящий момент характеризуется следующими показателями: телефонная плотность - 40-60 %, плотность мобильной связи - 25-40 %, плотность пользователей Интернета - 20-30 %.

Человечество движется по пути создания Глобального информационного общества. Его основой станет Глобальная информационная инфраструктура, составляющей которой будут мощные транспортные сети связи и распределенные сети доступа, предоставляющие информацию пользователям. *Глобализация связи и ее персонализация* (доведение услуг связи до каждого пользователя) - вот две взаимосвязанные проблемы, успешно решаемые на данном этапе развития человечества специалистами электросвязи.

Большинство специалистов сходятся во мнении, что дальнейшая эволюция телекоммуникационных технологий будет идти в направлениях увеличения скорости передачи информации, интеллектуализации сетей и обеспечения мобильности пользователей.

Высокие скорости. Необходимы для передачи изображений, в том числе телевизионных, интеграции различных видов информации в мультимедийных приложениях, организации связи локальных, городских и территориальных сетей.

Интеллектуальность. Позволит увеличить гибкость и надежность сети, сделает более легким управление глобальными сетями. Благодаря интеллектуализации сетей пользователь перестает быть пассивным потребителем услуг, превращаясь в активного клиента - клиента, который сможет сам активно управлять сетью, заказывая необходимые ему услуги.

Мобильность. Успехи в области миниатюризации электронных устройств, снижение их стоимости создают предпосылки к глобальному распространению мобильных оконечных устройств. Это делает реальной задачу предоставления услуг связи каждому в любое время и в любом месте.

В заключение отметим, что объем информации, передаваемой через информационно-телекоммуникационную инфраструктуру мира, удваивается каждые 2-3 года. Появляются и успешно развиваются новые отрасли информационной индустрии, существенно возрастает информационная составляющая экономической активности субъектов рынка и влияние информационных технологий на научно-технический, интеллектуальный потенциал и здоровье наций. Начало XXI века рассматривается как эра информационного общества, требующего для своего эффективного развития создания глобальной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, темпы развития которой должны быть опережающими по отношению к темпам развития экономики в целом. При этом создание российской информационно-телекоммуникационной инфраструктуры следует рассматривать как важнейший фактор подъема национальной экономики, роста деловой и интеллектуальной активности общества, укрепления авторитета страны в международном сообществе.

Современные телекоммуникационные системы и сети представляют сложный комплекс разнообразных технических средств, обеспечивающих передачу различных сообщений на любые расстояния с заданными параметрами качества. Основу телекоммуникационных систем составляют многоканальные системы передачи по электрическим, волоконно-оптическим кабелям и радиолиниям, предназначенные для формирования типовых каналов и трактов. На основе систем передачи строится телекоммуникационная сеть страны, реализуемая в виде комплексов технологически сопряженных сетей электросвязи общего пользования, ведомственных и частных сетей электросвязи на территории России, охваченная общим централизованным управлением и называемая Взаимоувязанной сетью связи Российской Федерации (ВСС РФ).

Взаимоувязанная сеть связи как информационная транспортная среда кроме сетей передачи привычных сообщений **позволяет создать:**

цифровую сеть связи с интеграцией служб, обеспечивающих полностью цифровые соединения между оконечными устройствами (терминалами) для предоставления абонентам широкого спектра услуг по передаче телефонных и нетелефонных сообщений, доступ к которым осуществляется через ограниченный набор стандартизированных многофункциональных интерфейсов;

интеллектуальную сеть, которая может предоставить абонентам расширенный набор услуг в заданное время в заданном месте, например, установление телефонного соединения с оплатой за счет вызываемого абонента, вызов по кредитной карте, общение по сокращенному набору номера, телеголосование и др.;

сотовые мобильные сети связи, предоставляющие абоненту, находящемуся в движении, возможность получить услуги связи в любом месте;

широкополосные цифровые сети с интеграцией услуг со скоростью обмена информацией свыше 140 Мбит/с;

высокоскоростные сети на основе транспортирования информации с помощью технологии асинхронного режима переноса (Asynchronous Transfer Mode - АТМ) и др.

Материалы, изучаемые в дисциплине, является основой для изучения специальных дисциплин, например таких, как «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Спутниковые и радиорелейные системы передачи», «Оптические системы передачи» и др.

Изучение дисциплины «Сети связи и система коммутации» предполагает соответствующую подготовку студентов по дисциплинам «Теория электрической связи» и «Теория электрических цепей», владение основными понятиями и определениями этих дисциплин, такими как: четырехполюсник и его основные параметры и характеристики, сообщение, сигнал, канал передачи, система передачи, частотное и временное разделение каналов, условия неискаженной передачи, частотное и временное представление сигналов, прямое и обратное преобразование Фурье, элементы теории случайных процессов и др.

Первое поколение телефонных станции характеризуется аналоговой передачей, ручным способом управления и сигнализации, кроссовой коммутацией. Начиная с 1990 г. и заканчивая 60-ми годами XX века, телефонная инфраструктура развивалась в «электромеханическом направлении», характеризующемся телефонами с дисковым номеронабирателем, внутрислобной сигнализацией, управлением с помощью релейных логических схем и автоматическим способом коммутации. С середины 60-х годов телефонные станции начинают развиваться в направлении цифровизации: вначале - цифровая передача, управление с помощью компьютера и внеполосная сигнализация; затем - цифровая коммутация и общеканальная сигнализация. Краткий исторический экскурс, вместе с некоторыми полезными сведениями общего характера, приводится в главе 1.

История автоматической коммутации началась еще в XIX веке с изобретения А. Стоуджером *декадно-шаговой* АТС, но и сегодня многие АТС такого типа продолжают эксплуатироваться во всепланетной телефонной сети. Декадно-шаговые и координатные АТС явили собой первые примеры *пространственных* коммутаторов, и только значительно позже эту технологию дополнила (и почти заменила) технология *временной* коммутации. Технические средства, на основе которых существуют сегодняшние (см. приведенную выше таблицу), и наличие которых должны принимать во внимание завтрашние сети электросвязи.

С начала 1970-х годов произошла вторая революция в сфере коммутации. Благодаря технологии цифровой передачи стало возможным передавать речь в цифровом формате. Как следствие, коммутационные станции тоже постепенно стали цифровыми. Принципы цифровой коммутации изложены в самой объемистой главе 4, а примеры реализации этих принципов - в главах 5

и 6. Здесь автор посчитал лучшим способом преподнесения материала - обучение на примерах.

Основные задачи АТС всех типов связаны с обслуживанием сети абонентской сети доступа и с взаимодействием в сети связи. В главе 7 рассматривается первая группа этих функций, включая первичный и базовый доступ ISDN, оборудование абонентского доступа (концентраторы, мультиплексоры, беспроводный доступ), интерфейсы V5.1 и V5.2n др. INAP) и с IP-сетями (протоколы H.323, SIP, MEGACO, а также SCTR M2UA, M2PA, M3UA) и другие протоколы рассмотрены в главе 8. Исключение составляет интерфейс с пультом управления системы оперативно-розыскных мероприятий (ПУСОПМ) по протоколу X.25, описание которого приведено в главе 10, посвященной технической эксплуатации. Естественно, что все эти протоколы сигнализации реализуются средствами программного управления АТС, которые рассматриваются в главе 9.

Интеллектуальную сеть (ИС) как на высшее достижение ТфОП, в рамках которого впервые было внятно сформулирован отделение телекоммуникационных услуг от непосредственного обслуживания телефонных вызовов. Созданы новые принципы и средства создания услуг, наполненные содержанием не связанные с соединением (connectionless) телекоммуникационные протоколы и др. Архитектура ИС в традиционной телефонии играет практически ту же роль, что и архитектура ЭВМ фон Неймана сыграла в вычислительной технике. Некоторые перспективные решения и технологии предоставления услуг непосредственно в АТС с помощью компьютерной телефонии и с использованием Интернет имеет важные практические значение.

Дисциплина предназначена для студентов телекоммуникационных университетов и других высших учебных заведений, обучающихся по специальности 200900-«Сети связи и система коммутации», а так же по специальностям 201000- «Многоканальные телекоммуникационные системы» и 550400- «Телекоммуникации», и соответствует программе, утвержденной управлением руководящих кадров и учебных заведений Министерства Российской Федерации по связи и информатизации. Он может также быть использован работниками эксплуатационных, научно-исследовательских и проектных организаций, занимающимися коммутационными узлами и станциями.

Литература: Осн. [4] стр. 4 – 9

Доп. [2] стр. 11-38

Контрольные вопросы:

1. Перечислите, какие основные этапы развития электросвязи?
2. Укажите эволюцию телефонных станции, от ручного коммутатора до цифровых АТС.
3. Укажите современные тенденции развития электросвязи.
4. Какая основная задача изучения дисциплины СС и СК?

Лекция № 2. Общие принципы построения телекоммуникационных сетей

2.1 Назначение и состав сетей электросвязи

Основными компонентами сети электросвязи являются:

сетевые узлы и сетевые станции, в которых устанавливается каналообразующая аппаратура и осуществляется переключение каналов или групп каналов и сетевых трактов;

линии передачи, соединяющие между собой сетевые станции или сетевые узлы и оконечные устройства;

узлы (центры) коммутации (УК), распределяющие сообщения в соответствии с адресом; УК могут быть транзитными, оконечными (если к ним подключаются ОП) и смешанного типа;

оконечные пункты (ОП), обеспечивающие ввод/вывод сообщений абонента. ОП, расположенный непосредственно у абонента, называется абонентским пунктом (АП). АП может быть индивидуального пользования, часто называемый **терминалом**, или коллективного пользования;

концентраторы и мультиплексоры, обеспечивающие улучшение использования пропускной способности каналов связи путем их уплотнения. Каналы могут быть магистральными (между УК) и абонентскими (между ОП и УК);

многоуровневая система управления, обеспечивающая эффективное использование сетевых ресурсов.

Классификация сетей электросвязи.

Данная классификация основана на следующих признаках.

1. *По типу передаваемых сообщений:* телефонные сети, телеграфные сети, сети передачи данных, факсимильные сети и. передачи газет, сети звукового вещания, цифровые сети интегрального обслуживания.

2. *По категории пользователей:* сети общего назначения, ведомственные (корпоративные) сети.

3. *По скорости передачи сообщений:* низкоскоростные сети, среднескоростные сети, высокоскоростные сети.

4. *По размеру (степени охвата):* глобальные сети, региональные (зональные) сети; локальные сети.

5. *По способу коммутации:* сети с долговременной (кроссовой) коммутацией, сети с оперативной коммутацией, сети с коммутацией каналов (КК), сети с коммутацией сообщений (КС), сети с коммутацией пакетов (КП), сети с гибридной коммутацией (ГК), сети с адаптивной коммутацией (АК).

6. *По типам используемых каналов связи:* проводные сети, радиосети, волоконно-оптические сети, спутниковые сети.

7. *По способу управления сетью:* централизованное управление, децентрализованное управление, смешанное управление, статическое управление, квазистатическое управление, динамическое управление.

Система управления сетью предназначена для наиболее эффективного использования сетевых ресурсов в изменяющихся условиях эксплуатации.

По принципу размещения системы управления различают **централизованное** управление, когда основные функции управления сетью выполняет специально выделенный центр управления.

Децентрализованное управление имеет распределенную структуру.

Смешанное (зоновое) управление предлагает централизованное управление внутри определенных зон, а зоны управляются централизованно (возможно и наоборот).

По степени приспособления (адаптации) системы управления к ситуации сложившейся на сети, различают:

статическое управление, когда возможные изменения заранее предусмотрены, а если происходят непредусмотренные изменения, то сеть выходит из строя;

квазистатическое управление, когда система управления может противостоять некоторым нарушениям, не предусмотренным основной программой работы сети;

динамическое управление, когда система управления обеспечивает эффективную работу сети, отслеживая ее текущее состояние.

Методы коммутации в сетях электросвязи

Долговременной, или кроссовой, коммутацией называется способ, при котором между двумя точками сети устанавливается постоянное прямое соединение, длительность которого измеряется часами, сутками и т.д. Каналы связи, участвующие в таких соединениях, называются выделенными.

Более распространенной является *оперативная* коммутация, когда между двумя точками сети организуется временное соединение.

При *непосредственном соединении* осуществляется физическое соединение входящих в УК каналов с соответствующими адресу исходящими каналами.

При *соединении с накоплением* сигналы из входящих в УК каналов сначала записываются в запоминающее устройство (ЗУ), а затем поступают в исходящие каналы по мере их освобождения.

Принцип непосредственного соединения реализуется в системе коммутации каналов (КК).

Коммутация каналов - это совокупность операций по соединению каналов для получения сквозного физического канала между ОП через УК.

При коммутации каналов сначала организуется *сквозной канал* между абонентами через УК, а затем происходит передача сообщений. Установленное соединение ликвидируется после соответствующего решения абонентов.

Достоинства коммутации каналов состоят в следующем:

после организации соединения абоненты могут вести передачу в любое время, независимо от нагрузки других абонентов;

передача осуществляется с фиксированной задержкой, т.е. в реальном масштабе времени (режим диалога).

Недостатки этого способа установления соединений заключаются в плохом использовании ресурсов сети, в частности каналов, если

взаимодействующие абоненты недостаточно активны и между передачами получаются длительные паузы.

При коммутации с накоплением ОП постоянно связан со своим УК (или несколькими УК) и передает ему сообщения, которые затем через другие УК передаются соответствующим абонентам. Существуют две разновидности систем с накоплением: система коммутации сообщений (КС) и система коммутации пакетов (КП).

Метод КП отличается от КС тем, что сообщение передается не целиком, а разбивается на части - пакеты.

Вследствие небольшой длины пакетов (обычно порядка 1000 бит) и применения высокопроизводительных центров коммутации пакетов (ЦКП) принцип КП по сравнению с КС позволяет существенно снизить время доставки сообщения получателю и организовать диалоговый режим передачи. Основной особенностью сетей с КП является высокая степень использования связных ресурсов за счет временного разделения канального и коммутационного оборудования между многими пользователями и высокоскоростной передачи сравнительно коротких пакетов. В табл. 1 приведены для сравнения характеристики сетей с различными способами коммутации.

Различают два режима передачи и коммутации в сетях КП: виртуальный (КП-В) и датаграммный КП-Д) режимы

Виртуальный режим коммутации пакетов. В режиме КП-В перед передачей сообщения между отправителем и получателем организуется виртуальный канал, по которому передаются все пакеты данного сообщения. Принципиальное отличие виртуального канала от физического, устанавливаемого при КК, заключается в том, что он может предоставляться на отдельных участках одновременно многим пользователям. В одном физическом канале может быть организовано до нескольких тысяч виртуальных каналов. Для каждой пары абонентов виртуальный канал сохраняет последовательность передаваемых пакетов так же, как и физический канал при КК.

Режим датаграммной передачи. В этом режиме виртуальное соединение предварительно не устанавливается и каждый пакет, называемый *датаграммой*, передается и обрабатывается в сети как самостоятельное сообщение. Каждая датаграмма содержит адрес, что увеличивает объем служебной информации и снижает коэффициент использования каналов. Кроме того, независимая передача пакетов приводит к нарушению порядка их выдачи получателю. Восстановление правильного порядка следования пакетов связано с усложнением соответствующих процедур передачи.

Эти недостатки ограничивают применение режима КП-Д. С другой стороны, преимуществом КП-Д является возможность передачи пакетов одного и того же сообщения одновременно по разным маршрутам. При этом сокращается время доставки сообщения и обеспечивается более высокая надежность доставки в условиях отказов отдельных элементов сети. Кроме того, режим КП-Д обеспечивает более гибкую маршрутизацию пакетов и, как следствие, более эффективное использование сетевых ресурсов. В настоящее время сетевыми

протоколами предусматривается использование обоих режимов с некоторым предпочтением КП-В.

Гибридной коммутацией (ГК) называется такой способ, при котором в одном и том же УК часть сообщений обслуживается в режиме КК, а другая часть в режиме КС или КП. При этом усложняется узел коммутации и сеть становится дороже. Однако сочетание нескольких (обычно двух) видов коммутации в ряде случаев обеспечивает эффективное использование сетевых ресурсов.

Адаптивная коммутация предполагает выбор способа коммутации в зависимости от вида поступившего сообщения. Например, длинные сообщения обслуживаются методом КС, при необходимости диалога используется КК, при передачи данных - КП.

Первичная сеть электросвязи. Первичной сетью ВСС называется совокупность линий передачи, сетевых узлов и сетевых станций, образующих сеть типовых каналов передачи и сетевых трактов. На рис. 9 поясняется принцип организации первичной сети. Сетевые узлы организуются на пересечении нескольких линий передачи, в них устанавливается каналообразующая аппаратура систем передачи и осуществляется переключение каналов или их групп, принадлежащих разным системам.

Первичная сеть по территориальному принципу подразделяется на магистральные, внутризоновые и местные первичные сети.

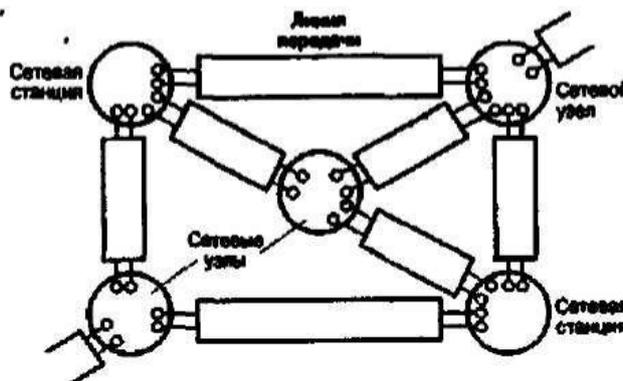


Рисунок 2.1 – Структура первичной сети

Магистральная первичная сеть соединяет каналами различных типов все областные и республиканские центры.

Внутризоновая первичная сеть, в основном, соединяет различными каналами районные сети данной области друг с другом и с областным центром.

Местные первичные сети ограничены территорией города или сельского района. Они обеспечивают возможность организации каналов (или физических пар проводов) между станциями и узлами этих сетей, а также между абонентами. Часто внутризоновую сеть и местные первичные сети объединяют одним названием - *зоновая* первичная сеть.

Сетевые узлы переключения являются менее крупными, располагаются на всех ярусах первичной сети и организуются на пересечении различных линий передачи малой мощности. На этих узлах осуществляется переключение каналов и усиление сигналов.

Сетевые узлы выделения устанавливаются на магистральной и внутризоновой первичных сетях и предназначены для организации выделения каналов потребителям.

Сетевые станции (магистральные, внутризоновые, местные) являются окончательными точками сети и размещаются либо в удалении от соответствующих сетевых устройств и тогда соединяются с последними соединительными линиями, либо располагаются совместно с сетевыми узлами.

Основным типовым каналом передачи первичной сети ВСС является канал тональной частоты (ТЧ), обеспечивающий передачу между двумя сетевыми узлами (станциями) или между сетевым узлом и сетевой станцией электрических сигналов с полосой частот 0,3...3,4 кГц. Для передачи сигналов с широким спектром частот в первичной сети создаются широкополосные каналы передачи: первичные (объединяются 12 каналов ТЧ) и вторичные (объединяются 60 каналов ТЧ). Они используются для высокоскоростной передачи данных или факсимильной передачи газет. Могут быть организованы каналы и с более широкой полосой пропускания.

Многоуровневый подход. Протоколы, интерфейс, стек протоколов

Средства сетевого взаимодействия могут быть представлены на основе многоуровневого подхода. При этом все множество модулей разбивается на уровни, образующие иерархию, то есть имеются вышележащие и нижележащие уровни. Преимуществом многоуровневого подхода является возможность модификации отдельных модулей без изменения остальной части системы. Модули нижнего уровня могут, например, обеспечивать надежную передачу электрических сигналов между двумя соседними узлами. Модули более высокого уровня организуют транспортировку сообщений в пределах всей сети, используя средства нижележащих уровней. На верхнем уровне функционируют модули, обеспечивающие пользователям доступ к различным службам.

На рис. 11 изображена модель взаимодействия двух узлов.

Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты одноименных уровней разных узлов (систем), называются *протоколами*.



Рисунок 2.2 – Иерархия взаимодействия двух узлов

Модули соседних уровней одного узла также взаимодействуют друг с другом в соответствии с четко определенными правилами, которые называются *интерфейсом*. Кроме рассмотренных используется более узкое, чем интерфейс,

понятие *стык*, которое обозначает совокупность соединительных цепей и правил взаимодействия различных устройств, определяющих тип и назначение соединительных цепей, порядок обмена, а также тип и форму сигналов, передаваемых по этим цепям.

Примером открытой системы является международная сеть Internet. На рис. 12 представлена обобщенная модель взаимодействия открытых систем А и В (модель ВОС или OSI). Средства взаимодействия делятся на семь уровней: прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический. Рассмотрим назначение уровней.

Уровень 1 - физический (Physical layer) обеспечивает установление соединения, поддержание и разъединения физических каналов для передачи электрических сигналов в виде единичных элементов (битов).



Рисунок 2.3 – Модель взаимодействия открытых систем ВОС (ISO/OSI).

Примерами физических каналов являются коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой канал.

Уровень 2 - канальный (Data Link layer) в качестве одной из задач осуществляет проверку доступности среды передачи. Иными словами, одной из функций этого уровня является установление соединения, поддержание и разъединение *канала передачи данных*. Другой задачей канального уровня является повышение верности передачи на основе обнаружения и исправления ошибок.

Уровень 3 - сетевой (Network layer) предназначен для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, которые используют разные протоколы канального уровня.

Проблема выбора наилучшего пути доставки сообщений называется маршрутизацией и осуществляется маршрутизаторами.

Уровень 4 - транспортный (Transport layer) обеспечивает верхним уровням (прикладному и сеансовому) передачу данных с той степенью надежности, которая им необходима. Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемых транспортным уровнем.

Протоколы нижних четырех уровней называют сетевым транспортом или транспортной подсистемой.

Уровень 5 - сеансовый (Session layer) обеспечивает управление диалогом: фиксирует какая из сторон является активной в данный момент, предоставляет средства синхронизации. На практике сеансовый уровень редко реализуется в виде отдельных протоколов.

Уровень 6 - представительный (Presentation layer) имеет дело с формой представления передаваемой информации, не меняя ее содержания. Благодаря этому уровню, информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных для обеспечения секретности обмена данными сразу для всех служб.

Уровень 7 - прикладной (Application layer) - это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют свою совместную работу, например, с помощью протокола электронной почты. Прикладной уровень в качестве единицы данных использует сообщение (message).

Литература: Осн. [4] стр. 4 – 9

Доп. [2] стр. 11-38

Контрольные вопросы:

1. Что такое сети электросвязи? Их классификация.
2. Назначение и состав сетей электросвязи.
3. Методы коммутации в сетях электросвязи.
4. Основные фазы коммутации каналов.
5. Основные фазы коммутации сообщений.
6. Основные фазы коммутации пакетов.
7. Сущность виртуального режима коммутации каналов.
8. Сущность режима датаграммной передачи.
9. Основные структуры сетей электросвязи.

Лекция 3 Особенности построения вторичных телекоммуникационных сетей

3.1 Состав и назначение сетей телефонной связи

Вторичная сеть общего пользования представляет собой совокупность автоматических телефонных станции (АТС), узлов автоматической коммутации (УАК), абонентских аппаратов и линий, а также каналов передачи, полученных из первичной сети. В этой вторичной сети существует иерархия, подобная ярусам первичной сети.

Система телефонной связи предназначена для удовлетворения населения и предприятий в передаче сообщений пользователей как в пределах страны, так и при выходе на международную телефонную сеть, и представляет следующие виды услуг:

1. *Услуги доставки сообщений*: речевых, факсимильных, электронной почты, данных. Эти услуги предоставляются техническими службами, использующими физические ресурсы сети.

2. *Специальные услуги* - это информационно-справочные, заказные и дополнительные, предоставляемые службами сервиса автоматически или с помощью оператора. **К ним, в частности, относятся:**

- справочная местной телефонной сети;
- справочная точного времени;
- заказная междугородной телефонной сети МТС;
- справочная междугородной и международной сети;
- прием телеграмм по телефону;
- заказная ремонта телефонной сети;
- заказная ремонта таксофонов.

Дополнительные виды обслуживания (ДВО) могут предоставляться общесетевыми службами или службой той станции, куда подключена линия абонента, программно-аппаратными средствами станции или сети. К ДВО относятся, например:

- сокращенный набор номера вызываемого абонента;
- передача входящего вызова на другой аппарат (переадресация);
- предоставление возможности получения справки во время разговора с одним из пользователей;
- конференц-связь трех и более пользователей;
- прямой вызов (соединение без набора номера).

3.2 Структура вторичных цифровых сетей общего пользования.

Цифровой называют сеть, в которой информация передается между абонентскими пунктами (АП) только в цифровой форме. Структура цифровой сети (Рис. 3.1) существенно проще структуры аналоговой вторичной телефонной сети по следующим причинам.

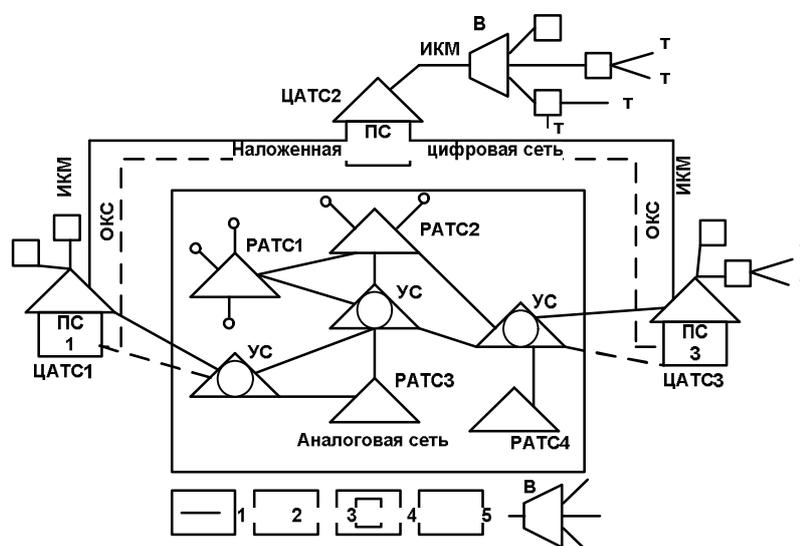


Рисунок 3.1 - Структура аналоговой вторичной сети переходного периода

1. Отсутствуют жесткие ограничения максимальной емкости ЦСК (количества портов - абонентских и соединительных линий), которые имеются (существуют) для аналоговых оконечных станций и узлов. Поэтому для построения цифровой сети заданной емкости требуется меньшее количество станций, чем для построения аналоговой сети.

2. Практическое отсутствие ограничений на расстояние между станциями и узлами благодаря использованию систем передачи с ИКМ.

Эти особенности позволяют строить цифровую вторичную сеть как одноуровневую, т.е. без узлов.

Станции такой сети могут быть связаны друг с другом по способу «каждая с каждой» линиями с ИКМ и могут использоваться как оконечные или как совмещенные (оконечные и транзитные).

Для обмена сигнальными сообщениями при межстанционной связи выделяется сигнальная подсеть с коммутацией пакетов. Эта подсеть образована пунктами сигнализации (ПС), связывающими их с ОКС.

3.3 Состав и назначение телеграфных сетей

Вторичная телеграфная сеть Казахстана состоит из трех коммутируемых сетей (рис. 3.2):

1) *общего пользования (ОП)*, по которой передаются телеграммы, принятые в городских отделениях связи (ГОС), районных узлах связи (РУС) или непосредственно на телеграфных узлах и доставляемые адресатам (учреждениям, предприятиям и частным лицам);

2) *абонентского телеграфирования (АТ)*, по которой передаются телеграммы или организуются телеграфные переговоры между оконечными установками абонентов этой сети;

3) *международного абонентского телеграфирования «Телекс»*, по которой передаются телеграммы или организуются телеграфные переговоры абонентов этой сети, находящихся в нашей стране и за рубежом.

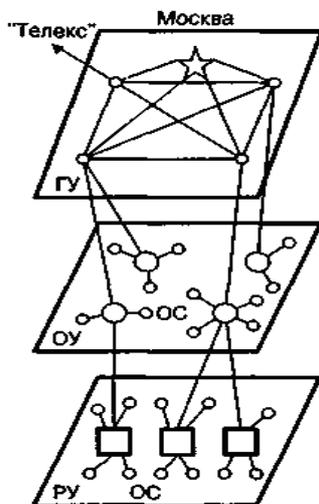


Рисунок 3.2 - Структура телеграфной сети.

Телеграфные каналы между узлами создаются на базе каналов передачи первичных сетей электросвязи. Она построена по комбинированному принципу: узлы высшей категории соединяются по принципу «каждый с каждым», а узлы более низкой категории - по радиально-узловому принципу.

1. Главные узлы (ГУ), столицах республик и крупных областных центрах, где проходят большие потоки телеграфных сообщений.

2. Областные узлы, которые являются центрами областных телеграфных связей.

3. Районные узлы являющиеся центрами районных телеграфных связей.

На сети имеются узлы трех типов.

1. *Телеграфная сеть общего пользования.* Телеграфная сеть общего пользования (Тлг ОП) предусматривает организацию по всей стране отделений связи городских (ГО), районных (РО), сельских (СО), в которых отправители сдают телеграммы, а отделения связи обеспечивают доставку телеграмм непосредственно получателю. На разных этапах развития Тлг ОП базировалась на принципах КС, КК и их сочетаний. В перспективе на сети будут использоваться только методы КС и КП.

Сеть с использованием на всех ее участках, кроме местного, коммутации каналов (КК + КС) получила название прямых соединений (ПС). Структурная схема системы ПС приведена на рис. 3.3.

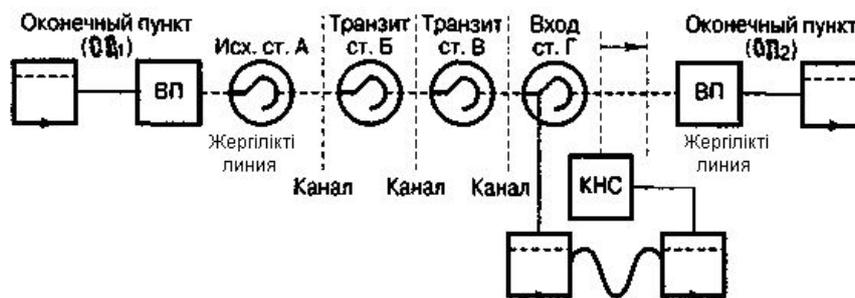


Рисунок 3.3 - Структурная схема системы ПС

2. Сеть абонентского телеграфирования.

Абоненту сети АТ предоставляются следующие возможности:

- получение немедленного соединения с любым другим абонентом этой сети и ведение с ним теле- графные переговоры поочередной двусторонней связи;
- передача телеграмм другим абонентам сети АТ независимо от присутствия обслуживающего персонала у приемного аппарата;
- соединение со стационарным аппаратом своего узла коммутации для передачи сообщений абонентам, не включенным в сеть АТ;
- прием информации, поступившей от абонента другой сети через местный узел коммутации.

Развитие сети АТ приводит к значительной разгрузке сети ОП в первую очередь от транзитной корреспонденции, существенно снимаются пики нагрузки в конце рабочего дня.

Схема абонентской телеграфной связи приведена на рис. 4.

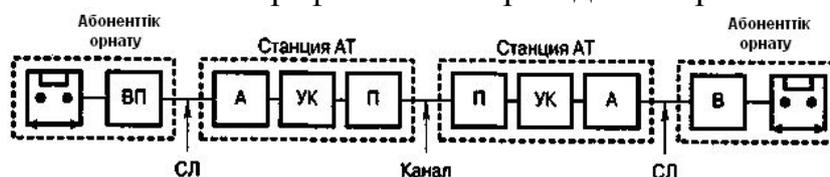


Рисунок 3.4 – Структурная схема абонентской телеграфной связи

Оборудование оконечной установки сети АТ аналогично оборудованию оконечного пункта сети ПС. В качестве оконечной телеграфной аппаратуры в основном применяются рулонные аппараты, а в последнее время персональные компьютеры с адаптерами.

Аппарат снабжается устройством автоответа. Вызывной прибор (ВП), оборудованный номеронабирателем, вызывной и отбойной кнопками и двумя

сигнальными лампочками, позволяет производить вызов узла коммутации станции АТ и автоматическое включение аппарата по команде со станции.

3. Разновидностью абонентского телеграфа является *международный абонентский телеграф «Телекс»*. Он предназначен для обеспечения документальной связью посольств, торгпредств, иностранных корреспондентов и иных абонентов, передающих сообщения в другие страны. Эта сеть объединяет до 100 стран. Набор номера абонента обычно осуществляется с клавиатуры телеграфного аппарата. При этом телеграфный аппарат вызываемого абонента включается сразу же после сигнала вызова. Набор номера вызываемого абонента осуществляется передачей на узел коммутации стартстопных комбинаций. Все сигналы, поступающие со станции на аппарат абонента, также передаются стартстопными сигналами («Ответ станции», «Соединение», «Занято» и др.).

Понятие о службе «Телетекс». «Телетекс» - документальная система передачи деловой буквенно-цифровой корреспонденции, построенная по абонентскому принципу, т.е. с возможностью диалога. Эта служба явилась результатом слияния сети «Телекс» и современных телетайпов, имеющих расширенные возможности, например F-2500.

Система «Телетекс» имеет следующие отличия от системы «Телекс»:

расширенный набор знаков первичного алфавита - 256;

скорость передачи - 2400 бит/с;

высокую верность - $P_{\text{ош}} < 10^{-6}$ на знак;

возможность редактирования текста сообщения;

возможность хранения текста в памяти.

Основные отличия сетей ПД от системы «Телетекс» заключается в том, что «Телетекс» передает, в основном, текстовую информацию, а сети ПД - данные.

Сети передачи данных. По сравнению с традиционными телеграфными сетями к сетям ПД предъявляются более жесткие требования по верности, скорости передачи и надежности.

Вторичная сеть ПД - это совокупность аппаратных и программных средств для ПД между ЭВМ, а также между пользователями и ЭВМ.

Поскольку сеть ПД является основой, ядром для создания информационно-вычислительных сетей (ИВС), она иногда называется *базовой сетью ПД*.

Цифровые сети передачи данных с коммутацией каналов.

Общим отличительным признаком цифровых сетей ПД является применение цифровых систем передачи (ЦСП) на всех участках сети, начиная от абонентских и кончая магистральными линиями, и электронных станций. Классификация сетей ПД приведена на рис. 3.5.

Цифровые сети ПД по сравнению с традиционными сетями характеризуются высокой верностью, большими скоростями передачи, малым временем установления соединения и высокой надежностью.

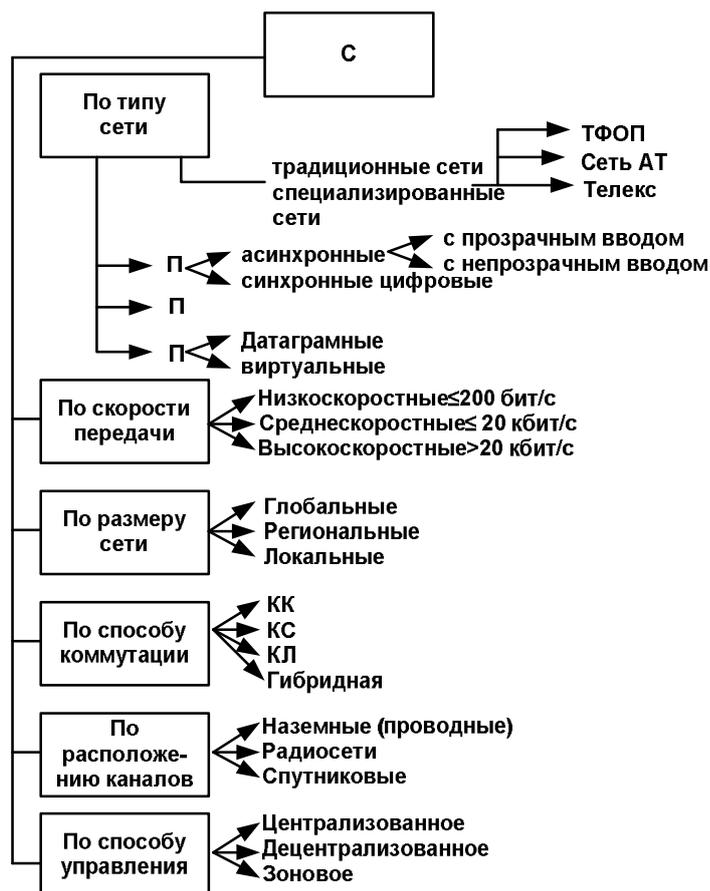


Рисунок 3.4 - Классификация сетей электросвязи.

Вероятность ошибки на знак в этих сетях $\leq 10^{-6} \dots 10^{-7}$, скорость передачи по высокоскоростным каналам ПД - десятки, сотни Кбит/с и десятки Мбит/с. Благодаря цифровым системам коммутации сокращается время установления соединения до нескольких секунд и меньше. Надежность в цифровых сетях обеспечивается за счет более высокой надежности ее элементов: реализации ЦСП на БИС, резервирования оборудования систем коммутации, а также благодаря гибкой системе управления сетью на базе ЭВМ.

Эта система позволяет оперативно управлять сетью ПД, эффективно контролировать ее состояние, а в случае выхода из строя отдельных участков сети быстро находить обходные пути.

Применение в цифровых сетях ПД управляющих систем позволяет ввести большой набор новых услуг, например, организацию закрытых групп пользователей, прямой и сокращенный вызов, идентификацию вызываемого абонента.

Сети передачи данных с коммутацией сообщений.

В сетях передачи данных с коммутацией сообщений (сетях ПД-КС рис. 1.10) сообщение, кроме данных, содержит служебные признаки, в том числе адрес получателя, категорию сообщения и т. д.

В ЦКС служебная часть анализируется, и сообщение передается в следующий ЦКС в соответствии с выбранным направлением. Сообщение ставится в очередь и находится в памяти ЦКС, пока все сообщения, находящиеся в очереди перед ним, не будут переданы.

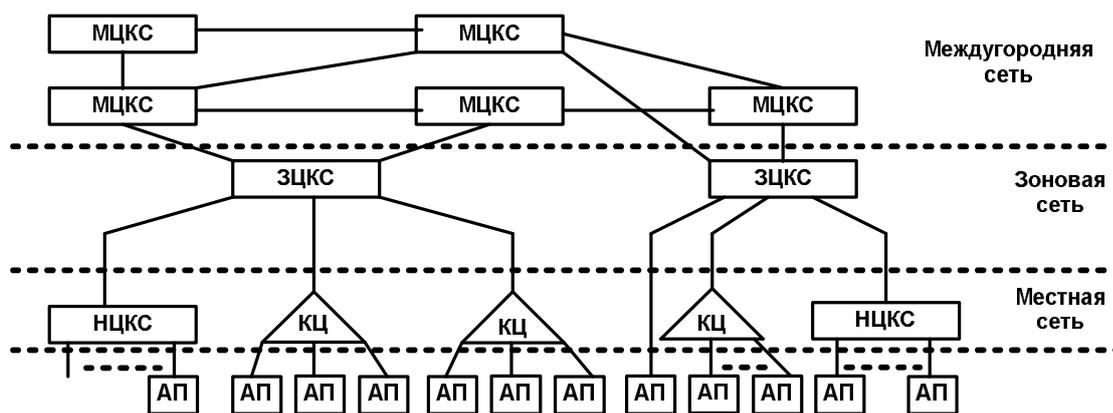


Рисунок 3.5 – Фрагмент сети ПД-КС

Сообщения между ЦКС передаются с более высокими скоростями, чем на абонентском участке, однако задержки в сети с КС зависят не от времени передачи по каналу связи, а от времени нахождения сообщения в очереди ЦКС. Это время зависит от нагрузки сети, производительности ЦКС и ряда других факторов.

Переменное и значительное время доставки сообщений через сеть КС является одной из основных особенностей сетей ПД-КС. В силу этого обстоятельства отсутствует возможность работы в реальном масштабе времени и невозможность режима диалога. Другой особенностью сети ПД-КС является то, что за доставку сообщения отвечают непосредственно технические средства сети, а не пользователи, так как у отправителя нет прямой связи с получателем.

В ЦКС сетей ПД-КС для управления всеми процессами приема и передачи, а также выполнения ряда дополнительных функций используются ЭВМ.

При объединении большого числа АП в составе сети ПД-КС она должна иметь иерархическую структуру, содержащую несколько уровней. На рис. 6 приведен фрагмент участка сети ПД-КС, состоящий из четырех уровней.

На верхнем уровне располагаются междугородные МЦКС, на следующем - зоновые ЗЦКС, далее - низовые центры НЦКС и концентраторы КЦ и на самом нижнем уровне - АП. Связь МЦКС между собой осуществляется по полносвязной схеме, скорости передачи 4800 бит/с и выше.

Непосредственно к МЦКС могут подключаться крупные вычислительные центры коллективного использования ВЦКП.

Зоновые центры ЗЦКС для обеспечения живучести и повышения надежности сети в целом подключаются не менее чем к двум МЦКС. Скорость передачи от ЗЦКС к МЦКС обычно 2400 или 4800 бит/с.

По радиальным направлениям к ЗЦКС подключаются НЦКС и КЦ для более эффективного использования каналов на нижних уровнях сети. Скорости передачи составляет 1200 или 2400 бит/с. Абонентские пункты (АП) подключаются, как правило, к НЦКС и КЦ и передают данные со скоростями 50... 1200 бит/с. При более высокоскоростной передаче АП может непосредственно включаться в ЗЦКС.

В сетях ПД-КС оптимальный путь должен выбираться в каждом ЦКС с учетом состояния других ЦКС, расположенных на направлении передачи.

Сообщение, передаваемое по сети ПД-КС, представляется в определенной форме, регламентирующей его предельный объем, состав и расположение служебной и информационной частей.

Форматом сообщения называется определенная последовательность элементов сообщения, имеющих строго заданное назначение.

Иногда добавляют и другие признаки - например, начало заголовка, конец сообщения, конец передачи и т. п.

Главное достоинство метода КС - высокая эффективность использования пропускной способности канала. Применение КС в основном ограничивается телеграфными сетями. В сетях ПД этот принцип используется для организации дополнительных видов обслуживания.

Сети передачи данных с коммутацией пакетов.

При коммутации пакетов сообщения делятся на пакеты, передающиеся по сети с высокой скоростью, малой вероятностью ошибки и небольшой задержкой.

При этом более эффективно используются удаленные вычислительные ресурсы, пропускные способности каналов связи и производительности коммутационных систем.

Пакетом называется последовательность двоичных символов, состоящая из данных (информационной части), сигналов управления соединением и поля контроля ошибок, которые располагаются в определенном формате. Пакеты обычно имеют длину порядка 1000 бит и образуются путем деления более длинного сообщения на части.

Основной особенностью сетей ПД-КП является высокая степень использования связных ресурсов за счет временного разделения канального и коммутационного оборудования между многими пользователями и высокоскоростной передачи небольших по размеру пакетов.

Структура сети передачи данных общего пользования с коммутацией пакетов. На рис. 3.6 представлен фрагмент сети ПД-КП, включающий четыре уровня. На верхнем уровне располагаются междугородные центры коммутации пакетов МЦКП, на третьем уровне - зонные центры ЗЦКП, на втором - концентраторы КЦ и на первом - оборудование пользователей, которое может включать АП стартстопного, синхронного и пакетного типов, ПЭВМ и вычислительные центры, оборудованные процессорами телеобработки (ПТ).

В состав сети ПД-КП входят шлюзы - специальные устройства, через которые взаимодействуют с сетью ПД-КП другие сети (ПД-КП, ПД-КК, ТГОП, ТФОП и др.).

Основным протоколом взаимодействия сети ПД-КП является рекомендация Х.25 МСЭ-Т (МККТТ). Этот протокол определяет процедуры взаимодействия между пакетными ООД (оконечное оборудование данных) и АКД (аппаратура окончания канала данных).

В сетях ПД-КП обеспечивается эффективное использование связных и вычислительных ресурсов на основе мультиплексирования каналов, контроля потоков и маршрутизации.

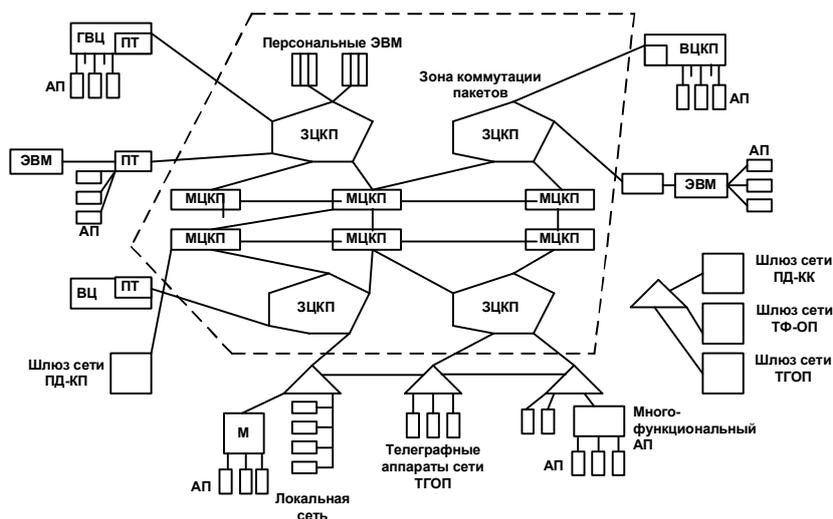


Рисунок 3.6 – Фрагмент сети ПД-КП

По сравнению с сетями ПД-КК и ПД-КС существенно повышается производительность, надежность и верность передачи, значительно сокращается время доставки сообщения.

Структура информационно-вычислительной сети.

Для создания крупномасштабных систем обработки данных вычислительные центры (ВЦ) и ЭВМ, обслуживающие отдельные предприятия и организации, объединяются с помощью средств передачи данных в информационно-вычислительные сети ИВС (рис. 3.7), где приняты такие обозначения: БД - банк данных; ГВМ - главная ЭВМ; ВЦКП - вычислительный центр коллективного пользования; ПЭВМ - персональная ЭВМ; АС - администратор сети; УМПД - удаленный ПТД-процессор телеобработки данных; УК - узел коммутации; ЦК - центр коммутации; МПД - мультиплексор ПД; ТЭВМ - терминальная ЭВМ; мультиплексор ПД.

ИВС подразделяются на **четыре** взаимосвязанных объекта:

- базовая сеть передачи данных;
- сеть ЭВМ;
- терминальная сеть;
- администратор сети.

Базовая сеть ПД - совокупность аппаратных и программных средств для ПД как между ЭВМ, так и между другими устройствами ИВС. Состоит из каналов связи и узлов коммутации (центров коммутации). Обычно УК реализуется на основе коммутационной ЭВМ и АПД. Таким образом, базовая сеть ПД является ядром ИВС, обеспечивая физическое объединение ЭВМ и прочих устройств.

Сеть ЭВМ - совокупность ЭВМ, объединенных базовой сетью ПД. Сеть ЭВМ включает в себя главные ЭВМ (ГВМ), банки данных (БД), вычислительные центры коллективного использования (ВЦКП), а также терминальные ЭВМ (ТЭВМ). Основная задача ТЭВМ - сопряжение терминалов с базовой сетью ПД. Эту функцию могут выполнять также ПТД (процессоры телеобработки данных) и УМПД (удаленные мультиплексоры ПД). Кроме того, терминалы могут подключаться даже к главным ЭВМ.

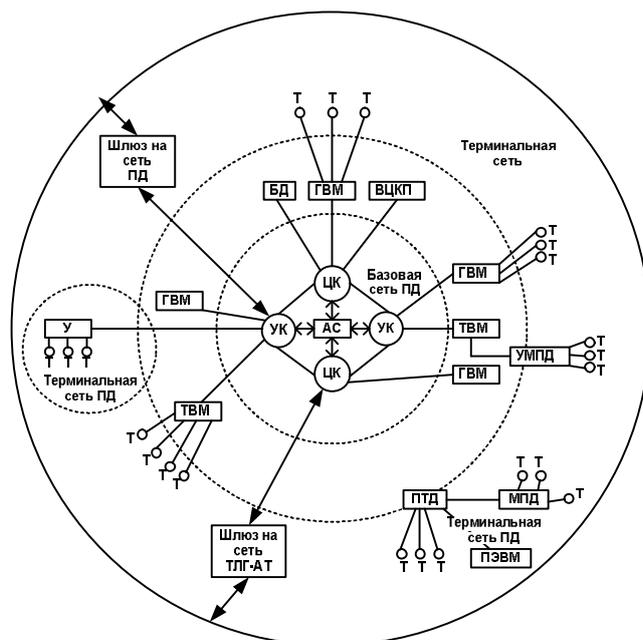


Рисунок 3.7 – Структура ИВС

Терминальная сеть - совокупность терминалов и терминальных сетей ПД. Под терминалом понимаются устройства, с помощью которых абоненты осуществляют ввод/вывод данных. В качестве терминалов могут использоваться интеллектуальные терминалы (ПЭВМ) и АП (абонентские пункты). Для подключения терминалов к сети ЭВМ, кроме, естественно, каналов связи, применяются терминальные ЭВМ (ТВМ), УМПД (удаленные мультиплексоры ПД), ПТД (процессоры телеобработки данных).

Административная система обеспечивает контроль состояния ИВС и управление ее работой в изменяющихся условиях. Данная система включает специализированные ЭВМ, терминальное оборудование и программные средства, с помощью которых:

- включается или выключается вся сеть или ее компоненты;
- контролируется работоспособность сети;
- устанавливается режим работы сети и ее компонентов;
- устанавливается объем услуг, предоставляемых абонентам сети, и т. д.

Шлюзовые элементы ИВС обеспечивают совместимость как базовой сети ПД, так и всей ИВС с другими внешними сетями. Протоколы внешних ИВС могут отличаться от имеющихся протоколов. Поэтому шлюзы при необходимости обеспечивают преобразование и согласование интерфейсов, форматов, способов адресации и т. п. Шлюзы реализуются на специализированных ЭВМ.

ИВС можно условно разделить на два класса:

- территориальные, т.е. имеющие большую площадь обслуживания;
- локальные - размещающиеся, как правило, внутри одного здания.

Телематические службы

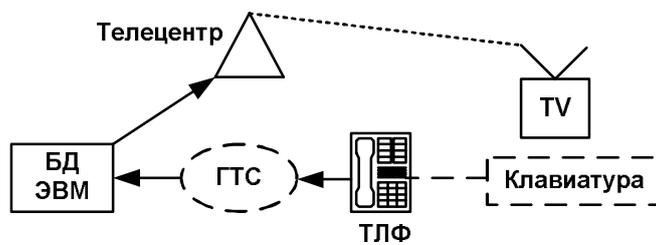
В настоящее время значительно увеличилось количество разнообразных услуг, предоставляемых сетями связи. Причем наметилась тенденция

приблизить сетевые и сервисные службы к потребителю. Для этих целей широко используются такие средства, как ПЭВМ, телефон, телевизор.

МСЭ-Т ввел новый термин - *телематические службы*, т.е. услуги, предоставляемые пользователю без использования специальных связанных оконечных устройств.

«Телетекст» и «видеотекст». Данные системы обеспечивают следующие услуги: реклама и осуществление покупок, не выходя из дома; финансово-коммерческие сделки, курс акций на бирже; электронно-справочная система, списки программ радио и телевидения; передача новостей, погоды, спорта.

Система «телетекст» использует сеть ТВ вещания или кабельного телевидения для передачи буквенно-цифровых данных на экраны бытовых телевизоров из специального информационно-вычислительного центра (ИВЦ). Для выбора программ или услуг используется обычный телефонный аппарат с клавиатурой или специальной клавиатурой, подключаемой к телефонному аппарату. Схема системы «телетекст» приведена на рис. 9, где приняты обозначения: БД - банк данных; ГТС - городская телефонная сеть; TV - телевизор; ТЛФ - телефон.



БД - банк данных; ГТС - городская телефонная сеть; TV - телевизор; ТЛФ - телефон.

Рисунок 3.8 - Структура системы «Телетекст»

Страница передаваемого текста остается на экране до ее циклической замены. Текст может передаваться независимо от телепрограмм со скоростью 1200 бит/с во время обратного хода луча кадровой развертки.

Основной недостаток - централизованная выдача сведений всем пользователям сразу.

Электронная почта регламентируется рекомендацией МСЭ-Т X.400.

Литература: Осн. [4] стр. 438 – 472

Доп. [1] стр. 122 - 137

Контрольные вопросы:

1. Опишите структуру телефонных сетей различного назначения.
2. Состав вторичных коммутируемых телеграфных сетей и их структура.
3. Структура сети абонентского телеграфирования. Достоинства недостатки и область применения.
4. Служба «Телетекст», ее отличие от службы «Телекс».
5. Признаки классификации сетей передачи данных.
6. Структура информационно-вычислительных сетей (ИВС).
7. Что такое *телематические службы*?
8. Структура сетей телевизионного и звукового вещания.

Лекция 4. Принципы построения сетей и систем радиосвязи. Основные понятия и определения

Мобильная радиосвязь означает радиосвязь между *подвижными* объектами (ПО), один из которых или оба движутся либо занимают относительно друг друга случайное положение, при этом один из объектов может являться *базовой станцией*. Системы мобильной радиосвязи разделяют на профессиональные (частные) системы подвижной связи, системы персонального вызова, системы беспроводных телефонов и системы сотовой связи общего пользования.

Профессиональные системы подвижной радиосвязи - PMR создаются и развиваются в интересах государственных организаций и учреждений, коммерческих структур, скорой помощи, милиции и т. п.

В этих системах подвижной радиосвязи эффективное использование выделенного частотного ресурса обеспечивается путем свободного доступа абонентов к общему частотному ресурсу. Такие системы PMR еще называются *транкинговыми*.

Системы персонального радиовызова (СПРВ) или пейджинга (radio paging) предоставляют услугу радиосвязи, обеспечивающую одностороннюю беспроводную передачу информации в пределах обслуживаемой зоны с отображением данных на дисплее получателя. СПРВ гармонично сопрягаются с системами радиосвязи и передачи данных.

Под системами персонального радиовызова общего пользования понимается совокупность технических средств, через которые с помощью ТфОП происходит передача в радиоканале сообщений *ограниченного* объема.

Основными достоинствами радиопейджинга являются: широкая зона обслуживания в масштабах страны с возможностью международного взаимодействия; относительно низкие тарифы и арендная плата; простота передачи сообщений и удобство пользования.

Системы беспроводных телефонов были первоначально ориентированы на резидентное использование, т.е. в условиях офисов и квартир. Позже они стали развиваться как системы общего пользования, обеспечивающие поддержку услуг общего пользования.

Радиальным сетям присущ ряд недостатков, основными из которых являются ограниченность зоны обслуживания, нерациональное использование имеющегося частотного ресурса, невозможность существенного увеличения числа обслуживаемых абонентов из-за появления взаимных помех. Для передачи информации в радиальных системах выделяется диапазон частот ΔF_s . В этом диапазоне организуются каналы с полосой пропускания ΔF_c . Тогда число каналов N в диапазоне ΔF_s равно $N = \Delta F_s / \Delta F_c$. Это число и будет определять количество абонентов, пользующихся радиосвязью.

Под системами СПР-ОП понимается совокупность технических средств (радиооборудование, коммутационное оборудование, соединительные линии и сооружения), с помощью которых можно предоставлять подвижным абонентам связь между собой и абонентами телефонной сети общего пользования.

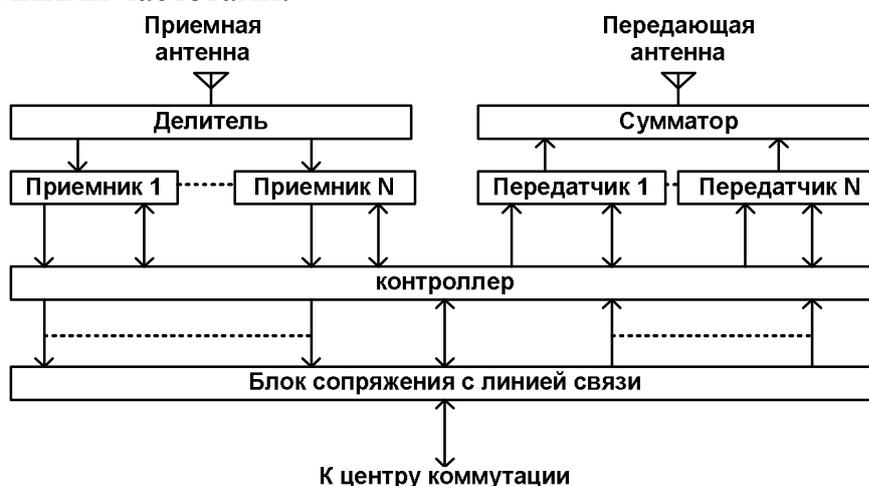
Основы построения систем сотовой связи

В центре каждой ячейки находится базовая станция (БС), обслуживающая все подвижные станции (ПС) - абонентские или радиотелефонные аппараты в пределах своей ячейки. При перемещении абонента из одной ячейки в другую происходит передача его обслуживания от одной базовой станции к другой. Все базовые станции, в свою очередь, замыкаются на центр коммутации (ЦК), с которого имеется выход на телефонную сеть общего пользования, в частности, если связь устанавливается в городе, - выход в обычную городскую телефонную сеть (ГТС).

При перемещении абонента между ячейками одной системы *происходит передача обслуживания*, а при перемещении на территорию другой системы - *роуминг*, т.е. процедура, обеспечивающая поддержание связи при перемещении абонента из зоны обслуживания одного оператора в зону обслуживания другого оператора.

Базовая станция.

Структурная схема базовой станции приведена на рис. 4.1. Первая особенность станции, которую следует отметить, - это использование разнесенного приема, для чего станция должна иметь две приемные антенны. Кроме того, базовая станция может иметь отдельные антенны на передачу и прием. Вторая особенность - наличие нескольких приемников и такого числа передатчиков, позволяющих вести одновременную работу на нескольких каналах с различными частотами.



T-телефон; *ДСП* - дисплей; *КЛВ* - клавиатура; *М* - микрофон; *ЦАП* -цифро-аналоговый преобразователь; *ДКР* - декодер речи; *ДКК* -декодер канала; *ЭКЛ* - эквалайзер; *АЦП* - аналого-цифровой преобразователь; *КР* - кодер речи; *КК* - кодер канала.

Рисунок 4.1 – Структурная схема базовой станции

Блок сопряжения с линией связи осуществляет упаковку информации, передаваемой по линии связи к центру коммутации, и распаковку принимаемой от него информации. В качестве линии связи базовой станции с центром коммутации обычно используются радиорелейные или волоконно-оптические линии, если базовая станция и центр коммутации не располагаются территориально в одном месте.

Контроллер базовой станции, представляющий собой достаточно мощный и совершенный компьютер, обеспечивает управление работой станции, а также контроль работоспособности всех входящих в нее блоков и узлов.

Подвижная станция. Структурная схема подвижной станции приведена на рис. 4, где приняты следующие обозначения:

Т - телефон; **ДСП** - дисплей; **КЛВ** - клавиатура; **М** - микрофон; **ЦАП** - цифро-аналоговый преобразователь; **ДКР** - декодер речи; **ДКК** - декодер канала; **ЭКЛ** - эквалайзер; **АЦП** - аналого-цифровой преобразователь; **КР** - кодер речи; **КК** - кодер канала.

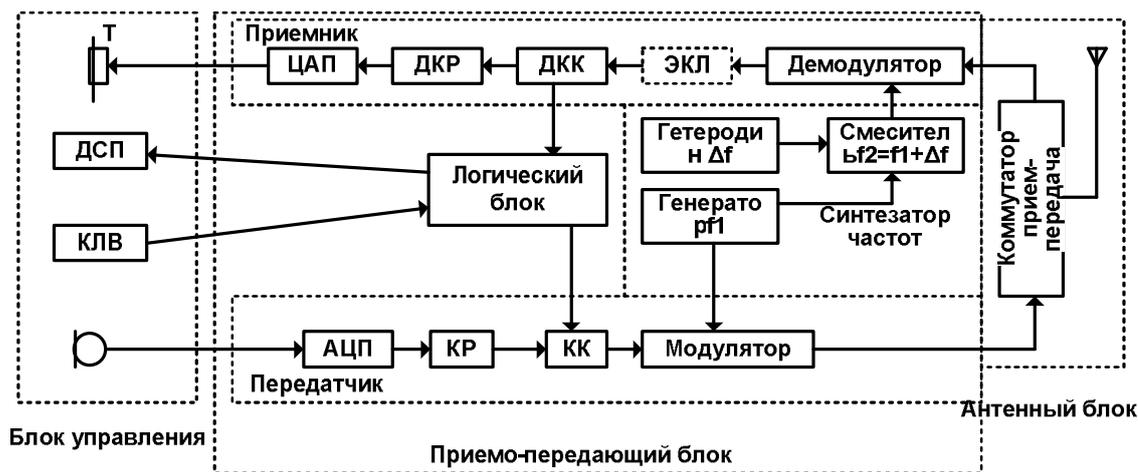


Рисунок 4.2 – Структурная схема подвижной связи

Подвижная станция включает в себя следующие блоки: блок управления, приемопередающий блок и антенный блок. Приемопередающий блок в свою очередь включает передатчик, приемник, синтезатор частот и логический блок.

Наиболее прост по составу *антенный блок*: он включает собственно антенну - в простейшем случае четвертьволновый штырь - и коммутатор прием-передача. Последний для цифровой станции может представлять собой электронный коммутатор, подключающий антенну либо на выход передатчика, либо на вход приемника, поскольку подвижная станция цифровой системы никогда не работает на прием и передачу одновременно.

Функционально несложен и *блок управления*. Он включает микротелефонную трубку - микрофон и телефон (динамик), клавиатуру и дисплей.

Приемопередающий блок значительно сложнее и включает в себя передатчик, приемник, синтезатор и логический блок.

В состав передатчика *входят*:

аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий аналоговый речевой сигнал, поступающий с выхода микрофона, в цифровую форму; вся последующая обработка и передача сигнала речи производится в цифровой форме, вплоть до обратного цифро-аналогового преобразования в приемнике;

кодер речи (КР) осуществляет кодирование сигнала речи - преобразование сигнала, имеющего цифровую форму, по определенным законам с целью сокращения его избыточности и объема информации, передаваемой по радиоканалу;

кодер канала (КК) - добавляет в цифровой сигнал, получаемый с выхода кодера речи, дополнительную информацию, предназначенную для защиты от ошибок при передаче сигнала по радиолнии; с той же целью информация подвергается определенной переупаковке (перемножению): кроме того, кодер канала вводит в состав передаваемого сигнала информацию управления, поступающую от логического блока;

модулятор - осуществляет перенос цифрового сигнала, представляющего случайную последовательность импульсов постоянного тока (видеоимпульсов), с помощью несущей частоты в диапазон частот мобильной радиосвязи.

Приемник по составу в основном соответствует передатчику, но с обратными функциями входящих в него блоков:

демодулятор - выделяет из модулированного радиосигнала цифровой кодированный видеосигнал (случайную последовательность импульсов постоянного тока);

декодер канала (ДКК) - выделяет из входного потока управляющую информацию и направляет ее в логический блок; принятая информация проверяется на наличие ошибок и выявленные ошибки по возможности исправляются; для последующих преобразований принятая информация подвергается обратной переупаковке;

декодер речи (ДКР) - восстанавливает поступающий на него с кодера канала сигнал речи, переводя его в естественную форму со свойственной ему избыточностью, но в цифровом виде;

цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) - преобразует принятый от декодера речи сигнал в аналоговую форму и подает его на вход динамика (телефона);

эквайзер (ЭКЛ) - служит для частичной компенсации искажений сигнала вследствие многолучевого распространения; по существу, он является адаптивным фильтром, настраиваемым по обучающей последовательности символов, входящей в состав передаваемой информации; блок ЭКЛ не является, вообще говоря, функционально необходимым и в некоторых случаях может отсутствовать.

Логический блок и синтезатор частот. Логический блок - это, по сути, микрокомпьютер со своей оперативной и постоянной памятью, осуществляющий управление работой подвижной станции. Синтезатор является источником колебаний несущей частоты, используемой для передачи сигналов по радиоканалу.

Для обеспечения конфиденциальности передачи информации в некоторых системах возможно использование режима шифрования. В этих случаях передатчик и приемник подвижной станции включают соответственно блоки *шифрования* и *дешифровки* сообщений. В подвижной станции, например, системы GSM предусмотрен специальный съемный *модуль идентификации абонента*.

Подвижная станция системы GSM включает в себя *детектор речевой активности*, который в интересах экономного расходования энергии источника питания (уменьшения средней мощности излучения), а также снижения уровня,

помех, неизбежно создаваемых для других станций при работающем передатчике, включает работу передатчика на излучение только на те интервалы времени, когда абонент говорит. На время паузы в работе передатчика в приемный тракт дополнительно вводится так называемый *комфортный шум*.

Центр коммутации (ЦК) является мозгом и одновременно диспетчерским пунктом системы сотовой связи, на который замыкаются потоки информации со всех базовых станций и через который осуществляется выход на другие сети - стационарную телефонную сеть, сети междугородной связи, спутниковой связи, другие сотовые сети. В состав центра коммутации входит несколько процессоров (контроллеров) и он является типичным примером многопроцессорной системы.

Структурная схема ЦК представлена на рис. 5. Собственно коммутатор осуществляет переключение потоков информации между соответствующими линиями связи.

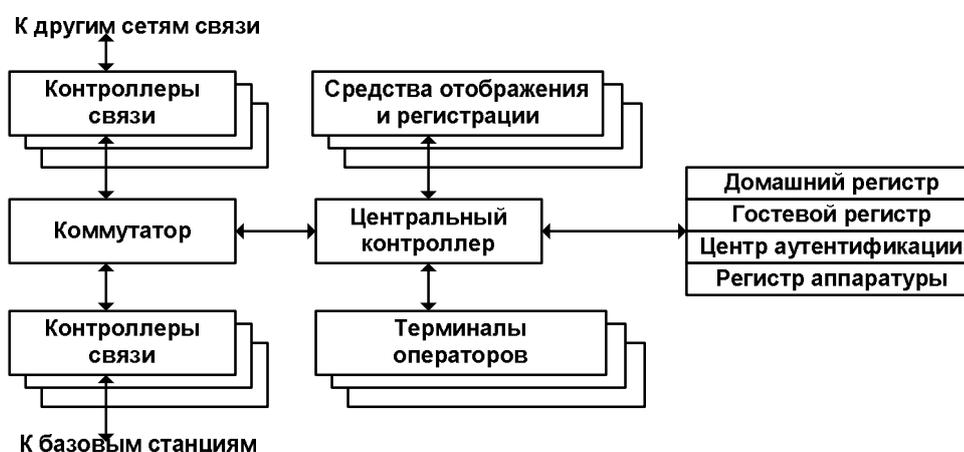


Рисунок 4.3 – Структурная схема центра коммутации

Важными элементами системы являются базы данных - домашний регистр, гостевой регистр, центр аутентификации, регистр аппаратуры.

Домашний регистр (домашний регистр местоположения - Home Location Register - HLR) содержит сведения о всех абонентах, зарегистрированных в данной системе, и о видах услуг, которые могут быть им оказаны. Здесь же фиксируется местоположение абонента для организации его вызова и регистрируются фактически оказанные услуги.

Гостевой регистр (гостевой регистр местоположения - Visitor Location Register - VLR) содержит примерно такие же сведения об абонентах-гостях (*ромерах*), т.е. об абонентах, зарегистрированных в другой системе, но пользующихся в настоящее время услугами сотовой связи в данной системе.

Центр аутентификации (Authentication Center) обеспечивает процедуры аутентификации абонентов, т.е. подтверждения подлинности (действия - тельности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) абонента системы подвижной связи и шифрования сообщений.

Регистр аппаратуры (регистр идентификации аппаратуры - Equipment Identity Register; идентификация - процедура отождествления подвижной станции - абонентского радиотелефонного аппарата, т.е. процедура установления принадлежности к одной из групп, обладающих определенными свойствами или

признаками), если он существует, содержит сведения об эксплуатируемых подвижных станциях на предмет их исправности и санкционированного использования.

Основы построения систем беспроводного абонентского радиодоступа

Актуальность развития сетей беспроводного абонентского доступа объясняется несколькими причинами. В частности тем, что традиционная абонентская сеть с использованием медного или волоконно-оптического кабеля представляет собой довольно громоздкое хозяйство, требующее, как правило, длительного поэтапного внедрения и значительных капитальных затрат, а невысокий процент использования каждой абонентской пары не способствует привлечению крупных инвестиций и быстрой окупаемости кабельных систем. Кроме того, любое расширение сети требует больших инженерных работ на кабельных трассах.

В силу этого прокладка и организация проводных линий связи становится весьма сложной проблемой, особенно в старых городах, и требует повышенных капитальных вложений в сельской местности. Следовательно, когда прокладка кабельных линий связи нецелесообразна, а также для мобильного развертывания сети доступа, эффективным может оказаться беспроводное подключение абонентов (Wireless Local Loop).

Основная функция системы беспроводного абонентского радиодоступа (СБАР) - предоставление конечному пользователю, т.е. абоненту, стандартных услуг телефонной связи. Таким образом, СБАР являются дуплексной системой телефонной связи.

Типовая архитектура СБАР представлена на рис. 14. Она включает в себя следующие основные компоненты:

контроллер базовых станций, базовые станции (БС), абонентские терминалы и терминал технического обслуживания и эксплуатации - компьютер со специальным управляющим приложением.

БС связаны с контроллером проводными или беспроводными микроволновыми линиями связи с пропускной способностью, обычно равной $n \times 2$ Мбит/с. Рассмотрим функции каждого компонента СБАР.

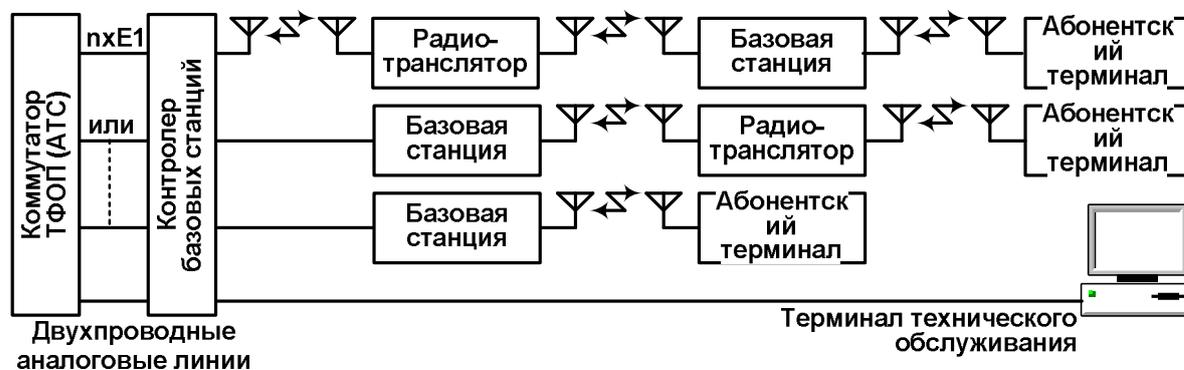


Рисунок 4.4 – Типовая архитектура беспроводного абонентского радиодоступа Контроллер базовых станций. Данное устройство предназначено для концентрации и в ряде случаев коммутации трафика беспроводного радиодоступа, обработки вызовов и обеспечения связи с коммутатором

ТфОП, осуществляемой, как правило, по цифровым каналам с высокой пропускной способностью или по многочисленным аналоговым двухпроводным линиям, для чего контроллер оснащают соответствующими интерфейсами. Кроме того, он поддерживает функции управления системой, реализуемые на базе терминала технического обслуживания и эксплуатации.

Абонентские терминалы. Данные устройства представляют собой портативные беспроводные телефонные трубки, обеспечивающие ограниченную подвижность связи; специальные настольные телефонные аппараты с трансивером и антенной и стационарные блоки на одну или несколько телефонных линий, к которым подключают обычные телефоны, факсы или модемы.

Структурная схема подвижной станции аналогична ПС системы сотовой связи (см. рис. 4).

Базовая станция (БС). Ее компоненты СБАР осуществляют радиосвязь со стационарными или ограниченно мобильными абонентами в пределах своих зон обслуживания, величина которых зависит от используемой в системе радиотехнологии, и обеспечивают передачу вызовов контроллеру БС. БС состоит из антенно-фидерного тракта, одно- или многоканальной приемопередающей аппаратуры, локальной подсистемы управления, коммуникационных интерфейсов и подсистемы питания.

Ориентация на обслуживание стационарных абонентов создает определенную специфику развертывания и применения систем беспроводного абонентского доступа, если сравнивать их с сотовыми системами подвижной связи. Последние должны обеспечить сплошное покрытие обслуживаемой территории, в то время как базовые станции систем радиодоступа можно размещать лишь вблизи мест расположения абонентов (точнее, зданий, где они живут или работают).

Наличие информации о количестве потенциальных стационарных абонентов позволяет при установке системы реализовать лишь минимально необходимую абонентскую емкость, которая увеличивается по мере роста числа пользователей. Благодаря этому можно оптимизировать конфигурации БС и системы в целом, а также минимизировать затраты на начальном этапе развития системы. Достоинством систем беспроводного абонентского радиодоступа является и относительно слабое (опять же по сравнению с системами подвижной связи) проявление эффекта замирания сигнала из-за многолучевого распространения радиоволн.

В системах радиодоступа широко используются самые различные технологии организации *множественного доступа*, в частности:

FDMA (Frequency Division Multiple Access) - множественный доступ с частотным разделением, при этом выделенный для определенной системы спектр делится на полосы частот, в которых осуществляется передача канальной информации от разных абонентов;

TDMA (Time Division Multiple Access) - множественный доступ с временным разделением, при этом выделенная полоса частот предоставляется

для передачи канальной информации на определенный короткий промежуток времени, в следующий промежуток времени осуществляется передача информации от другого абонента;

CDMA (Code Division Multiple Access) - множественный доступ с кодовым разделением, сообщения от абонентов шифруются и передаются одновременно, этот способ имеет определенные достоинства (например, скрытность информации), но при этом для передачи требуется довольно широкая полоса частот, что может быть недостатком при ограниченности частотного ресурса.

Рассмотрим построение системы абонентского радиодоступа на примере системы TANGARA Wireless (TW) (рис. 15), представляющей собой цифровую радиосистему для абонентского доступа, построенную по методу FDMA/TDD и работающую в диапазоне частот 864...868 МГц. Структурная схема TW представлена на рис. 2.10

Контроллер базовых станций (КБС), управляющий базовыми станциями (БС) и абонентскими терминалами (АТ), устанавливается обычно в помещениях АТС и подключается к ТфОП через различные типы интерфейсов - по двухпроводным аналоговым линиям или по трактам потоков 2 Мбит/с (поток Е1). КБС обеспечивает возможности централизованного сетевого управления. Один контроллер обслуживает до 512 абонентов при подключении к АТС по двухпроводному аналоговому интерфейсу или до 960 абонентов при подключении по цифровым трактам Е1. Для увеличения общей емкости системы радиодоступа несколько контроллеров могут объединяться общей системой управления. К КБС могут быть, подключены до 30 шестиканальных базовых радиостанций, до 96 двух-канальных, 48 четырехканальных или их любые комбинации.

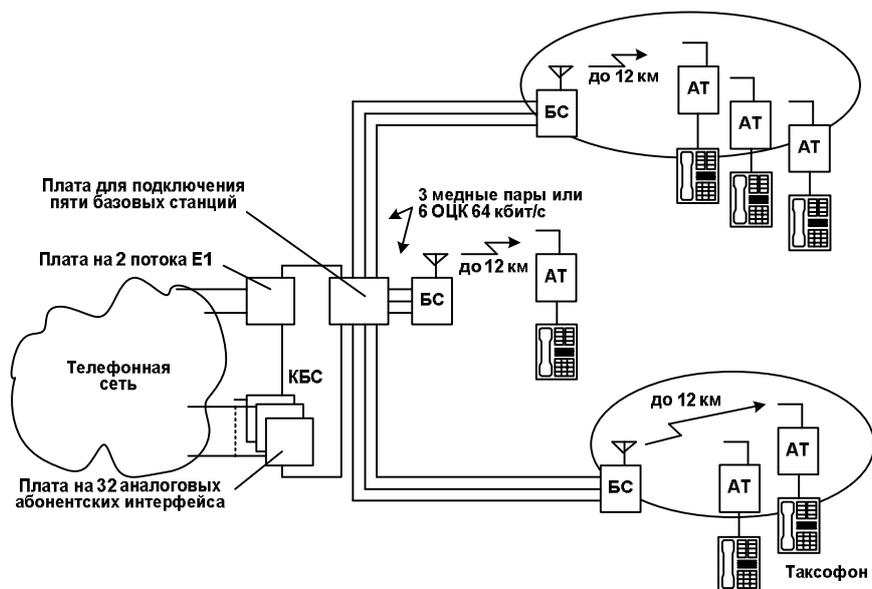


Рисунок 4.5 – Структура системы TANGARA Wireless

Базовая станция (БС) обладает модульной структурой и поддерживает от 2 до 6 радиоканалов. В зависимости от нагрузки в сети и допустимой вероятности отказов каждая БС обслуживает от 6 (выделенные каналы постоянного

соединения) до 80 абонентов. Рекомендуемое число - 40 абонентов на одну БС. С целью увеличения числа обслуживаемых абонентов и увеличения зоны радио-покрытия несколько БС могут объединяться и создавать многосекторную БС. Соединение между КБС и БС осуществляется по медным парам (по трем парам с диаметром жилы 0,9 мм на расстояния до 11 км) без применения дополнительного каналообразующего или линейного оборудования.

Абонентский терминал (АТ) представляет собой блок малых размеров, спроектированный специально для легкого настенного монтажа в помещениях абонента или в общественных телефонах-автоматах. К нему может присоединяться компактная направленная или штыревая антенна. В зависимости от типов антенн и усилителей допустимое удаление АТ от БС составляет 5... 12 км в условиях прямой видимости.

Управление. Система централизованного сетевого управления обеспечивает контроль всего вышеперечисленного оборудования. Она допускает дистанционное конфигурирование всей сети с центрального пункта, мониторинг ошибок в каналах связи, загрузку программного обеспечения.

Особенно хорошо система подходит для жилых районов со средней плотностью проживания в пригородных или сельских районах. При определенных условиях технология позволяет обеспечить рентабельность телефонизации и малонаселенных областей сельской местности. Основная часть себестоимости ложится на абонентские терминалы (35...55 %), которые могут закупаться не сразу, а по мере необходимости. Затраты на установку и организацию связи между БС и КБС (передача) невелики по сравнению с другими системами абонентского радиодоступа.

Себестоимость «базового» оборудования сети радиодоступа, составляющая так называемые начальные затраты, оценивается в 15...35 % в зависимости от числа абонентов. Затраты на установку оборудования составляют 7...20 % и определяются топологией телефонных сетей. Затраты на проектные работы - 8...15 %.

Литература: Осн. [4] стр. 474 - 505

Доп. [3] стр. 432-444

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение мобильной радиосвязи, ее назначение, достоинство, недостатки и область применения.
2. Классификация систем подвижной радиосвязи.
3. Назначение, состав сетей сотовой радиосвязи (ССР).
4. Назначение и состав базовой станции ССР.
5. Назначение и состав подвижной станции ССР.
6. Назначение и состав центра коммутации подвижной станции ССР.
7. Назначение и классификация систем множественного доступа.
8. Назначение систем беспроводного абонентского радиодоступа.

Лекция №5. Аналоговые телефонные сети.

Сетью телефонной связи называется совокупность узлов коммутации, оконечных абонентских телефонных устройств и соединяющих их линий

связи. В зависимости от уровня иерархии ВСС РФ различают следующие виды телефонных сетей: международная, междугородная, внутризоновые и местные телефонные сети. Городские, сельские и учрежденческо-производственные телефонные сети объединяются общим названием - *местные телефонные сети*.

Схема построения ОГСТФС представлена на рис 5.1.

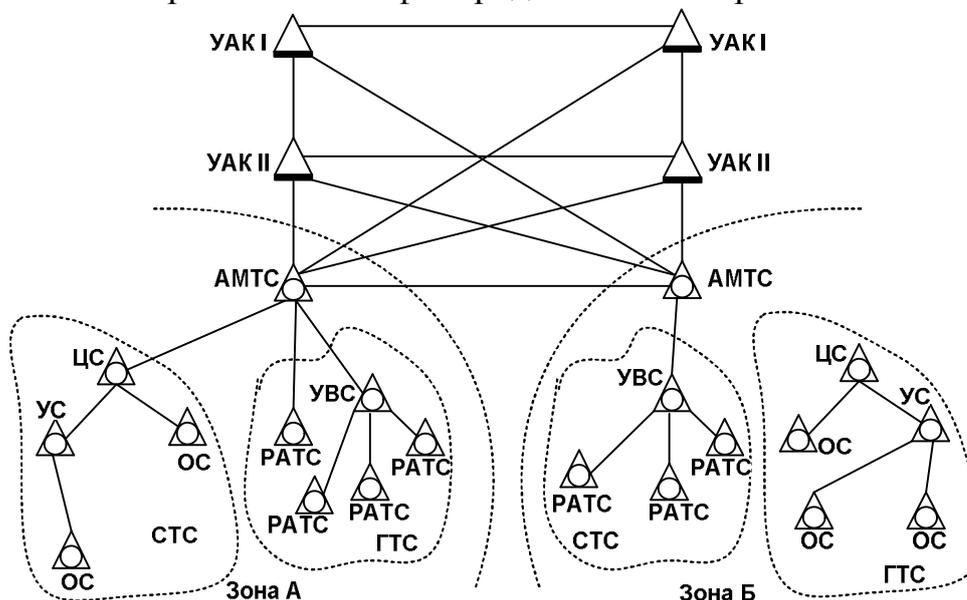


Рисунок 5.1 - Схема построения ОГСТФС

Коммутационное оборудование междугородной телефонной сети можно классифицировать на узлы автоматической коммутации (УАК) и автоматические междугородные телефонные станции (АМТС). Последние исследования показали целесообразность использования только одной ступени УАК. Все УАК соединяются между собой по полносвязной схеме, обслуживают определенные территориальные районы и являются центром сети радиально-узлового построения.

Все АМТС, расположенные на зональных сетях, являются оконечными станциями междугородной сети, а УАК— транзитными. При большой нагрузке между АМТС устанавливается непосредственная связь.

Внутризоновые телефонные сети (ВЗТС) - это совокупность устройств и сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами разных местных телефонных сетей, находящихся на территории одной телефонной зоны и их выход на междугородную и международную сети. Признаком зоны является наличие единой семизначной внутризональной нумерации абонентских линий местных сетей данной зоны.

Междугородная телефонная сеть (МТС) - это единый комплекс устройств и сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территориях различных зон телефонной нумерации.

Сельские телефонные сети

На аналоговых СТС предусматривается радиальное и *радиально-узловое* построение с возможностью использования поперечных путей.

Основой СТС является *центральная станция (ЦС)*, в которую включаются линии от вышестоящей станции - АМТС, соединительные линии от оконечных станций (ОС), а при радиально-узловом построении сети и от узловых станций (УС). В узловые станции включаются линии от нижестоящих ОС. Центральная станция размещается в районном центре и может являться одновременно городской телефонной станцией (рис. 2.2).

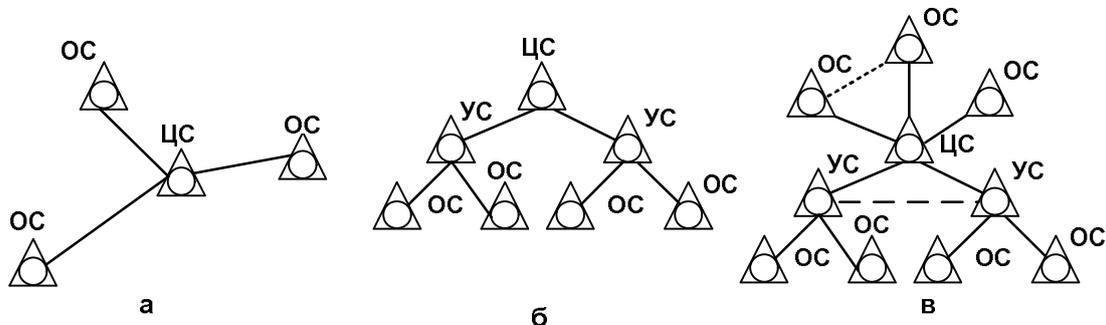


Рисунок 5.2 - Схема построения аналоговой СТС

Двухступенчатые схемы применяются только при условии технико-экономической целесообразности узлообразования.

На аналоговых СТС применяются разработанные для условий сельской связи координатные системы АТС:К-50/200М,-емкостью 50-200 номеров в качестве оконечных станций и АТС К-100/2000- в качестве узловых и центральных станций. Для ЦС больших емкостей могут быть использованы АТС городского типа - АТСК, АТСК-У

Линейные сооружения СТС состоят из воздушных и кабельных линий связи. Для повышения пропускной способности линий связи СТС широко применяются различные системы передачи с ЧРК и ВРК. Воздушные линии применяются для систем передачи типа В2 и В3 соответственно с двумя и с тремя высокочастотными каналами. На кабельных линиях СТС получила распространение аппаратура типа КНК-6 и КНК-12, а также система КАМА (30 каналов). Из систем с временным разделением каналов применяются системы ИКМ-15 и ИКМ-30. Эти системы могут обеспечить также передачу телеграфных сообщений, вещания и данных. Для организации связи в труднодоступной местности используются аналоговые и цифровые радиорелейные линии (РРЛ).

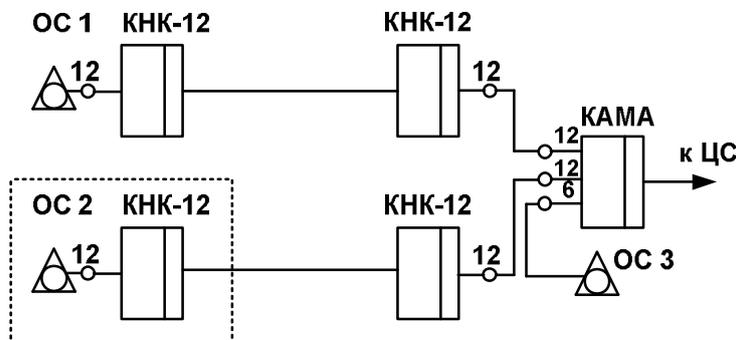


Рисунок 5.3 - Организация сетевого узла с ЧРК

Городские телефонные сети

Городские телефонные сети предназначены для обслуживания телефонной связью населения, предприятий, учреждений и организаций, расположенных на

территории данного города и его пригородной зоны. На ГТС также предусматривается использование ресурсов телефонной сети для передачи нетелефонной информации, такой как передача данных, факсимильных сообщений, электронной почты и т.д.

Оборудование ГТС преимущественно состоит из линейных и станционных сооружений.

К линейным сооружениям относятся:

- кабельные подземные и воздушные линии связи;
- распределительные устройства (шкафы, коробки);
- устройства телефонной канализации (колодцы, трубопроводы);
- оконечные терминалы (телефонные аппараты, таксофоны).

По своим функциям линейные сооружения разделяются на сеть абонентских линий и сеть соединительных линий.

Сеть абонентских линий (АЛ) предназначена для подключения к АТС оконечных терминалов и устройств абонентского доступа. Сеть АЛ, как правило, реализуется на кабелях с диаметром жил 0,32, 0,4 и 0,5 мм. Затухание от оконечного терминала до АТС не должно превышать 4,5 дБ.

Сеть соединительных линий (СЛ) предназначена для организации связи между абонентами, включенными в разные АТС. Для этого АТС данной сети связываются между собой либо прямыми пучками соединительных линий (непосредственно), либо эта связь осуществляется через одну или две транзитные (узловые) коммутационные станции (рис. 2.4) [3].

Для установления соединений от одной АТС к другой АТС должен иметься пучок СЛ, по которому устанавливаются соединения, пучкам СЛ присваивают определения *исходящий* и *входящий* пучок линий *межстанционной связи* (МСС).

На аналоговой ГТС сеть СЛ строится с помощью физических линий или линий, уплотненных системами передачи с ЧРК или ВРК. Физические линии, как правило, являются двухпроводными с использованием кабелей ТП с жилами диаметром 0,5 и 0,7 мм. В качестве систем с ЧРК предусмотрено использование 30-ка-цальной системы КАМА. В качестве цифровых передачи с ВРК используется аппаратура ИКМ 30/32. Четырехпроводные каналы этих систем создаются на симметричных кабелях 7x4x1,2 или 4x4x1,2 для системы КАМА и на кабелях ТП 0,5 или 0,7 для ИКМ 30/32. Оконечное оборудование систем ЧРК и ВРК устанавливают в зданиях АТС и обычно для него выделяется отдельное помещение линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ).

Кабели сетей АЛ и СЛ подключаются к станционным устройствам на щитах подключения (ЩПАЛ и ЩПСЛ), устанавливаемых в отдельном помещении, называемом кроссом.

К станционным сооружениям аналоговых ГТС относятся:

- районные АТС (РАТС);
- узловые станции (транзитные узлы) для исходящего и входящего сообщения (УИС, УВС); % узловые станции для связи с АМТС (УЗСЛ, УВСМ);
- узлы для связи со специальными службами (УСС);

- узлы для связи с сельско-пригородными станциями (УСП).

Основными коммутационными системами на аналоговых ГТС являются:

- декадно-шаговые АТС типа АТС-47, АТС-54, АТС-54М;
- координатные АТС типа АТСК и АТСК-У.

Существует четыре типа аналоговых ГТС: нерайонированные сети и районированные сети без узлов (ГТС без узлообразования), сети с УВС, сети с УИС и УВС.

ГТС без узлообразования

Простейшей ГТС является *нерайонированная ГТС*. На такой сети устанавливается одна телефонная станция, куда включаются абонентские линии. Абоненты могут подключаться к АТС как непосредственно (рис. 2.5), так и через учрежденческо-производственные АТС (УПАТС) либо через подстанции, удаленные от основной АТС [2, 17, 31].

При построении ГТС достаточно большая часть расходов приходится на линейные сооружения. Поэтому ГТС с одной телефонной станцией используется в городах с небольшой емкостью и обслуживаемой территорией. Межстанционные соединительные линии на такой сети отсутствуют. Верхний предел емкости аналоговой нерайонированной ГТС чаще всего не превышает 10000 номеров. Нумерация абонентов - пятизначная.

При увеличении абонентской емкости и размеров обслуживаемой территории для уменьшения затрат на линейные сооружения целесообразно строить ГТС по принципу районирования. В этом случае территорию города разделяют на районы. В каждом из них размещается районная АТС (РАТС), в которую включаются абоненты этого района. Такая городская сеть называется *районированная ГТС* (рис. 2.6).

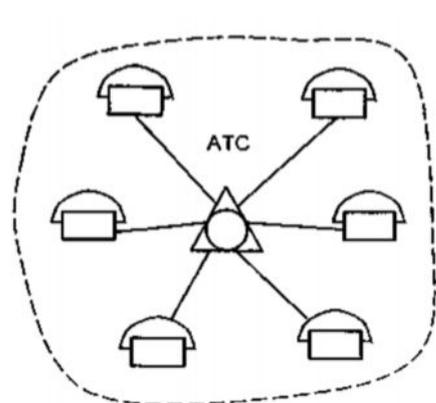


Рис. 2.5 Нерайонированная ГТС

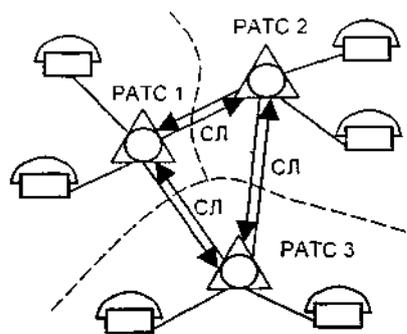


Рис. 2.6. Районированная ГТС

При районировании ГТС капитальные затраты на линейные сооружения значительно сокращаются за счет существенного уменьшения протяженности абонентских линий, имеющих низкое использование, и введения соединительных линий с высоким коэффициентом использования.

Предельная емкость такой сети - 80 тыс. номеров. При этом используется пятизначная нумерация, где первая цифра является кодом. РАТС соответствует десяти тысячной группе абонентов. РАТС соединяются между собой по

принципу «каждая с каждой». Реальная емкость зависит от числа РАТС и, как правило, не превосходит 60... 70 тыс. номеров.

ГТС с узлообразованием

При большом числе районных АТС организация межстанционной связи по принципу «каждая с каждой» приводит к чрезмерному повышению расхода кабеля и затрат на организацию межстанционной сети связи (МСС). Одним из наиболее "эффективных" способов повышения использования межстанционных СЛ является применение на ГТС коммутационных узлов. В простейшем случае *коммутационный* узел (КУ) представляет собой совокупность устройств, предназначенных для установления соединений между двумя группами РАТС (рис. 2.7). На КУ обычно устанавливается одна ступень группового искания.

В результате использование соединительных линий существенно увеличивается, что значительно снижает потребность в кабеле и затратах на сооружение межстанционной связи по сравнению с вариантом связи «каждая с каждой».

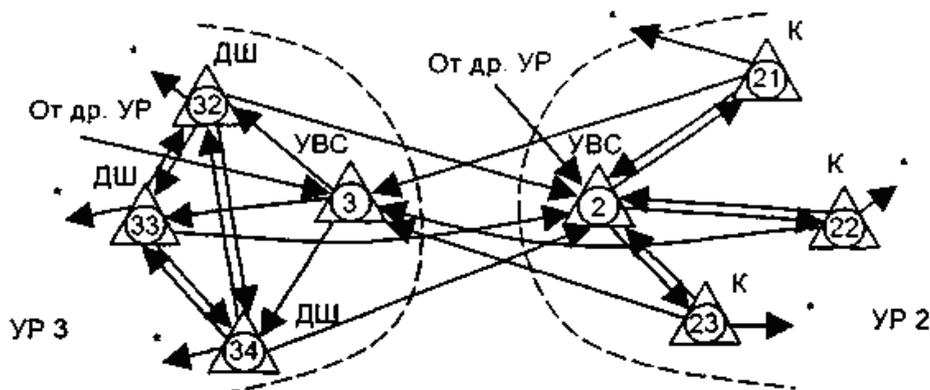


Рисунок 5.6 - Структурная схема ГТС с УВС

При увеличении числа РАТС, (более 6-7), а следовательно, при емкости свыше 60-70 тыс. номеров на ГТС используются *узлы входящего* сообщения (УВС). При таком построении сети территория города делится на узловых районов. Связь между РАТС, находящимися на территории разных узловых районов, осуществляется через УВС, а внутриузловая связь может осуществляться либо по схеме «каждая с каждой» (узловой район 3 на рис. 2.8), либо через свой УВС (узловой район 2 на рис. 2.8) для координатных АТС. В каждом узловом районе (УР) устанавливается до десяти РАТС

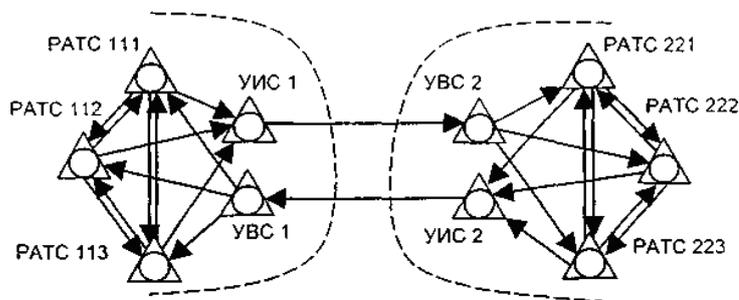


Рисунок 5.7 - Структурная схема ГТС с УВС и УИС

Нумерация на таких сетях - шестизначная. Первая цифра является кодом узла, первая и вторая цифры вместе - кодом РАТС

На ГТС с координатными станциями может быть несколько вариантов организации внутриузловой связи, некоторые АТС могут быть связаны пучками «прямых» СЛ, некоторые через свой УВС, и задача сводится к нахождению оптимального варианта. Все декадно-шаговые АТС в пределах одного узлового района связываются с остальными РАТС по схеме «каждая с каждой».

При емкости ГТС более 500-600 тыс. номеров даже при наличии на сети УВС число пучков СЛ становится очень большим, а эффективность их использования уменьшается. В этом случае для установления соединений между РАТС разных узловых районов помимо УВС вводят коммутационные узлы исходящего сообщения. *Узлом исходящего сообщения (УИС)* называют коммутационный узел, в котором объединяются исходящие нагрузки станций одного узлового района и распределяются по направлениям к УВС телефонной сети. На рис. 2.9 показан фрагмент ГТС с УИС и УВС, состоящий из двух узловых районов, при этом для упрощения рисунка связи с другими узловыми районами не показаны.

Территория города делится на миллионные зоны, каждая из которых может включать, в себя до десяти узловых районов емкостью до 100000 номеров каждый. Концентрируемая на УИС исходящая телефонная нагрузка по пучкам СЛ поступает к УВС других узловых районов. При этом число и протяженность пучков СЛ значительно уменьшается, а их использование возрастает.

В пределах узлового района РАТС соединяются между собой по принципу «каждая с каждой» либо через УВС, а с РАТС других районов - через УИС и УВС. При таком построении сети принята семизначная нумерация. Первая цифра номера определяет код миллионной зоны, вторая - код узлового района, а третья – код РАТС. Следовательно, каждая РАТС на такой сети имеет трехзначный код.

Комбинированные ГТС

В том случае, если город является центром сельского административного района, то целесообразно строить местную *комбинированную телефонную сеть (КТС)*, объединяющую ГТС и СТС. В этом случае на ГТС предусматривается организация *транзитного узла исходящего и входящего сообщения сельско-пригородной связи (УСП)* или ЦС. Через УСП осуществляется связь между станциями СТС, а также их соединение с ГТС.

Возможны различные способы построения КТС в зависимости от емкости и структуры ГТС [31]. В комбинированной сети, построенной на основе районированной ГТС без узлообразования РАТС и УСП (ЦС), связываются друг с другом по принципу «каждая с каждой» (рис. 2.10).

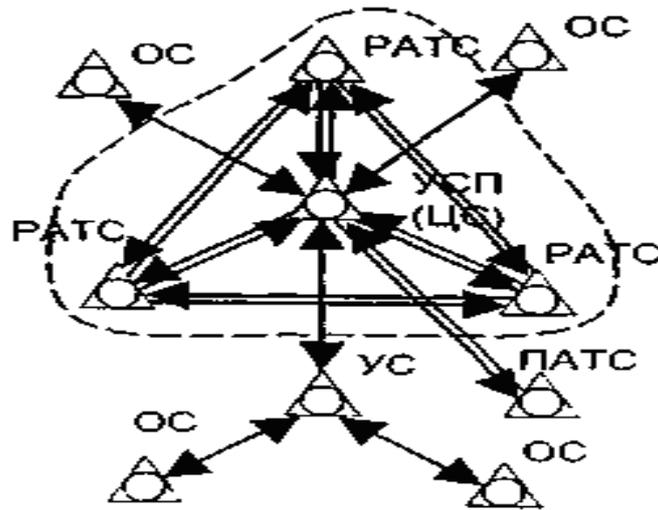


Рисунок 5.8 - Схема комбинированной ГТС

В зависимости от местных условий в ГТС предусмотрена возможность включения пригородных АТС либо на правах РАТС или УПАТС либо через УСП (ЦС).

При построении комбинированной сети на основе ГТС с узлообразованием также организуются УСП, которые включаются в ГТС на правах стотысячного узлового района. На одной ГТС с узлообразованием может быть несколько УСП. На рис. 2.11 и 2.12 представлены примеры комбинированных сетей на базе ГТС с узлообразованием.

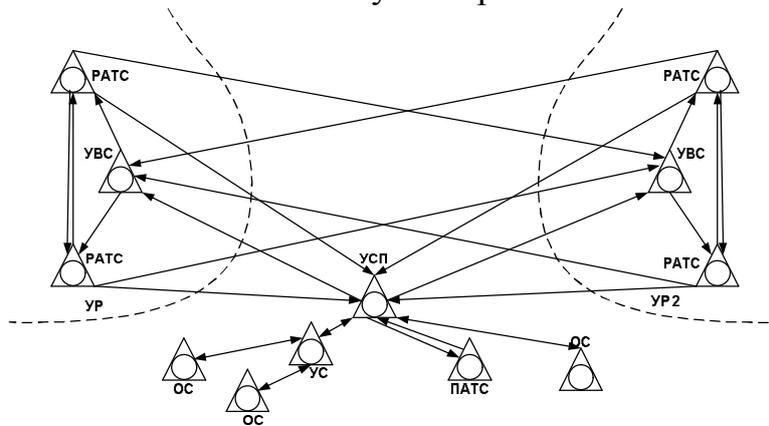


Рисунок 5.9 - Комбинированная сеть на основе районированной ГТС с УВС

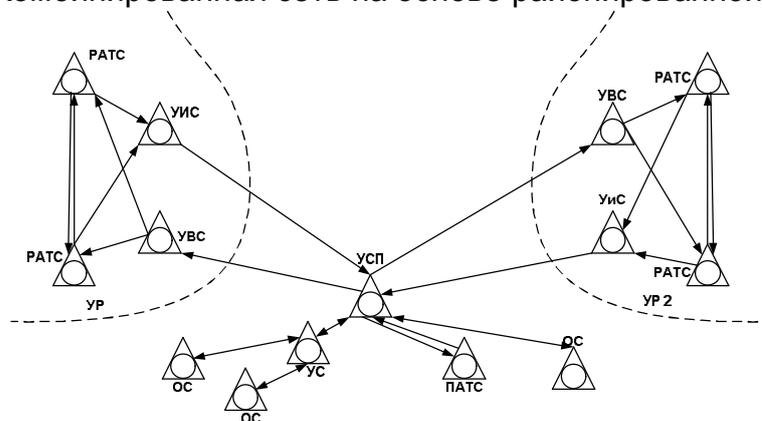


Рисунок 5.10 - Комбинированная сеть на основе районированной ГТС с УВС и УИС

Организация спецслужб на ГТС

Для приема государственными организациями информации от населения в экстренных случаях, а также для предоставления населению информационных услуг (справки, информация, заказы) на ГТС организуются справочные, заказные и экстренные службы. На рис. 2.13 показаны варианты организации доступа к этим службам

Доступ к спецслужбам от абонентов ГТС осуществляется, как правило, через специальный узел входящего сообщения - узел спецслужб (УСС). В зависимости от местных условий возможны различные варианты организации доступа к спецслужбам.

Выбор того или иного варианта организации доступа к службам должен определяться по технико-экономическим соображениям.

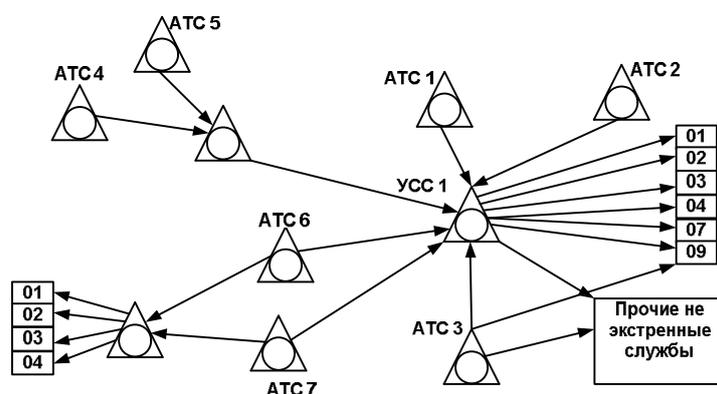


Рисунок 5.11 - Схема организации УСС на ГТС

Литература: Осн. [2] стр.21-37

Доп. [2] стр. 114-138

Контрольные вопросы:

- Принцип построения сельских телефонных сетей.
- Линейные и станционные сооружения СТС.
- Особенности построения городских телефонных сетей.
- Линейные и станционные сооружения ГТС.
- Порядок построения ГТС без узлообразования
- Порядок построения ГТС с узлообразованием
- Особенности построения и применения комбинированной ГТС
- Схема организация спецслужб на ГТС

8.1. Декадно-шаговые АТС(АТСДШ)

Коммутационные приборы АТСДШ. В качестве основных коммутационных приборов АТСДШ применяются электромеханические искатели - приборы с одним входом и m выходами и способные подключать вход к любому из выходов. Электромеханический искатель (рис. 8.1) имеет три основных части:

- 1) подвижную щетку (ротор), к которой подключается вход искателя;

2) неподвижные и изолированные друг от друга ламели (статор), образующие контактное поле, к которым подключены выходы;

3) движущий механизм.

Искатели управляются импульсами, поступающими в движущий механизм. При этом каждый импульс перемещает щетку на один шаг с одной ламели на другую, соседнюю. Подобные искатели называют *шаговыми*.

Движущий механизм состоит из электромагнита и якоря с пружиной и собачкой. При поступлении импульса тока в обмотку электромагнита якорь притягивается к сердечнику. Во время перемещения якоря собачка, упираясь в зуб храпового колеса, поворачивает его, а вместе с ним и щетку на один шаг.



Рис. 8.1. Устройство шагового искателя Рис. 8.2. Устройство декадно-шагового искателя

Широкое применение в системах АТС нашли декадно-шаговые искатели ДШИ (рис. 8.2), имеющие 100 выходов с декадным построением контактного поля.

Ламели расположены в десяти рядах по десять штук в каждом ряду. Щетка искателя совершает два последовательных движения - подъемное и вращательное под действием движущего механизма, имеющего два электромагнита с якорями.

Управляющие импульсы тока вначале поступают в обмотку подъемного электромагнита, а затем в обмотку электромагнита вращения. При срабатывании подъемного электромагнита собачка, укрепленная на якоре, поднимает зубчатую рейку, а вместе с ней и щетку на один шаг вверх. При отпуске якоря собачка перескакивает на следующий зуб рейки. При каждом последующем импульсе, поступающем в обмотку, процесс повторяется. Число поступивших импульсов определит номер декады, напротив которой остановится щетка.

Каждый импульс, поступающий в обмотку вращающего электромагнита, поворачивает храповой полуцилиндр, а вместе с ним и щетку вокруг оси на один шаг в избранной декаде. При отпуске электромагнита собачка, скользя, перескакивает на следующий зуб полуцилиндра. Число поступивших импульсов определяет номер ламели в декаде, на которой остановится щетка. Тем самым вход искателя (щетка) оказывается соединенным с определенным выходом (ламелью) декады. Если, к примеру, на подъемный электромагнит поступили четыре импульса, а на вращающий девять, то щетка вначале поднимется на четыре шага (до четвертой декады), а затем повернется на девять

шагов в декаде и, остановившись на девятой ламели, соединится с 49 выходом искателя. Такой метод управления процессом установления соединений называется непосредственным.

8.2. АТСДШ со ступенями ПИ и ЛИ (100 номеров)

Построение АТС, при котором для каждой абонентской линии устанавливается ЛИ, является неэкономичным, поскольку требуется большое число дорогих *декадно-шаговых искателей*.

Кроме того, каждый из 100 установленных ЛИ будет иметь малый коэффициент использования. Между 100 абонентами максимальное число возможных одновременных разговоров может быть не более 50.

Однако наблюдениями установлено, что обычно одновременно участвуют в соединении 10...15% от общего числа абонентов на АТС. Поэтому для обслуживания вызовов от 100 абонентов достаточно иметь 10...15 линейных искателей.

При этом необходимо предусмотреть такой порядок, чтобы любой из искателей, если он свободен, мог быть предоставлен во временное пользование любому абоненту, производящему вызов.

Исходя из выше изложенного такие искатели необходимо сделать приборами коллективного пользования. Для этого на каждую абонентскую линию устанавливается более дешевый индивидуальный *шаговый искатель* малой емкости (на 10 линий), называемый *предварительным искателем* (ПИ), который бы обеспечивал подключение АЛ вызывающего абонента к свободному в данный момент ЛИ. Функциональная схема такой АТСДШ на 100 номеров с 10 ЛИ и 100 ПИ представлена на рис 9.4. Схема является полностью доступной, так как каждый ЛИ доступен любому абоненту.

В качестве ПИ использован шаговый искатель типа ШИ-11, а в качестве ЛИ - декадно-шаговый искатель типа ДШИ-100. Процесс установления соединения протекает следующим образом. При вызове абонентом АТС приводится в движение щетка ПИ, отыскивающая в своем поле выход к свободному в данный момент ЛИ. Из управляющего устройства ЛИ абонент получает сигнал «Ответ станции», после чего приступает к набору номера ТА вызываемого абонента. Далее соединение протекает, как и в предыдущем случае.

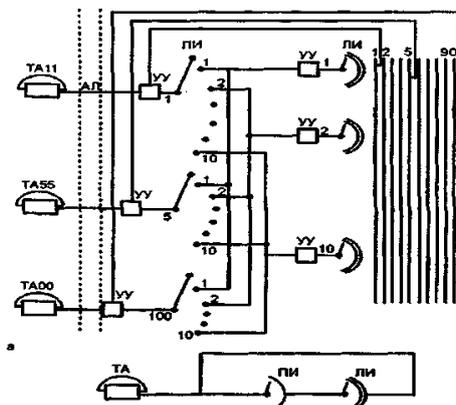


Рисунок 8.2 – Структурная схема АТСДШ на 100 номеров со ступенями ПИ и ЛИ

8.3. АТСДШ со ступенями ПИ, ЛИ и ГИ (1000 номеров).

Более эффективным построением АТС, емкость которых превышает емкость контактного поля искателей (100 линий), является применение *группообразования*. Сущность группообразования состоит в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактного поля ЛИ. Например, АТС на 1000 номеров целесообразно разбить на 10 групп по 100 номеров в каждой. Для выбора группы, в которой находится нужная абонентская линия, устанавливается специальный коммутационный прибор, называемый *групповым искателем* (ГИ), а совокупность этих приборов - *ступенью группового искания* (ступень ГИ).

Рассмотрим принцип группообразования на примере АТСДШ емкостью $N = 1000$ номеров (рис 9.5). На ступенях ЛИ и ГИ применяются искатели типа ДШИ-100, а на ступени ПИ - ШИ-11.

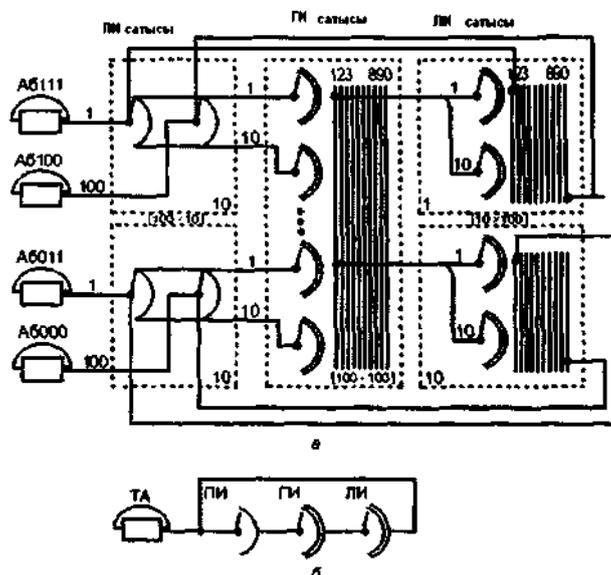


Рисунок 6.3 - АТСДШ на 1000 номеров

Общая емкость АТС делится на 10 групп, при этом каждая из них на ступени ЛИ формируется десятком ДШИ, в контактное поле которых многократно включено 100 АЛ. Таким образом, для каждой группы получается однозвенный коммутационный блок $[10 \times 100]$. Десять таких блоков формируют на выходе АТС звено коммутации $[100 \times 1000]$.

Ступень ГИ построена на коммутационных приборах типа $[1 \times 100]$ и представляет собой коммутационный блок $[100 \times 100]$, имеющий 100 входов и 100 выходов.

Ступень ПИ построена на приборах $[1 \times 100]$, объединенных в 10 блоков на 100 входов и 10 выходов каждый $[100 \times 10]$, образованных путем объединения выходов коммутационных приборов. Таким образом, 10 сотенных групп на ступени ПИ образуют на входе АТС звено коммутации $[1000 \times 100]$.

Для выбора требуемой группы на АТС устанавливается ступень ГИ, реализованная на искателях типа ДШИ-100, одноименные выходы которых запараллелены. Входы каждой группы ступени ЛИ параллельно включаются в

отдельную декаду всех ДШИ ступени ГИ. Таким образом, от первой декады ГИ образуется 10 выходов, которые подключаются к 10 щеткам ЛИ, обслуживающих первую сотню абонентов, от второй декады соответственно 10 выходов к десяти ЛИ, обслуживающих вторую сотню абонентов и т.д.

Нумерация абонентских линий на такой АТС трехзначная. При снятии абонентом трубки приходят в движение щетки ПИ, принадлежащего вызываемой линии, и отыскивается свободный ГИ, откуда абоненту посылается сигнал «Ответ станции». Абонент набирает первую цифру номера (цифру сотен), при этом ГИ совершает вынужденное движение, поднимая щетки на соответствующую набираемой цифре декаду. Этим самым производится выбор сотенной группы, в которой находится вызываемый абонент. После этого щетки ГИ совершают свободное вращательное движение в пределах выбранной декады, отыскивая выход к свободному. ЛИ в пределах выбранной сотенной группы.

Поиск свободного выхода к ЛИ осуществляется в межсерийном интервале времени между окончанием первой серии импульсов и поступлением второй. Далее абонент набирает цифру десятков и единиц, посылая две серии импульсов, которые воспринимаются соответственно подъемным и затем вращательным электромагнитами ЛИ. Щетки ЛИ устанавливаются на тех выходных контактах ЛИ (ламелях), в которые включена линия вызываемого абонента. После проверки линий на занятость посылается вызов в линию вызываемого абонента и после ответа абонента устанавливается разговорный тракт.

8.6. Координатные АТС (АТСК).

Координатные АТС (АТСК) относятся ко второму поколению автоматических систем телефонной коммутации. Были разработаны городская система АТСКУ и сельская система АТС К-50/200М. Характерной особенностью усовершенствованной системы АТСКУ является широкое использование электроники для построения некоторых управляющих приборов с целью повышения надежности действия, уменьшения габаритных размеров аппаратуры и ускорения работы управляющих устройств.

Первая АМТС декадно-шаговой системы АМТС-1 вступила в строй в СССР в 1959 г. В последующие годы Центральный научно-исследовательский институт связи (ЦНИИС, Москва) и отечественная промышленность средств связи разработали координатные системы АМТС-2 и АМТС-3.

Коммутационные приборы АТСК. Для построения коммутационного поля на координатных АТС используются коммутационные приборы, называемые *многократными координатными соединителями* (МКС). Многократные координатные соединители характеризуются числом входов n и числом выходов m , доступных каждому входу. Если к вертикальным шинам сетки подключить входы, а к горизонтальным - выходы, то в местах пересечения шин создаются коммутационные точки, позволяющие соединить вход с любым выходом.

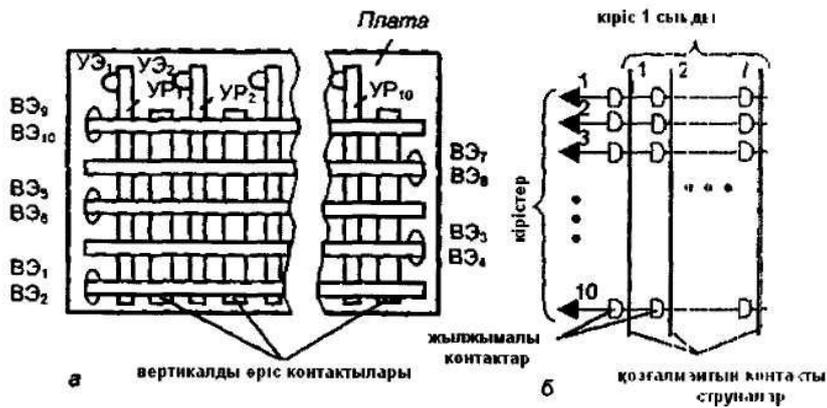


Рисунок 8.6 - Устройство МКС

Причем одновременно могут быть соединены несколько или все входы с таким же числом выходов. В коммутационных точках МКС используются плоские контактные пружины. Такой соединитель позволяет установить одновременно до десяти соединений.

Конструктивно МКС представляет собой коллективное реле с большим числом групп контактных пружин (рис. 8.6, а). Основными элементами его являются вертикальные блоки (вертикали). Каждая *вертикаль* содержит контактные струны (шины) и m групп контактных пружин, составляющих контактное поле вертикали (рис. 8.6, б). Состояние контактов в группах вертикали обусловлено работой двух электромагнитов с рейками: *удерживающего* УЭ с рейкой УР и *выбирающего* ВЭ с рейкой ВР. Каждая вертикаль имеет свой УЭ, а число ВЭ равно числу контактных групп m . При срабатывании электромагнитов замыкаются контакты той группы вертикали, которые находятся в точке пересечения соответствующих реек ВР и УР. Тем самым обеспечивается соединение входа (контактные струны вертикали) с одним из m выходов.

Промышленностью был предусмотрен выпуск МКС с различными структурными параметрами, при этом для обозначения МКС принята следующая запись: $МКС-n \times m \times l$, где n - число вертикалей, m - емкость вертикалей, l - проводность коммутируемых цепей. Например МКС, имеют следующие обозначения: МКС-10x10x12 и МКС-20x10x6.

Процесс установления соединения в МКС проходит под управлением специального управляющего устройства - маркера. *Маркер* определяет электрические цепи (вход и выход), которые необходимо соединить, и подает в обмотки соответствующих электромагнитов ВЭ и УЭ управляющие сигналы.

8.7. АТСК с одной степенью ГИ (четырёхзначная нумерация).

В координатных системах АТС используются три степени искания: *абонентского* (АИ), *группового* (ГИ) и *регистрового* (РИ). На рис. 8.8 представлена функциональная схема АТСК с четырёхзначной нумерацией без учета ее работы в окружении других АТС [17].

Степень АИ при исходящей связи работает в режиме *свободного искания* (поиск незанятого *исходящего шнурового комплекта* ИШК через блоки АВ), а при входящей связи - в режиме *линейного искания*.

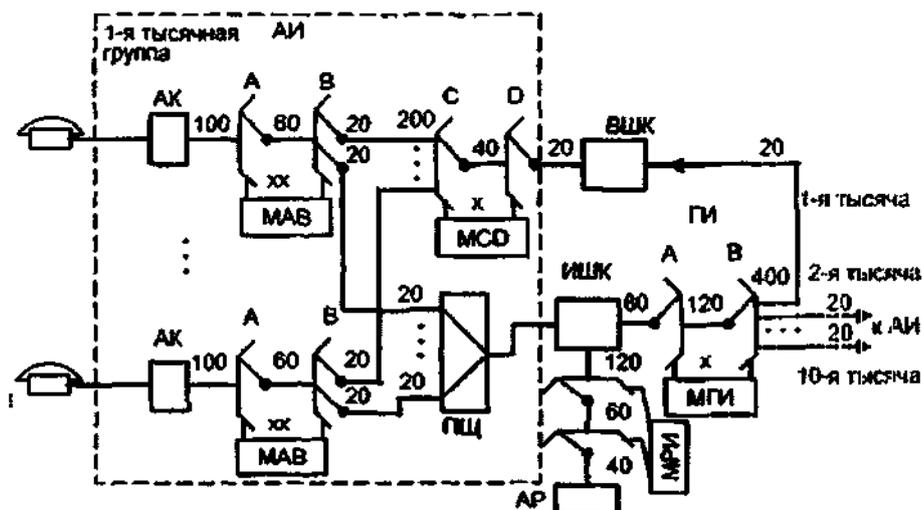


Рисунок 8.8 – Функциональная схема АТСК с одной ступенью ГИ

На ступени ГИ осуществляется режим *группового искания* (выбор группы линий), а на ступени РИ - *режим свободного искания* (поиск незанятого абонентского регистра АР).

Шнуровые комплекты используются при установлении соединения и заняты при разговоре.

Они выполняют следующие функции:

- участвуют в подключении регистра к соединительному тракту;
- активизируют АОН и передают поступающую информацию о категории и номере вызывающего абонента;
- посылают абонентам информационные сигналы; принимают от абонентов линейные сигналы ответа и отбоя;
- обеспечивают цепи питания микрофонов телефонных аппаратов.

Используются два основных вида шнуровых комплектов - *исходящий ИШК* и *входящий ВШК*.

Кроме того, применяются ВШКМ при входящем междугородном соединении и ИШКТ для таксофонов, являющиеся индивидуальными приборами таксофонных линий (на схеме АТСК не показаны).

При использовании двух- и трехпроводных СЛ применяются комплекты *реле соединительных линий* - *входящие РСЛВ* и *исходящие РСЛИ*. Комплекты РСЛ согласовывают проводность ступени ГИ и соединительной линии и предусматривают контроль исправности линии. РСЛ насчитывают от *одного до четырех реле* и включаются на входных и выходных пучках соединительных и промежуточных линий между различными ступенями ГИ.

От емкости АТС и поступающей нагрузки зависит требуемое число коммутационных блоков каждого типа и их структурные параметры. В блоки АИ подключаются по 1000 АЛ, включаемые в сотенные блоки АВ на звено А. Число блоков АИ определяется емкостью АТС. При исходящей связи соединение АЛ к ступени ГИ осуществляется через два звена А и В (режим свободного искания ступени АИ).

При входящей связи соединение входа блока с требуемой АЛ производится через четыре звена D, C, B, A (режим линейного искания ступени АИ). Ступени ГИ строятся из двухзвенных блоков, имеющих 80 входов, 120 ПЛ и 400 выходов. В поле ступени ГИ можно образовать максимально 20 направлений с доступностью $D = 20$.

Число блоков на ступени ГИ зависит от емкости АТС, нагрузки и принятой нормы качества обслуживания. Число ступеней ГИ зависит от структуры телефонной сети и структуры АТС.

Ступень РИА предназначена для подключения абонентского регистра к ИШК, а через него к блоку АВ и к абонентской линии на время приема информации о номере вызываемого абонента и установления соединения. Регистры координатных АТС осуществляют прием адресной информации, ее хранение и передачу в управляющие устройства - маркеры. Исходящие и входящие шнуровые комплекты ИШК и ВШК предназначены для осуществления питания микрофонов телефонных аппаратов вызывающего и вызываемого абонентов, приема сигналов отбоя. Из ВШК посылаются вызов в ТА вызываемого абонента и сигнал контроля посылки вызова в ТА вызывающего абонента.

В системе АТСК(У) каждый коммутационный блок имеет свое управляющее устройство - маркер (МАВ, МСД, МГИ, МРИ). Маркеры выполняют задачи поиска и выбора соединительных путей через коммутационную систему для установления требуемых соединений.

Лекция 6 Цифровые сети связи

Интеграция телекоммуникационной сети

Под *модернизацией (цифровизацией) телекоммуникационной сети* понимается введение в существующую сеть цифровых компонентов передачи и коммутации. Переход от аналоговой сети к цифровой позволяет добиться более эффективного функционирования и обслуживания технических средств, повышения качества передачи информации, а также расширения спектра услуг, предоставляемых абонентам. Наилучшие технические и экономические показатели достигаются в том случае, если цифровыми являются как передача, так и коммутация. В этом случае имеет место *интеграция цифровой аппаратуры* и необходимость в аналогово-цифровых преобразователях отпадает. Применительно к телекоммуникационной сети в общем случае различают два типа интеграции:

- 1) интеграция коммутационной аппаратуры и аппаратуры передачи, на основе которой строится *интегральная цифровая сеть* (integrated Digital Network-IDN);
- 2) интеграция видов связи (услуг), на основе которой строится *цифровая сеть с интеграцией служб сеть* (integrated Strvices Diqital Network-ISDN)

Процесс перехода от аналоговой сети к цифровой можно разделить на две основные фазы. В первой фазе абонентские линии остаются аналоговыми, в то время как остальные части сети переводятся на цифровую основу. Это обусловлено тем, что в настоящее время, подавляющее большинство

существующих абонентских терминалов (телефоны, модемы и др.) являются аналоговыми, а стоимость цифровых терминалов высока. Таким образом, первый этап цифровизации заключается в создании интегральной цифровой сети IDN.

В ближайшем будущем удешевление абонентского терминального оборудования значительно повысит спрос на дополнительные услуги связи. В связи с этим предполагается постепенный перевод всей сети на цифровую основу, включая абонентские линии. Тем самым заключительной фазой переход от аналоговой сети к цифровой является создание полностью цифровой сети, где различные услуги (телефонные, передачи данных и т.д.) коммутируются Единой интегрированной телекоммуникационной сетью ISDN.

Принципы цифровизации телефонной сети

Рассмотрим базовые принципы цифровизации систем передачи и коммутации на примере местной телефонной станции. Пусть 2000 абонентов подключены к абонентскому коммутатору (*ступень абонентского искания - АИ*) аналоговой АТС. На выходе ступени группового коммутатора (*ступень группового искания - ГИ*) имеется 10 направлений к другим АТС по 30 СЛ в каждом. Предположим, что ступени АИ и ГИ соединяются друг с другом с помощью 300 проводных пар (рис. 3.1)

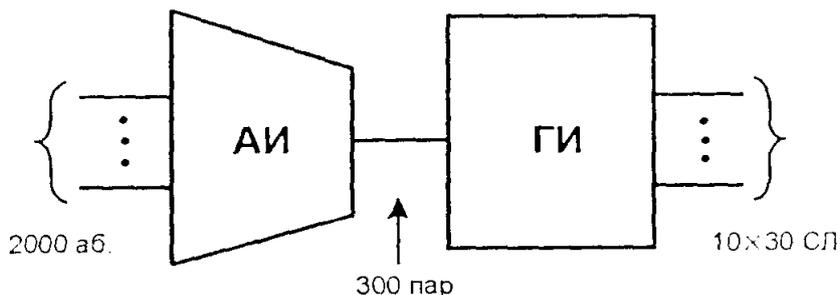


Рисунок 6.1 - Аналоговая местная АТС

Для более эффективного использования линий передачи в абонентской сети организуется подстанция, которая представляет собой совокупность абонентского коммутационного оборудования аналоговой АТС, вынесенного в место высокой концентрации абонентов. При этом подстанция соединяется с опорной АТС посредством цифровых СЛ (ЦСЛ) с ИКМ (рис. 3.5).

Для организации 300 разговорных каналов между подстанцией и опорной АТС используется 20 пар физических цепей, обеспечивающих передачу десяти первичных цифровых потоков ИКМ (2 пары для каждого потока): В этом случае число пар уменьшается с 2 000 до 20 (в 100 раз):

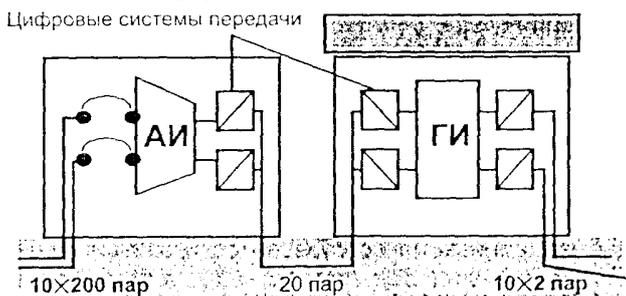


Рисунок 6.2 - Абонентская сеть с цифровым СЛ с ИКМ

На межстанционном участке сети также вводятся цифровые СЛ с ИКМ, что приводит к уменьшению числа физических цепей с 30 до 2 на каждом направлении (в 15 раз). Выигрыш в числе пар на межстанционном участке меньше, чем для первичного кабеля абонентской сети, так как на каждую межстанционную СЛ приходится большая нагрузка, чем на абонентскую пару (0,7...0,8 Эрл против 0,05...0,15 Эрл).

Затраты на вводимое оборудование ИКМ компенсируются выигрышем в числе используемых на участке соединения пар. Однако после введения цифровых АТС, включающих групповой цифровой коммутатор (Group Switch – GS) и абонентский (Subscriber Switch – SS) цифровой коммутатор, необходимость в системах передачи ИКМ отпадает. Для подключения к цифровой АТС аналоговых терминалов в абонентских комплектах цифровой АТС реализуются функции аналого-цифрового преобразования (АЦП) (рис. 3.6).

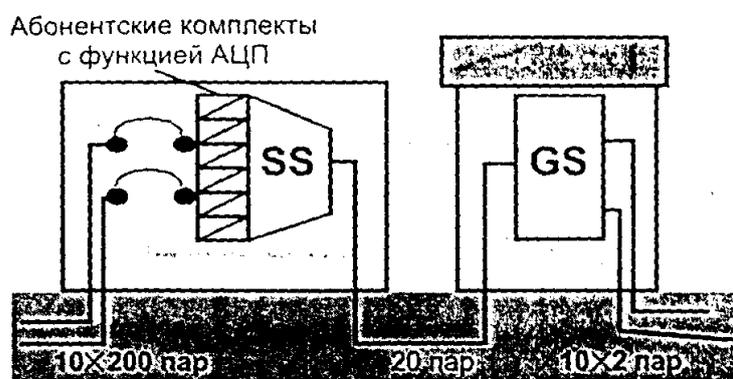


Рисунок 6.3 - Абонентская сеть с цифровым коммутационным оборудованием

Описанный принцип подключения абонентов к цифровой АТС представляет реализацию типичной структуры интегральной цифровой сети IDN.

Стратегия построения цифровой сети

Известны несколько стратегий построения цифровой сети, основными из которых являются:

- стратегия островов (стратегия замещения);
- стратегия наложения;
- прагматическая стратегия (комбинированная).

Для *стратегии островов* характерно то, что все существующие аналоговые системы поэтапно заменяются на цифровые в пределах ограниченных географических областей, называемых цифровыми островами (рис. 6.4). Затем острова цифровой сети постепенно объединяются, образуя единую цифровую сеть.

Цифровые острова рекомендуется внедрять в районах с большим количеством устаревших телефонных станций, срок эксплуатации которых подходит к концу, так же в районах с широким использованием цифровых систем передачи.

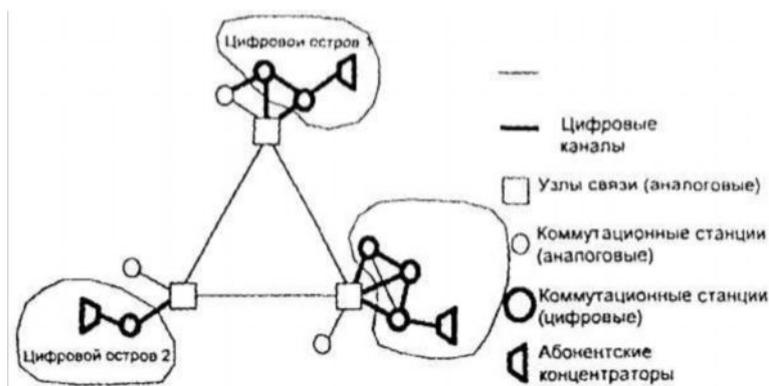


Рисунок 6.4 – Стратегия островов

Стратегия наложения направлена на создание цифровой сети, охватывающей ту же самую территорию, что и существующая аналоговая сеть (рис. 6.5).

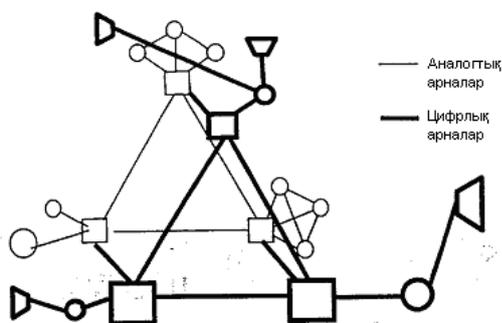


Рисунок 6.5– Стратегия наложения

Цифровые станции соединяются между собой только цифровыми СЛ и обмениваются сигнальной информацией с помощью общеканальной системы сигнализации (ОКС № 7).

Для стратегии наложения характерна высокая стоимость первоначальных затрат при относительно низкой емкости цифровой сети, так как вначале вводятся цифровые средства коммутации и передачи, относящиеся к верхним уровням иерархии сети (узловые и затем оконечные станции).

Стратегия наложения и островная стратегия (каждая в отдельности), как правило, не учитывают особенности конкретного региона, поэтому на сети чаще применяется их комбинация - *прагматическая стратегия* (рис. 6.6).

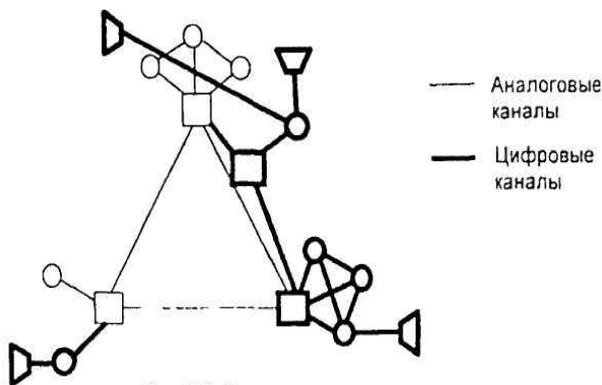


Рисунок 6.6 – Прагматическая стратегия

Для прагматической стратегии характерно то, что в процессе развития сети ее различные участки могут модернизироваться как с использованием стратегии наложения, так и путем введения цифровых островов.

Построение нерайонированной цифровой ГТС

При цифровизации телефонной сети небольших городов, номерная емкость которых на перспективу 5...10 лет не превысит 100 тыс. абонентов, целесообразно строить нерайонированную цифровую ГТС. Это становится возможным благодаря появлению современных цифровых АТС максимальной емкостью 100 тыс. номеров и выше.

Цифровизация существующей нерайонированной ГТС может происходить по двум вариантам.

Первый вариант: замена единственной электромеханической АТС на цифровую коммутационную станцию. После замены старой АТС общая структура ГТС не меняется. Как правило, меняется лишь абонентская сеть путем ввода концентраторов в районы, удаленные от АТС на значительное расстояние.

Второй вариант: включение новой цифровой АТС в существующую сеть как еще одной, с последующим удалением старой АТС в перспективе.

Модернизация существующей районированной ГТС проводится по принципу наложения и *поэтапно*. На рис. 6.7 представлена схема существующей ГТС, содержащей три электромеханических АТС. Затененные участки отображают два района города, где необходимо подключить новые группы абонентов.

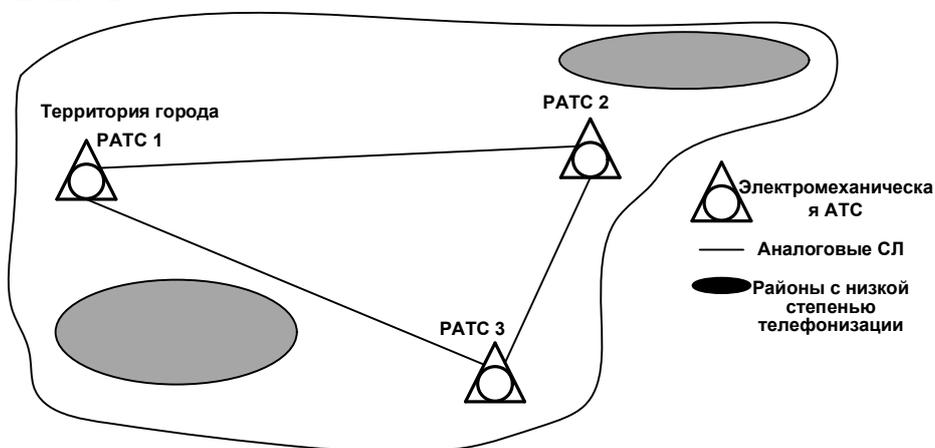


Рисунок 6.7 Аналоговая районированная ГТС без узлов

Принцип наложения предполагает выполнение следующих условий:

- вновь вводимая цифровая АТС чаще располагается в одном здании с электромеханической АТС, подлежащей демонтажу немедленно или в 'перспективе, однако возможно ее расположение в другом здании, если на это существуют какие-либо обстоятельства;
- между цифровыми АТС образуется прозрачный цифровой канал связи без аналоговых вставок;
- цифровые АТС с аналоговыми связываются по цифровым каналам, при этом оборудование аналого-цифрового преобразования устанавливается на

стороне аналоговой АТС и образует сетевую станцию или сетевой узел, организованные на базе мультиплексорного оборудования ИКМ.

На первом этапе цифровизации ГТС вводится одна новая цифровая РАТС. При этом существующая сеть сохраняет прежнюю топологию. На рис. 6.8 представлен вариант сети после введения новой АТС на первом этапе цифровизации. При этом часть абонентов РАТС 2 могут переключаться (постепенно или одновременно) в цифровую АТС (ЦАТС).

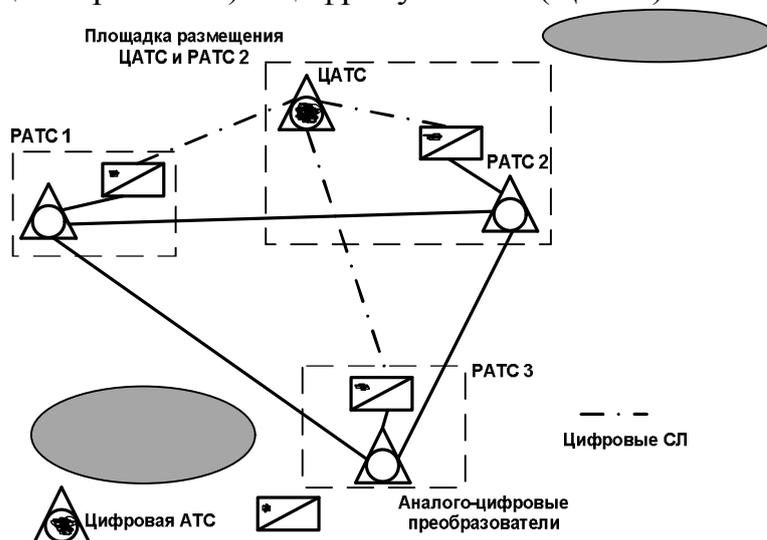


Рисунок 6.8 - Цифровая нерайонированная АТС после установки новой цифровой АТС

На втором этапе цифровизации ГТС осуществляется замена одной или более электромеханических АТС на концентраторы и/или мультиплексоры, подключаемые к цифровой коммутационной станции, а также их дополнительное введение в новых районах с низкой степенью телефонизации.

На рис. 6.9 представлен вариант второго этапа цифровизации, при котором все абоненты, ранее подключенные к РАТС 2, переключаются на ЦАТС, а сама РАТС 2 демонтируется. Концентратор К1 заменяет электромеханическую РАТС 1, а концентратор К2 установлен в новом районе с низкой степенью телефонизации (затененная область на рис. 3.12). При этом только одна коммутационная станция РАТС 3 остается аналоговой.

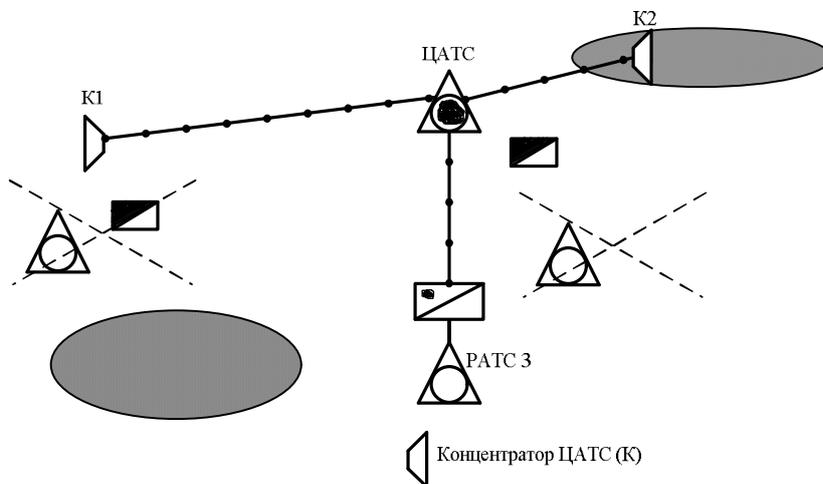


Рисунок 6.9 - Цифровая нерайонированная ГТС после установки концентраторов и демонтаж аналоговых АТС (2-й этап цифровизации)

На заключительном этапе цифровизации рассматриваемой ГТС последняя электромеханическая РАТС 3 заменяется концентратором К3 и еще один концентратор К4 вводится в новом районе города. Финал цифровизации ГТС представлен на рис. 6.10.

Цифровизация аналоговой районированной ГТС без узлов.

При цифровизации телефонной сети более крупных городов, ожидаемая в ближайшей перспективе номерная емкость которых лежит в ориентировочных пределах от 100 тыс. до 1-2 млн номеров, целесообразно строить районированную цифровую ГТС с переходом на шестизначную нумерацию.

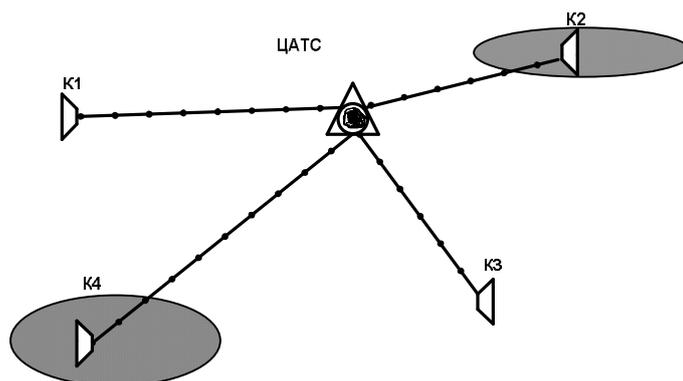


Рисунок 6.10 - Цифровая нерайонированная ГТС (полная цифровизация)

При этом возможны два варианта построения районированной цифровой ГТС:

- 1) все цифровые АТС связаны между собой по принципу «каждая с каждой» без организации транзитных связей между ними;
- 2) цифровая ГТС имеет как оконечные, так и транзитные станции.

В качестве исходной рассмотрим ГТС, представленную на рис 3.10.

На *первом этапе* вновь вводимая первая цифровая АТС должна быть связана со всеми РАТС существующей аналоговой сети цифровыми каналами. При этом оборудование АЦП (системы передачи ИКМ) устанавливается на стороне электромеханических станций (см рис 6.11).

На *втором этапе* одна или несколько цифровых АТС могут, как вводиться вновь, так и заменять аналоговые АТС. При этом возможны два основных варианта взаимосвязи между АТС наложенной цифровой и существующей аналоговой сети:

- 1) организация прямых пучков СЛ между каждой цифровой и каждой аналоговой АТС по *полносвязной схеме*;
- 2) использование первой АТС в качестве *транзитной* для связи вновь вводимых цифровых станций с аналоговыми станциями на ГТС.

В качестве примера второго этапа модернизации приведен вариант, при котором в дополнение к первой цифровой РАТС 12, которая заменила аналоговую РАТС 2, вновь введена цифровая РАТС 14. Следует отметить, что произошел переход сети на шестизначную нумерацию с ожиданием значительного увеличения абонентской емкости ГТС.

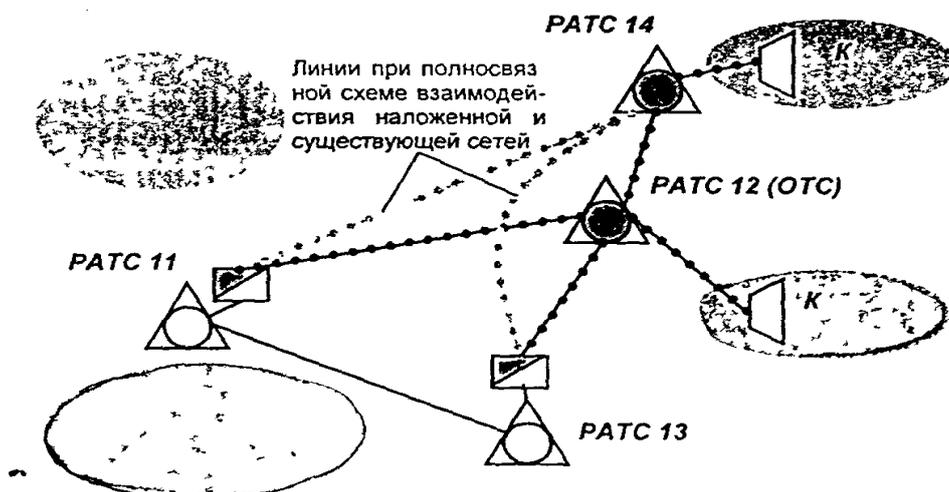


Рисунок 6.11 Цифровая районированная ГТС после второго этапа цифровизации.

К цифровым РАТС 12 и РАТС 14 подключаются выносные концентраторы, установленные в удаленных зонах с низкой степенью телефонизации.

При полносвязной схеме взаимодействия наложенной и существующей сетей организуются цифровые СЛ между каждой АТС с установкой АЦП на стороне аналоговых АТС. В ином случае, как показано на рис. 3.15, цифровая РАТС 14, как и все вновь вводимые, будут связываться сосуществующими аналоговыми РАТС (РАТС 11 и РАТС 13) через одну или несколько цифровых АТС (в данном случае РАТС 12), которые получают статус *опорно-транзитных станций (ОТС)*.

Заключительным этапом цифровизации рассматриваемой ГТС является замена всех электромеханических АТС на цифровые и их соединение по принципу «каждая с каждой». На рис.3.16 приведен пример финальной, стадии цифровизации ГТС, где все АТС заменены цифровыми и введена еще одна цифровая РАТС, обслуживающая абонентов.

Литература: *Осн. [2] стр. 37-50*

Доп. [5] стр. 10-24

Контрольные вопросы:

1. Что такое интегральная цифровая сеть?
2. Что такое цифровая сеть с интеграцией служб?
3. Покажите на примере принципы цифровизации телефонной сети.
4. Сравнительные характеристики стратегии построения цифровой сети
5. Особенности построение нерайонированной цифровой ГТС
6. Основные этапы цифровизации аналоговой районированной ГТС без узлов.
7. Покажите на примере особенности цифровизации аналоговой районированной ГТС с УВС

Лекция № 7 Построение цифровой сети с кольцевой структурой

Межстанционные связи между различными электромеханическими РАТС на аналоговой ГТС изначально организовывались посредством

физических соединительных линий либо систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК). Затем наряду с аналоговыми системами передачи с ЧРК стали внедряться цифровые системы передачи ЦСП (ИКМ-30, ИКМ-120 и др.). Такие системы относятся к так называемой *плезioxронной цифровой иерархии* (Plesiochronous Digital Hierarchy – PDH). Здесь при временном группообразовании скорости объединяемых цифровых потоков могут незначительно отличаться друг от друга в пределах допустимой нестабильности задающих генераторов ЦСП, расположенных на различных станциях сети. Это требует принятия специальных мер для согласования скоростей цифровых потоков при их объединении в поток более высокой ступени иерархии. Поэтому оборудование ЦСП заметно усложняется, а также снижаются качественные показатели сети в целом.

В последние годы широко внедряются высокоэффективные системы, относящиеся к *синхронной цифровой иерархии* (Synchronous Digital Hierarchy – SDH). Это связано с тем, что при строгой синхронности объединяемых потоков значительно упрощается техника их объединения и разделения. Кроме того, обеспечивается прямой доступ к компонентам составляющих потоков без разделения общего, а также появляются заметные преимущества эксплуатации и технического обслуживания сети связи.

Сеть SDH реализуется таким образом, что предусматривается возможность передачи сигналов не только новых широкополосных служб, но и сформированных с помощью оборудования PDH. Исходные сигналы посредством процедуры временного группообразовании преобразуются в *синхронный транспортный модуль* (Synchronous Transport Module – STM) соответствующего уровня. Скорость передачи STM первого уровня (STM-1) установлена 155, 520 Мбит/с. Для STM более высокого уровня предусматривается увеличение скорости в N раз, где N принимает значения 4, 16, 64 (при этом в N раз повышается и скорость передачи по сравнению со скоростью 155, 520 Мбит/с). Стандартные системы SDH приведены в таблице.

Стандартные системы SDH

Характеристика	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Число каналов	1920	7680	30720	122880
Скорость, Мбит/с	155,520	622,080	2488,320	9953,280

При описании систем SDH принято использовать приближенные скорости уровней синхронной иерархии: 155 Мбит/с, 622 Мбит/с, 2,5 Гбит/с; 10 Гбит/с.

При использовании оборудования SDH сети преимущественно строятся в виде волоконно-оптических колец, на которых в пунктах концентрации нагрузки устанавливаются мощные транзитные центры (сетевые узлы), а вдоль по кольцу - мультиплексоры и кроссовое оборудование для выделения цифровых потоков по мере необходимости (сетевые станции).

Системы SDH могут вводить отдельный канал или группу каналов в высокоскоростной поток данных (а также ответвлять их из него), который не требуется в процессе передачи на разных уровнях иерархии вновь разделять на

отдельные потоки и объединять в общий поток. Таким образом, исключается сложный процесс, ограничивающий прежде использование оптических кабелей непосредственно между сетевыми узлами (станциями).

К тому же система SDH совместима с существующими плезиохронными сетями и позволяет развивать и модернизировать существующие цифровые сети без перерывов в их работе. Взаимодействие с системами плезиохронной иерархии возможно на уровнях 2, 34 и 140 Мбит/с. Следует отметить, что ввод сигнала PDH 8 Мбит/с в аппаратуру ЗОН не предусмотрен. По сети SDH наиболее эффективно транспортировать поток 140 Мбит/с, который позволяет организовать 1920 цифровых каналов (ЦК) со скоростью 64 кбит/с каждый. При транспортировании потоков по 2 Мбит/с (30 ЦК) полезная нагрузка ЗТМ-1, который может нести 63 таких потока, оказывается меньше: $63 \times 30 = 1890$ ЦК. Наименее эффективен прямой ввод в сеть SDH потоков 34 Мбит/с (480 ЦК), так как при этом ЗТМ-1 несет только три таких потока и полезная нагрузка составляет всего $3 \times 480 = 1440$ ЦК.

ГТС на основе плезиохронных сетей могут строиться только при небольшом числе станций на сети (не более трех). При увеличении числа станций увеличивается и объем согласующего оборудования на каждой станции, что приводит к неоправданно большим затратам. В отдельных случаях оборудование PDH также можно использовать для подключения удаленных цифровых АТС, не включенных в кольцо, к опорно-транзитным или транзитным станциям.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее перспективно проводить цифровизацию первичной городской сети на основе построения кольцевой сети SDH (рис. 7.1).

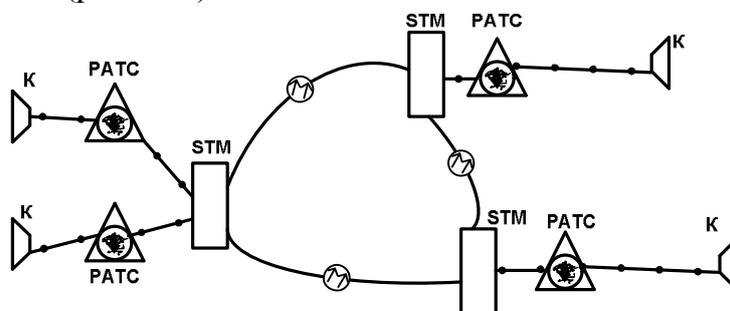


Рисунок 7.1 - Кольцевое построение сети на ГТС

Стратегия цифровизации СТС

Стратегия одновременной замены всех аналоговых АТС

В отличие от ГТС, для СТС характерно отсутствие единых сценариев развития в силу различия экономических, географических и других факторов. Преобразование аналоговой СТС в цифровую телефонную сеть может осуществляться по четырем основным стратегиям:

1. Одновременная замена всех аналоговых АТС;
2. Постепенная замена аналоговых АТС цифровыми коммутационными станциями;
3. Построение наложенной сети по сценариям, аналогичным для ГТС;

4. Постепенная интеграция СТС с ГТС райцентра, приводящая к построению единой сети.

В стратегии одновременной замены всех аналоговых АТС отсутствуют переходные этапы от существующей сети к цифровой. Такой подход получил название *стратегия бульдозера*. При реализации «стратегии бульдозера» на период монтажа цифрового коммутационного оборудования необходимо обеспечить связь абонентов другими техническими средствами. В качестве таких средств могут использоваться перевозимые АТС и системы подвижной радиосвязи.

Стратегия постепенной замены аналоговых АТС на цифровые.

Для рассматриваемой стратегии характерен тот факт, что первая цифровая АТС становится оконечной станцией ОС. Структура сети, иллюстрирующая стратегию постепенной замены аналоговых АТС, представлена на рис. 3.25.

На начальном этапе цифровизации СТС вводится первая цифровая АТС, замещающая аналоговую ОС 1. При этом цифровая АТС также является оконечной (ОС 1) и соединяется с существующей ЦС цифровыми линиями связи ИКМ. Цифровая ОС должна поддерживать систему сигнализации, принятую в существующей СТС, так как аналоговая ЦС не поддерживает систему общеканальной сигнализации ОКС 7.

На последующих этапах заменяются остальные аналоговые ОС. При этом цифровые ОС по цифровым каналам непосредственно подключаются к ЦС, а УС не используется.

Достоинством такой стратегии цифровизации СТС является минимизация первоначальных затрат при вводе первой цифровой АТС.

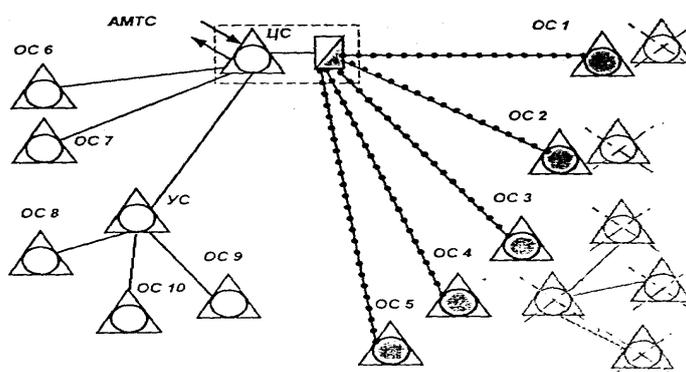


Рисунок 7.2 - Стратегия постепенной замены аналоговых АТС на СТС
Стратегия построения наложенной сети

В этом случае первой из заменяемых сельских АТС становится ЦС. На последующих этапах цифровизации цифровые концентраторы или мультиплексоры либо вводятся вновь, либо замещают устаревшие электромеханические АТС. При этом они соединяются с уже цифровой ЦС посредством цифровых линий связи ИКМ.

Преимуществом данной стратегии является возможность использования в рамках наложенной сети сигнализации ОКС 7. ЦС осуществляет

синхронизацию наложенной сети и обеспечивает функции системы технической эксплуатации СТС. Так как цифровизация СТС осуществляется поэтапно, то возникает необходимость выбора оптимальных принципов сопряжения цифровой ЦС с еще не замененными электромеханическими АТС.

Вариант 1. Идея первого варианта сопряжения показана на рис. 3.26.

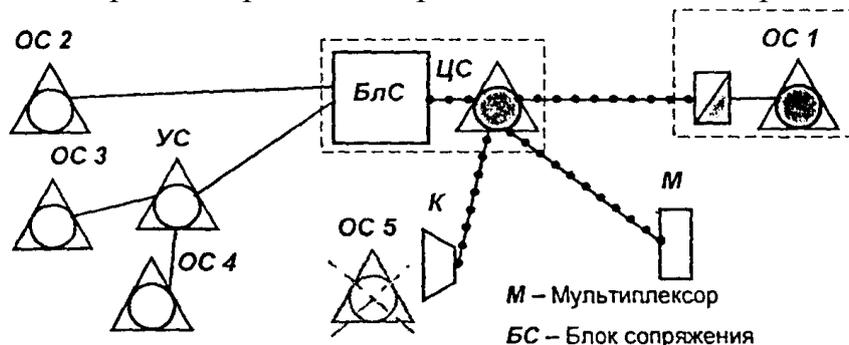


Рисунок 7.3 - Первый вариант сопряжения цифровой ЦС с аналоговыми АТС

Для взаимодействия цифровой ЦС с еще не замененными аналоговыми ОС и УС целесообразно использовать блок *сопряжения* (БлС), который занимает часть площади бывшей ЦС и выполняет следующие функции:

1. Преобразование четырехпроводных окончаний каналов аналоговых и нестандартных цифровых систем передачи в стандартные цифровые каналы 2048 кбит/с (поток Е1);
2. Преобразование двухпроводных СЛ от близлежащих ОС в стандартные цифровые каналы 2048 кбит/с;
3. Согласование систем сигнализации, принятых на существующих ОС и ЦС данной СТС, с системой сигнализации цифровой ЦС;
4. Контроль и диагностика оборудования сопряжения.

БлС предназначен для решения задачи адаптации импортных коммутационных станций (согласование систем сигнализации) в окружении существующих аналоговых АТС. Если прежде ОС соединялась с аналоговой ЦС стандартными каналами ИКМ, то она переключается на новую ЦС.

Все новые концентраторы или мультиплексоры соединяются с ЦС стандартными каналами ИКМ. Оставшиеся аналоговые ОС и УС существующей СТС связываются с ЦС через БлС.

Вариант 2. Идея второго варианта сопряжения показана на рис. 3.27.

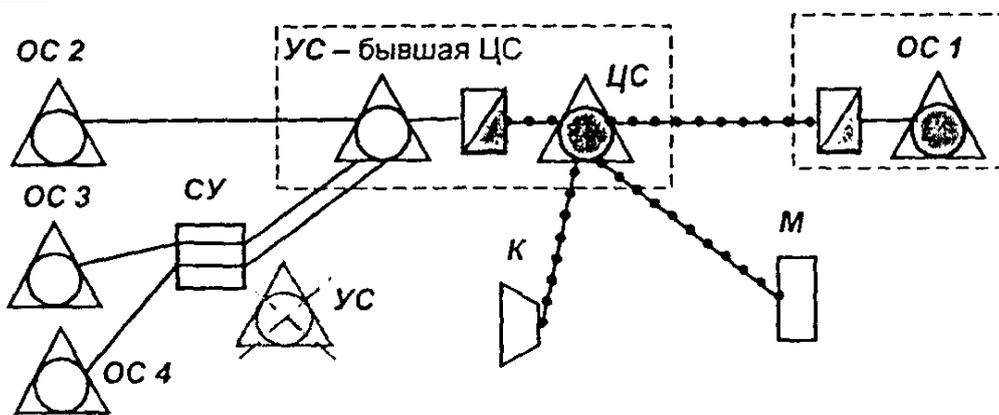


Рисунок 7.4 - Второй вариант сопряжения цифровой ЦС с аналоговыми АТС

После введения цифровой ЦС бывшая аналоговая ЦС не демонтируется, а приобретает статус УС, в которую включаются ОС. Все новые концентраторы и мультиплексоры также соединяются с цифровой ЦС посредством стандартных каналов ИКМ. На месте аналоговых УС организуются сетевые узлы (СУ), в которых создаются прямые пучки СЛ от ОС до УС (бывшая ЦС). При этом бывшая аналоговая УС может продолжать функционировать как ОС (без транзита), если не требуется ее замена по причине физического износа.

Стратегия интеграции СТС с ГТС райцентра

Такая стратегия цифровизации СТС соответствует расширению ГТС райцентра. В этом случае первая цифровая коммутационная станция устанавливается как РАТС на ГТС.

На первом этапе устанавливается цифровая коммутационная станция и АЛ, включенные ранее в ЦС, полностью или частично переключаются на нее, как показано на рис. 3.28. При полном переключении АЛ в цифровую РАТС 3 ЦС становится узлом сельско-пригородной связи (УСП).

На втором этапе осуществляется постепенная замена аналоговых ОС за счет установки концентраторов или мультиплексоров, которые включаются в цифровую РАТС 3, как показано на рис. 3.29. При этом УС сельской телефонной сети полностью демонтируются.

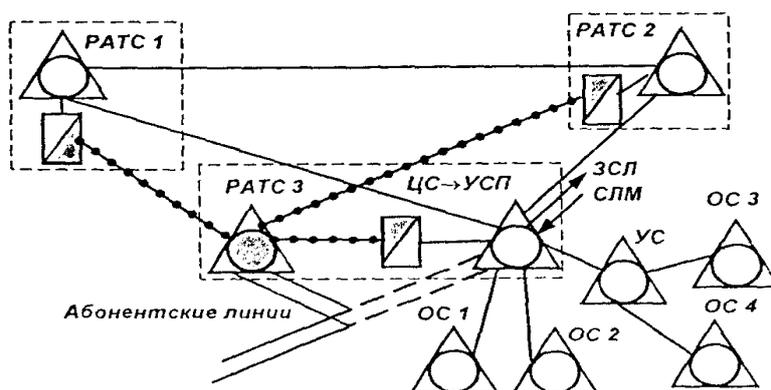


Рисунок 7.5 - Первый этап интеграции СТС с ГТС райцентра

По мере замены ОС на концентраторы или мультиплексоры вся СТС становится цифровой. Так как абоненты демонтированных ОС становятся абонентами ГТС райцентра, то СТС фактически интегрируется с ГТС райцентра.

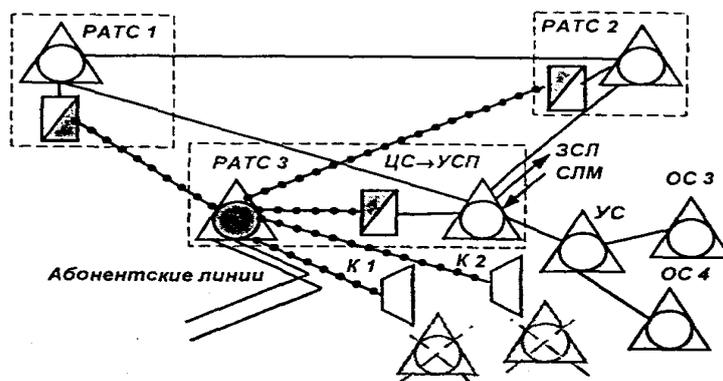


Рисунок 7.5 - Второй этап интеграции СТС с ГТС райцентра

На *заключительном этапе* модернизации СТС все аналоговые РАТС на ГТС райцентра заменяются на цифровые коммутационные станции, а все ОС на концентраторы и мультиплексоры, как показано на рис. 3.30.

При этом пучки ЗСЛ и СЛМ с аналогового УСП переключаются на цифровую РАТС 3, которая выполняет функции ЦС сельской сети, интегрированной с ГТС райцентра.

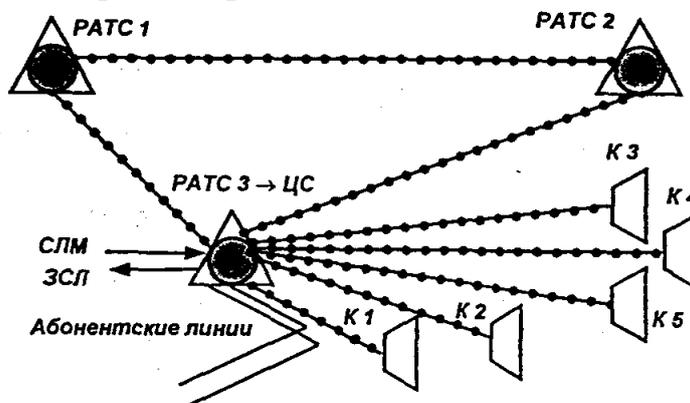


Рисунок 7.6 - Заключительный этап интеграции СТС с ГТС райцентра

Литература: Осн. [2] стр. 37-62

Доп. [5] стр. 10-24

Контрольные вопросы:

1. Построение цифровой сети с кольцевой структурой.
2. Сравнительные характеристики синхронных транспортных модулей СТМ-1,4,16,64
3. Проведите сравнительный анализ совместимости плезиохронной и синхронной цифровой иерархии на уровнях 2,34,140 Мбит/с.
4. Стратегия одновременной замены всех аналоговых АТС
5. Стратегия постепенной замены аналоговых АТС на цифровые.
6. Стратегия построения наложенной сети
7. Стратегия интеграции СТС с ГТС райцентра
8. Сравнительный анализ стратегии цифровизации СТС

Лекция № 8 Принципы сигнализации, синхронизации и управления в цифровых сетях связи.

Классификация видов сигнализации

Под *сигнализацией в сетях связи* понимается совокупность сигналов, передаваемых между элементами сети, и способов их передачи для обеспечения установления и разъединения соединения при обслуживании вызовов, а также для передачи служебной информации.

Звеном сети электросвязи называется участок тракта передачи информации, ограниченный двумя смежными узлами коммутации или узлом коммутации и абонентским терминалом.

В зависимости от звена сети различают следующие *виды сигнализации* (рис. 8.1).

- абонентская - на участке между абонентским терминалом и коммутационной станцией;
- внутрисканционная - между различными функциональными узлами и блоками внутри коммутационной станции;
- междисканционная - между различными коммутационными станциями в сети.

Сигналы, передаваемые по телефонным каналам и линиям, разделяются на три группы: линейные сигналы, сигналы управления и информационные акустические сигналы.

В состав *абонентской сигнализации* включены все сигналы, передаваемые между абонентским терминалом и АТС (информационные акустические сигналы и информация о номере абонента).

К ним относятся сигналы вызова станции, ответа станции, набора номера, посылки и контроля посылки вызова, занятости абонента и др. Эти сигналы называются *абонентскими сигналами*.

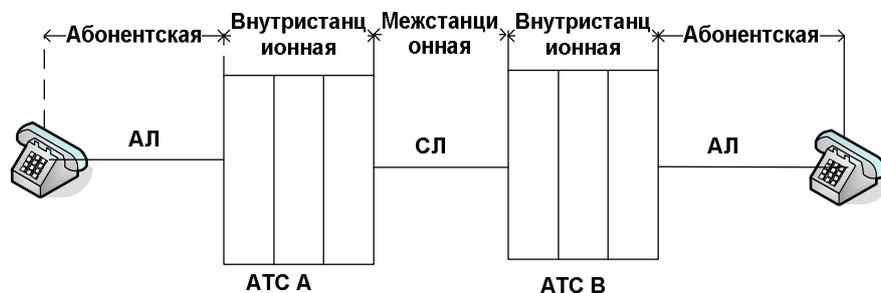


Рис. 8.1. Виды сигнализации в телефонных сетях связи

Они предоставляют адресную информацию, а также являются акустическим сопровождением линейных сигналов для информирования абонентов о состоянии обслуживания вызова.

Внутрисканционная сигнализация зависит от архитектуры и принципов построения системы коммутации, используемой элементной базы и является специфической для каждого вида системы.

В состав *междисканционной сигнализации* включены все сигналы, передаваемые между коммутационными узлами. К таким сигналам относятся линейные сигналы и сигналы маршрутизации (их также называют сигналами управления или регистровыми сигналами).

Линейные сигналы используются между станциями для взаимного информирования о состоянии линии в процессе обслуживания вызова. К ним относятся сигналы занятия, подтверждения занятия, ответ вызываемого абонента, а также сигналы отбоя вызываемого и вызывающего абонента. Эти сигналы отмечают основные этапы установления соединения (исходное состояние, занятие, ответ, разъединение и др). Совокупность линейных сигналов и способов их передачи образует *линейную сигнализацию*. В зависимости от системы коммутации и способов передачи линейных сигналов существуют различные системы линейной сигнализации.

Сигналы маршрутизации (регистровые сигналы) предоставляют адресную информацию для маршрутизации вызовов к месту назначения. К ним относятся информация о номере вызываемого абонента, информация о

категории и номере вызывающего абонента. Для координатной АТС эти сигналы называют регистровыми, так как они выдаются из регистра. Совокупность сигналов маршрутизации и способов их передачи образует *регистровую сигнализацию*.

Способы передачи межстанционной сигнальной информации

Сигнальная информация (линейные и регистровые сигналы) между станциями может передаваться тремя основными способами.

1. *Передача сигналов непосредственно по телефонному каналу*, где сигналы передаются постоянным током (ОС signaling) или токами тональной частоты (в пределах диапазона 300-3400 кГц). Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *внутриполосные системы сигнализации*.

Данные системы сигнализации ассоциируются с аналоговыми декадно-шаговыми станциями, реализующими принцип непосредственного управления. На рис. 8.2 приведена иллюстрация способов сигнализации непосредственно по телефонному каналу.

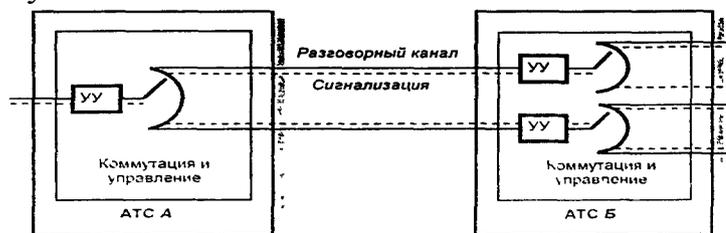


Рисунок 8.2 - Схема сигнализации непосредственно по телефонному каналу

Для этого способа сигнализации характерно, что в процессе обслуживания вызова сигнальная (сплошные линии) и полезная (пунктирные линии) информация проходит один и тот же путь как внутри станции так и вне ее по межстанционным соединительным линиям.

2. *Передача сигналов по выделенному сигнальному каналу*, в качестве которого используется 16-й временной интервал в ИКМ тракте либо выделенный частотный канал вне разговорного спектра канала тональной частоты (ТЧ), например **3825 Гц**. Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *системы сигнализации по выделенному сигнальному каналу* (ВСК).

Способ сигнализации по ВСК представлен на рис. 4.4.

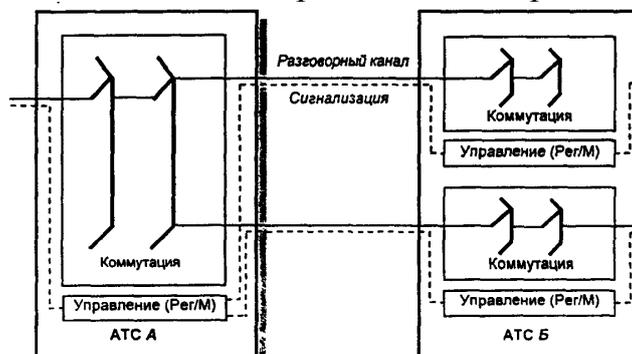


Рисунок 8.3 - Схема сигнализации по выделенному сигнальному каналу

Для этого способа сигнализации характерно то, что в процессе обслуживания вызова сигнальная и полезная информация вне станции проходит один и

тот же путь, но внутри станции цепи прохождения этих сигналов разделены. Согласно рис. 4.4 разговорная информация проходит через коммутационные блоки (сплошные линии), а сигнальная информация (пунктирные линии) - через управляющие устройства.

3. *Передача сигналов по общему каналу сигнализации*, где передача сигнальной информации осуществляется по тракту, который предоставляется для целого пучка телефонных каналов по принципу адресного использования. В данном случае сигналы передаются в соответствии со своими адресами и размещаются в общем, буфере для использования каждым телефонным каналом, как и когда это потребуется. Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *системы общеканальной сигнализации* (ОКС). В системе ОКС тракты сигнализации и разговорные тракты разделены. Такое разделение происходит как внутри, так и вне станции, тем самым оптимизируются процессы управления, коммутации и сигнализации (рис. 4.5).

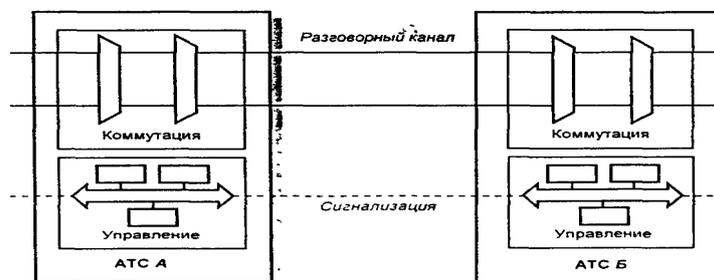


Рисунок 8.4- Схема сигнализации по общему каналу (ОКС)

Для ОКС может применяться отдельная сеть сигнализации либо сигнализация может быть реализована с использованием сети с коммутацией каналов путем занятия специальных выделенных каналов (например 16-й временной интервал цифрового потока ИКМ).

Разговорная информация также проходит через коммутационные блоки, однако, сигнальная информация передается по отдельному тракту как внутри, так и вне станции.

Абонентская сигнализация

Взаимодействие абонентского терминала со станцией

В понятие абонентской сигнализации включены все сигналы взаимодействия между терминалом и телефонной сетью. К ним относятся сигналы о состоянии абонентского терминала, номерная информация, набираемая абонентом, и сигналы информирования абонентов. Абонентская сигнализация характеризуется полной зависимостью от поведения абонентов.

Передача номера абонента по абонентской линии

В настоящее время на телефонной сети используется два способа набора номера вызываемого абонента: импульсный набор и тональный набор.

При *импульсном наборе* импульсы посылаются путем поочередного размыкания и замыкания шлейфа со скоростью 10 импульсов в секунду. Длительность размыкания равна примерно 60 мс, а длительность замыкания - примерно 40 мс. Для того чтобы определить конец одной цифры и начало следующей, межсерийный интервал должен быть не менее 200 мс. Число

размыканий или замыканий до межсерийного интервала соответствует цифре посылаемого номера. На рис. 8.5 представлена временная диаграмма посылки цифр 3 и 5 импульсным набором.

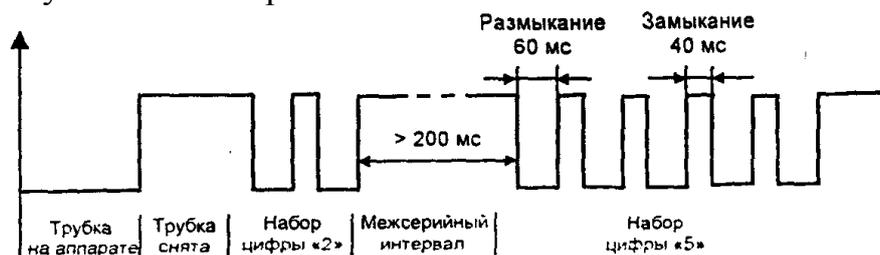


Рисунок 8.5 - Временная диаграмма посылки цифр 3 и 5 импульсным набором

Для передачи номерной информации от телефонного аппарата *тональным набором* используется многочастотный код «2 из 8». Сигнальные частоты выбираются из двух отдельных групп частот звукового диапазона (рис. 4.9):

Для передачи номерной информации от телефонного аппарата *тональным набором* используется многочастотный код «2 из 8». Сигнальные частоты выбираются из двух отдельных групп частот звукового диапазона (рис. 4.9):

- нижняя группа - 697, 770, 852 и 941 Гц;
- верхняя группа 1209, 1336, 1477 и 1633 Гц.

Каждый сигнал содержит две сигнальные частоты. Одна из частот выбирается из нижней группы, а вторая - из верхней. Частота 1633 Гц (А, В, С, О) используется для реализации дополнительного набора функций, например в мини-АТС.

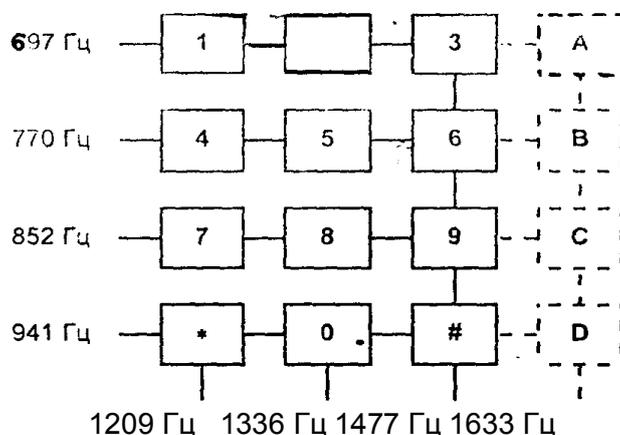


Рисунок 8.6 - Соответствие частот цифрам тонального набора номера

Линейная сигнализация

Передача линейных сигналов может осуществляться следующими основными способами:

- передача сигналов постоянным током;
- одночастотная внеполосная передача сигналов (3825 Гц);
- одночастотная (2,600 Гц) или двухчастотная (1200 и 1600 Гц) внутриполосная передача сигналов;
- передача, сигналов по ИКМ трактам.

Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-30 (сигнализация 2ВСК).

На цифровых СЛ, использующих системы передачи с ИКМ, применяется *передача линейных сигналов по ИКМ трактам*. Для передачи цифровых сигналов организуются сверхциклы, циклы и временные интервалы.

Во временных интервалах, соответствующих речевым каналам, передаются восьмибитовые комбинации, кодирующие отчеты аналоговых сигналов. Цикловая структура цифрового потока зависит от применяемых стандартов: например ИКМ-30, ИКМ-24, ИКМ-15, ИКМ-12. Международным союзом электросвязи (МСЭ) определены два стандарта систем передачи ИКМ: европейский ИКМ-30 (рис. 8.2) и американский ИКМ-24.

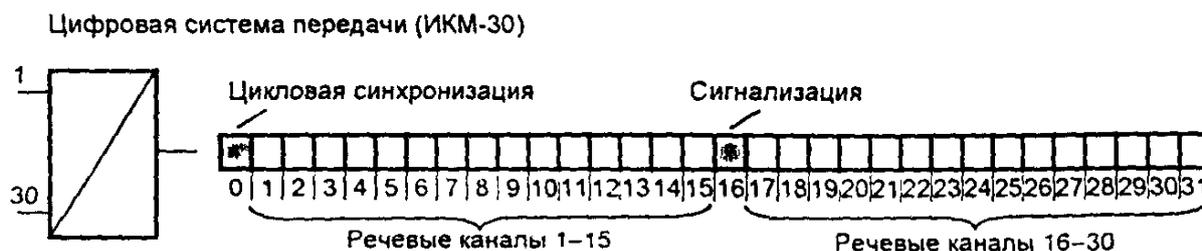


Рисунок 8.7 - Цикл передачи цифровых сигналов в системе ИКМ-30

В *цифровой системе ИКМ-30* для передачи сигнальной информации о состоянии 30 речевых каналов организуется сверхцикл, содержащий 16 циклов по 125 мкс каждый (рис. 8.8).

Нулевой временной интервал (ВИ) четных циклов используется для цикловой синхронизации (бит 1 - канал передачи низкоскоростной цифровой информации телеграфный канал, биты 2...8 - синхрокомбинация - 0011011). Нулевой ВИ нечетных циклов используется для передачи служебной информации (бит 1 - телеграфный канал, бит 3 - информация о потере цикловой синхронизации, бит 6 - сигнал контроля остаточного затухания, биты 2, 4, 5, 7, 8 являются свободными и передают единичные символы). Временные интервалы 1-15 и -17-31 служат для передачи полезной информации.

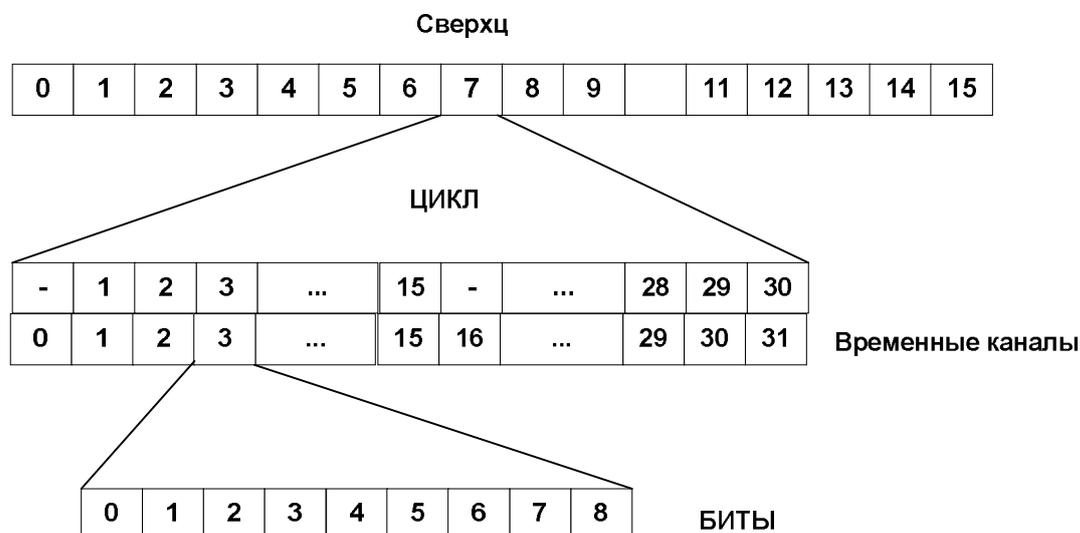


Рисунок 8.8 - Цикловая структура тридцатиканальной системы ИКМ

В 16-м ВИ всех циклов, кроме нулевого, организуется по 2 сигнальных канала. Каждый сигнальный канал имеет 4 бита: а, Ь, с и а (рис. 8.9).

В 16-м временном интервале нулевого цикла передается сверхцикловой синхросигнал (СЦС), от которого ведется отсчет сигнальных каналов. СЦС передается в битах с 1,2,3,4, равных 0000. Бит 6 (У) передает информацию о потере сверхцикловой синхронизации (1-синхронизация потеряна, 0-нормальная работа). Биты 5, 7, 8 (Х) зафиксированы и равны соответственно 1, 0, 1.

16-й ВИ первого цикла передает по 4 сигнальных бита для разговорных каналов 1 и 16, 16-й ВИ второго цикла – для каналов 2 и 7 и т.д.. поскольку в сверх цикле 16 циклов, то период дискретизации сигнальных каналов равен $16 \cdot 125 \text{ мкс} = 2 \text{ мс}$.

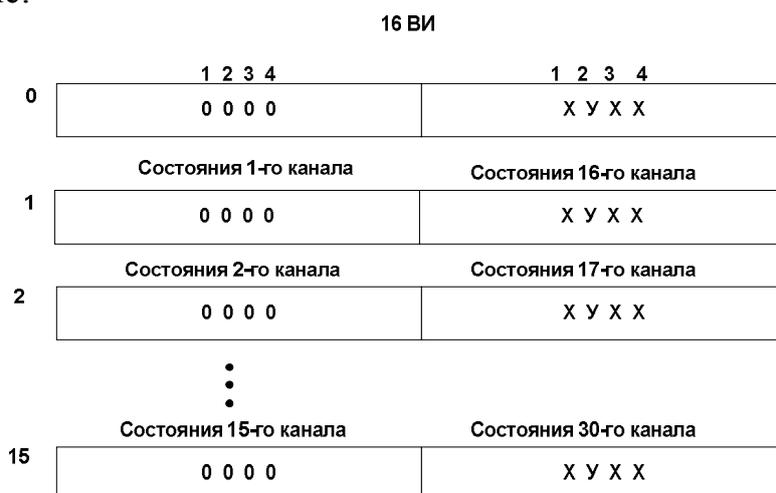


Рисунок 8.9 - Передача сигнальной информации по 2ВСК в системе ИКМ-30

Сигнальные биты, соответствующие речевым каналам, распределены следующим образом: биты с и с1 зафиксированы и равны 0 и 1 соответственно. Для кодирования сигналов сигнализации используются биты а и Ь. Для защиты от случайных ошибок в приемнике линейных сигналов применяется так называемый временной фильтр. Его суть заключается в том, что изменение значения любого из битов а и Ь должно быть подтверждено в течение нескольких сверхциклов. Неподтвержденное изменение значения бита игнорируется.

Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-15 (сигнализация 1ВСК)

В настоящее время на Российских телефонных сетях еще используется цифровая *аппаратура уплотнения каналов ИКМ-15*, которая имеет следующие параметры:

- число временных интервалов в цикле 16 в том числе: речевых 15 сигнализации 1
- длительность цикла, мкс 125
- число разрядов во временном интервале 8
- скорость передачи цифрового потока, кбит/с 1024

Сверхцикл состоит из 16 циклов (с 0 по 15). Каждый цикл содержит 16 ВИ (ВИ 0...ВИ 15). Во временных интервалах с 1 по 15 передаются восьмиразрядные кодовые комбинации 15 разговорных каналов (рис. 4.16).

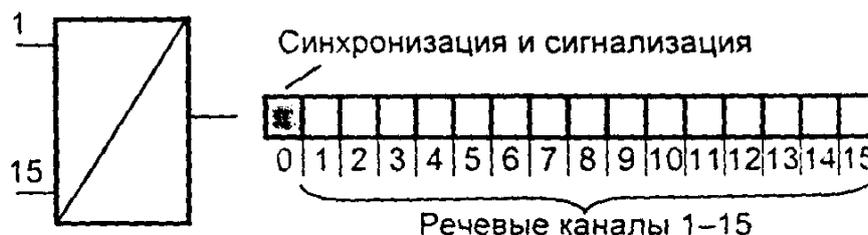


Рисунок 8.10 - Цикл передачи цифровых сигналов в системе ИКМ-15

Нулевой интервал используется для передачи сигналов сигнализации, цикловой и сверхцикловой синхронизации, а также для передачи дополнительных сигналов управления и взаимодействия. Цикловая структура представлена на рис. 4.17.



Рисунок 8.11 - Цикловая структура пятнадцатиканальной системы ИКМ

Пятый разряд нулевого ВИ всех циклов используется для передачи низкоскоростной цифровой информации - телеграфный канал (ТЛГ).

Разряды 6, 7 и 8 нулевого ВИ всех циклов используются для передачи циклового синхросигнала (комбинация 110).

В нулевом ВИ нулевого цикла передается следующая информация (рис. 8.12):

- бит 1 - «1» сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС);
- бит 2 - авария на дальнем конце (АД);
- бит 3 - превышение коэффициента ошибок 10^{-5} ;
- бит 4 - авария сверхцикловой синхронизации (АСЦ).

В нулевом ВИ с 1 по 15 циклов передается следующая информация:

- бит 1 - «0» сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС);
- биты 2 и 3 - сигнализация - биты *a* и *b* - (СИГН);
- бит 4 - резерв (бит *c*).



Рисунок 8.12- Передача сигнальной информации по 1ВСК в системе ИКМ-15

Таким образом, в одном цикле размещается о 128 передаваемой информации, что соответствует скорости передачи 1024 кбит/с, для обеспечения работы с существующими типами декадно-шаговых и координатных АТС. В настоящее время выпускается комбинированная аппаратура цифрового уплотнения каналов ИКМ-15/30.

Литература: Осн. [2] стр. 62-77

Доп. [5] стр. 36-48

Контрольные вопросы:

1. Классификация видов сигнализации.
2. Абонентская сигнализация. Взаимодействие абонентского терминала со станцией.
3. Порядок передачи номера абонента по абонентской линии.
4. Линейная сигнализация. Передача линейных сигналов по СЛ.
5. Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-30 (сигнализация 2ВСК)
6. Цикловая структура тридцатиканальной системы ИКМ
7. Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-15 (сигнализация 1ВСК)
8. Цикловая структура пятнадцати канальной системы ИКМ.

Лекция № 9 Регистровая сигнализация. Общеканальная сигнализация ОКС № 7.

Методы передачи регистровых сигналов

Существует два метода передачи регистровых сигналов: эстафетная передача (сигнализация «от звена к звену») и сквозная передача (сигнализация «из конца в конец»). Если на различных участках соединения используются разные системы сигнализации, то возможно применение смешанного метода передачи регистровых сигналов (на одних участках эстафетная, на других - сквозная передача).

При *эстафетной сигнализации* на каждой станции обрабатывается и передается вся адресная информация, необходимая для установления соединения. На рис. 9.2 изображен принцип эстафетной передачи сигналов маршрутизации. Пример использования: протокол сигнализации К 1.

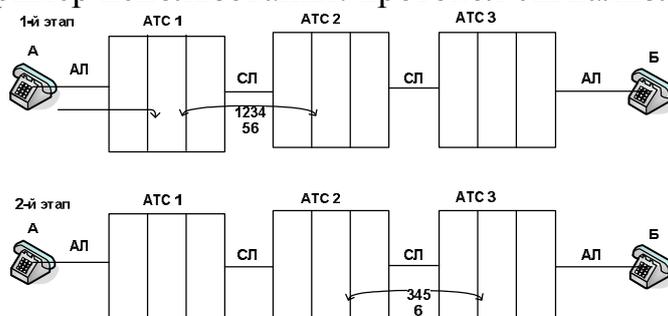


Рисунок 9.2 - Эстафетная передача сигналов маршрутизации

При сквозной сигнализации управляющие устройства станции вызывающего абонента задействуются на все время установления соединения. На рис. 9.3

изображен принцип сквозной передачи сигналов маршрутизации. Пример использования: протокол сигнализации R2.

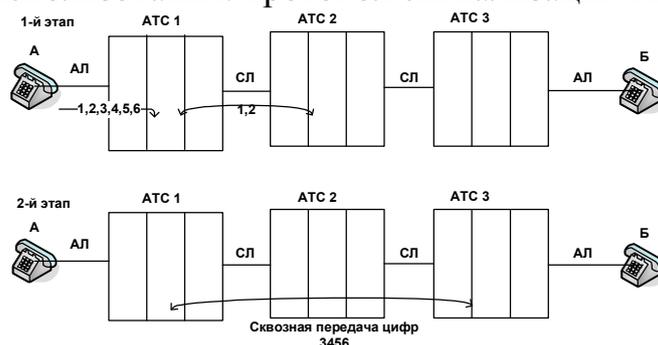


Рисунок 9.3 - Сквозная передача сигналов маршрутизации

Кодирование регистровых сигналов

В нашей стране существует две системы кодирования сигналов маршрутизации, декадным кодом и многочастотным кодом «2 из 6». Для передачи информации имеется только 10 физических сигналов (1, 2, ..., 0). Для различения передаваемых знаков между ними необходимо выдерживать межсерийный интервал, обычно не менее 500 мс. При использовании систем передачи с ЧРК номер передается в виде импульсных посылок на частоте 2600 Гц или 3825 Гц (в зависимости от системы линейной сигнализации). При связи АТСДШ с другими станциями по цифровым СЛ с ИКМ номерная информация передается в 16-м временном интервале прямого направления (бит $a = 1$ - наличие импульса, бит $a = 0$ - отсутствие импульса).

Более совершенным является *многочастотный код «2 из 6»*. Общее количество сигналов определяется числом сочетаний из 6 различных частот по 2, что определяется по следующей формуле при $m=6$ $n=2$:

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!} = 15$$

Ряд используемых частот 700, 900, 1100, 1300, 1500 и 1700 Гц является одинаковым для прямого и обратного направлений передачи. Всего можно образовать 15 всевозможных комбинаций. Любой знак, передается в виде двухчастотного импульса длительностью 45 мс.

В протоколе К2 для сигналов прямого направления использованы частоты 1380, 1500, 1620, 1740, 1860 и 1980 Гц, а для сигналов обратного направления - 540, 660, 780, 900, 1020 и 1140 Гц. Использование различных наборов частот в прямом и обратном каналах позволяет начинать передачу сигналов в одном направлении, не дожидаясь прекращения передачи сигналов в обратном направлении.

Протоколы обмена многочастотными сигналами между АТС

В зависимости от типа телефонной сети или ее участка используются три протокола обмена многочастотными сигналами: «импульсный челнок», «импульсный пакет» и «безинтервальный пакет». Обмен сигналами начинается с передачи сигнала запроса на предыдущую станцию.

При использовании протокола «импульсный челнок» каждый следующий сигнал передается только после получения подтверждения предыдущего от приемной стороны (рис. 4.21).

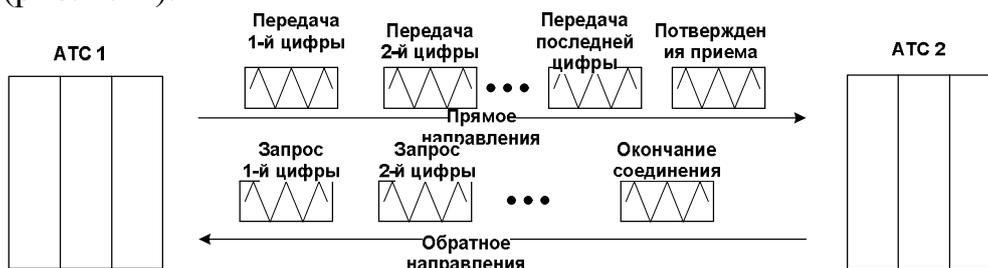


Рисунок 9.4 - Обмен многочастотными сигналами по протоколу «импульсный челнок»

Протокол передачи «импульсный челнок» применяется на местных телефонных сетях связи.

При использовании протокола «импульсный пакет» предусматривается передача по единой команде в определенной последовательности заранее сформированных двухчастотных кодовых комбинаций, одна за другой, с соблюдением фиксированных временных интервалов между ними (рис. 9.5). Длительность передачи каждой комбинации 40-60 мс. Длительность интервала между комбинациями 40-60 мс. Время распознавания 20-30 мс.

По заказно-соединительным линиям (ЗСЛ) передаются многочастотные пакеты двух типов: «импульсный пакет 1» и «импульсный пакет 2». Первый протокол применяется. При связи с АМТС координатных систем (АМТС-2, АМТС-3), а второй - при взаимодействии с АМТС с программным управлением, например EWSD, 5ESS, AXE-10 и др.

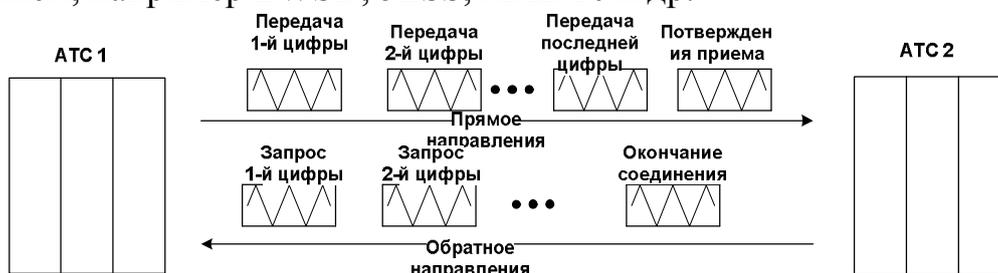


Рисунок 9.5 - Обмен многочастотными сигналами по протоколу «импульсный пакет»

Самым быстродействующим является способ передачи «безинтервальный пакет». Этот способ используется для передачи на внутризональной сети номера и категории вызывающего абонента от аппаратуры АОН.

«Безинтервальный пакет» отличается от «импульсного пакета» тем, что между передаваемыми сигналами отсутствуют интервалы (рис. 9.6).

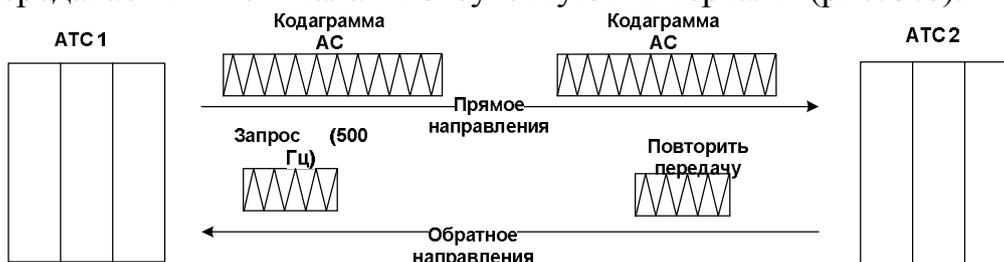


Рисунок 9.6 - Обмен многочастотными сигналами по протоколу

«безинтервальный пакет»

Информация АОН передается, циклически начиная с любой цифры, но так, чтобы кодовая комбинация, принятая на входящем (приемном конце), содержала все цифры.

<i>Начало</i>	<i>Категория</i>	<i>7-я цифра</i>	<i>6-я цифра</i>	<i>5-я цифра</i>	<i>4-я цифра</i>	<i>3-я цифра</i>	<i>2-я цифра</i>	<i>1-я цифра</i>
---------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Рисунок 9.7- Структура кодограммы АОН

Коды частотных сигналов АОН

Номер сигнала	Комбинации частот, Гц	Информация
1.	700 и 900	Цифра «1»
2.	700 и 1100	Цифра «2»
3.	900 и 1100	Цифра «3»
4.	700 и 1300	Цифра «4»
5.	900 и 1300	Цифра «5»
6.	1100 и 1300	Цифра «6»
7.	700 и 1500	Цифра «7»
8.	900 и 1500	Цифра «8»
9.	1100 и 1500	Цифра «9»
10	1300 и 1500	Цифра «0»
13	1100 и 1700	Начало
14	1300 и 1700	Повторение

Для передачи информации АОН используются только 12 двухчастотных комбинаций: от 1 до 10 - для цифр номера и категории, комбинация 13 - для сигнала «Начало» и комбинация 14 - для повторения цифры (сигнал «Повторение»). В таблице приведены коды частотных сигналов АОН.

Общеканальная система сигнализации ОКС №7.

В общеканальной системе сигнализации (ОКС) отсутствует строгое соответствие между сигнальными и разговорными каналами. При этом маршрут передачи сигнальной информации в сети может отличаться от маршрута передачи пользовательской информации.

Одним из основных преимуществ ОКС является большая емкость одного сигнального канала. Например, для установления телефонного соединения на передачу сигнальной информации в ОКС затрачивается значительно меньше времени в отличие от САЗ. Это означает, что одного сигнального канала (64 кбит/с) достаточно для обслуживания до нескольких тысяч разговорных каналов.

Вся сигнальная нагрузка на АТС обслуживается управляющим устройством ОКС, и отсутствует необходимость в организации специальных устройств приема и передачи линейных и регистровых сигналов для каждого канала сигнализации.

Сигнальная информация в ОКС кодируется последовательностью байтов, которая передается между узлами сети и обрабатывается в них, а алфавит передаваемых сигналов неограничен.

ОКС №7 определяет сигнализацию между коммутационными станциями в цифровой национальной сети и (включая УПАТС), а также в центрах эксплуатации и обслуживания. На ОКС № 7 базируется построение цифровой сети с интеграцией служб.

Сигнальные единицы

Передача информации в ОКС № 7 рассматривается как передача сигнальных сообщений (сигнальных единиц) от процессора одной коммутационной станции к процессору другой станции. Любая информация в ОКС № 7 передается через звено сигнализации с помощью пакетов данных, называемых сигнальными единицами (Signal Unit - SU). Сигнальная единица состоит из поля сигнальной информации переменной длины, в котором передается информация, выработанная подсистемой - пользователя, и нескольких полей фиксированной длины, в которых передается информация, служащая для управления передачей сообщений.

Различают три типа сигнальных единиц:

1) значащая *сигнальная единица* (Message Signal Unit - MSU), которая используется для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей (UP) и управления соединением сигнализации (SCCP);

2) *сигнальная единица состояния звена* (Link Status Signal Unit - LSSU), которая используется для контроля состояния звена сигнализации и формируется на третьем уровне МТР;

3) *заполняющая сигнальная единица* (Fill In Signal Unit), которая используется для обеспечения фазирования звена при отсутствии сигнального графика.

Непосредственное формирование сигнальных единиц выполняется на втором уровне подсистемы передачи сообщений МТР. Наиболее сложной по структуре является значащая сигнальная единица MSU, упрощенное представление которой приведено на рис. 4.29.

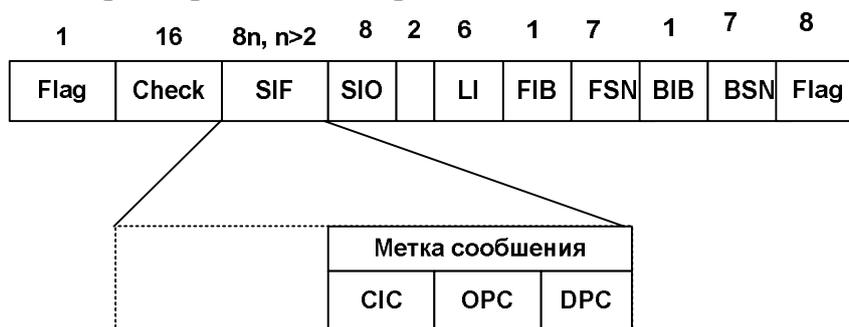


Рисунок 9.8 - Формат значащей сигнальной единицы MSU

FLAG. Отмечает начало сигнальной единицы. Открывающий флаг данной сигнальной единицы обычно является закрывающим флагом предшествующей сигнальной единицы. Закрывающий флаг отмечает конец сигнальной единицы. Последовательность бит-01111110.

BSN, FSN. Порядковая нумерация сигнальных единиц включает *прямой порядковый номер* 7 бит (Forward Stquence Number - FSN) и *обратный порядковый номер* 7 бит (Baskward Sequence Number - BSN). Поля BSN и FSN

представляют собой двоичные числа в циклически повторяющиеся последовательности от 0 до 127.

FIB, BIB. Биты-индикаторы включают прямой бит-индикатор 1 бит (Forward Indicator Bit FIB) и обратный бит-индикатор 1 бит (Baskward Indicator Bit BIB). FIB и BIB совместно с FSN и BSN используются при основном методе защиты от ошибок для обеспечения правильной последовательности сигнальных единиц и для осуществления функций подтверждения.

LI (Lenqth Indicator). Индикатор длины (6 бит) выполняет две функции: указывает длину сообщения (число байтов, следующих за байтом индикатора длины и предшествующих проверочным битам) и тип сообщения (для FISU - 0; для LSSU - 1 или 2; для MSU - >2).

SIO (Signalling information Octet). Байт служебной информации (8 бит) имеет две функции: служит для установления соответствия сигнальной информации конкретной подсистеме пользователя и отличает международные сообщения от национальных.

SIF (Signalling information Field). Поле сигнальной информации предназначено для передачи полезной (сигнальной) информации по звену сигнализации и может включать от 3 до 63 байт.

CHECK. Проверочные биты (16 бит) удостоверяют правильность приема сигнальной единицы с помощью процедуры обнаружения ошибок путем линейных операций над предыдущими битами сигнальной единицы.

Наиболее важной частью сигнальной единицы является поле сигнальной информации (Signalling information Field – SIF), в котором содержится сигнальное сообщение.

Поле сигнальной информации SIF

Кроме самого сообщения, поле **SIF** содержит (Message label) метку сообщения, состоящую из трех частей (ее структура определяется используемой подсистемой):

- 1) **DPC** (Destination Point Code) - код пункта назначения;
- 2) **OPC** (Originating Point Code) - код исходящего пункта;
- 3) **CIC** (Circuit Identification Code) - код идентификации канала между узлами коммутации. В поле CIC также содержится указание выбора сигнального звена SLS, если между узлами имеется несколько сигнальных каналов, работающих в режиме разделения нагрузки.

В сигнальных единицах состояния звена LSSU поле сигнальной информации SIO и байт служебной информации SIF заменяются полем состояния (Status Field - SF), которое формируется окончательным устройством звена сигнализации и содержит 8 или 16 байтов. Данное поле используется для контроля ошибок звена сигнализации.

В заполняющих сигнальных единицах FISU поля SIO и SIF вообще отсутствуют.

При установлении соединения используются следующие сигналы:

IAM – Initial Address Message (начальное адресное сообщение). Первое сообщение обычно содержит всю информацию, требуемую для установления соединения с АТС вызываемого абонента В.

SAM - Subsequent Address Message (последующее адресное сообщение). Оставшиеся цифры номера абонента В посылаются в одном или более сообщениях SAM.

ACM - Address Complete Message (полное адресное сообщение). Это сообщение предназначено для подтверждения того, что все цифры, требуемые для маршрутизации к абоненту В, приняты, а также для передачи информации о состоянии линии абонента В.

ANC – Answer signal, Charge (сигнал ответа и тарификации). После снятия абонентом В трубки посыпается сигнал АМС для последующей тарификации соединения.

Литература: Осн. [2] стр. 77-94

Доп. [5] стр. 157-169

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные методы передачи регистровых сигналов.
2. Принципы кодирования регистровых сигналов.
3. Протоколы обмена многочастотными сигналами между АТС и их сравнение.
4. Основы и базовая структура общеканальной системы сигнализации ОКС №7.
5. Формат значащей сигнальной единицы MSU
6. Поле сигнальной информации SIF.
7. STP в сети сигнализации.

Лекция № 10. Базовые сетевые технологии для современных цифровых транспортных и корпоративных сетей связи

1. Технологии передачи для транспортных сетей

Для построения современных транспортных и корпоративных сетей наибольшее применение находят сетевые технологии ПЦИ/PDH, СЦИ/SDH и АТМ. В последние годы получили развитие такие технологии как DWDM, *IP поверх АТМ и IP поверх СЦИ/SDH*. В настоящее время наибольший прогресс достигнут в создании глобальных магистральных сетей на основе вышеназванных технологий. Совсем недавно появились новые технологии передачи IP-трафика с унифицированными соединениями IP-маршрутизаторов, использующими в качестве канальной среды такие технологии как WDM, DWDM, СЦИ/SDH и ОВ в виде «темных волокон».

Технологии ПЦИ/PDH, СЦИ/SDH и АТМ широко применяются для построения транспортных сетей разного масштаба. Из перечисленных только первые две в настоящее время можно рассматривать в качестве основы для построения цифровых первичных или транспортных сетей. В качестве технологии построения транспортных сетей технология АТМ все еще находится в стадии становления и не до конца стандартизована. В отличие от ПЦИ/PDH и

СЦИ/SDH эта технология охватывает не только уровень первичной или транспортной сети, но и объединяет уровни вторичных сетей и сетей доступа с первичной сетью.

В транспортных сетях используется иерархия скоростей передачи в соответствии с международными рекомендациями ИТУ-Т и получившим наибольшее распространение, европейским стандартом, который применяют на сетях связи Российской Федерации [61]. Технология ПЦИ/PDH поддерживает следующие уровни иерархии цифровых каналов: абонентский или основной канал Е0 (64 кбит/с) и пользовательские каналы уровней Е1 (2,048 Мбит/с), Е2 (8,448 Мбит/с), Е3 (34,368 Мбит/с), Е4 (139,264 Мбит/с). Уровень цифрового канала Е5 (564,992 Мбит/с) определен в рекомендациях ИТУ-Т, но на практике его обычно не используют

Современная цифровая первичная или транспортная сеть, как правило, строится на основе совокупности аппаратуры ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH. Цифровые каналы транспортной сети с пропускной способностью (скоростью передачи) от 64 кбит/с до 140 Мбит/с создаются на основе технологии ПЦИ/PDH, а каналы со скоростью передачи 2 Мбит/с и более создаются на основе технологии СЦИ/SDH (табл. 6.1 и 6.2). Технологии ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH взаимодействуют друг с другом через процедуры мультиплексирования и демultipлексирования цифровых потоков Е1, Е3 и Е4 ПЦИ/PDH в аппаратуре СЦИ/SDH. В табл. 6.1. приведены общие характеристики ОЦК Е0 и сетевых трактов Е1, Е2, Е3 и Е4 ПЦИ/PDH [40].

В технологии ПЦИ/PDH используют принцип *плездохронного* мультиплексирования, в соответствии с которым, например, четыре потока Е1 (2048 кбит/с) мультиплексируются в один Е2 (8448 кбит/с) с выравниванием тактовых частот входных сигналов (*процедура стаффинга*).

Поэтому для цифровых потоков высшего уровня иерархии требуется пошаговое мультиплексирование и демultipлексирование в соответствии с принятыми в технологии ПЦИ/PDH уровнями иерархии.

Основным отличием технологии СЦИ/SDH от ПЦИ/PDH является переход на новый принцип мультиплексирования. Технология СЦИ/SDH является базовой сетевой технологией и представляет собой современную концепцию построения цифровой первичной или транспортной сети. В настоящее время эта технология достигла своего совершенства как одна из наиболее разработанных и стандартизованных. Она и доминирует на рынке.

Технология СЦИ/SDH в окончательной версии поддерживает уровни иерархии каналов со скоростями передачи 155,52; 622,08; 2488,32; 9953,28; и 39813,12 Мбит/с.

Технология СЦИ/SDH по сравнению с ПЦИ/PDH имеет следующие особенности и преимущества:

- предусматривает синхронную передачу и мультиплексирование, что приводит к необходимости построения систем синхронизации сети;
- предусматривает прямое мультиплексирование и прямое демultipлексирование (ввод-вывод) цифровых потоков ПЦИ/PDH;

- основана на стандартных оптических и электрических интерфейсах, что обеспечивает совместимость аппаратуры различных производителей;
- позволяет объединить системы ПЦИ/PDH европейской и американской иерархии;
- обеспечивает полную совместимость с аппаратурой ПЦИ/PDH, АТМ и IP;
- обеспечивает многоуровневое управление и самодиагностику транспортной сети.

Эти преимущества обусловили широкое применение СЦИ/SDH как современной базовой технологии построения цифровых первичных или транспортных сетей.

Технология АРП/АТМ, основанная на статистическом мультиплексировании различных входных сигналов, разрабатывалась сначала, как часть широкополосной технологии В-ISDN. Она предназначена для высокоскоростной передачи разнородного трафика: голоса, данных, видео и мультимедиа и ориентирована на использование физического уровня высокоскоростных сетевых технологий, таких как СЦИ/SDH, FDDI и др. В технологии АРП/АТМ базовые значения скоростей передачи для интерфейсов доступа (пользовательских интерфейсов) соответствуют цифровым каналам Е0 (64 кбит/с), $n \times E0$, E1 (2 Мбит/с), E3 (34 Мбит/с), E4 (140 Мбит/с) ПЦИ/PDH, АТМ (25 Мбит/с), Fast Ethernet, FDDI (100 Мбит/с) и некоторым другим, а базовые скорости линейных интерфейсов передачи соответствуют скоростям передачи цифровых каналов STM-N ($N= 1, 4, 16, 64$) СЦИ/SDH.

Технология АТМ опирается на механизмы статистического мультиплексирования и подчиняется его законам. Разработчики технологии АТМ стремились к компромиссу между механизмами мультиплексирования SyTDM и StTDM, стараясь взять все самое лучшее от обоих, в надежде обеспечить однородную структуру сетей связи.

Технологию АТМ не удалось на аппаратном уровне довести до конкретного пользователя, поэтому потребовалась прослойка из протокола IP, приводящая к дополнительным непроизводительным затратам на передачу сетевого трафика. Все эти факторы сдерживают развитие технологии АТМ и, вполне возможно, приведут к ограниченному ее применению на телекоммуникационном рынке.

Технология IP является основой сети Интернет и представляет собой набор протоколов, называемый стек протоколов TCP/IP, а протокол управления передачей IP - протоколом сети Интернет. Именно он реализует межсетевой обмен. Главным достоинством является то, что стек протоколов TCP/IP обеспечивает надежную связь между сетевым оборудованием различных производителей. Протоколы стека TCP/IP описывают формат сообщений и указывают, каким образом следует обрабатывать ошибки, предоставляют механизм передачи сообщений в сети независимо от типа применяемого оборудования.

Стек протоколов TCP/IP предоставляет пользователям две основные службы, которые используют прикладные программы: дейтаграммное средство доставки пакетов в сети и надежную транспортную среду с логическими соединениями между сетевыми элементами.

Основные преимущества стека протоколов TCP/IP и технологии IP в целом, как сетевой технологии [26, 33]:

- независимость от вида и технологии сетевого оборудования;
- обеспечение всеобщей связанности элементов сети;
- обеспечение подтверждений правильности передачи сообщений;
- стандартные сетевые протоколы.

Стеку TCP/IP предстоит еще долгое время быть базовым в корпоративных и глобальных сетях. Это обусловлено практически полным отсутствием новых приложений, способных работать самостоятельно поверх сетей ATM.

В последние годы появились новые технологии передачи IP-трафика, предусматривающие унифицированные соединения маршрутизаторов через системы и среды, такие как WDM, DWDM, СЦИ/SDH, «темное волокно». Примером такой технологии может быть предложенный в 1999 г. компанией Cisco Systems протокол SRP (Spatial Reuse Protocol), который впоследствии стал называться DPT (*Dynamic Packet Transport*). В технологии DPT воплотились лучшие качества таких технологий как СЦИ/SDH, FDDI и др. Технология DPT (которую иногда называют «IP по волокну») позволяет избежать промежуточных протоколов других сетевых технологий, например СЦИ/SDH и ATM, при передаче трафика IP по волокну.

К основным преимуществам технологии DTP можно отнести следующие. Применение формата СЦИ/SDH (уровня STM-1) позволяет передавать трафик DTP по сетям СЦИ/SDH, благодаря чему обеспечивается их совместимость. При этом магистральные тракты занимают полосу пропускания лишь между точками передачи и приема сигналов, что позволяет более эффективно использовать пропускную способность кольцевой топологии сети DPT. Технологии DPT присущи развитые возможности резервирования трафика за счет реализации механизмов восстановления в кольцевой топологии сети. Применение протокола IP позволяет реализовать сквозной мониторинг всей сети DPT, начиная от магистральной транспортной и заканчивая сетями доступа.

В качестве альтернативы ATM и Frame Relay предлагается технология POS (Packet over SDH), позволяющая осуществлять инкапсуляцию пакетов IP непосредственно в кадры СЦИ/SDH. Технология POS, как и DPT, уже вышла на мировой телекоммуникационный рынок. Одним из ее достоинств является снижение доли служебной информации в общем объеме кадра передаваемой информации. По сравнению с технологией ATM, для которой до 10% объема ячейки ATM занимает заголовок, служебные данные в кадре POS занимают всего 3%. Другим конкурентом ATM может стать технология DPT.

Многие авторитетные эксперты предрекают безусловное доминирование технологии TCP/IP в будущей инфраструктуре связи.

3. Технология плезиохронной цифровой иерархии

Плезиохронная цифровая иерархия ПЦИ/PDH определена в Рек. G.702 ITU-T и включает в себя несколько уровней с разными скоростями передачи (см. табл. 6.1). Иерархия ПЦИ/PDH строится на основе основного цифрового канала (ОЦК 64 кбит/с), который обозначается Е0. Поток Е1 получается мультиплексированием 32 ОЦК в один канал первичной группы со скоростью передачи 2048 кбит/с. Каналы высших уровней иерархии ПЦИ/PDH формируются по единой схеме: 4 потока Е1 мультиплексируются в поток Е2 со скоростью передачи 8448 кбит/с, 4 потока Е2 в Е3 с 34368 кбит/с, 4 потока Е3 в Е4 с 139264 кбит/с. В процессе мультиплексирования осуществляется выравнивание скоростей потоков методом подстановки служебных битов (процедура *стаффинга*). В результате для выделения канала первичной группы Е1 из потоков высших уровней иерархии требуется *пошаговое мультиплексирование и демультимплексирование* (рис. 10.1).

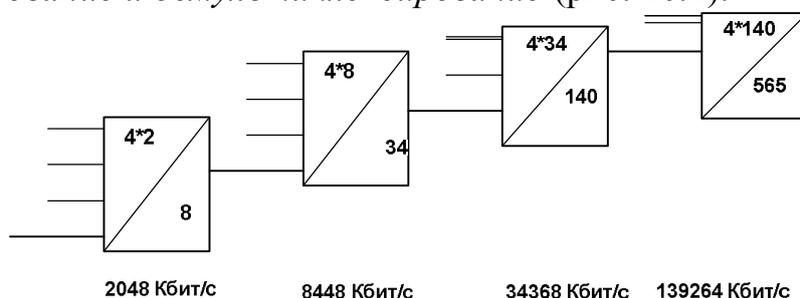


Рисунок 10.1 – Пошаговое мультиплексирование в ПЦИ/PDH.

В соответствии с Рек. G.703 ITU-T основные характеристики интерфейсов ЦСП ПЦИ/PDH представлены в табл. 6.5.

В ЦСП ПЦИ/PDH используются типы кодирования HDB3 и AMI, причем первый из них используется чаще; для передачи потока Е4 (140 Мбит/с) применяется линейное кодирование CM1. Кроме этого в табл. 6.5 указаны типы линейного кодирования, используемые в реальных ЦСП ПЦИ/PDH с электрическими и оптическими интерфейсами передачи для медных и оптических кабелей соответственно.

Параметры канального уровня ЦСП ПЦИ/PDH включают в себя цикловую структуру потока и процедуры мультиплексирования и демультимплексирования между различными уровнями иерархии. Основным отличием потока Е1 от других уровней иерархии ПЦИ/PDH является наличие в нем не только цикловой, но и сверхцикловой структуры [3].

Все сообщения сетевого уровня ПЦИ/PDH делятся на три категории: сообщения о возникновении ошибок в системе передачи; сообщения о неисправностях, возникающих в системе передачи; сообщения, используемые для реконфигурации первичной сети и восстановлении плана синхронизации.

4. Технология синхронной цифровой иерархии

Структура кадра СЦИ/SDH

Для стандартного телефонного канала период дискретизации равен 125 мкс. Под *кадром* понимают совокупность символов (бит информационного сигнала), переданных за время, равное периоду дискретизации. Так как для основного синхронного сигнала — синхронного транспортного модуля уровня

STM-1 скорость передачи - 155,52 Мбит/с, то каждый кадр должен содержать 19440 бит.

Особенностью технологии СЦИ/SDH является то, что основной единицей кадра служит не бит, а *байт*, поэтому в каждом кадре содержится $19440:8 = 2430$ байт. Другая особенность технологии СЦИ/SDH заключается в организации структуры кадра, который представляется как блок, состоящий из 9 строк и 270 столбцов (рис. 10.2), каждый столбец при этом имеет ширину в 1 байт.

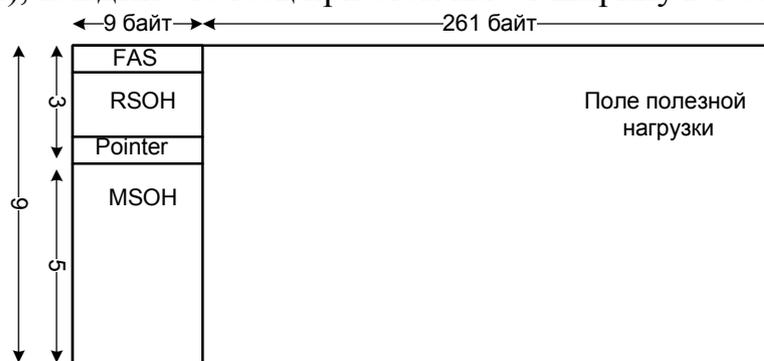


Рисунок 10.2 – Структура кадра синхронного транспортного модуля уровня STM-1

Кадр синхронного транспортного модуля уровня STM-1 как блок данных можно представить в виде некоторого *контейнера* стандартного размера, имеющего сопровождающую документацию - *заголовок*, где собраны все необходимые для управления маршрутизации контейнера поля-параметры, и внутреннюю емкость для размещения информационных символов, которые называют *полезной нагрузкой*.

В кадре первые 9 байт содержат *сигнал синхронизации (выравнивания) кадра (или фрейма) FAS* (Frame Alignment Signal). Последующие 261 байт используются для передачи полезной нагрузки. Следующие 9 байтов представляются в виде первых 9 столбцов второй строки и используются в качестве секции заголовка - *заголовок регенераторного участка RSON* (Regenerator Section Overhead), а последующие 261 байт (261 столбцов) используются для полезной нагрузки и т.д. Таким образом формируется представление кадра синхронного транспортного модуля уровня STM-1 в виде матрицы размерностью $9 \times 270 = 2430$ байт, у которой первые 9 столбцов отведены под управляющую информацию - это *заголовок участка SOH* (Section Overhead) (состоит из сигнала выравнивания фрейма FAS (1x9 байт), *заголовок регенераторного участка RSON* (2x9 байт), *заголовок мультиплексорного участка MSOH* (Multiplexer Section Overhead) (5x9 байт) и *указатель Pointer* (1x9 байт), а последующие 261 столбец используются под полезную нагрузку.

Указатель (Pointer) расположен в начале четвертой строки между заголовками регенераторного RSON и мультиплексорного MSOH участков и используется для указания начала полезной нагрузки. Действительное положение полезной нагрузки начинается не с первой строки (после сигнала синхронизации кадра FAS), а после указателя и с того места (адреса), которое задается указателем.

В действительности полезная нагрузка располагается не в одном кадре, а частично в следующем. Нумерация емкости нагрузки в связи с этим начинается после указателя, т.е. с 10-го байта четвертой строки, а не с первой строки после FAS. Как следствие конец нумерации нагрузки заканчивается в конце третьей строки следующего кадра. Полезная нагрузка может смещаться в структуре кадра под действием непредвиденных временных флуктуации, а указатель всегда содержит адрес начала полезной нагрузки. Тем самым устраняется противоречие между фактом синхронности обработки и возможным изменением положения полезной нагрузки внутри кадра.

Мультиплексирование цифровых потоков в СЦИ/SDH

Инкапсуляция сигнала нагрузки 140 Мбит/с. Структура кадра в технологии СЦ формируется с помощью метода *инкапсуляции*, т.е. *последовательных вложений*. Имеет заданную определенную иерархию, когда структура верхнего уровня строится из стр. нижнего, а несколько структур одного и того же уровня могут быть объединены в одну общую структуру. Для этого используют понятие *контейнера*. В него упаковываются цифровые сигналы входных каналов (каналов доступа), скорость передачи которых соответствует скорости стандартного ряда ПЦИ/PDH, начиная от канала E1 и выше (см. табл. 6.1). Такие входные сигналы будем называть *сигналами нагрузки (поток нагрузки)* ПЦИ/PDH. Аналогично входные сигналы, скорость передачи которых соответствует скоростям СЦИ/SDH, будем называть *сигналами нагрузки (поток нагрузки)* СЦИ/SDH [55, 80].

Таким образом, выделяется еще одна особенность технологии СЦИ/SDH - поддержка в качестве входных сигналов каналов доступа *только сигналов нагрузки (потока нагрузки)* ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH.

По *типоразмеру* контейнеры делятся на четыре уровня, соответствующие уровням иерархии ПЦИ/PDH. К каждому контейнеру крепится *ярлык*, содержащий управляющую информацию для сбора статистики прохождения контейнера. Контейнер с таким ярлыком используется для переноса информации и является *логическим*, а не физическим объектом, поэтому его называют *виртуальным*.

Рассмотрим формирование самого большого виртуального контейнера, предназначенного для размещения цифрового потока (сигнала) нагрузки E4, имеющего скорость передачи 140 Мбит/с. На рис. 10.3 показана схема размещения потока E4 в синхронном транспортном модуле STM-1.

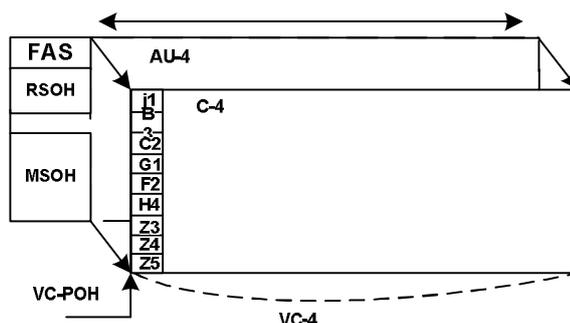


Рисунок 10.3 – Размещение потока нагрузки 140 Мбит/с в модуле STM-1

Сигнал нагрузки (140 Мбит/с) на интервале времени дискретизации 125 мкс имеет 17408 бит полезной информации. Он размещается в контейнере размером 9x260 байт (18720 бит), который назван С-4. К контейнеру добавляется заголовок тракта РОН (Path OverHead), представляющий собой один столбец (шириной 1 байт).

В результате формируется виртуальный контейнер VC-4, который размещается в транспортном модуле (кадре) с помощью указателя. Размещение полезной нагрузки в кадре STM-1 задается указателем. Виртуальный контейнер вместе с указателем называют *административным модулем* AU-4 (Administrative Unit). При размещении виртуального контейнера VC-4 указатель (Pointer) называют AU-4 *Pointer*. Указатель задает адрес начала полезной нагрузки, т.е. в рассматриваемом случае - начало виртуального контейнера.

Байты заголовка тракта РОН виртуального контейнера VC-4 (см. рис. 10.4) имеют следующие назначения:

J1 - используется в точке назначения контейнера VC-4 для подтверждения установления связи с передатчиком;

V3 - байт проверки четности;

C2 - указатель загрузки контейнера и типа полезной нагрузки;

G1 - состояние тракта дает информацию обратной связи от терминальной к исходной точке формирования тракта;

F2 - может быть задействован пользователем данного тракта для организации канала связи;

H4 - обобщенный индикатор положения нагрузки используется при организации *мультикадра*, в том числе для указания восстановления первого байта мультикадрового TU.

Инкапсуляция сигнала нагрузки 2 Мбит/с. В сетях СЦИ/SDH в Европе и России характерным является поток (сигнал) нагрузки E1 со скоростью передачи 2 Мбит/с. Рассмотрим процесс инкапсуляции таких сигналов. На интервале 125 мкс сигнал нагрузки E1 имеет 256 бит (32 байта) информации и размещается в контейнере размером 34 байта, получившим название С-12. Заметим, что размер контейнера всегда несколько больше полезной нагрузки (размещаемого сигнала нагрузки). Это необходимо для реализации принципа «динамического плавания» полезной нагрузки внутри контейнера. Контейнер С-12 имеет наименьший типоразмер в отличие от контейнера С-4 с наибольшим размером. К контейнеру С-12 добавляется заголовок тракта VC-12 РОН длиной в один байт, обозначаемый V5, с указанием маршрутной информации, используемой в основном для сбора статистики прохождения контейнера. В результате формируется виртуальный контейнер VC-12 размером 35 байт.

Далее, в соответствии с принципом инкапсулирования, необходимо несколько виртуальных контейнеров вложить в большие контейнеры. В нашем рассмотрении ограничимся наибольшим контейнером С-4 (ему соответствует виртуальный контейнер VC-4) и рассмотрим процедуру вложения в него виртуальных контейнеров VC-12.

Добавление указателя *TU-12 PTR* длиной в один байт к виртуальному контейнеру *VC-12* превращает его в *модуль нагрузки TU-12* длиной 36 байтов. Логически это удобнее представить в виде двумерной таблицы (матрицы) или *кадра* размером 9x4 байтов, с учетом того, что транспортный модуль *STM-1* также представляется в виде кадра 9x270 байтов с 9 строками и 270 столбцами. Модуль нагрузки можно рассматривать как некоторый «внутренний сигнал» заданного размера (сигнал нагрузки). В транспортном модуле *STM-1* формируется несколько таких сигналов нагрузки, которые подвергаются специальной обработке — *мультиплексированию с чередованием байт* (рис. 6.11).

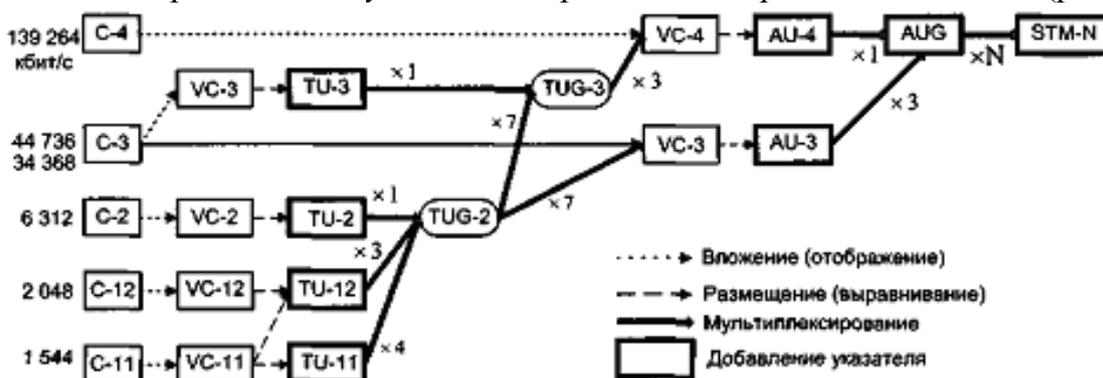


Рисунок 10.4 – Общая схема мультиплексирования в СЦИ/SDH

Нетрудно оценить, что в контейнере *VC-4* размером $260 \times 9 = 2340$ байт теоретически можно разместить 65 модулей нагрузки *TU-12* ($65 \times 36 = 2340$ байт). Однако практически в транспортном модуле *STM-1* размещают 63 модуля нагрузки *TU-12* ($63 \times 36 = 2268$ байт), а 72 байта резервируют для вспомогательных целей.

Размещаемые в контейнере *VC-4* модули нагрузки компонуют в определенные группы, которые называют *группы модулей нагрузки TUG* (Tributary Unit Group). Сначала из каждой трех модулей нагрузки *TU-12* в результате мультиплексирования с чередованием байт формируется группа нагрузочных модулей *TUG-2* (рис. 6.11 а). Всего можно сформировать 21 группу нагрузочных модулей *TUG-2*. Далее из каждой 7 групп нагрузочных модулей *TUG-2* в результате аналогичного мультиплексирования с чередованием байт формируется 3 группы нагрузочных модулей *TUG-3* (рис. 6.11 б), к каждой из которых добавляется 2 столбца (29 байтов), состоящие из поля индикации нулевого указателя *NPI* (Null Pointer Indicator) и пустых байтов (балласт). Нулевой указатель *NPI* означает отсутствие контейнеров *VC-3*. В результате последнего побайтного мультиплексирования групп нагрузочных модулей *TUG-3* и добавления к ним двух столбцов пустых байтов получаем контейнер *C-4* (рис. 6.11 в). Далее стандартным образом к контейнеру *C-4* добавляется заголовок тракта *РОН* и получается виртуальный контейнер *VC-4*.

Следует заметить, что формирование групп нагрузочных модулей - это не что иное, как применение операции мультиплексирования с чередованием байт. В рассматриваемом примере в контейнере *C-4* размещались одинаковые сигналы нагрузки 2 Мбит/с. В общем случае можно разместить различные сигналы полезной нагрузки.

Описанный режим отображений информации нагрузочных модулей на поле полезной нагрузки предполагает, что положение полезной нагрузки VC-4 определяется стандартным образом с помощью указателя AU-4 Pointer. Это делает ненужным использование указателей нагрузочных модулей TU-12 PTR.

Достоинство такого режима - более простая структура TU-n или TUG, допускающая более эффективную последующую обработку. Недостаток очевиден - исключается любая несинхронность при транспортировке контейнера.

Литература: Осн. [2] стр. 109-131

Доп. [5] стр. 157-169

Контрольные вопросы:

1. Технологии передачи для транспортных сетей.
2. Технологии передачи в сетях доступа.
3. Технология плезиохронной цифровой иерархии.
4. Технология синхронной цифровой иерархии.
5. Покажите структура кадра СЦИ/SDH.
6. Инкапсуляция сигнала нагрузки 140 Мбит/с.
7. Инкапсуляция сигнала нагрузки 2 Мбит/с.
8. Объясните формат мультикадров СЦИ/SDH.

Лекция №11 Тенденция развития перспективных сетей связи.

11.1 Системные и технологические принципы модернизации местных сетей электросвязи

МСЭ в своих рекомендациях серии Y предложил модель инфокоммуникационной системы, которая включает четыре основных компонента:

- Оборудование в помещении пользователя, которое может состоять как из одного терминала, так и представлять собой комплекс технических средств, образующих одну и более сетей;
- Сеть доступа, которая обеспечивает подключение оборудования, находящегося в помещении пользователя, к базовой (транзитной) сети;
- Базовая сеть, состоящая из совокупности узлов и станций коммутации для организации местных, междугородных и международных соединений, а также для выхода к средствам поддержки инфокоммуникационных услуг;
- Средства поддержки инфокоммуникационных услуг, состоящие из аппаратно-программных средств и предназначенные для различных задач, которые связаны с получением, обработкой и передачей информации пользователям.

На рисунке показана модель МСЭ, которая адаптирована к требованиям NGN. Концепция NGN предполагает, что перспективные сети будут широко использовать IP (Интернет протокол) технологию. Поэтому рассматриваемая

модель на уровне транзитной сети ориентируется именно на технологию IP с поддержкой всех показателей качества обслуживания – QoS (Quality of Service).

С системной точки зрения переход к IP технологии имеет ряд специфических особенностей. Их можно сформулировать в виде следующих трех тезисов:

- Основным стимулирующим фактором перехода к NGN можно считать требования пользователей, что предопределяет радикальные изменения в терминальном оборудовании, а также в сетях доступа.
- К дополнительным факторам перехода к NGN, которые существенны для Оператора, относятся необходимость замены некоторых видов эксплуатируемого оборудования по причинам его морального и/или физического старения, а также поддержка конкурентоспособности на рынке новых видов обслуживания.
- Модернизацию сети в большинстве случаев необходимо начинать с построения базовой IP сети, которая должна поддерживать все показатели QoS, определенные для пакетных технологий.

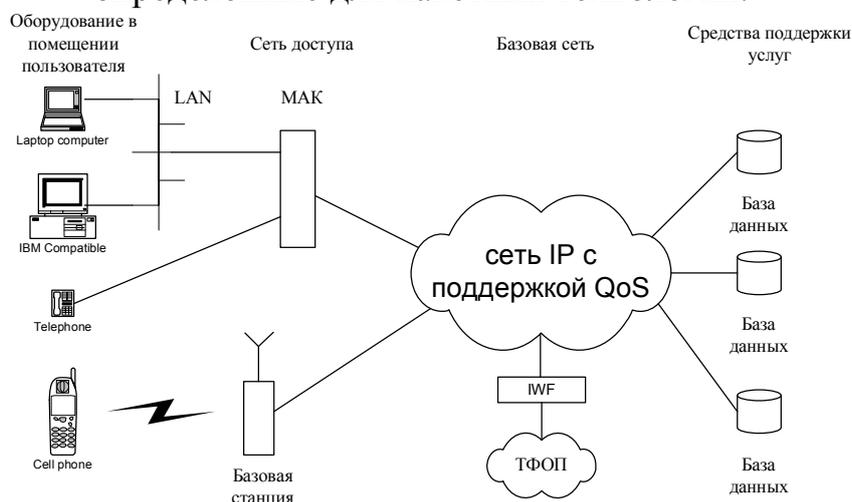


Рисунок 11.1 - Модель сети электросвязи, основанной на IP технологии

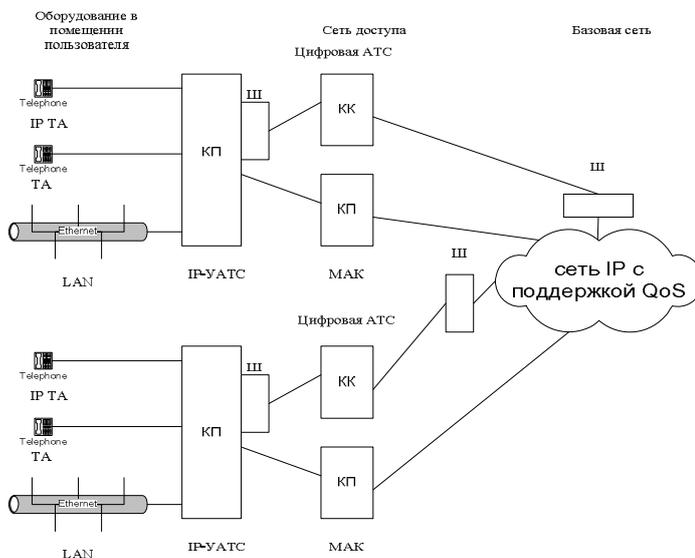


Рисунок 11.2 - Основные варианты включения IP-УАТС в транзитную сеть

Мультисервисная сеть обслуживает все виды трафика. Предъявлять одинаковые требования к показателям QoS для всех видов трафика не представляется разумным и по техническим, и по экономическим соображениям. Поэтому в рекомендации МСЭ У.1541 выделено *шесть* классов, различающихся величинами показателей QoS.



Рисунок 11.3 – Функция распределения задержки IP пакетов

5.2. Принципы модернизации местных транспортных сетей

Технология IP
Средства поддержки QoS (ATM, MPLS)
Технология формирования тракта (STM, Ethernet
Среда передачи сигналов (оптическое волокно, радиорелейная линия ...)

Рисунок 11.4 - Упрощенная модель звена в транспортной сети

Нижний уровень модели – среда передачи сигналов. Для услуг типа Triple Play Service этот уровень должен быть реализован на кабелях с оптическими волокнами (ОВ) или на цифровых радиорелейных линиях (РРЛ). В некоторых ситуациях в качестве среды передачи сигналов могут быть использованы двухсторонние каналы спутниковой связи. Для сетей доступа приемлемым решением можно считать комбинированные среды: ОВ и двухпроводная физическая цепь (технологии FTTx и xDSL), а также ОВ и коаксиал (HFC). В сельской местности одним из основных видов доступа становится беспроводный. Он реализуется за счет технологий WLL (Wireless Local Loop).

На втором уровне целесообразно выделить два слоя. На нижнем слое выполняются функции формирования цифрового тракта, в качестве которого могут понадобиться тракты STM, Ethernet или основанные на иных стандартах. Верхний слой отвечает за поддержку заданных качественных показателей (QoS). Для телефонной связи при использовании тракта STM (в качестве транспортных ресурсов) и технологии коммутации каналов (в ТФОП) функции этого слоя будут нулевыми, то есть они не нужны. В мультисервисной сети поддержка показателей QoS обычно осуществляется за счет технологий ATM, MPLS и им подобных.

Третий уровень модели – IP технология, используемая для обмена всеми видами информации в форме пакетов. Для этого уровня предоставляются услуги выделения требуемой пропускной способности, а также обеспечивается надежность связи.

Большинство транспортных сетей на основе оборудования SDH. В некоторых случаях кабель с ОВ задействован полностью.

5.3. Принципы модернизации местных коммутируемых сетей

Строго говоря, в настоящее время Оператор эксплуатирует несколько коммутируемых сетей. Среди них доминирует сеть телефонной связи, которая отличается значительной клиентской базой и максимальными доходами. Для других видов коммутируемых сетей характерны такие особенности:

- сеть телеграфной связи постепенно отмирает, а ее трафик плавно трансформируется в факсимильные сообщения, данные, e-mail и прочие виды информации;
- сети обмена данными занимают свою нишу на рынке услуг, среди которых основная роль отводится доступу в Интернет;
- сети подачи программ звукового вещания постепенно разделяются на два больших класса – традиционного распределения и интерактивного обмена (типа Sound on Demand);
- сети подачи программ телевидения также постепенно разделяются на два больших класса – традиционного распределения и интерактивного обмена.

Движущими силами этого процесса, в общем случае, можно считать тенденции развития сетей дальней связи и оборудования в помещении пользователя. На рисунке показаны примеры проявления этих тенденций.

Основные затраты Оператора при построении и эксплуатации сетей международной и междугородной связи приходятся на транспортные ресурсы. Это стимулировало переход на IP технологию, позволяющую эффективнее использовать транспортные ресурсы именно для обслуживания трафика дальней связи. В результате началось формирование так называемого ядра IP сети. Оно показано в левой части рисунка.

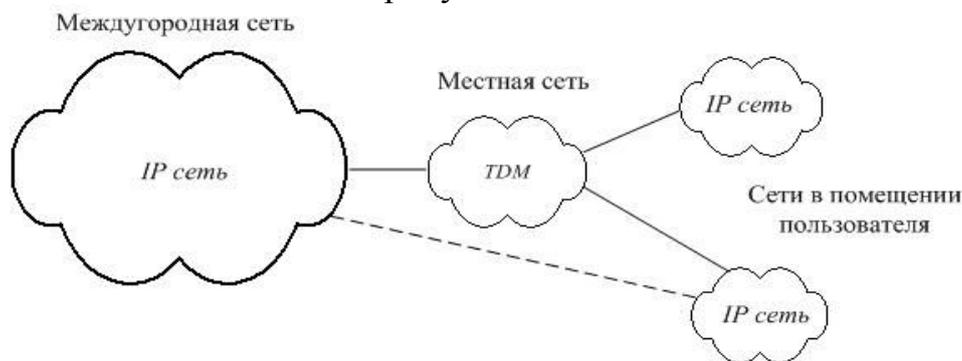


Рисунок 11.5 - Движущие силы, стимулирующие создание IP сети

В правой части этого же рисунка изображены две IP сети, созданные в помещении пользователей. Такие сети организуются за счет установки IP-УАТС или шлюза, в который включается обычная УАТС и локальная сеть (LAN). Для потенциальных пользователей IP технология, в отличие от

Оператора дальней связи, привлекательна по иным причинам: она позволяет эффективно вводить услуги типа Triple Play Service, сократить затраты на поддержку системы производственной связи, снизить расходы на международные и междугородные соединения.

Пунктирной линией показана возможность прямой связи между IP сетями, находящимися на различных уровнях иерархии. Такое решение следует считать исключением, продиктованным невозможностью или нецелесообразностью прохождения трафика через местную сеть, использующую технологию TDM.

Обычно трафик проходит через местную сеть. Это вызывает ряд проблем, из которых следует выделить два весьма важных момента:

- эксплуатируемые местные сети не могут обслуживать мультимедийный трафик;
- переходы с одной технологии на другую (IP – TDM – IP) приводят к снижению качества обслуживания и надежности связи.

Неспособность существующих сетей к обслуживанию мультимедийного трафика приводит к следующему виду преобразования трафика (рассматривается вариант поддержки услуг Triple Play Service в местных сетях).

В правой части рисунка показаны три типа терминалов, включаемых в IP сеть. С помощью ТА абоненты пользуются телефонной и факсимильной связью. ПК служит для обмена данными и выхода в Интернет. Телевизионный терминал (ТВ) служит для организации видеоконференции.

На выходе IP сети, которая расположена в помещении пользователя, установлен шлюз, выполняющий функции взаимодействия с местными сетями.

Для обслуживания трафика вида Triple Play Service необходимы три типа местных сетей:

- городская телефонная сеть (ГТС);
- Интернет (сеть обмена данными);
- арендованные широкополосные каналы, необходимые для передачи видеосигналов (если эту функцию невозможно реализовать через Интернет).

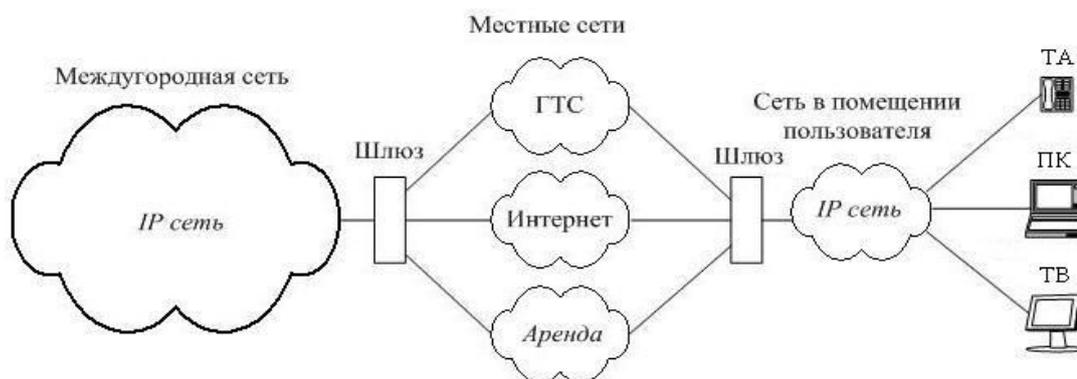


Рисунок 11.6 - Проблемы смены технологий в городской сети

До анализа возможных сценариев модернизации ГТС необходимо разработать оптимальное решение – структуру к моменту завершения процесса построения NGN. На первом рисунке показана модель ГТС большой емкости (с

УИС и УВС), которую предстоит модернизировать, а на втором – результат модернизации.

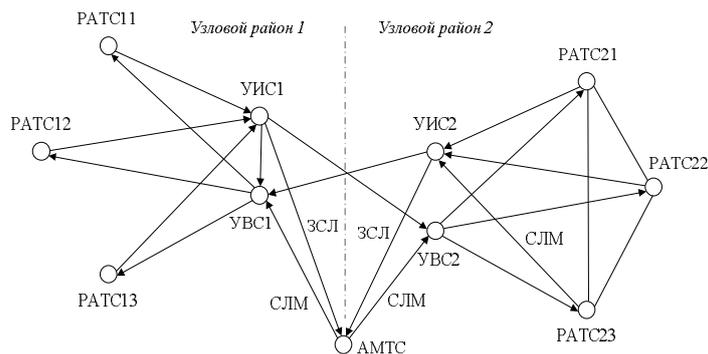


Рисунок 11.7 - Модель модернизируемой ГТС

Количество мультисервисных абонентских концентраторов (МАК), транзитных (ТК) и магистральных (МК) коммутаторов в IP сети выбрано произвольно.

Каждый МАК включается в опорный ТК двумя трактами, проходящими по независимым (в терминах теории надежности) путям. Для некоторых МАК может оказаться необходимым включение в два (и даже более) опорных коммутатора. На рисунке такая возможность иллюстрируется для МАК11, МАК12 и МАК13. Для этих трех концентраторов в скобках указаны их "вторые" номера. Первая цифра данного номера указывает на тот ТК, в который МАК включен для повышения надежности связи.

Сеть IP – в используемой модели – состоит из шести ТК. Каждый ТК можно считать маршрутизатором. Задача ТК состоит в надежной передаче IP пакетов в соответствии с заранее выбранным маршрутом. На рисунке показана структура связи ТК между собой, близкая к полносвязному графу. Для крупных городов будут устанавливаться два или более МК. Их связь с шестью ТК иллюстрирует очевидное требование: к каждому МК должны подходить тракты не менее чем из двух узлов IP сети. При этом каждый тракт между МК и ТК должен быть организован по двум независимым трассам. Пример такого решения – кольцевая структура.

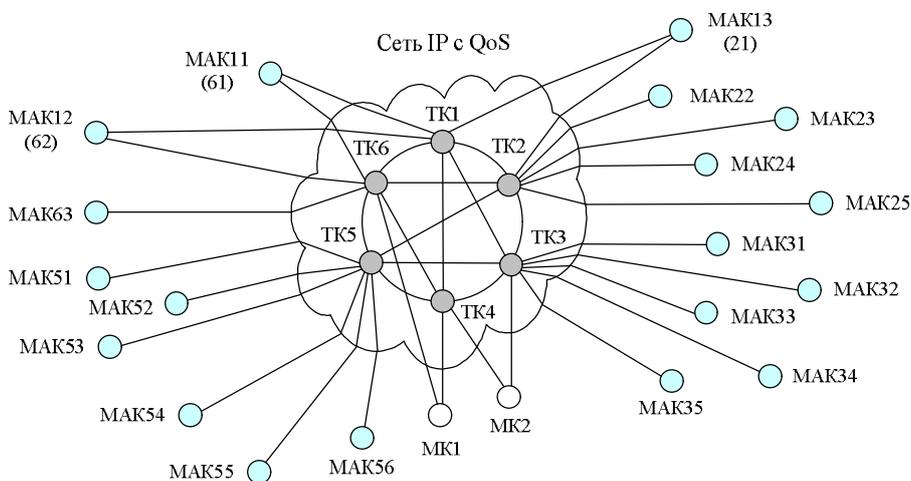


Рисунок 11.8 - Оптимальная структура NGN для данной сети

Задача проектировщика заключается в поиске рациональных путей к переходу от ГТС с узлами к сети NGN, оптимальная структура которой известна. На следующем рисунке приведена структура сети NGN, формируемой на первом этапе модернизации ГТС с УИС и УВС.

Предполагается, что уже введен один МК и началось формирование IP сети. В обоих узловых районах заменяется по одной РАТС. На рисунке показано также включение трех IP-УАТС.

Абонентские терминалы, обслуживаемые ранее РАТС12 и РАТС21, переключаются в четыре концентратора. Для подключения этих концентраторов необходимы два ТК. С их установки начинается процесс формирования IP сети с поддержкой показателей QoS. Оба транзитных коммутатора связаны с МК2, который, в свою очередь, обеспечивает транзит трафика в форме IP пакетов в ГТС и в сети дальней связи через АМТС, которая осуществляет переход на технологию "коммутиция каналов".

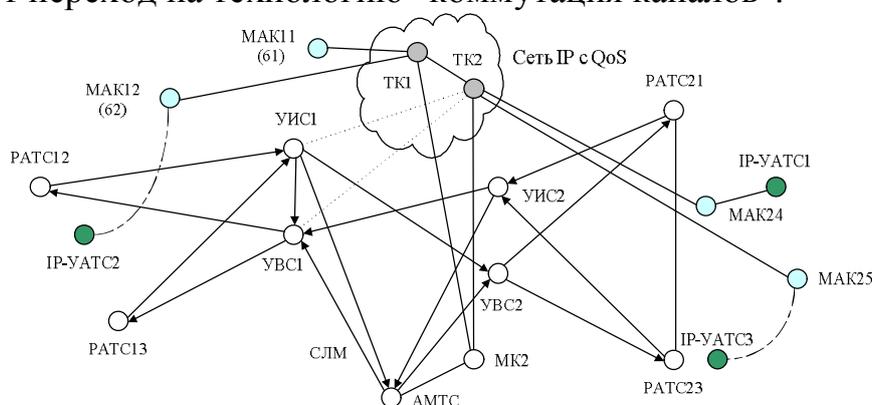


Рисунок 11.9 - Первый этап модернизации ГТС

Магистральный коммутатор решает и "обратную" задачу. Он преобразует информацию, поступающую из АМТС по трактам Е1, в IP пакеты для их последующей маршрутизации до соответствующего МАК.

Изменение технологии коммутации может осуществляться не только на участке АМТС – МК2. Пунктирными линиями показаны связи ТК2 с УИС1 и УВС2. Это означает, что для транзита местного трафика могут использоваться другие тракты. Выбор способа взаимодействия коммутационного оборудования с разными технологиями коммутации может быть сделан после сравнения затрат, которые необходимы для каждого возможного решения данной задачи.

Первая IP-УАТС находится в зоне обслуживания МАК24. Задача проектировщика – выбрать трассу для связи этих двух элементов сети доступа и рассчитать пропускную способность тракта, обеспечивающего обмен IP пакетами. Сложнее обстоит дело с двумя другими IP-УАТС. Они расположены вне зон обслуживания всех четырех МАК. Понятно, что включение IP-УАТС в РАТС нельзя считать разумным решением, так как ухудшаются показатели качества телефонной связи и возникает ряд сложных проблем с поддержкой многих современных услуг.

Целесообразно воспользоваться возможностью полупостоянной коммутации в МВК транспортной сети. Полупостоянные тракты на участках IP-УАТС2 – МАК12 и IP-УАТС3 – МАК25 изображены на рисунке пунктирными

линиями. По мере появления МАК вблизи этих IP-УАТС от полупостоянных соединений целесообразно отказаться. При этом IP-УАТС переключается в ближайший к ней МАК.

На втором этапе модернизации ГТС с узлами двух типов происходит расширение IP сети и одновременное сокращение численности коммутационных станций, использующих технологию "коммутация каналов". На рисунке, иллюстрирующем этот процесс, показан демонтаж РАТС12 и РАТС21, а также установка нескольких концентраторов. В один из них переключается IP-УАТС2.

В каждом узловом районе остаются в эксплуатации УИС и УВС, обслуживающие одну РАТС.

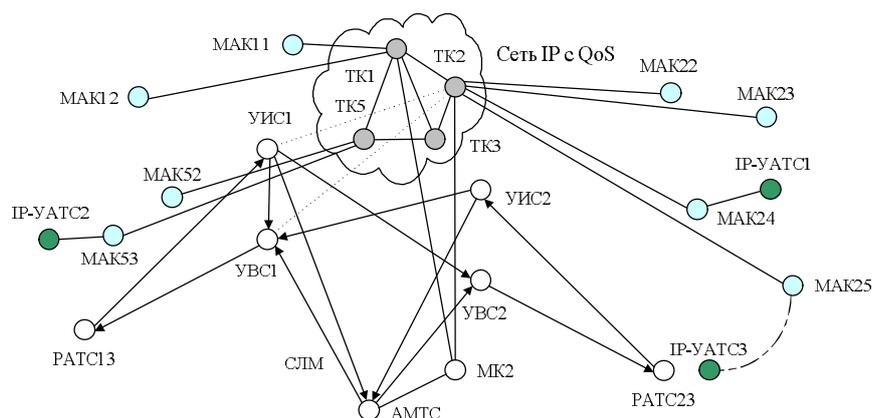


Рисунок 11.10 - Второй этап модернизации ГТС

На третьем этапе, который можно считать завершающим, выполняются следующие операции:

- заменяются все УИС и УВС, а также РАТС13 и РАТС23, то есть технология "коммутация каналов" в сети Оператора городской инфокоммуникационной системы более не используется;
- АМТС заменяется магистральным коммутатором (первый номер);
- окончательно формируется сеть IP, в которой устанавливаются еще два ТК и организуются предусмотренные ранее транспортные ресурсы;
- вводятся все предусмотренные в процессе планирования сети концентраторы, в один из которых переключается IP-УАТС3.

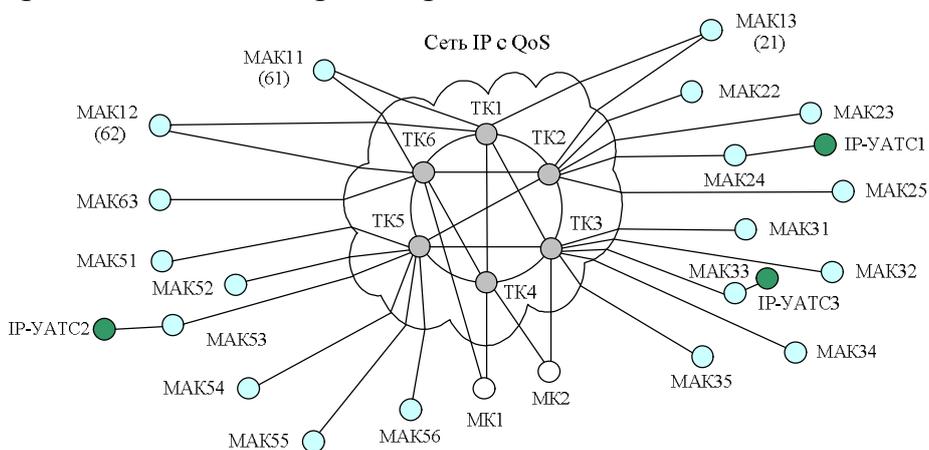


Рисунок 11.11 - Заключительный этап модернизации ГТС

Анализ принципов перехода к NGN, выполненный для местных телефонных сетей различной структуры, основан на рациональных путях модернизации ТФОП за счет изменения технологий коммутации.

Правомерна и другая постановка задачи: обеспечить подключение к NGN терминального оборудования тех абонентов, которые заинтересованы в новых видах обслуживания и готовы оплачивать предоставляемые услуги. Следует выделить два аспекта, существенных с точки зрения перехода к NGN:

I. Темпы модернизации ТФОП остаются низкими. За период, прошедший с момента установки первой цифровой коммутационной станции (1984 год), уровень цифровизации ТФОП достиг 70%. Причем в мегаполисах этот показатель ниже общероссийского. Это означает, что в ТФОП функционирует множество цифровых АТС, замена которых оборудованием NGN экономически нецелесообразна. Соответствующие затраты еще не окупились.

II. Спрос на современные инфокоммуникационные услуги для сравнительно малых (по численности) абонентских групп формируется очень быстро. Эти абонентские группы обычно распределены по всей территории, обслуживаемой местной телефонной сетью. При ожидаемых темпах создания NGN значительная часть абонентов, которая приносит Оператору существенный доход, уйдет к конкурирующим компаниям.

Литература: Осн. [2] стр. 131-150

Доп. [5] стр. 54-97

Контрольные вопросы:

1. Какие основные принципы модернизации местных сетей электросвязи?
2. Особенности модернизации местных транспортных сетей.
3. Какие принципы модернизации местных коммутируемых сетей?
4. Особенности основных этапов модернизации ГТС?

Лекция № 12. Принципы построения систем коммутации

1. Коммутационные приборы и элементы

Для осуществления коммутации (соединения) линий (или *каналов*) и управления процессами установления соединения на АТС применяются коммутационные приборы .

Коммутационным прибором (КПр) называется устройство, обеспечивающее скачкообразное изменение проводимости электрических цепей, на определенный промежуток времени. Изменение проводимости электрических цепей в коммутационном приборе осуществляется *коммутационным элементом* (КЭ).

К коммутационному прибору могут подключаться линии с различной проводностью, поэтому их коммутация осуществляется несколькими КЭ, которые объединены в *коммутационную группу*. При этом коммутационные элементы переключаются одновременно под влиянием управляющего сигнала.

В коммутационном приборе в зависимости от числа входных и выходных линий может быть установлено различное число коммутационных групп. Совокупность коммутационных групп, обеспечивающая коммутацию входов и выходов, называется *коммутационным полем прибора*. Местоположение коммутационной группы в коммутационном поле прибора (или в коммутационном блоке, построенном из нескольких приборов) называется *точкой коммутации*.

Коммутационные приборы различаются между собой структурными и электрическими параметрами.

К *структурным параметрам* относятся: число входов n , число выходов m , доступность входов D по отношению к выходам, число одновременно коммутируемых электрических цепей ℓ (проводность), свойство памяти. Производными от этих параметров являются общее число точек коммутации T , число коммутационных групп и число коммутационных элементов, а также максимальное число одновременных соединений.

К *электрическим параметрам* коммутационных приборов относятся: сопротивление коммутационного элемента в закрытом (разомкнутом) состоянии R_3 и открытом (замкнутом) состоянии R_0 , отношение которых называется *коммутационным коэффициентом* $K = R_3/R_0$, время переключения КЭ из одного состояния в другое; вносимое затухание в разговорный тракт; уровень шумов; напряжение питания; величина тока, необходимого для переключения КЭ; потребляемая мощность.

Некоторые коммутационные приборы обладают *свойством памяти*, т.е. способностью сохранять рабочее состояние после прекращения подачи управляющего воздействия. Это позволяет сократить расход электро- энергии для поддержания рабочего состояния прибора. Для возвращения прибора в исходное состояние требуется новое управляющее воздействие.

2. Классификация коммутационных приборов

Используемые в настоящее время коммутационные приборы по структурным параметрам можно разделить на четыре типа: реле, искатели, многократные соединители и соединители [3].

1. *Коммутационные приборы типа реле (1x1)* имеют один вход и один выход (рис. 12.1).

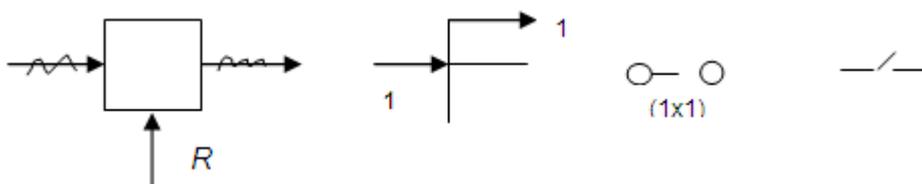


Рисунок 12.1 – Коммутационный прибор типа реле (1x1)

Число входов и выходов прибора указывается в круглых скобках, где первая цифра - число входов n , а вторая - число выходов m . Прибор имеет два состояния, в одном из которых соединение между входом и выходом отсутствует, а в другом - соединение установлено. Переход коммутационного элемента (или коммутационной группы) из одного состояния в другое осуществляется под воздействием сигнала, который поступает на управляющий

вход R из устройства управления. На рис. 8.2, *a-г* приведены условные изображения коммутационного прибора, используемые в технике автоматической коммутации. Если требуется отразить проводность входов и выходов приборов, то это делается так, как изображено на рис. 8.2, *a*.

2. Коммутационные приборы типа искателей ($1 \times m$) имеют один вход $n = 1$ и m выходов (рис. 12.2, *a-г*).

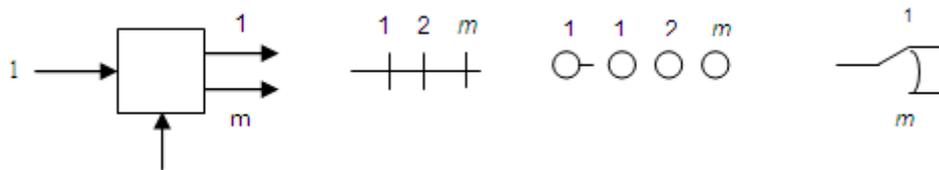


Рисунок 11.2 – Коммутационный прибор типа искателей ($1 \times m$)

В приборе можно установить соединение входа с любым из m выходов, следовательно, доступность прибора $D = m$. При этом одновременно в приборе может быть установлено только одно соединение.

3. Коммутационные приборы типа многократных соединителей $n(1 \times m)$ имеют n входов и nm выходов (рис. 12.3 *a-г*).

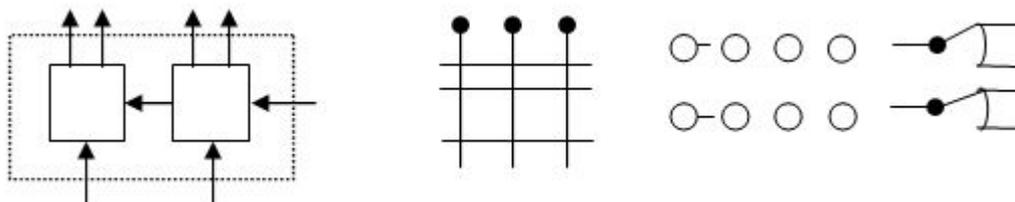


Рисунок 12.3 – Коммутационные приборы типа МКС $n(1 \times m)$

Каждому входу из n доступны только m определенных выходов, следовательно, доступность прибора $D = m$ из общего числа выходов - nm . В приборе одновременно может быть установлено n соединений.

4. Коммутационные приборы типа соединителей ($n \times m$), имеют n входов и m выходов (рис. 12.4, *a-г*).

Каждому из n входов доступен любой из m выходов, следовательно, $D = m$. В приборе одновременно может быть установлено n соединений, если $n \leq m$ или m соединений, если $n > m$.

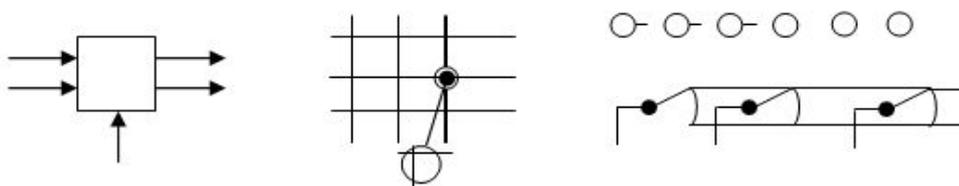


Рисунок 12.4 – Коммутационный прибор типа соединителя ($n \times m$)

Посредством коммутационных приборов строятся коммутационные блоки, ступени искания и коммутационное поле автоматических телефонных (телеграфных и др.) станций и узлов, управляющие устройства, линейные и служебные комплекты.

3. Коммутационные блоки: Основные понятия и определения

Одним из основных частей коммутационного узла является коммутационное поле (КП). Его рациональное построение позволяет при

минимальных затратах оборудования обеспечить требуемое качество обслуживания вызовов. На рис. 8.6 представлена структура коммутационного поля, состоящего из трех частей **a**, **b** и **c** [3].

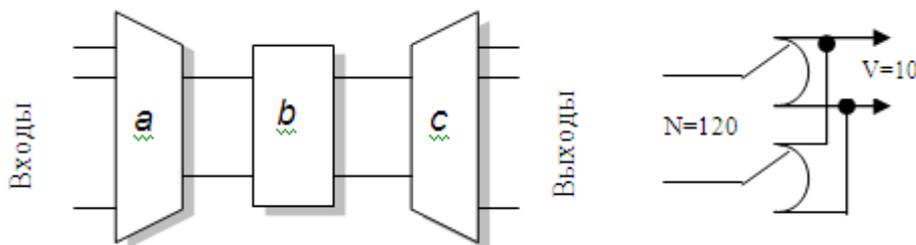


Рисунок 12.5 – Структура коммутационного поля. Рисунок 12.6-Коммутационный блок 120x10

С помощью КП через внутрисканционные линии V_1 и V_2 N входов соединяются с M выходами. Чаще всего соотношение между числом линий следующее: $N > V_1$; $V_1 = V_2$; $V_2 < M$. В звене **a** КП осуществляется переход от большого числа входов N (абонентских линий) к меньшему числу внутрисканционных линий V_1 , т.е. выполняется *функция сжатия*. В звене **b** КП внутрисканционные линии V_1 коммутируются с внутрисканционными линиями V_2 (*функция коммутации*).

В звене **c** осуществляется переход от внутрисканционных линий V_2 к требуемому числу выходов M , т.е. выполняется *функция расширения*.

В коммутационном поле звенья **a**, **b** и **c** представляют собой *степени искания*, которые, в свою очередь, могут состоять из соединенных между собой одностипных коммутационных блоков. Под *коммутационным блоком* (КБ) понимают совокупность коммутационных приборов, имеющих все или часть общих входов или выходов. Пример КБ емкостью (120x10) представлен на рис. 8.7.

Коммутационные блоки характеризуются следующими структурными параметрами:

- числом входов и выходов;
- числом промежуточных линий;
- доступностью входов по отношению к выходам;
- числом звеньев соединения;
- общим числом точек коммутации в блоке;
- проводностью линий, коммутируемых в блоке;
- числом одновременных соединений в блоке.

В коммутационном блоке включение выходов по отношению к входам может быть *полнодоступным* или *неполнодоступным*. *Полнодоступным* называется такое включение, при котором любой вход блока может быть соединен с любым свободным выходом. Включение называется *неполнодоступным*, если вход блока можно соединить только с частью определенных выходов. Число выходов блока, с которыми может быть соединен вход, называется *доступностью D*.

4. Способы построения коммутационных блоков

1. Объединение входов и выходов коммутационных приборов

На рис. 8.8 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения входов нескольких коммутационных приборов.

Коммутационный блок типа (1×2) строится путем объединения входов двух приборов типа (1×1) . В этом случае входу доступны 2 выхода ($D = 2$). Коммутационный блок типа $(1 \times 2m)$ строится путем объединения входов двух приборов типа $(1 \times m)$. В этом случае $D = 2m$.

Объединение входов коммутационных приборов приводит к увеличению доступности входов по отношению к выходам. На рис. 12.7 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения выходов у нескольких коммутационных приборов.

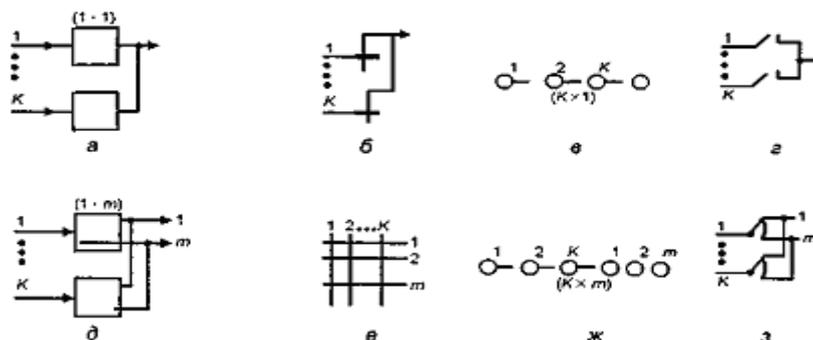


Рисунок 12.7 – Коммутационные блоки с объединением входов КП.

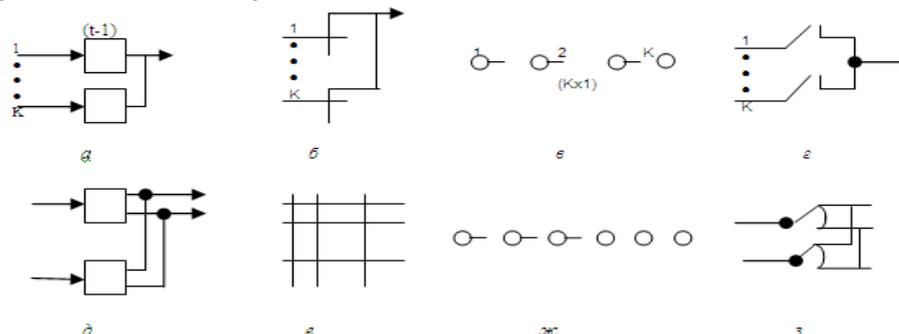


Рисунок 12.8 – Коммутационные блоки с объединением выходов КП.

Коммутационный блок типа $(k \times 1)$ строится путем объединения выходов k приборов типа (1×1) . При объединении выходов k коммутационных приборов типа $(1 \times m)$ строится коммутационный блок типа $(k \times m)$. Объединяя выходы в группе из k коммутационных приборов, получается коммутационный блок, в котором входы всех коммутационных приборов имеют доступ к одной и той же группе выходов.

На рис. 12.9 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения входов и выходов нескольких коммутационных приборов. Такое объединение может быть вызвано необходимостью повышения надежности КБ за счет параллельного соединения входа с выходом через разные коммутационные приборы. Если первый коммутационный прибор неисправен, то соединение может быть осуществлено через второй прибор.

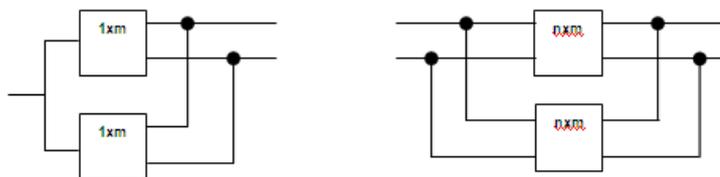


Рисунок 12.9 – Коммутационные блоки с объединением входов и выходов КП.

2. Последовательное соединение коммутационных приборов.

Построение коммутатора

Коммутационные блоки могут быть построены путем последовательного соединения выходов одних коммутационных приборов со входами других. На рис. 8.11 показаны примеры построения КБ с последовательным соединением коммутационных приборов.

При *последовательном соединении* двух приборов типа $(1xm)$ получается КБ типа $(1xvxm)$. Здесь v - число промежуточных линий между звеньями A и B . В этом блоке между входом и выходом образуется две точки коммутации, одна на звене A и вторая на звене B . При доступности приборов $D = m$, доступность КБ получается равной $D = m^2$.

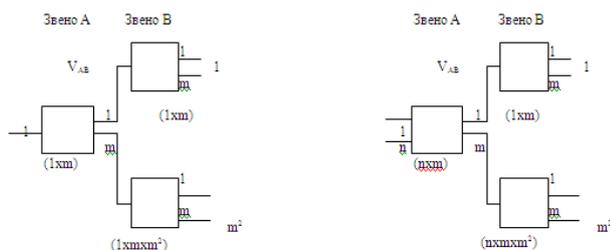


Рисунок 12.10 – Коммутационные блоки с последовательно соединением КП.

Аналогично, при последовательном соединении коммутационных приборов типов (nxm) и $(1xm)$ строится КБ типа $(n \times v \times m^2)$, в котором каждый вход имеет доступ к любому из m^2 выходов.

Коммутационные блоки с последовательным соединением двух приборов называются *двухзвенными блоками*. В общем случае тип такого блока обозначается $(nxvxm)$, где n - число входов; v - число промежуточных линий; m - число выходов.

Коммутационные блоки можно строить и на большее число звеньев, соединяя последовательно выходы предыдущего звена со входами последующего.

Простейшим коммутационным блоком является однозвенный полностью доступный блок, в котором любой вход имеет доступ к любому выходу. Такой блок называется *коммутатором*.

Коммутатор представляет собой блок типа (nxm) и может быть построен на коммутационных приборах любого типа объединением входов и выходов. Одноименные выходы всех групп объединяются для получения m общих выходов из блока (рис. 12.11, а).

Для получения коммутатора с использованием приборов типа $(1xm)$ потребуется n приборов, у которых следует объединить одноименные выходы, как это показано на рис. 12.12, б. Коммутатор на n входов и m выходов может

быть выполнен на одном приборе типа $n(lxm)$ путем объединения одноименных выходов (рис. 12.12, в).

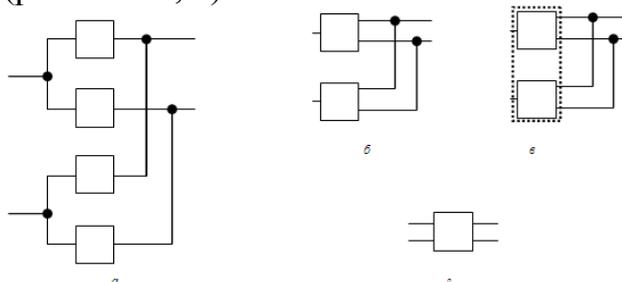


Рисунок 12.11 – Схема коммутаторов ($n \times m$)

3. Структурные параметры двухзвенной коммутационной схемы

Сокращение объема оборудования в многозвенных схемах ведет к увеличению потерь сообщения из-за возникновения так называемой внутренней блокировки. Под *внутренней блокировкой* понимается такое состояние коммутационной системы, при котором некоторые свободные выходы в процессе установления соединения становятся недоступными из-за занятости промежуточных линий, необходимых для данного соединения. Коммутационная схема, в которой имеют место внутренние блокировки, называется *блокирующей коммутационной схемой*.

В исходном состоянии двухзвенный коммутационный блок является полностью доступным, т.е. все выходы доступны всем входам. Однако в процессе занятия выходов это условие нарушается и доступность уменьшается. Например, если установлено соединение одного входа первого коммутатора звена A с выходом первого коммутатора звена B , то при этом занимает единственная *промежуточная линия* (ПЛ), соединяющая эти коммутаторы. Остальные выходы первого коммутатора звена B становятся недоступными для входов первого коммутатора звена A . Вызовы, поступившие на эти входы, получают отказ в соединении, хотя и имеются свободные выходы в коммутационном блоке.

Следовательно, внутренние блокировки снижают пропускную способность коммутационного блока и увеличивают его потери. Однако при рациональном построении звеньевых схем эти потери можно свести к величинам, не выходящим за пределы установленных норм. При этом достигается существенная экономия коммутационного оборудования АТС.

Звеньевые коммутационные блоки находят широкое применение в координатных АТС, а также в квазиэлектронных и электронных системах коммутации. Двухзвенный коммутационный блок, представленный на рис. 12.14, имеет следующие структурные параметры [2, 3]:

k_A - число коммутаторов звена A ;

n_A - число входов в один коммутатор звена A ;

m_A - число выходов из одного коммутатора звена A ;

k_B - число коммутаторов звена B ;

n_B - число входов в один коммутатор звена B ;

m_B - число выходов из одного коммутатора звена B .

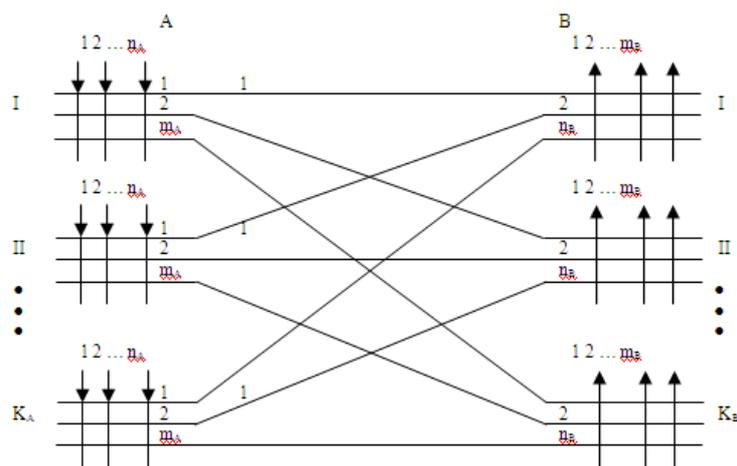


Рисунок 12.12 – Структурные параметры двухзвенного КБ

Между структурными параметрами КБ существуют следующие соотношения:

$N = n_A k_A$ - число входов коммутационного блока;

$M = m_B k_B$ - число выходов коммутационного блока;

$V_{AB} = k_A m_A = k_B n_B$ - общее число промежуточных линий;

Кроме того, двухзвенный КБ характеризуется коэффициентом связности f_{AB} и коэффициентом расширения (сжатия) σ . Коэффициент связности или просто связность представляет собой число ПЛ, связывающих каждый коммутатор звена А с каждым коммутатором звена В. Для односвязного КБ ($f_{AB}=1$) имеют место соотношения $m_A = k_B$, $k_A = n_B$ (рис. 8.17).

Пропускная способность блока в значительной степени определяется коэффициентом расширения (сжатия) $\sigma = V/N = m_A/n_A$. При $\sigma > 1$ имеет место расширение на звене А, т.е. переход от меньшего числа линий к большему $N < V$. Если $\sigma < 1$, то имеет место сжатие (концентрация), т.е. переход от большего числа линий к меньшему $N > V$.

5. Неблокирующие коммутационные схемы

Одно из основных преимуществ однозвенной коммутационной схемы заключается в том, что она является строго *неблокирующей*. В 1953г. Ч. Клоз (С. Clos) опубликовал результаты анализа трехзвенных симметричных коммутационных схем. Его результаты показали, что если каждый отдельный коммутатор является неблокирующим, и при этом число коммутаторов центрального звена k больше или равно $2n-1$, где n - число входов коммутатора первого звена, то коммутационная схема будет строго неблокирующей. Условие отсутствия блокировок [8, 37]:

$$k \geq 2n - 1. \quad (12.9)$$

В таком блоке независимо от того, сколько соединений уже установлено, всегда найдется свободный соединительный путь между требуемыми входом и выходом.

Однако наиболее существенное уменьшение числа точек коммутации может быть достигнуто как за счет введения дополнительных звеньев, так и за счет работы КБ с приемлемо малым значением вероятности блокировки.

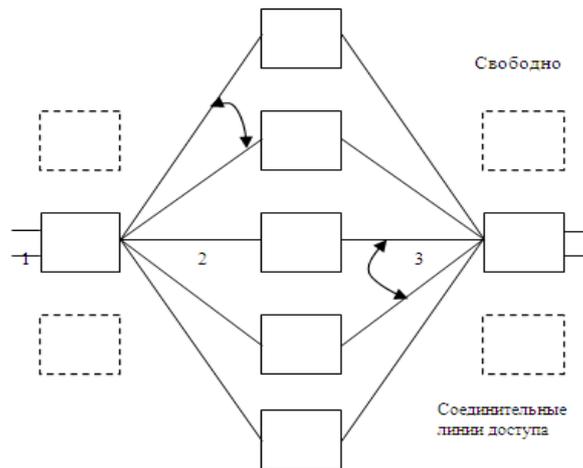


Рисунок 12.13 – Двухзвенная неблокирующая коммутационная схема

Число точек коммутации для неблокирующей трехзвенной схемы можно определить, используя выражение 8.9 для подстановки в выражение 12.6:

$$Q = 2N(n - 1) + (2n - 1)(N/n)^2. \quad (12.10)$$

Неблокирующее свойство схемы достигается за счет увеличения числа точек коммутации $Q \approx 6,7710^{-6}$ (для сравнения, в трехзвенной блокирующей коммутационной схеме с тем же числом входов $Q \approx 1,9 \cdot 10^6$).

Литература: Осн. [2] стр. 131-150

Доп. [5] стр. 54-97

Контрольные вопросы:

1. Коммутационные приборы и элементы
2. Классификация коммутационных приборов
3. Основные понятия и определения коммутационных блоков.
4. Покажите схему объединения входов и выходов коммутационных приборов
5. Последовательное соединение коммутационных приборов и их свойства.
6. Особенности неблокирующих коммутационных схем.

Лекция №13. Основы цифровой коммутации

1 Принципы временной коммутации

При коммутации с временным разделением каналов конфигурация коммутационной схемы с пространственным разделением периодически воспроизводится в течение каждого временного интервала путем непрерывного циклического изменения соединений, существующих в течение этих интервалов. Цифровые сигналы, сформированные путем объединения на базе временного разделения, требуют как коммутации временных интервалов, так и коммутации физических линий. Способ коммутации с разделением времени использования точек на интервалы представляет собой второе измерение коммутации и называется *временной коммутацией*.

Схемы временной коммутации строятся на базе недорогих цифровых элементов памяти (ЭП). Следовательно, реализация функций цифровой коммутации оказывается более дешевой, чем реализация схем с пространственным разделением. Работа схемы временной коммутации сводится

главным образом к записи информации и ее считыванию из ЗУ. Принцип временной коммутации в самом общем виде представлен на рис. 13.1

В процессе коммутации информация, поступающая по одному временному каналу, сначала записывается в ЭП, затем задерживается в течение определенного количества интервалов и передается во временном канале, с которым осуществляется соединение.

Для коммутационных систем небольшой емкости можно получить экономичные коммутационные схемы, реализующие только временную коммутацию. Однако существуют реальные ограничения на временные характеристики ЭП, которые определяют допустимую емкость блока временной коммутации.

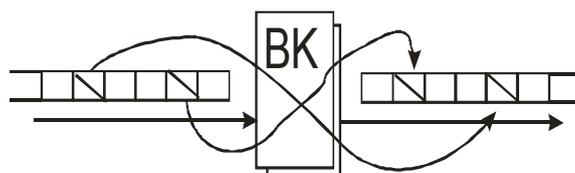


Рисунок 13.1 - Схема временной коммутации

Поэтому в коммутационных схемах большой емкости дополнительно вводится *пространственная коммутация*. Такие коммутационные схемы называются схемами с пространственно-временной коммутацией. Принцип пространственно-временной коммутации представлен на рис. 10.2.

В качестве примера приведено соединение 3-го временного канала (ВК) первой линии с 7-м ВК последней линии. Указанное соединение подразумевает, что информация, поступающая в 3-м временном интервале первой линии, пересылается в 7-й временной интервал последней линии. Поскольку процесс преобразования речевого сигнала в цифровую форму принципиально означает четырехпроводный режим работы, то реализуется обратное соединение путем пересылки информации из 7-го временного интервала последней входящей линии в 3-й временной интервал первой исходящей линии. Таким образом, каждое соединение требует выполнения двух пересылок информации; при этом каждая пересылка осуществляется как во времени, так и в пространстве.

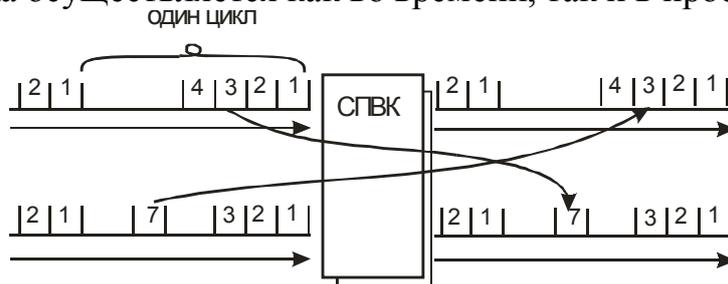


Рисунок 13.2 - Схема пространственно-временной коммутации

Работа звена временной коммутации

Основными элементами блока временной коммутации (БВК) являются ЭП. Принцип работы цифровой коммутационной схемы на ЭП представлен на рис. 10.3.

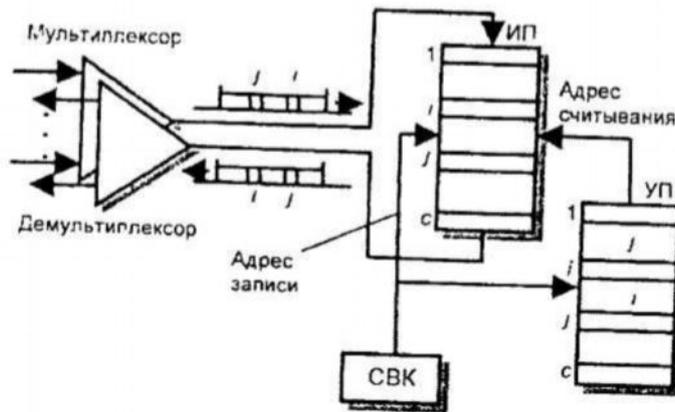


Рисунок 13.3 - Коммутационная схема ЭП

С помощью мультиплексора и демультиплексора образуется линия с временным разделением каналов (ВРК).

Для каждого входящего временного канала необходимо обеспечить доступ к каналу записи в ЭП. Для каждого исходящего временного канала также обеспечивается доступ к каналу считывания. Обмен информацией между двумя различными временными каналами осуществляется с помощью информационной памяти (ИП).

Информация, поступающая по входящим временным каналам, последовательно записывается в ячейки ЭП. В то же время информация, поступающая в исходящие каналы, считывается из ИП по адресам, получаемым из блока управляющей памяти.

В течение каждого временного интервала к ИП производится два обращения. Первое обращение производится при записи входящей информации в ИП. Адрес записи в ИП определяется счетчиком временных каналов, путем его приращения на 1. Следовательно, i -й временной интервал записывается в i -ю ячейку ИГК. Второе обращение производится при считывании информации из ИП. Адрес считывания в i -м временном интервале определяется содержимым i -й ячейки УП.

Таким образом, для каждого временного канала (входящего и исходящего) в ИП выполняются операции записи и считывания.

Тогда можно грубо оценить максимальное число каналов c , которые могут быть обслужены коммутационной схемой на ЭП

$$c = T/2t_c, \quad (10.1)$$

где t_c - длительность цикла обращения ЭП, мкс;

T - длительность информационного цикла, мкс.

Для обеспечения временной коммутации каналов необходимо наличие элементов задержки.

Задержки удобно реализовать с помощью ЭП с произвольной выборкой. В таких ЭП запись производится по мере поступления данных, а считывание при необходимости их передачи. Известно два способа управления работой ЭП звена временной коммутации:

- последовательная запись и произвольное считывание;
- произвольная запись и последовательное считывание;

Оба способа работы звена временной коммутации используют циклическую управляющую память, доступ к которой осуществляется синхронно с работой счетчика временных интервалов.

На рис. 10.4 показан принцип работы звена временной коммутации для первого способа управления (последовательная запись и произвольное считывание).

Определенные ячейки памяти закрепляются за соответствующими временными интервалами (ВИ) входящей линии. Информация каждого входящего ВИ запоминается в последовательных ячейках памяти, что обеспечивается увеличением на 1 содержимого счетчика ВИ. Таким образом, информация, принятая в течение 3-го ВИ, запоминается в 3-й ячейке ЭП.

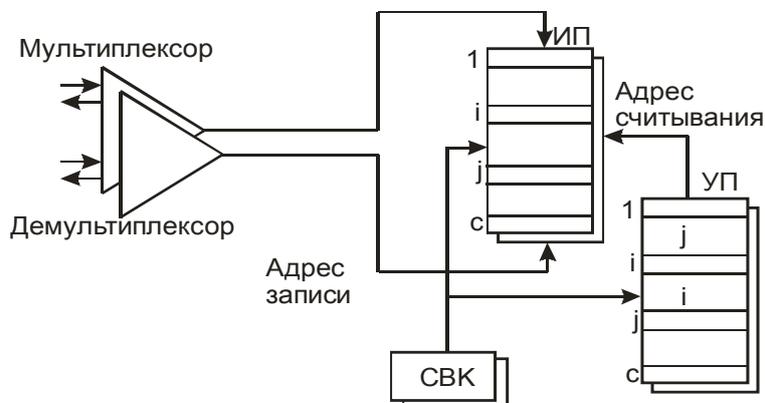


Рисунок 13.4 - Последовательная запись и произвольная выборка

При считывании из ИП управляющая информация, поступающая из управляющей памяти, определяет адрес считывания информации для заданного ВИ. Согласно рис. 10.4 седьмое слово управляющей памяти содержит число 3. Следовательно, в течение 7-го ВИ должно быть считано и передано по исходящей линии содержимое ИП по адресу 3.

Второй способ работы звена временной коммутации (рис. 10.5) является противоположностью первого. Поступающая на вход информация записывается в ячейки ИП в соответствии с адресом, хранящимся в управляющей памяти УП. Однако считывание информации из ИП производится последовательно ячейка за ячейкой под управлением счетчика временных интервалов.

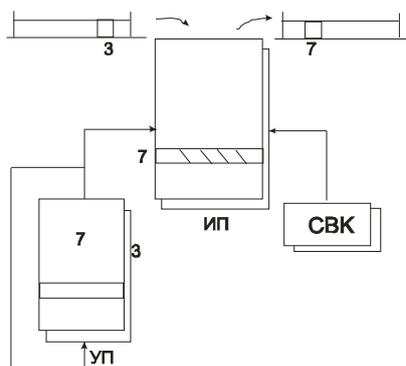


Рисунок 13.5 - Произвольная запись и последовательная выборка

В примере на рис. 10.5 информация, принятая в течение 3-го ВИ, записывается непосредственно в ИП по адресу 7, откуда автоматически считывается в 7-й исходящий временной канал. В многозвенных коммутационных схемах удобно один способ работы использовать на одном звене временной коммутации, а второй способ на другом звене. В системах коммутации, рассчитанных на большую емкость, применяются звеньевые схемы, содержащие звенья как временной, так и пространственной коммутации.

Коммутация каналов в схеме В-П-В

В настоящее время в системах коммутации большой емкости используются коммутационные схемы типа *время-пространство-время* (В-П-В). Общая структура коммутационной схемы типа В-П-В представлена на рис. 10.6 [8].

Рассмотрим пример соединения 3-го временного канала первой линии с 7-м временным каналом последней линии. Информация, поступающая в 3-м временном интервале 1-го входящего канала с ВРК (на звене В), задерживается и передается в одном из свободных временных интервалов звена пространственной коммутации П (например интервал 22).

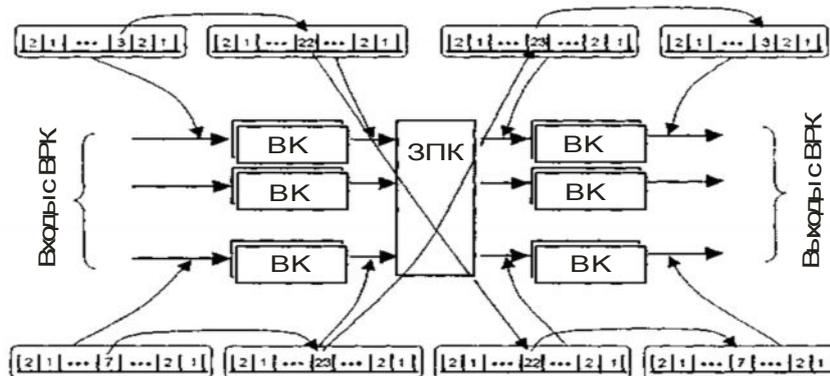


Рисунок 13.6 - Коммутационная схема типа В-П-В.

Временные интервалы звена П называют *внутренними временными интервалами*. Временные интервалы звена В называют *внешними временными интервалами*.

При этом во внутреннем интервале 22 происходит пространственная коммутация входа 1 со входом N звена П, т.е. в течение 22-го интервала через звено П информация передается с 1-го входного на N-е выходное звено временной коммутации. На выходном звене временной коммутации информация задерживается и хранится до тех пор, пока не наступит требуемый 17-й внешний временной интервал.

В коммутационной схеме В-П-В звено пространственной коммутации работает с разделением во времени независимо от внешних каналов с ВРК. При этом для установления соединения на звене пространственной коммутации используется любой свободный внутренний временной интервал этого звена.

Коммутация на звене П осуществляется под управлением управляющей памяти УП. В общем случае пространственный коммутатор можно представить в виде матрицы *nхп*. Каждой вертикали матрицы поставлено в соответствие

своя УП, в которой число ячеек равно числу внутренних временных интервалов звена Π (рис. 10.7)

В УП вертикали хранится информация, которая определяет, какую из горизонталей необходимо соединить с соответствующей вертикалью на заданном временном интервале.

Неблокирующая коммутационная схема В-П-В

В коммутационной схеме $B-\Pi-B$ блокировки могут возникать в тех случаях, когда нет свободных внутренних временных интервалов звена пространственной коммутации. Вероятность блокировки будет минимальной, если число внутренних интервалов в цикле выбрано достаточно большим. Рассмотрим коммутационную схему $B-\Pi-B$, коммутирующую A/n цифровых каналов (рис. 10.9) [37].

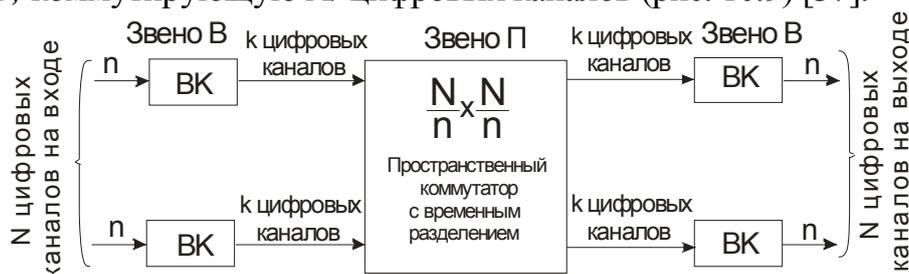


Рисунок 13.6 - Коммутационная схема типа В-П-В.

На вход каждого временного коммутатора (ВК) поступает n канальных интервалов. Следовательно, число ВК во входном звене временной коммутации (первая ступень) равно N/n . Пусть число внутренних временных интервалов больше числа внешних временных интервалов $k > n$. Цикл коммутации на входе и выходе ВК первой ступени коммутации (т.е. цикл внешних и внутренних интервалов) представлен на рис. 10.10.

Все входные ВК соединяются с одним пространственным коммутатором емкостью $N/n \times N/n$. В свою очередь, каждый из N/n выходов пространственного коммутатора соединяется с ВК третьей ступени, который имеет k канальных интервалов на входе и n канальных интервалов на выходе.

Такая коммутационная схема при $k \geq 2n-1$ является *неблокирующей*. Следовательно, коммутационная схема *типа В-П-В* полностью аналогична схеме типа $\Pi-\Pi-\Pi$.

Пусть в одном из входных ВК заняты $n-1$ из n внешних (входных) временных интервалов. В этом случае также заняты $n-1$ из k внутренних временных интервалов в пространственном коммутаторе. Предположим, что по оставшемуся свободным • внешнему (входному) временному интервалу того же самого ВК поступает вызов, который требует соединения с одним из N/n выходных ВК.

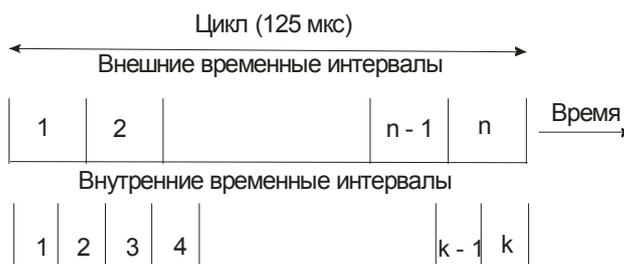


Рисунок 13.7 - Коммутационная схема типа В-П-В.

Пусть в этом выходном ВК уже заняты $n - 1$ внешних (выходных) временных интервалов. При этом также заняты еще $n - 1$ из k внутренних временных интервалов. В худшем случае эти два подмножества по $n - 1$ соединений в точке пространственного коммутатора не пересекаются, как показано на рис.10.11.



Рисунок 13.8 - Условие неблокируемости коммутационной системы В-П-В.

Для того чтобы можно было установить соединение, должен оставаться по крайней мере один свободный внутренний временной интервал, общий для обоих ВК (показан в конце цикла на рис.10.11).

Условие, при котором выполняется это событие, записывается в виде

$$K = (n-1) + (n-1) = 2(n-1). \quad (10.2)$$

В этом случае гарантируется неблокируемость коммутационной схемы типа В-П-В.

Литература: Осн. [2] стр. 197 - 221

Доп. [2] стр. 85 - 109

Контрольные вопросы:

1. Принципы временной коммутации.
2. Объясните работу звена временной коммутации.
3. Анализ коммутация каналов в схеме В-П-В.
4. Особенности неблокирующей коммутационной схемы В-П-В.

Лекция № 14. Особенности структуры ЦСК

Цифровая система коммутации (ЦСК) характеризуется тем, что ее коммутационное поле коммутирует каналы, по которым информация передается в цифровом виде. Однако к ЦСК могут включаться как аналоговые, так и цифровые абонентские и соединительные линии. Обобщенная структура ЦСК представлена на рис. 14.1.

Абонентский блок (АБ) предназначен для согласования аналоговых и цифровых абонентских линий с коммутационным полем станции посредством МААК и МЦАК соответственно.

Модуль аналоговых абонентских комплектов (МААК) предназначен для подключения к станции аналоговых АЛ и выполняет следующие основные функции:

- аналогово-цифровое преобразование (АЦП) и цифро-аналоговое преобразование (ЦАП);

- концентрация нагрузки;
- подключение к ИКМ-тракту;
- функции BORCSHT.

Модуль цифровых абонентских линий (МЦАЛ) предназначен для подключения, к станции цифровых АЛ и выполняет следующие основные функции:

- реализацию стационарного окончания доступа ISDN;
- разделение каналов В и D;
- объединение нескольких каналов D в один канал.

Цифровые терминалы подключаются к МЦАЛ через сетевое окончание NT с помощью базового доступа $2B + D$, где канал В = 64 кбит/с, D = 16 кбит/с.

Линейный блок (ЛБ) образует интерфейс между аналоговым или цифровым окружением станции и цифровым коммутационным полем. Используется для включения в станцию различных типов соединительных линий СЛ и линий доступа ISDN на первичной скорости посредством МЦСЛ и МАСЛ. ЛБ также может использоваться для подключения сетей передачи данных и реализации дополнительных услуг.

Модуль цифровых соединительных линий (МЦСЛ) используется для включения в станцию цифровых СЛ и линий ISDN первичного доступа. Выполняет функции передачи служебной и пользовательской информации, а также согласование входящих и исходящих потоков со скоростями коммутации в коммутационном поле (мультиплексирование и демупльтиплексирование).

Модуль аналоговых соединительных линий (МАСЛ) образует интерфейс для подключения аналоговых СЛ к цифровому коммутационному полю. Выполняет функции АЦП и ЦАП, а также приема и передачи служебной и пользовательской информации от аналогового окружения к станции и обратно.

В большинстве случаев в состав Л Б входит *оборудование сигнализации (ОС)*, состав которого определяется передаваемыми сигналами между оборудованием взаимосвязанных АТС и способом их передачи на участках сети. ОС выполняет функции по приему и передаче сигналов управления и взаимодействия (СУВ) между двумя АТС.

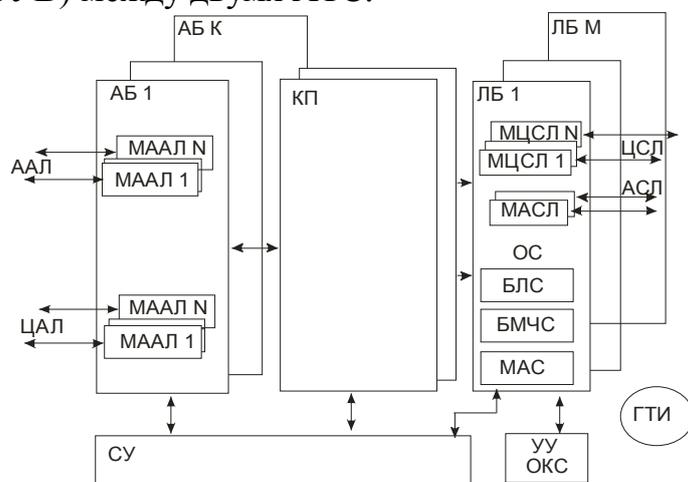


Рисунок 14.1 - Обобщенная структурная схема ЦСК

В процессе работы цифровые АТС используют 2 группы сигналов: линейные и регистровые. *Линейные сигналы* обеспечивают переход от одной фазы обслуживания вызова к другой (занятие, отбой, подтверждение, разъединение). *Регистровые сигналы* обеспечивают маршрутизацию вызовов и включают в себя все информационные сигналы (набор номера, запрос цифр номера и другая дополнительная информация). В состав ОС могут входить БЛС, БМЧС и МАС (рис. 14.2).

Блок линейных сигналов (БЛС) является блоком сигнализации по выделенному сигнальному каналу ВСК (CAS). Этот блок предназначен для приема и передачи всех линейных сигналов, передаваемых по 16-му каналному интервалу ИКМ тракта при сигнализации 2ВСК. Кроме линейных сигналов, данный блок иногда используется для передачи части сигналов маршрутизации (регистровая сигнализация) - при связи цифровой АТС с декадно-шаговой станцией. Для подключения информации из 16-го каналного интервала в БЛС используется полупостоянное соединение в коммутационном поле.

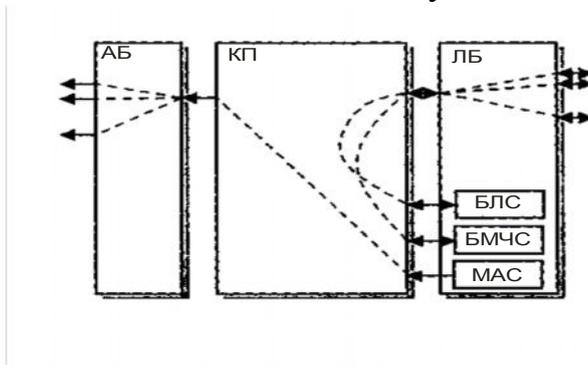


Рисунок 14.2 – Схема включения оборудования сигнализации в КП

Блок многочастотной сигнализации (БМЧС) предназначен для приема регистровых сигналов многочастотной сигнализации.

Передача сигналов осуществляется по разговорным цепям и закрепление БМЧС за разговорным каналным интервалом осуществляется системой управления только на время, необходимое для передачи и приема многочастотных сигналов. Подключение БМЧС к цифровому коммутационному полю (ЦКП) осуществляется по одной ИКМ линии. Соединение в ЦКП оперативное.

Модуль акустических сигналов (МАС) предназначен для передачи акустических сигналов с помощью цифрового тонового генератора (источника тональных сигналов). Этот генератор подключается к КП через ИКМ линию. Как правило, такой модуль включается через одну ИКМ линию и может выдавать 31 акустический сигнал.

Каждому каналному интервалу поставлен в соответствие свой акустический сигнал («ответ станции», «занято», «посылка вызова», «контроль посылки вызова», сигнал тишины и т.д.).

По команде из системы управления осуществляется коммутация i -го каналного интервала ИКМ линии с требуемым акустическим сигналом от МАС с определенным j -м каналным для заданного модуля абонентских линий.

Коммутационное поле выполняет функции коммутации соединений различных видов:

- коммутация разговорных соединений в цифровом виде;
- коммутация межпроцессорных соединений;
- коммутация тональных сигналов.

В основном используются практически неблокирующие, полнодоступные, многозвенные схемы КП. Для надежности КП дублируется (2 слоя). В современных цифровых АТС используется временная и пространственная коммутация (В и П). Как правило, не применяется более двух звеньев временной коммутации, а между этими звеньями располагается несколько звеньев пространственной коммутации. Между абонентами в коммутационном поле всегда устанавливается два независимых пути - в прямом и обратном направлении.

Система управления (СУ) предназначена для управления всеми процессами обслуживания вызовов. В цифровых АТС все действия управляющих устройств заранее определены алгоритмом (программой) их функционирования. Программы хранятся в памяти управляющих устройств.

При обслуживании вызова СУ выполняет 3 основные функции:

- прием информации (например поступление вызова, набор номера, ответ абонента, отбой и др.);
- обработка информации (анализ поступивших сигналов, поиск свободных соединительных путей в КП, выработка управляющих команд);
- выдача информации (выдача управляющих команд в модули и управление через КП).

Существует три вида структур СУ:

- централизованная;
- иерархическая;
- децентрализованная (распределенная).

Кроме основных функций по обслуживанию вызовов, СУ выполняет функции по предоставлению абонентам дополнительных видов обслуживания (ДВО), а также вспомогательные функции.

Управляющее устройство ОКС (УУ ОКС) предназначено для управления сетью сигнализации по общему каналу и оборудовано специальным управляющим устройством, которое функционирует как транзитный узел или конечный пункт сигнального трафика.

Генератор тактовых импульсов (ГТИ) предназначен для выработки сетки частот, необходимых для синхронизации работы всех блоков станции. С этой целью все станции, включенные в цифровую сеть, должны обеспечиваться тактовыми импульсами с высокой степенью надежности и согласованности.

Тактовые импульсы, генерируемые в каждом блоке оборудования, синхронизируют обмен информацией на трех уровнях:

- внутри самого блока оборудования АТС;
- между блоками оборудования одной АТС;
- между различными АТС.

Для международного обмена цифровой информацией необходима очень высокая степень точности и надежности. В этом случае опорные частоты

должны выводиться из атомных эталонов частоты и подаваться на международные АТС, работающие в качестве ведущих.

Принцип взаимодействия блоков ЦСК

Взаимодействие блоков ЦСК можно рассмотреть на примере внутривызовного соединения. Для описания всего процесса обслуживания вызова в упрощенном виде поделим его на пять основных этапов. Для иллюстрации взаимодействия блоков при внутривызовном соединении на рис. 14.2 представлена упрощенная структура ЦСК.

Этап 1. Абонент *A* снимает трубку телефонного аппарата и станция передает сигнал «ответ станции».

После снятия абонентом *A* трубки СУ определяет факт занятия абонентской линии путем сканирования модулей абонентских линий МАЛ (в абонентском комплекте АК). Затем СУ выдает команду на подключение модуля акустических сигналов (МАС) через цифровое коммутационное поле (коммутируется цифровой тракт в КП). Из модуля акустических сигналов абоненту *A* подается сигнал «ответ станции» частотой $f = 425$ Гц.

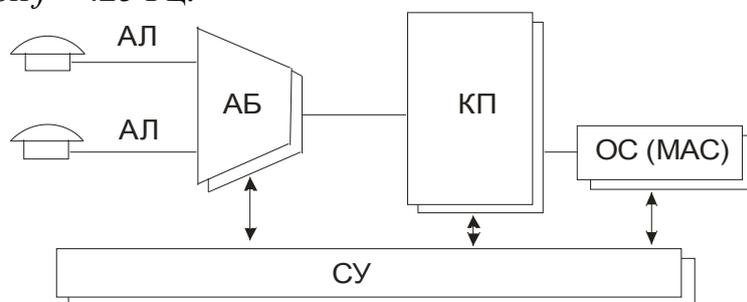


Рисунок 14.2 – Упрощенная структура ЦСК при внутривызовном соединении

Этап 2. Абонент набирает номер.

При наборе номера точка сканирования в абонентском комплекте абонента *A* изменяет свое состояние. Эти изменения определяются периферийными устройствами сканирования и передаются в СУ.

После приема первого импульса набора номера СУ дает команду на отключение сигнала «ответ станции» из МАС, т.е. передача акустических сигналов через КП прекращается. Номер передается в СУ.

Этап 3. АТС анализирует номер и передает сигналы ПВ и КПВ.

После приема и анализа абонентского номера СУ определяет по данным, хранящимся в ее памяти, направление связи как внутривызовное и дает команду на включение сигнала ПВ из модуля абонентских линий (МАЛ) частотой $f = 25$ Гц абоненту *B*. Синхронно с сигналом ПВ абоненту *A* из модуля акустических сигналов (МАС), передается сигнал КПВ частотой $f = 425$ Гц. МАС подключается через КП по команде из СУ.

Этап 4. Абонент *B* отвечает и происходит коммутация разговорного соединения.

При ответе абонента *B* изменяется состояние точки сканирования в его абонентском комплекте. Эта информация поступает в систему управления, которая отключает сигналы ПВ и КПВ и передача акустических сигналов через

КП прекращается. Затем СУ коммутирует в КП разговорный тракт и происходит разговор абонентов.

Этап 5. Отбой и разъединение.

Если предположить, что первым положил трубку абонент 6, то отбой определяется по изменению состояния точки сканирования в его абонентском комплекте. Эта информация поступает в систему управления, которая дает команду на подключение МАС через КП, т.е. коммутирует соединение акустических сигналов в КП. Из МАС абоненту А подается сигнал «занято», а СУ выдает команду на отключение разговорного соединения в КП. Абонент А кладет трубку. При отбое обоих абонентов система управления дает команду на разрушение соединения акустических сигналов КП, т.е. отключает МАС.

Оборудование доступа в ЦСК

Модуль аналоговых АК в абонентском блоке

Абонентские линии в цифровых АТС включаются в КП станции через АБ, которые могут располагаться на территории самой станции либо на некотором расстоянии от нее (рис. 14.3).

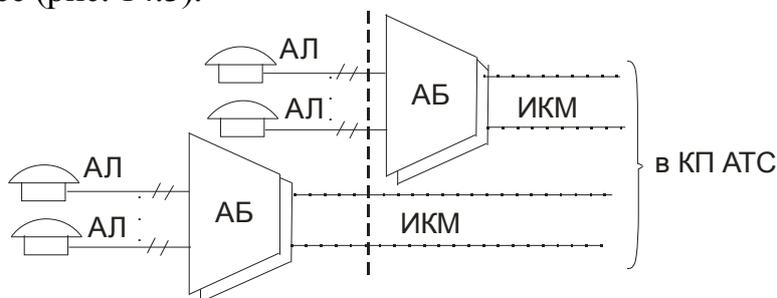


Рисунок 14.3 – Схема включения АБ к КП АТС

Абонентские блоки, расположенные на удалении от основной АТС называют выносными. Вынос АБ от опорной станции позволяет строить более гибкую сеть, сокращает общую протяженность абонентских линий и уменьшает затраты на управление и обслуживание.

Выносные АБ связываются с КП станции по первичным цифровым трактам (ПЦТ) 2 Мбит/с.

Станционные АБ для более экономичного использования линейных ресурсов могут включаться в КП станции по линиям 4-8 Мбит/с (станция EWSD).

К основным функциям АБ относятся следующие:

- АЦП и ЦАП (в случае подключения аналоговых АЛ);
- реализация функций BORSCHT, которые выполняются в АК аналоговых линий;
- подключение абонентской линии к ПЦТ, идущему в КП станции;
- мультиплексирование или концентрация абонентской нагрузки, так как в среднем нагрузка на одну АЛ мала и составляет 0,1 Эрл на абонента (например в EWSD - 900-952 абонента на 4 ПЦТ; в МТ-20/25 - 763 абонента на 6 ПЦТ).

В общем случае АБ может выполнять функции мультиплексора либо концентратора. Структурную схему АБ в случае подключения аналоговых АЛ (с помощью МААЛ) можно представить совокупностью следующих блоков:

- абонентского комплекта,

- кодека,
- схемы контроля,
- коммутационного поля (для концентрации нагрузки),
- мультиплексора,
- схемы интерфейса и устройства управления (рис.14.4).

Каждая абонентская линия (АЛ) включается в индивидуальный *абонентский комплект* (АК). Сигнал с абонентского комплекта поступает на *кодек*, который может быть индивидуальным, то есть входить в состав абонентского комплекта (системы S-12, EWSД), и групповым (цифровой «Квант»). В кодеке происходит прямое и обратное преобразование аналоговой формы сигнала в цифровую.

Схема *контроля*, которая, как правило, находится в составе абонентского комплекта, но может быть и групповой, необходима для контроля за состоянием абонентской линии (замыкание или размыкание шлейфа при занятии линии и наборе номера).

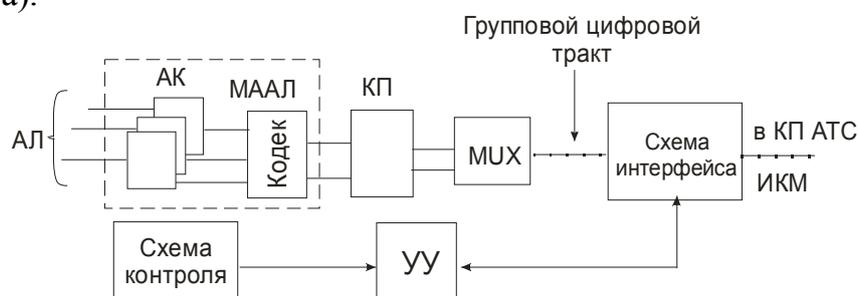


Рисунок 14.4 – Структура АБ (концентратора)

Коммутационное поле

в АБ может строиться на основе одной ступени пространственной или временной коммутации и используется для концентрации абонентской нагрузки, а также в некоторых системах возможна коммутация в пределах АБ.

Мультиплексор (MUX) объединяет индивидуальные сигналы в групповой цифровой тракт (не обязательно ПЦТ). Для обеспечения сопряжения АБ с цифровым коммутационным полем (ЦКП) используется *схема интерфейса*.

Устройство управления осуществляет координацию работы абонентских комплектов и схемы интерфейса.

Цифровой абонентский доступ в ЦСК

Для подключения цифровых абонентов в ЦСК предусматриваются цифровые АК, расположенные в абонентском блоке. В отличие от аналогового АК цифровой не выполняет многие из функций BORSCHT, так как они переносятся в цифровой телефонный аппарат.

Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) внедряется в два этапа: этап узкополосной ЦСИС для низкоскоростных услуг связи и этап широкополосной ЦСИС - для средне- и высокоскоростных услуг связи.

Цифровой абонентский доступ - это совокупность аппаратных средств, обеспечивающих взаимодействие между цифровыми абонентскими терминалами и станцией ISDN. Возможны два варианта доступа:

- базовый абонентский доступ (basic rate access - BRA);
- первичный абонентский доступ (primary rate access - PRA).

Базовый доступ ISDN (рис. 14.5) реализуется по двухпроводной медной паре, используемой в аналоговой телефонии. Общая скорость передачи - 160 кбит/с, длина кабеля - не более 8 км при диаметре поперечного сечения 0,6 мм и не более 4,2 км при 0,4 мм.



Рисунок 14.5 – Схема подключения абонентов при базовом доступе

При базовом доступе организуются следующие каналы:

- два В-канала (64 кбит/с) для передачи пользовательской информации с коммутацией каналов и коммутацией пакетов;
- один D-канал (16 кбит/с) для сигнализации между пользователем и сетью, может также использоваться для передачи пакетов данных и сигналов телеметрии и дистанционного управления.

Первичный доступ ISDN реализуется по четырехпроводной медной линии и используется для подключения средних и больших учреждений, поддерживающих услуги ISDN (рис.14.6).

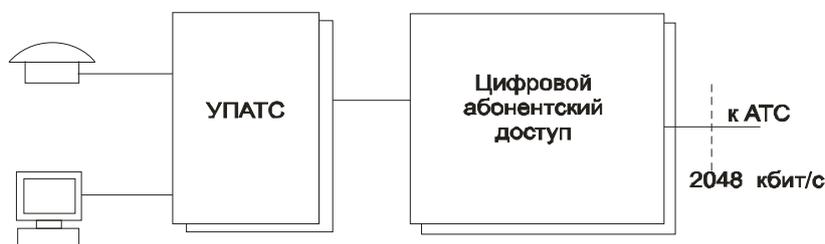


Рисунок 14.6 – Схема подключения абонентов при первичном доступе

Временные интервалы с 1 по 15 и с 17 по 31 используются как пользовательские каналы (30 В-каналов) со скоростью 64 кбит/с каждый. D-канал (64 кбит/с) используется только для передачи сигнальной информации.

Модуль цифровых АЛ на станции ISDN реализуется в виде линейного *LT* и стационарного *ET* окончаний (рис.14.7). Для обеспечения скорости передачи 160 кбит/с по U-интерфейсу при базовом доступе рекомендуется в России использовать код 2B1Q.

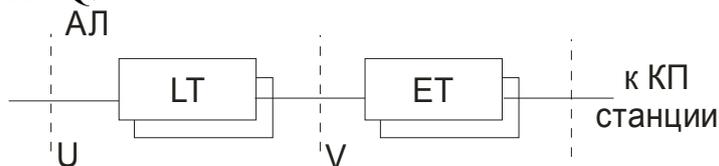


Рисунок 14.7 – Интерфейсы МЦАЛ

U-интерфейс предназначен для обеспечения стыка между абонентским доступом и линейным окончанием по двухпроводной шине. V-интерфейс - для

обеспечения стыка между линейным и станционным окончанием по четырехпроводной шине.

Оборудование подключения соединительных линий

Для подключения цифровых и аналоговых СЛ в линейном блоке предусмотрены МЦСЛ и МАСЛ соответственно. *Модуль цифровых соединительных линий* (МЦСЛ) выполняет следующие основные функции (рис. 10.30):

- преобразование линейного квазитрочного кода в станционный двоичный код, и наоборот;
- переход от одного вида сигнализации к другому;
- преобразование скоростей и обеспечение синхронной передачи сигнала.

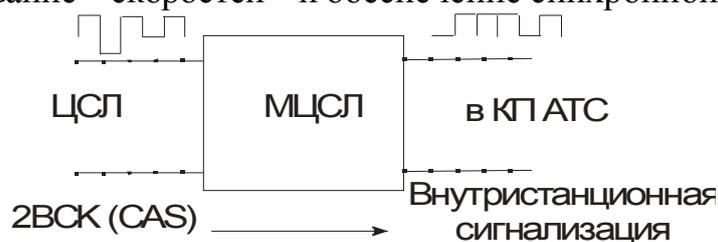


Рисунок 14.8 – Схема включения МЦСЛ в ЦСК

Модуль аналоговых соединительных линий (МАСЛ) предназначен для согласования аналоговых СЛ (физических или уплотненных различными аналоговыми системами передачи) с цифровой системой коммутации. Возможно также согласование с нестандартными цифровыми системами передачи (ИКМ-12, ИКМ-15).

В МАСЛ включаются 2-, 3-, 4-проводные СЛ и линии с частотным разделением каналов. Для каждого типа линий используются соответствующие комплекты СЛ (КСЛ). Структурная схема МАСЛ представлена на рис.14.9.

Кодек осуществляет АЦП, мультиплексирование и демультимплексирование, что обеспечивает стык между АЛ и КП, жестко закрепляя каждый КСЛ за определенным временным интервалом ИКМ-линии.

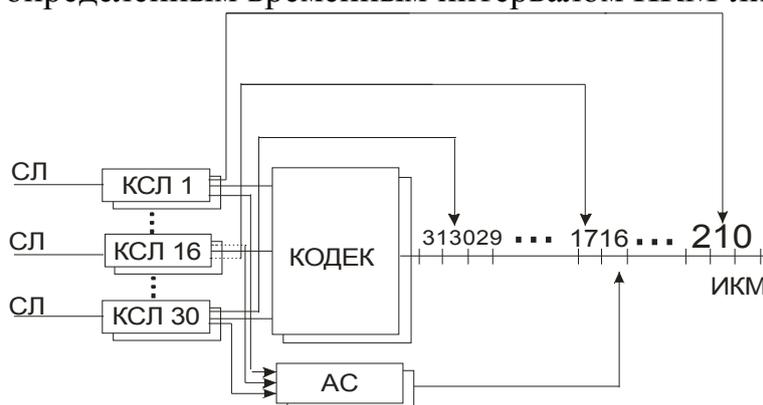


Рисунок 14.9 – Структурная схема МАСЛ

Адаптер сигнализации (АС) согласует сигнализацию КСЛ с сигнализацией станции. АС предназначен для передачи и приема *сигналов управления и взаимодействия* (СУВ) от 30 линий в 16-м временном интервале ИКМ линии.

Литература: Осн. [2] стр. 131-150

Доп. [5] стр. 54-97

Контрольные вопросы:

1. Объясните состав и назначение блоков и модулей ЦСК по структурной схеме.
2. Какой принцип взаимодействия блоков ЦСК?
3. Дайте характеристику оборудованию доступа в ЦСК
4. Назначение модуля аналоговых АК в абонентском блоке.
5. Назначение модуля цифровых АК в абонентском блоке
6. Дайте характеристику цифрового абонентского доступа в ЦСК.
7. Оборудование подключения соединительных линий и их назначение.

Лекция № 15. Современные цифровые системы коммутации.

15.1 Коммутационная система SI-2000

В телефонных станциях SI-2000 наряду с цифровыми линейными комплектами присутствуют и аналоговые, что позволяет гибко решать вопросы стыковки с аналоговыми соединительными линиями. На базе системы SI-2000 можно организовать надежную связь на всех уровнях от сельской станции до АМТС средней емкости, а также в учрежденческих и ведомственных сетях.

1) Основные характеристики системы:

- максимальная емкость до 40000 абонентских линий;
- максимальная емкость узловой станции - до 7000 аналоговых или цифровых соединительных линий;
- 512 направлений (число линий в направлении от 1 до 7000);
- тракт 2 Мбит/с может быть разбит на несколько направлений (до 30);
- в одном направлении могут быть исходящие, входящие и двухсторонние каналы, а также каналы с различными системами сигнализации;
- общая пропускная способность системы - 5000 Эрл;
- производительность - до 200000 вызовов в ЧНН;
- потребляемая мощность - 0.5...0.7 Вт на АЛ;
- возможность включения ISDN абонентов;
- электропитание: -48 В постоянного тока (при использовании IPS/MPS - 230/380 В переменного тока);
- условия эксплуатации: температура от +5 до +40 градусов, влажность от 20 до 80 процентов.

Структура системы.

Системы SI-2000 являются многомодульными, программно управляемыми с распределенным управлением и многослойной структурой.

В состав SI-2000 входят следующие основные функциональные узлы (рис. 15.1):

- **GSM** (Group Switch Module) - групповой переключатель,
- **ADM** (Administration Module) - административный модуль,
- **CHM** (Charging Module) - тарифный модуль,
- **(R)ASM** ((Remote) Analog Subscriber Module) - (удаленный) аналоговый абонентский модуль,
- **LCM** (Line Concentrator Module) - модуль абонентских концентраторов,

- **(R)ANM** ((Remote)Analog Network Module) - (удаленный) аналоговый сетевой модуль,
- **DNM** (Digital Network Module) - цифровой сетевой модуль,
- **CCSM/DSM** - модуль ОКС № 7 / ISDN.

Кроме того, в состав системы входят следующие модули: центра эксплуатации и техобслуживания (ОМС), интегрированной системы электропитания (IPS и MPS).

Групповой переключатель GSM обеспечивает коммутацию разговорных каналов максимально 124 коммутационных модулей, которые можно подключить к нему. Каждый коммутационный модуль подключается к GSM посредством ИКМ линии (ML). GSM обеспечивает коммутацию 4096 каналов во временном пространстве, причем 3720 из них являются разговорными.

Для обеспечения надежной работы групповой переключатель является дублированным.

В групповом переключателе имеется главный генератор тактовых частот станции, от которого синхронизируются все модули системы. Главный тактовый генератор станции можно синхронизировать от генератора тактовых сигналов станции высшего уровня или от эталонного внешнего источника высокой стабильности.

Основной функцией *административного модуля (ADM)* является загрузка программы с магнитной ленты в запоминающее устройство модулей и административное управление всей станцией. Кроме своей основной функции административный модуль может выполнять также функцию тарифного модуля на станциях емкостью приблизительно до 2000 абонентов. В этом случае тарифный модуль СНМ не нужен, причем аппаратные средства модуля ADM не изменяются.

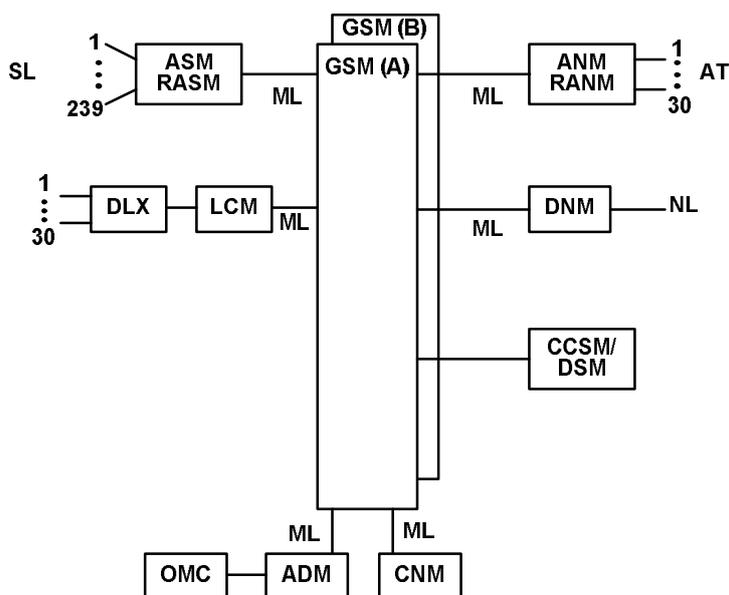


Рисунок 15.1 – Структура системы SI-2000

Программное обеспечение модуля ADM всегда содержит функции административного и тарифного модулей. Во время инициализации модуль ADM проверяет конфигурацию станции и в том числе - наличие тарифного

модуля. Если тарифного модуля нет, модуль ADM автоматически берет на себя выполнение его функций.

Тарифный модуль СММ обеспечивает хранение тарифных данных системы. Функции учета стоимости разговоров выполняются в разговорных модулях, в которых хранятся также тарифные данные этих модулей. В тарифном модуле хранятся показания тарифных счетчиков всей станции, которые через определенные временные интервалы записываются для хранения на магнитную ленту. Таким образом, тарифные данные хранятся в запоминающих устройствах разговорных модулей, в ЗУ тарифного модуля и на магнитной ленте.

Модули ASM и RASM позволяют подключать к станции аналоговые абонентские линии. Емкость абонентского модуля составляет 239 точек подключения, т. е. индивидуальных телефонных аппаратов или максимально 478 спаренных телефонных аппаратов.

Модули обеспечивают:

- подключение аналоговых абонентских линий;
- концентрацию линий в направлении группового переключателя в соотношении 239/30;
- генерирование тарифных сигналов и их передачу абонентам;
- генерирование акустических сигналов и вызывного тока;
- декадный и частотный набор номера;
- межпроцессорную связь (IPC) с остальными модулями (GSM);
- преобразование аналоговых речевых сигналов в цифровые и наоборот;
- синхронизацию модуля от группового переключателя;
- перемену полярности (переполюсовку);
- доступ к точкам подключения с целью выполнения испытаний, включая линии, телефонные аппараты и абонентские комплекты;
- испытательный блок (LTU) для автоматических испытаний оконечных комплектов, абонентских линий и телефонных аппаратов;
- обработку соединений;
- в модуле RASM сбор и обработку внешних аварийных сигналов.

Процессор в блоке SCC управляет периферийными комплектами и распознает изменения их состояний посредством интерфейсов PIN и SIN. Периферийная шина с блока PIN соединяет между собой съемные блоки SIN, ADC, UPI, LTU и RTG, а процессор посредством этой шины управляет перечисленными съемными блоками и контролирует их работу.

Интерфейс SIN обеспечивает в каждой секции абонентского модуля распознавание данных для своей секции. Интерфейс SIN распознает все данные, поступающие от процессора и предназначенные для периферийных съемных блоков МХС (блок пространственно-временного коммутатора) или PLC (блок линейного комплекта) в данной секции, и передает эти данные, преобразованные в соответствующую форму, на шину секции. Процессор через шину секции управляет коммутационными точками на съемных блоках МХС, а также выполняет управление и считывание функций абонентских комплектов

на блоке PLC. На интерфейсе SIN (только в центральной секции) имеются, в качестве самостоятельных функциональных единиц, приемники и передатчик сигналов частотного набора номера DTMF с соответствующими коммутационными точками, обеспечивающими их соединение с коммутационным полем посредством вертикалей.

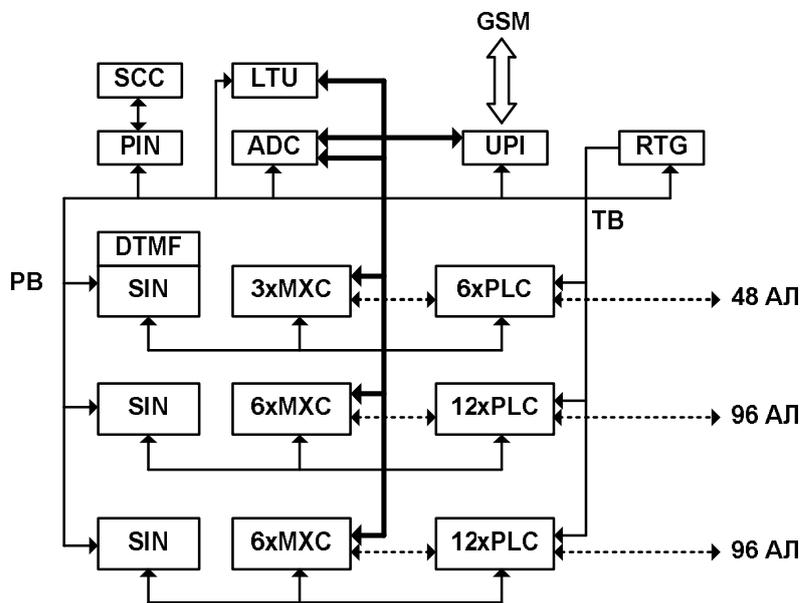


Рисунок 15.2 – Блок схема модулей ASM (RASM)

Разговорные пути с абонентского комплекта на съемном блоке PLC физически соединены с горизонталями коммутационного поля на съемном блоке MXC так, что блок MXC обеспечивает подключение двух блоков PLC. Коммутационное поле абонентского модуля является аналоговым. Оно изготовлено на матрицах CMOS. Процессор управляет соединением в модуле программным способом, посредством управления коммутационными точками между горизонталью и вертикалью коммутационного поля. Вертикали коммутационного поля всех съемных блоков MXC в модуле соединены между собой и подключены к съемному блоку ADC, на котором выполняется аналого-цифровое преобразование речевого сигнала.

Все речевые сигналы, преобразованные в цифровую форму и размещенные во временные каналные интервалы, передаются по 30 разговорным каналам ИКМ через коммуникационный интерфейс UPI к групповому переключателю в модуле GSM. Между модулем ASM и GSM дополнительно передается синхросигнал в нулевом КИ и данные межпроцессорной связи (IPC) в 16-ом канале. Данное взаимодействие обеспечивают схемы на съемном блоке UPI, управление и контроль работы которого выполняет процессор модуля.

Доступ акустических сигналов к абонентским комплектам обеспечивают две сигнальные шины, которые при помощи аналоговых переключателей на абонентском комплекте подключаются к горизонталям коммутационного поля.

Вызывной ток распределяется по шине для доступа к абонентским комплектам через вызывной переключатель.

Вызывной ток и акустические сигналы генерируются на съемном блоке RTG.

Модуль абонентских концентраторов (LCM) выполняет функции аналогового абонентского модуля для максимально 240 абонентских линий (SL). К LCM физически подключается цифровой абонентский концентратор DLX (Digital Lines Multiplexer), к которому в свою очередь подключаются до 30 удаленных базовых мультиплексоров RBM (Remote Basic Multiplexer). Блок RBM обеспечивает подключение до восьми абонентских линий. Для этих абонентских линий все данные, изменения, статистические данные, техническое обслуживание, учет стоимости разговоров и диагностика выполняется в модуле LCM, так как функционально эти абонентские линии идентичны всем остальным линиям на станции.

Функционально *модуль LCM* идентичен модулю ACM, поскольку для всех возможных 240 абонентов (подключенных через модуль DLX) обеспечиваются все абонентские услуги, что и в модуле ACM.

В состав аналогового сетевого *модуля ANM* входит 30 аналоговых линейных комплектов (AT). У него имеются также собственные сигнальные блоки. Модуль обеспечивает адаптацию к аналоговому окружению посредством любой аналоговой сигнализации и различных аналоговых интерфейсов.

Аналоговый сетевой модуль обеспечивает также подключение терминалов передачи данных к терминальному интерфейсу R. Это синхронные и асинхронные терминалы передачи данных со скоростью передачи от 300 до 64 бит/с, данные которых передаются по каналам ИКМ со скоростью 64 Кбит/с. Терминальный интерфейс R обеспечивает передачу данных, адаптацию, синхронизацию, согласование скорости для терминалов с интерфейсом пользователя V.24 или V.11.

Сетевой и абонентский модули можно подключить к станции также в качестве удаленных модулей. Количество удаленных модулей не ограничено.

Цифровой сетевой модуль DNM позволяет согласовать систему с 32-канальной цифровой системой передачи со скоростью 2048 Кбит/с посредством цифрового интерфейса типа А. Модуль содержит 30 цифровых линейных комплектов и соответствующие сигнальные блоки. Модуль обеспечивает адаптацию к любой цифровой сигнализации.

Модуль сигнализации ОКС №7/ISDN (CCSM/DSM) подключается к групповому переключателю SI-2000. Максимальная емкость одного модуля составляет 320 ISDN абонентов (2B+D) и 6 каналов ОКС №7.

Все модули станции соединены с групповыми переключателями GSM(A) и GSM(B) через тракты 2048 Кбит/с (ML), идентичные внешним цифровым трактам 2048 Кбит/с. По этим трактам осуществляется также синхронизация системы, передача разговорных и всех служебных данных.

Цифровая система коммутации DRX-4

Общая характеристика системы

Цифровая система коммутации DRX-4 разработана турецкой фирмой «Netas» и выпускается по лицензии российской фирмой «РОН-Телеком» (г. Трехгорный Челябинская обл.). Благодаря модульной архитектуре и использованию преимуществ цифровой технологии коммутации станция на основе DRX-4 реализует наиболее оптимальное техническое решение в конкретных условиях. Поддержка множества типов соединительных линий и сигнализаций позволяет легко вписать станцию в существующее окружение. Связь с АТС верхнего уровня может осуществляться по РРЛ, волоконно-оптическому или медному кабелю либо аналоговой линии.

При использовании DRX-4 в качестве оконечной станции кроме стандартных функций аналоговой сельской АТС (например, АТС К-50/200).

На месте центральной станции DRX-4 может успешно заменить АТС К-100/2000, подключаясь непосредственно к АМТС. При этом помимо обслуживания связи внутри района обеспечивается выход на внутризональную и междугородную сети. К системе могут подключаться телефонные аппараты с частотным и импульсным типами набора, а также компьютеры посредством модемов.

Основные технические характеристики системы:

Максимальная абонентская емкость, не более 4000 (DRX-4С до 300)

Емкость на статив (число АЛ), не более596

Максимальное число выносных концентраторов и их емкость 2 по 500

Максимальное число СЛ: аналоговых600

цифровых.....480

Максимальное число направлений маршрутизации32

Цифровые стыки, Мбит/с 2 и 8 (электр. и оптический интерфейсы)

Аналоговые СЛдвух-, четырех- и восьмипроводные типа E&M;
четырепр. СЛ с внутриволновой сигнализацией 2600,2100, 600 /750 Гц;

Максимальная нагрузка на АЛ, Эрл, не более0,17

Максимальная нагрузка на СЛ, Эрл, не более0,7

Число попыток вызова в ЧНН50000

Потребляемая мощность, Вт/порт0,7

Диапазон рабочих температур, °С10-50

Станция предоставляет такие дополнительные виды обслуживания для абонентов, как:

- безусловная переадресация вызова;
- переадресация вызова при занятости;
- переадресация безответного вызова;
- ускоренный набор;
- «горячая линия» и «горячая линия» с задержкой;
- обратный вызов при занятости;
- обратный вызов;

- фиксация злонамеренного вызова;
- «не беспокоить»;
- РВХ-набор (серийный номер) в четырех вариантах - случайный, направленный, сокращенный, последовательный;
- уведомление об ожидающем вызове;
- конференция трех абонентов;
- три варианта будильника - разовый, ежедневный, по определенным дням недели.

Система DRX-4 не нуждается в вентиляции или особых условиях эксплуатации. Для установки системы полной емкости достаточно площ. 18 м².

DRX-4 дополнительно может быть укомплектована рабочими местами операторов по обработке вызовов (до четырех мест). Операторы рабочих станций принимают и распределяют входящие и исходящие вызовы и организуют конференц-связь между абонентами.

4.2. Архитектура системы

Коммутационная система DRX-4 построена на базе модульной структуры с распределенным иерархическим управлением.

Все модули разделяются на *три группы* по уровню иерархии, а платы системы подразделяются на управляющие и периферийные. Архитектура DRX-4 представлена на рис. 4.2.

Самый верхний уровень - внутростанционная сеть, содержащая до четырех модулей межгрупповой связи GNS (Group Network Switch). В сеть соединяются до четырех GNS, связанных по принципу «каждый с каждым» - режим single plane, но если требуется, система может содержать удвоенное число плат GNS - режим dable plane, при этом дублируются и главные управляющие модули.

К каждой плате GNS можно подключить следующее число модулей: *восемь МХС; шесть МХС и один DTC; четыре МХС и два DTC.*

Друг с другом GNS соединяются *двумя ИКМ-трактами*, а с МХС - *одним ИКМ - трактом.*

Средний уровень - группа (статив), которую образуют контроллеры модуля МХС (Module Exchange Controller) и контроллеры модулей цифровых каналов DTC (Digital Trunk Controller).

Нижний уровень - модуль (шельф-кассета), состоящий из периферийных плат, к которым непосредственно подключаются абонентские и аналоговые соединительные линии.

Полная система DRX-4 насчитывает до *5120 портов.*

Система DRX-4 имеет распределенное микропроцессорное управление и распределенную структуру процессорных шин. Распределенное управление поддерживается с помощью управляющих протоколов связи данных высокого уровня, передаваемых со скоростью до *2,048 Мбит/с* по дублированным управляющим шинам.

Микропроцессоры плат МХС и DTC, работающие на частоте 16 МГц, через шины; управления реализуют все необходимые функции своего модуля емкостью до *160 аналоговых АЛ и 60 цифровых СЛ.* Эти платы обеспечивают

быструю загрузку основного программного обеспечения в оперативную память с терминала рабочего места управления и эксплуатации.

Функции передачи и приема, сигнализации, аварийных и вызывных сигналов выполняются на шине управления под воздействием процессора модуля. Цифровые сигнальные процессоры используются для генерации одно-, двухчастотных и акустических сигналов, цифровой фильтрации, обнаружения и приема сигналов с помощью ряда схем ПЗУ, устанавливаемых в зависимости от типа сигнализации.

В абонентском комплекте речевой сигнал преобразуется в цифровой, который подается в коммутационное поле. Блокировки в модулях аналоговых абонентских и цифровых соединительных линий отсутствуют. Модули аналоговых АЛ подключены к двум портам ИКМ-тракта, обеспечивая концентрацию 160:60.

Аппаратное обеспечение. Управляющие модули DRX-4

Модуль GNS. Основная задача модуля межгрупповой связи GNS - обеспечение обмена сообщениями между группами модулей через внутростанционную сеть и передача сообщений через интерфейс RS-232 на файл-сервер DDS и терминал, подключенный к GNS.

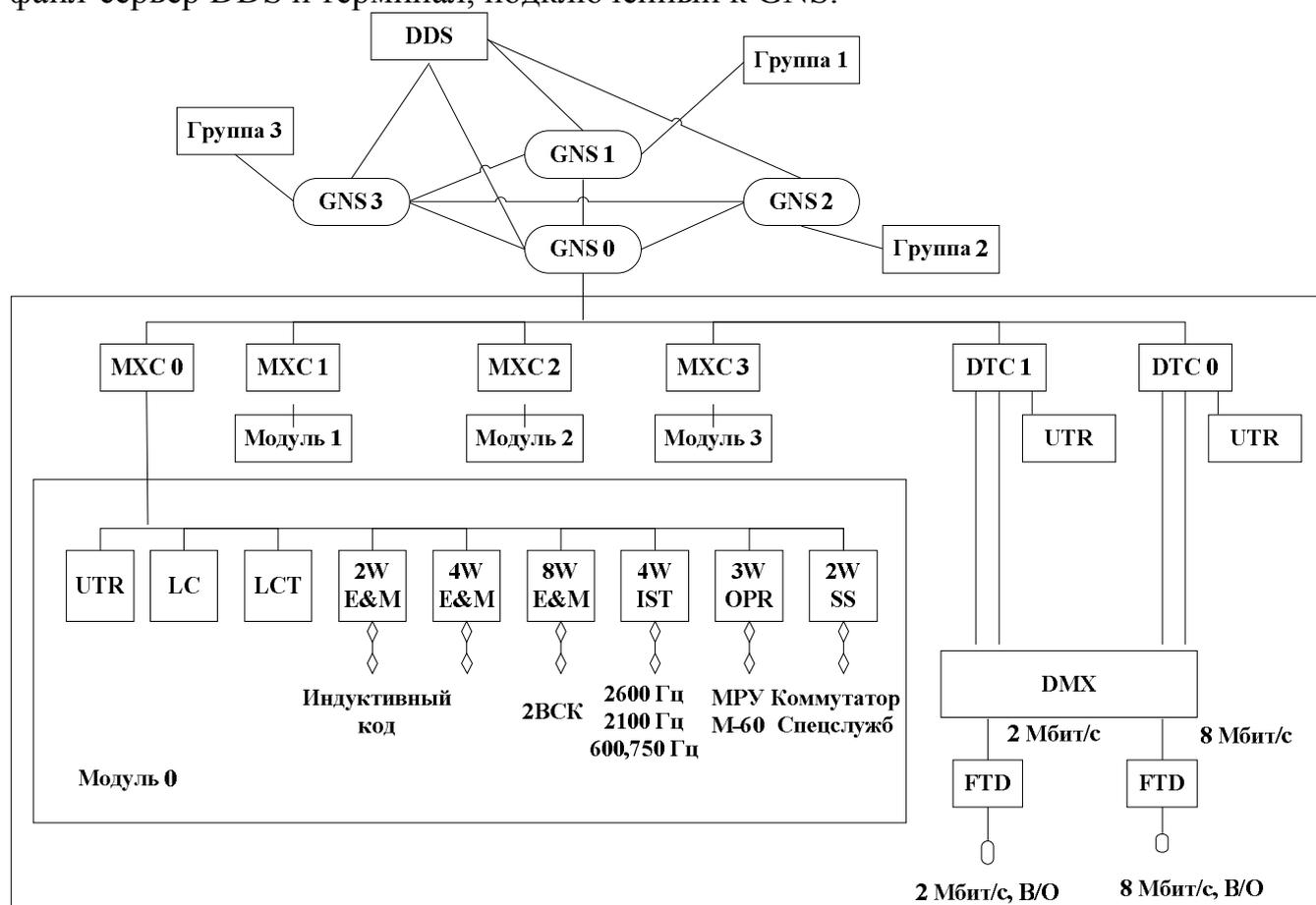


Рисунок 15.3 Структурная схема коммутационной системы DRX-4

Конструктивно GNS представляет собой плату, на которой размещены:

- цифровая коммутирующая матрица В-П-В (16x16, 2,048 Мбит/с);
- микропроцессор 80188ЕВ с тактовой частотой 16 МГц;

- две микросхемы управления каналом передачи высокого уровня HDLC TS16 (ПЗУ - емкостью 1,2 Мбайт и ОЗУ емкостью 128 кбайт);
- 16 входов и 16 выходов ИКМ-трактов цифровой коммутирующей матрицы, которые используются так, как указано в табл. 15.1.

Четвертый и пятый входы (выходы), шестой и седьмой входы (выходы) ИКМ-трактов используются для обмена информацией с модулями цифровых трактов DTС0 и DTС1 соответственно.

Таблица 15.1

№ входа/выхода	Назначение	№ входа/выхода	Назначение	Примечание
0	Связь с МСХ0	4	Связь с МСХ4	DTС0(30-й или 60-й канал)
1	Связь с МСХ1	5	Связь с МСХ5	
2	Связь с МСХ2	6	Связь с МСХ6	DTС1(30-й или 60-й канал)
3	Связь с МСХ3	7	Связь с МСХ7	
		8-13	Обмен между GNS	
		14-15	Резервные	

Плата GNS располагается в 23-м разьеме шельф-кассеты (см. рис. 4.3). Напряжения ± 5 и $\pm 12В$, необходимые для работы платы, вырабатываются преобразователем мощности данного модуля - платой PRG.

Файл-сервер DDS. Блок DDS (Data Diagnostic Server), представляющий собой компьютер типа РС в индустриальном исполнении со специальным программным обеспечением, связан через порты **RS-232** со всеми GNS станциями и предназначен для сбора и архивирования информации. Компьютер оснащен двумя работающими параллельно жесткими дисками емкостью по 40 Мбайт каждый. На дисках хранятся данные статистики функционирования системы, детальной тарификации вызовов, резервные копии конфигурации и таблиц сигнализации, загружаемые по мере необходимости в память МХС и DTС. Для обмена данными с другим компьютером предусмотрен дисковод гибких дисков 1,44. Необходимое для работы питание DDS получает с блока преобразователя мощности первого модуля.

Модуль МХС. Назначение модуля МХС (Module Exchange Controller) — обработка вызовов, диагностика неисправностей, передача сообщений в GNS, генерация сигналов запуска кодеков периферийных плат. Кроме того, в банке памяти МХС хранятся таблицы трансляции и тарификации и база данных абонентов и соединительных линий.

Конструктивно модуль МХС представляет собой плату, на которой установлены:

- процессор 80188ЕВ, работающий на частоте 16 МГц;
 - микросхемы ПЗУ на 1,2 Мбайт и ОЗУ на 256 кбайт, из которых 128 кбайт - энергозависимая память и 128 кбайт - оперативная память;
 - цифровая матрица (8x8, 2,048 Мбит/с).
- Плата МХС имеет четыре аварийных выхода и десять аварийных входов, на которые поступают сигналы аварии с периферийных плат. Каждый модуль МХС обслуживает до 20 периферийных плат и устанавливается в 20-й разъем

шельф-кассеты. Напряжения питания ± 5 , ± 12 В платы МХС поступают с платы PRG данного модуля.

Входы и выходы ИКМ-трактов цифровой матрицы используются согласно табл.15.2.

Таблица 15.2 – Выходы ИКМ трактов цифровой матрицы

№ входа/выхода	Назначение
0-4	По 32 разговорных канала для периферийных плат
5	Для связи с GNS1
6	Для связи с GNS2
7	Для трехсторонней конференц-связи

Плата МХС содержит устройство счета ошибочных битов и сигнализирует о блокировке микропроцессора свечением красного светодиода, расположенного на передней панели.

Модуль DTC. Назначение модуля DTC (Digital Trunk Controller) — обеспечение интерфейса внутривысостанционной сети со стандартным ИКМ-трактом со скоростью 2,048 Мбит/с и кодированием МЧПИ (HDB3).

Каждая цифровая канальная плата обменивается по двум ИКМ-трактам со скоростью 2,048 Мбит/с информацией с платой GNS.

Плата DTC управляется микропроцессором 80188ЕВ, работающим на частоте 16 МГц, и содержит:

Устройство платы **DLI** аналогично DTC за одним исключением: 29 временных интервалов используются для передачи речевых сигналов и один канал предусмотрен для *HDLC-сигнализации*.

Периферийные платы DRX-4

В соответствии с архитектурой DRX-4 (см. рис. 4.2) на самом нижнем уровне иерархии находятся периферийные платы (модули 0, 1,2, 3). В них реализуются функции преобразования аналоговых сигналов в цифровые, генерация токов и другие вспомогательные функции, не относящиеся непосредственно к процессу коммутации.

Плата UTR. Назначение платы универсальных приемопередатчиков UTR (Universal Transmitter Receiver) - анализ (распознавание) и генерация тональных сигналов. Распознаваемый сигнал, полученный по внутренней шине модуля UTR, анализируется внутренним сигнальным процессором (DSP) и записывается в цифровой регистр.

После этого характеристики сигнала посылаются в МХС (или DTC). *Один UTR* содержит *восемь* приемопередатчиков и выпускается в двух вариантах: **UTRM** - для обслуживания МХС и **UTRD** - для DTC.

На плате UTR расположены два цифровых сигнальных процессора (DSP), работающих независимо друг от друга. Основные функции, выполняемые платой UTR, следующие:

- прием **DTMF** (для каждого DSP - *четыре приемника*),
- прием/ передача **MF** (для каждого DSP - *три приемника и три передатчика*), прием/передача **R1** (для каждого DSP - *три приемника и три передатчика*).

Плата UTR, обслуживающая МХС, может устанавливаться в любой разъем периферийных плат. Плата UTR, обслуживающая плату DTC, устанавливается в 17- и 18-й разъемы шельф-кассеты. Для UTR, обслуживающей МХС, переключатели S2-S5 устанавливаются в положение МХС, для UTR, обслуживающей DTC, - в положение DTC.

Плата LC. Назначение платы абонентских линий LC (Line Card) - обслуживание подключенных к станции АЛ и таксофонов. Каждая плата обслуживает восемь АЛ (таксофонов). Обеспечивает аналого-цифровое преобразование, интерфейс к МХС, генерацию сигналов вызова и тарификации.

Плата FTD. Плата волоконно-оптического преобразователя FTD преобразует цифровой электрический сигнал в оптический. Выпускается в двух исполнениях: для подключения волоконно-оптических линий со скоростью 2 или 8 Мбит/с.

Конструктивно плата FTD состоит из оптического передатчика, приемника, устройства времени, устройства кодирования и декодирования, устройства контроля посредством сервисного канала. В цепи оптического передатчика электрический сигнал преобразуется в оптический. С этой целью используется диод, загорающийся при длине волны 1300 нм. В устройстве оптического приема оптический сигнал преобразуется в электрический. Электрические сигналы поступают в цепь, имеющую сопротивление 120 Ом (при 2 Мбит/с) или 75 Ом (при 8 Мбит/с). В цепях приема и передачи постоянно контролируется состояние оптического сигнала. В случае отклонения от нормы по результатам контроля срабатывает аварийная сигнализация.

Плата умножителя DMX. Плата DMX мультиплексирует до четырех потоков со скоростью 2 Мбит/с (E1) от плат DTC в поток со скоростью 8 Мбит/с (E2) для скоростных систем передачи, например ИКМ-120, а также выполняет обратное преобразование. На передней панели платы умножителя имеются два коаксиальных разъема 1,6/5,6 по 75 Ом. С помощью этих разъемов осуществляется связь DMX с FTD и другими умножителями. Входящие и исходящие сигналы, передаваемые со скоростью 2 Мбит/с, посредством необходимых перепаек на задней панели подаются на разъем, куда вставляется плата DMX.

Последняя соединяется с задней панелью посредством контактного разъема 2x32 DIN 41612.

Плата DMX преобразует путем положительной конверсии четыре сигнала, передаваемых со скоростью 2 Мбит/с, в сигналы вторичного уплотнения со скоростью передачи 8448 кбит/с. На противоположном конце в цепи приема в аналогичном порядке уплотненный сигнал (8 Мбит/с) разделяется на четыре сигнала со скоростью передачи 2 Мбит/с.

Литература: Осн. [2] стр. 121-130

Доп. [4] стр. 120-152

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности и эксплуатационные характеристики цифровой станции SI-2000, DRX-4.

2. Состав и назначение блоков и модулей станции SI-2000, DRX-4.
3. Порядок подключения различных АЛ SI-2000, DRX-4.
4. Особенности коммутационного поля SI-2000, S-12.
5. Взаимодействие с окружающей средой станции SI-2000, S-12.

2.3 Планы практических занятия

Практическое занятие 1. Анализ централизованных сетей – 2 часа.

Задание. Ознакомиться с формулировкой задачи, ее экономико-математической моделью и методами ее решения

Методические рекомендации..

Задача синтеза заключается в построении связей между вершинами сети, удовлетворяющих определенным экономическим и технологическим требованиям. В основе алгоритма Ежи-Вильямса лежит процедура поиска наиболее удаленных узлов и соединение их с соседними узлами с целью получения наибольшего выигрыша стоимости. Алгоритм представляет с собой итерационный процесс построения соединения сети, пропускающий заданный поток информации.

Основная литература.

[ЛЗ] стр. 104-109.

Контрольные вопросы:

1. Проанализировать исходные данные для анализа заданной сети.
2. Что включает итерационный процесс?,
3. Что такие пометки?
4. Как рассчитать интенсивности и пропускной способности вершин?

Практическое занятие 2. Синтез двухуровневой централизованной сети - 2 часа.

Задание. Рассмотреть алгоритм синтеза двухуровневой сети, включающий заданное число терминалов и концентраторов места расположения которых известно, а количество должно быть выбрано в результате решения задач .

Методические рекомендации.

Заданы стоимости создания концентраторов и количество терминалов, которые должны быть подключены к каждому концентратору. Каждый терминал может быть подключен к ЭВМ или любому концентратору, только к одному. Задача состоит в построении сети минимальной стоимости, учитывающей все заданные технологические ограничения.

Основная литература.

[ЛЗ] стр. 104-109.

Контрольные вопросы:

1. В чем суть алгоритма метода добавления?
2. Какие итерации включает решения задания?
3. Как составить схему реализующие решения задачи?

Практическое занятие 3. Распределение каналов на вторичной некоммутируемой сети - 2 часа.

Задание. По заданной структуре первичной сети построить матрицу емкостей, записать экономико-математическую модель, с построением соответствующей таблицы, определить количество каналов прямых и скрассированных.

Методические рекомендации.

Структура первичной сети изображается в виде графа $S=(X,Y)$, где X -множество пунктов сети, Y множество соединяющих их линии. Каждой линии приписывается некоторый вес (длина, стоимость, пропускная способность (емкость) и число каналов. Задача заключается в построении между некоторыми пунктами сети определенного количества каналов соответствующие заданным требованиям.

Основная литература.

[Л2] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Произвести анализ заданной сети и определить требования предъявляемые к ним.
2. Уяснить требования к плану распределению каналов в заданной сети.
3. Какой алгоритм решения задачи?
4. Какой порядок построения множество путей?
5. Как построить таблицу распределения каналов?

Практическое занятие 4. *Определение оптимального местоположения распределительного шкафа - (2 часа).*

Задание. На примере рассматриваемой задачи ознакомиться с принципами постановки оптимизационных задач, формирование математико-экономической модели, выбора ее реализации. Для конкретного примера выбрать оптимальное место расположения распределительного шкафа.

Методические рекомендации.

От места расположения распределительного шкафа (РШ) зависят затраты на прокладку распределительных и магистральных кабелей абонентских линий, которая учитывает стоимость канализации и стоимость самого кабеля. Поскольку границы шкафного района считаем известными, то стоимость канализации не будет существенно меняться при изменении положение РШ, поэтому в качестве критерия может быть принято только стоимость самого распределительного и магистрального кабеля, которая зависит от расстояния X . Алгоритм решения задачи можно представить совокупность шагов

Основная литература.

[Л2] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

- 1) Как построить граф шкафного района?
- 2) От каких факторов зависит стоимость абонентской линий?
- 3) Как определить необходимое количество жил кабеля?
- 4) Как подсчитать стоимость распределительного кабеля от РШ до всех вершин?

Практическое занятие 5. *Определение оптимального местоположения распределительного шкафа с учетом ограничений по качеству связи – 2 часа.*

Задание. Ознакомить студентов с принципами формирования экономико-математических моделей формализации технологических ограничений и продемонстрировать их влияние на получаемый результат.

Методические указания.

Формирование целевой функции задачи определения оптимального местоположения распределительного шкафа

$$F_{x_i} = \sum F_i^P(x_i, l_i, x, n_i) + F^M(x_i, \lambda, N),$$

где F_i^P - стоимость распределительного кабеля в зависимости от распределения телефонных аппаратов по шкафовому району n_i , - типа кабеля x и его стоимости

F^M -то же для магистрального кабеля. Тип кабеля (в простейшем случае - диаметр его жил) влияет как на стоимость, так и на качество связи - затухание сигнала, сопротивление шлейфа и т.д. Поэтому стоимости C^P и C^M кабеля зависят от диаметра жил, и от диаметра жил зависит коэффициент удельного затухания α . Задача заключается в выборе такого типа кабеля, чтобы при минимальной стоимости

Основная литература.

[Л2] стр. 25-26, 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Как определить стоимость распределительного кабеля
2. Как определить стоимость магистрального кабеля
3. Как найти минимальную стоимость сети?

Практическое занятие 6. *Решение задач оптимальной привязки абонентов к проектируемой АТС – 2 часа.*

Задание. Изучить методы решения задачи районирования, составить программу оптимальной привязки абонентов к АТС.

Методические рекомендации.

Для некоторого относительно обособленного района и заданного на нем распределения абонентов определить количество телефонных станций, их размещение и привязку к ним абонентов таким образом, чтобы выбранный критерий достигал оптимального значения при некоторых технологических ограничениях.

Основная литература.

[Л2] стр. 23-24, 104-109.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется общее число телефонных аппаратов в районе?
2. Как определяется центр телефонной нагрузки, т.е. вершину (m, p) ?
3. Определить количество необходимых станций.
4. Методика построения таблицы, иллюстрирующие привязку.

Практическое занятие 7. Проектирование сельских телефонных сетей - 2 часа.

Задание.

1. Разработать структурную схему внутризоновой сельской телефонной сети.
2. Определить количество и тип межстанционной аппаратуры систем передачи в зависимости от типа коммутационной станции.
3. Определить тип кабеля и количество пар, необходимых для систем передачи межстанционных СЛ.

Методические рекомендации.

По варианту заданных исходных данных определить структурную схему сельских телефонных сетей. Определить тип и количества систем передачи используемых в межстанционных соединительных линиях. Определить тип кабеля для выбранных систем передачи. 20-30% АТС должны быть цифровыми. Разработать общую структурную схему сельской телефонной сети с учетом принятых решений.

Основная литература.

[Л2] стр. 25-26, 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Состав и назначение коммутационных станции используемых в сельской АТС.
2. Какие типы СП и кабели используется в межстанционных соединительных линиях?
3. Дайте оценку сельской телефонной сети разработанной по вашему варианту.
4. Какие достоинства и недостатки разработанной сети?

Практическое занятие 8. Анализ структуры и систем нумерации городской и внутризоновой телефонной сети – 2 часа.

Задание.

1. По заданным исходным данным построить структуру внутризоновой телефонной сети.
2. Разработать систему нумерацию для АТС сельской и городской телефонной сети, согласно исходных данных.
3. Описать алгоритм работы элементов сети при установлении внутризоновой и междугородной телефонной связи.

Методические рекомендации.

Изучить методику расчета защищенности. Рассчитать нормы защищенности между каналами, а также между направлениями передачи и приема. Объяснить причины расхождения

Основная литература.

[Л23] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Принципы построения внутризоновой телефонной сети?
2. Система нумерации в внутризоновых телефонных сетях?

3. Анализ элементов структурной схемы внутризонавой телефонной сети.

Практическое занятие 9-10. Диаграмма распределения нагрузки АМТСЭ АХЕ-10 по направлениям связи внутризонавой сети.- 4 часа

Задание. Провести анализ структуры зоновой телефонной сети, на которой проектируется АМТСЭ АХЕ-10 и организацию связи внутри зоны нумерации и на междугородной телефонной сети.

Рассчитать нагрузки по направлениям для обеспечения междугородной связи при различных типах соединительных линии.

Методические рекомендации.

1. Интенсивность поступающей нагрузки принято определять для ЧНН, поэтому величины C , T в расчетах задаются для ЧНН.

2. На АМТСЭ поступает входящая расчетная нагрузка от абонентов ГТС областного центра по пучкам физических и цифровых ЗСЛ.

Основная литература.

[Л23] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Произвести анализ структуру внутризонавой междугородной телефонной сети.
2. В каком режиме работает цифровая станция АХЕ-10?
3. Сравнительный анализ вариантов использования цифровой АТС АХЕ-10 в внутризонавой и междугородной сети.

Практическое занятие 11-12. Расчет оборудования АМТСЭ коммутационной системы АХЕ10 – 4 часа.

Задание. Провести анализ структуры зоновой телефонной сети, на которой проектируется АМТСЭ АХЕ-10 и организацию связи внутри зоны нумерации и на междугородной телефонной сети.

Рассчитать состав оборудования цифровой АТС АХЕ-10 в режиме, когда она используется в качестве АМТС.

Методические рекомендации.

Расчет модулей центрального процессора CPS. Определения числа модулей, входящих в состав подсистемы CPS. Расчет оборудования подсистемы сигнализации и линейных комплектов TSS. Расчет количество магазинов приемо-передающих устройств (ППУ). Расчет оборудования подсистемы ступени группового искания GSS. Оборудование подсистемы устройств ввода-вывода MCS и подсистемы эксплуатации и техобслуживания OMS

Основная литература.

[Л23] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Как рассчитывается количество модулей центрального процессора?
2. Как определяется число модулей подсистемы CPS?
3. Расчет оборудования подсистемы сигнализации и линейных комплектов TSS.
4. Расчет оборудования подсистемы ступени группового искания GSS

Практическое занятие 13. Определение пропускной способности цифрового кольца - 2 часа.

Задание. Составить таблицу ПЦТ кольцевой структуры;

-произвести расчет пучков ПЦТ, вводимых и выводимых (в соответствующих мультиплексорах А, В, С, D);

- произвести расчет суммарного числа ПЦТ на каждом участке кольца;

- используя полученное значение и данные таблицы 2 выбрать требуемый тип синхронного транспортного модуля STM.

Методические рекомендации.

Методика расчета требуемой пропускной способности цифрового кольца сводится к выполнению следующего :

1) Вычисляются нагрузки от (к) АТС Y_{ij} - АТС, вводимые в i -м и выводимые в j -м пунктах, путем суммирования всех межстанционных нагрузок.

2) Полученные результаты емкостей пучков соединительных линий округляются до 30 в большую сторону для определения числа первичных цифровых потоков Е1 в каждом участке межстанционной связи.

3) Подсчитывается необходимое число первичных цифровых потоков на каждом участке кольца.

4) Выбор типа системы передачи SDH для реализации цифрового кольца.

Основная литература.

[Л23] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется емкость цифрового кольца?

2. Сколько каналов может переносить STM-1,4,16,64?

3. Какая скорость передачи при STM-1,4,16,64?

4. Обоснуйте принятую схему цифрового кольца.

Практическое занятие 14-15. Основы проектирования АТСК - 4 часа.

Задание. Разработка группообразования проектируемой РАТС

1. Разработка группообразования ступени АИ

2. Разработка ступени ГИ

3. Характеристика решений о построении ступеней регистрового искания

Методические рекомендации.

При построении ступени АИ следует исходить из того, что АЛ от квартирных и учрежденческих аппаратов, а так же линии от таксофонов двустороннего действия включаются во входы ступени АИ, т. е. в контакты поля МКС звена А блока АВ. Число ступеней ГИ для местной связи, в значительной степени зависит от количества исходящих направлений и от требуемой доступности в этих направлениях.

В направлении к узлу спецлиний используется доступность, равная 20, а в направлениях к существующим станциям доступность 40.

Основная литература.

[Л23] стр. 300-305.

Контрольные вопросы:

1. Порядок расчета нагрузки поступающие от абонентов.

2. Определить общее число номеров задействованных в ступени АИ?
3. Как определяется количество ступени ГИ?
4. Как определяется количества ступени РИ и отчего она зависит?

2.5 Планы занятия в рамках самостоятельная работа студентов под руководством преподавателя СРСП (ауд.)

Задание на самостоятельную работу	Форма проведения	Методические рекомендации	Рекомендуем. литература
1. Роль систем коммутации в современных ТКС.	Конспект, дискуссия	Изучить, Законспектир.	Осн.2 [7-28]
2. Общие принципы построения сетей и систем электросвязи	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. [87-97]
3. Особенности построения вторичных ТКС.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с127-148
4. Принципы построения сетей и систем радиосвязи.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн.1. [189-210]
5. Аналоговые сети связи	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с249-273
6. Цифровые сети связи	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с373-395
7. Построение цифровой сети с кольцевой структурой	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с249-273
8. Принципы сигнализации в цифровых сетях связи.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с249-258
9. Общеканальная сигнализация ОКС №7. Сети сигнализации.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с259-273
10. Базовые сетевые технологии для цифровых сетей связи.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с373-395
11. Тенденции развития перспективных сетей связи.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с373-385
12. Принципы построения систем коммутации.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с383-395
13. Аналоговые системы коммутации.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с426-448
14. Цифровые системы коммутации	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с449-461
15. Современные цифровые системы коммутации.	Конспект, дискуссия	Изучить, законспектировать	Осн. 1. с462-477

2.6 Планы занятия в рамках самостоятельная работа студентов (СРС)

№ п/п	Задание на самостоятельную работу	Методические рекомендации	Рекоменд. лит-ра
1	История развития сетей связи и систем коммутации.	Сравнительный анализ МСП этапов развития	Осн.1.[8-21] Доп.1[102-04]

2	Изучить состав и назначение телефонной и телеграфной связи.	Виды телефонных и телеграфных сетей	Осн.1[173-185]
3	Основы построения систем беспроводного абонентского радио доступа	Современные методы беспроводного доступа	Осн.1.[8-21]
4	АТС-ДШ емкостью 10 000 номеров.	Особенности. схемы и принцип работы	Доп. 1. [182-184]
5	АТСК с двумя ступенями ГИ.	Особенности. схемы и принцип работы	Осн. 1.[249-264]
6	Цифровизация аналоговой райони-рованной ГТС с узлообразованием.	Последовательность цифро-визации и их анализ	Осн. 1.[376-403]
7	Методы передачи регистровых сигналов. Кодирования регистровых сигналов.	Особенности. схемы и принцип работы	Осн. 1. [41-67] Доп. 1. [283-293]
8	Методы расчета неполнодоступного включения.	Анализ структурных параметров схем.	Осн.1[82-85] Доп.2[64-69]
9	Системы нумерации в телефонных сетях.	Открытые и закрытые системы нумерации	Доп1. [102-104]
10	Стратегия цифровизации СТС.	Анализ стратегии цифро-визации СТС.	Доп.1. [182-184]
11	Интеллектуальные сети. Особенности, структура.	Анализ вариантов.	Осн.1. [207-216]
12	Структура и взаимодействие блоков ЦСК АХЕ-10.	Алгоритм работы.	Доп.1. [102-104]
13	Структура и взаимодействие блоков ЦСК СИ-2000	Алгоритм работы.	Осн.1. [207-216]
14	Особенности цифровых электронных АТС типа АХЕ-10.	Основные технические параметры и применение	Доп. 1. [240-244]
15	Особенности цифровых электронных АТС типа СИ-2000.	Основные технические параметры и применение	Доп.1. [283-293]

2.8 Тестовые задания для самоконтроля с указанием ключей

правильных ответов

1. Что такой коммутационный узел?

А) Совокупность коммутационных приборов с помощью которых обеспечивается соединение АЛ и СЛ.

Б) Комплекс оборудования, предназначенного для приема, обработки и распределение поступающей информации.

В) Комплекс оборудования, предназначенного для управление процессом соединения.

Г) Совокупность коммутационных приборов и устройств управления.

2. Что такое коммутационное поле?

- А) Совокупность коммутационных приборов с помощью которых обеспечивается соединение АЛ и СЛ.
- Б) Комплекс оборудования, предназначенного для приема, обработки и распределение поступающей информации.
- В) Комплекс оборудования, предназначенного для управление процессом соединения.
- Г) Совокупность коммутационных приборов и устройств управления.

3. Что такое управляющее устройство?

- А) Совокупность коммутационных приборов с помощью которых обеспечивается соединение АЛ и СЛ.
- Б) Комплекс оборудования, предназначенного для приема, обработки и распределение поступающей информации.
- В) Комплекс оборудования, предназначенного для управление процессом соединения.
- Г) Совокупность коммутационных приборов и устройств управления.

4. Какие виды соединения устанавливается в коммутационных узлах?

- А) Внутростанционное и исходящее;
- Б) Входящее и транзитное;
- В) Исходящее и внутростанционное;
- Г) Все вышеперечисленные виды соединения.

5. Дайте определения коммутационного прибора?

- А) Устройство, обеспечивающее скачкообразное изменение проводимости электрических цепей, на определенный промежуток времени;
- Б) Устройство, обеспечивающее скачкообразное изменение проводимости электрических цепей, без ограничения времени;
- В) Устройство, обеспечивающее включение электрических цепей, на неопределенный промежуток времени;
- Г) Устройство, обеспечивающее выключение электрических цепей, на определенный промежуток времени;

6. Перечислите структурные параметры коммутационного прибора.

- А) Число входов и выходов, число одновременно коммутируемых цепей и доступность;
- Б) Число входов и выходов, коммутационный коэффициент, потребляемая мощность и доступность;
- В) Сопротивление КЭ R_0 , R_3 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание, уровень шумов и потребляемая мощность;
- Г) Сопротивление КЭ R_0 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание и потребляемая мощность;

7. Перечислите электрические параметры коммутационного прибора.

- А) Число входов и выходов, число одновременно коммутируемых цепей и доступность;
- Б) Число входов и выходов, коммутационный коэффициент, потребляемая мощность и доступность;

- В) Сопротивление КЭ R_0 , R_3 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание, уровень шумов и потребляемая мощность;
- Г) Сопротивление КЭ R_0 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание и потребляемая мощность, доступность;
8. Какая структура коммутационного прибора типа реле?
- А) n -входов и m -выходов; Б) 1- вход и 1-выход;
- В) 1-вход и m -выходов; Г) n -входов и nm -выходов.
9. Какая структура коммутационного прибора типа искателей?
- А) n -входов и m -выходов; Б) 1- вход и 1-выход;
- В) 1-вход и m -выходов; Г) n -входов и nm -выходов.
10. Какая структура коммутационного прибора типа МКС?
- А) n -входов и m -выходов; Б) 1- вход и 1-выход;
- В) 1-вход и m -выходов; Г) n -входов и nm -выходов.
11. Какая структура коммутационного прибора типа соединителей?
- А) n -входов и m -выходов; Б) 1- вход и 1-выход;
- В) 1-вход и m -выходов; Г) n -входов и nm -выходов.
12. Что с собой представляет коммутационное поле?
- А) Устройство, имеющее N -входов, M -выходов и V_1 и V_2 промливий;
- Б) Совокупность коммутационных приборов имеющих все или часть общих входов и выходов;
- В) Совокупность коммутационных приборов имеющих N - входов и M - общих выходов;
- Г) Устройство, имеющее N -входов и V_1 и V_2 промливий;
13. Что с собой представляет коммутационный блок?
- А) Устройство, имеющее N -входов, M -выходов и V_1 и V_2 промливий;
- Б) Совокупность коммутационных приборов имеющих все или часть общих входов и выходов;
- В) Совокупность коммутационных приборов имеющих N - входов и M - общих выходов;
- Г) Устройство, имеющее N -входов и V_1 и V_2 промливий;
14. Перечислите структурные параметры коммутационных блоков.
- А) Уровень шумов, число входов и выходов, доступность и мощность;
- Б) Число входов, выходов и промливий, доступность, число звеньев, проводность и общее число точек коммутации;
- В) Сопротивление КЭ R_0 , R_3 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание, уровень шумов и потребляемая мощность;
- Г) Сопротивление КЭ - R_0 , коммутационный коэффициент, вносимое затухание и потребляемая мощность;
15. Какие способы построения коммутационных блоков?
- А) Объединение входов и последовательное соединение коммутационных приборов;
- Б) Объединение выходов и параллельное соединение коммутационных приборов;

- В) Объединение входов и выходов, последовательное соединение коммутационных приборов;
- Г) Объединение выходов и последовательное соединение коммутационных приборов;
16. Как строится коммутационный блок типа(1x2)?
- А) Путем объединения входов двух приборов типа (1x1);
- Б) Путем объединения входов двух приборов типа (1x m);
- В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x1);
- Г) В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x m);
17. Как строится коммутационный блок типа(1x2m)?
- А) Путем объединения входов двух приборов типа (1x1);
- Б) Путем объединения входов двух приборов типа (1x m);
- В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x1);
- Г) В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x m);
18. Как строится коммутационный блок типа(kx1)?
- А) Путем объединения входов двух приборов типа (1x1);
- Б) Путем объединения входов двух приборов типа (1x m);
- В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x1);
- Г) В) Путем объединения выходов k приборов типа (1 x m);
19. Как строится коммутационный блок типа(k x m)?
- А) Путем объединения входов двух приборов типа (1x1);
- Б) Путем объединения входов двух приборов типа (1x m);
- В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x1);
- Г) В) Путем объединения выходов k приборов типа (1x m);
20. Какая доступность КБ при последовательном соединений двух приборов типа (1 x m)?
- А) $D = m$ Б) $D = 2m$ В) $D = m^2$ Г) $D = 1+m$
21. Какая доступность КБ при последовательном соединений двух приборов типа (n x m) и (1 x m)?
- А) $D = m$ Б) $D = 2m$ В) $D = m^2$ Г) $D = 1+m$
22. Какое количество коммутационных точек Q однозвенного полнодоступного коммутатора (N x M)?
- А) $Q = N(N-1)$; Б) $Q = M(N-1)$;
- В) $Q = N(M-1)$ Г) $Q = M(M-1)$.
23. Какое количество коммутационных точек Q двухзвенного коммутатора типа (N x k x N)?
- А) $Q = m k^2 + 2m$; Б) $Q = 2nk^2$;
- В) $Q = 2mk+nk$; Г) $Q = nk+2m$.
24. При каком коэффициенте происходит расширения КБ?
- А) $\sigma > 1$ Б) $\sigma < 1$ В) $\sigma = 1$ Г) $\sigma = 0$
25. При каком коэффициенте происходит сжатие КБ?
- А) $\sigma > 1$ Б) $\sigma < 1$ В) $\sigma = 1$ Г) $\sigma = 0$
26. Как определяется вероятность блокировки двухзвенной КС?
- А) $B = an/k = p$ Б) $B = (an/2k) = p$

- В) $B=(an/2k)^2=p^2$ Г) $B=(an/k)^2=p^2$
27. Как определяется число точек коммутации Q трехзвенной коммутационной системы типа $(N/n \times k \times N/n)$?
- А) $Q=2 N k$ Б) $Q=k (N/n)^2$
В) $Q=2 N k+k (N/n)$ Г) $Q=2 N k+k (N/n)^2$
28. Как рассчитывается вероятность блокировки в трехзвенной КС?
- А) $B = \{ 1-[1-a(n/k)]^2 \}^k$; Б) $B = \{ 1-[1-a(n/k)] \}^k$;
В) $B = \{ 1-[1-a]^2 \}^k$; Г) $B = \{ 1-[1-a(n/k)]^2 \}$;
29. Как рассчитывается число точек коммутации для неблокирующей КС?
- А) $Q = 2N(n-1)+(N/n)^2$ Б) $Q = 2N(n-1)+(2n-1)(N/n)^2$
В) $Q = 2(n-1)+(2n-1)(N/n)^2$ Г) $Q = 2N+(2n-1)(N/n)^2$
30. Какие условия неблокируемой КС?
- А) $k \geq 2n+1$; Б) $k \leq 2n+1$ В) $k \geq 2n-1$; Г) $k \leq 2n-1$

5. Ответы на тесты

№№ вопр.	Ответ	№№ вопр.	Ответ	№№ вопр.	Ответ
1	<i>Б</i>	11	<i>А</i>	21	<i>Б</i>
2	<i>А</i>	12	<i>А</i>	22	<i>А</i>
3	<i>Б</i>	13	<i>Б</i>	23	<i>Б</i>
4	<i>Г</i>	14	<i>Б</i>	24	<i>А</i>
5	<i>А</i>	15	<i>Б</i>	25	<i>Б</i>
6	<i>А</i>	16	<i>А</i>	26	<i>А</i>
7	<i>Б</i>	17	<i>Б</i>	27	<i>Г</i>
8	<i>Б</i>	18	<i>Б</i>	28	<i>А</i>
9	<i>Б</i>	19	<i>Г</i>	29	<i>Б</i>
10	<i>Г</i>	20	<i>Б</i>	30	<i>Б</i>

2.9 Перечень экзаменационных вопросов по пройденному курсу

1. Назначение, состав и классификация сетей электросвязи.
2. Методы коммутации в сетях электросвязи.
3. Состав и назначение телеграфных сетей.
4. Сети передачи данных с коммутацией каналов и коммутацией сообщения, коммутацией каналов и коммутацией сообщения.
5. Структура информационно-вычислительной сети. Сети ЭВМ.
6. Принципы построения сетей и систем радиосвязи.
7. Основы построения систем сотовой связи.
8. Структурная схема базовой станции.
9. Структурная схема подвижной станции.
10. Структурная схема центра коммутации. Основные функции сотовой связи.
11. Методы множественного доступа (FDMA, TDMA, CDMA).
12. Состав и назначение сетей телефонной связи.
13. Телефонные сети и их классификация.
14. Сельские телефонные сети.

15. Линейные и станционные оборудования СТС.
16. Городские телефонные сети.
17. Линейные и станционные оборудования ГТС.
18. ГТС без узлообразования.
19. ГТС с узлообразованием.
20. Комбинированные ГТС.
21. Организация спецслужб на ГТС.
22. Внутрizonовые телефонные сети и междугородняя связь.
23. Системы нумерации на телефонных сетях.
24. Сети документальной электросвязи.
25. Интеграция телекоммуникационной сети.
26. Принципы цифровизаций телефонной сети.
27. Стратегия построения цифровых сетей.
28. Построение нерайонированной цифровой ГТС.
29. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС без узлов.
30. Цифровизация аналоговой цифровой ГТС с УВС и УИС.
31. Построение цифровой сети с кольцевой структурой.
32. Принципы включения цифровых УПАТС в местные телефонные сети.
33. Стратегия цифровизаций СТС.
34. Стратегия построения наложенной сети.
35. Стратегия интеграции СТС с ГТС райцентра.
36. Классификация видов сигнализации.
37. Способы передачи межстанционной сигнальной информации.
38. Передача номера абонента по абонентской линий.
39. Способы передачи линейной сигнализаций.
40. Передача линейных сигналов по аналоговым СЛ.
41. Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-30(2ВСК).
42. Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-15(1ВСК).
43. Методы передачи регистровых сигналов. Эстафедная сигнализация.
44. Методы передачи регистровых сигналов. Сквозная сигнализация.
45. Протоколы обмена многочастотными сигналами.
46. Уровни в ОКС №7. Базовая структура ОКС №7. Эталонная модель ВОС.
47. Сигнальные единицы. Поле сигнальной информации SIF.
48. Сеть сигнализации. Иерархия сети сигнализации.
49. Структура и классификация коммутационных узлов. Способы коммутации на сетях связи.
50. Коммутационные поля и блоки.
51. Способы построения коммутационных блоков.
52. Коммутационные схемы и их характеристики. Однозвенные коммутационные схемы.
53. Структура и параметры двухзвенной коммутационной схемы.
54. Анализ характеристик двухзвенной коммутационной схемы.

55. Коммутационные приборы декадно-шаговой АТС.
56. АТСДШ со ступенью ЛИ на 100 номеров.
57. АТСДШ со ступенью ПИ и ЛИ на 100 номеров.
58. АТСДШ со ступенью ПИ, ЛИ и ГИ на 1000 номеров.
59. Коммутационные приборы координатной АТС.
60. АТСК с одной ступенью ГИ с четырехзначной нумерацией.
61. АТСК с двумя ступенями ГИ с пятизначной нумерацией.
62. Принципы временной коммутации. Работа звена с временной коммутацией.
63. Структура цифровых систем коммутации (ЦСК).
64. Взаимодействие блоков ЦСК. Оборудование доступа в ЦСК.
65. Абонентские комплекты (АК) и его функции.
66. Оборудование подключение соединительных линий (СЛ).
67. Коммутационное поле в ЦСК
68. Группообразование коммутационных полей.
69. Цифровые КП типа П-В-П.
70. Цифровые КП типа В-П-В.
71. Цифровое поле типа MUX-T-S-S-S-T-DMUX.
72. Цифровое коммутационное поле третьего класса.
73. Цифровое коммутационное поле четвертого класса.
74. Цифровое коммутационное поле кольцевого типа.
75. Использование DRX-4 на сельской сети. Структурная схема.
76. Особенности и основные технические характеристики DRX-4.
77. Состав и назначение блоков и модулей высокого уровня ЦАТС DRX-4.
78. Состав и назначение блоков и модулей среднего уровня ЦАТС DRX-4
79. Состав и назначение периферийного оборудования ЦАТС DRX-4
80. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС DRX-4 при внутристанционном соединении аналоговых абонентов.
81. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС DRX-4 при внутристанционном соединении цифровых абонентов.
82. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС DRX-4 при межстанционном соединении СЛ.
83. Особенности и основные технические характеристики SI-2000.
84. Состав и назначение блоков и модулей ЦАТС SI-2000.
85. Состав и назначение блоков (R)ASM ЦАТС SI-2000.
86. Состав и принцип работы группового переключателя GSM ЦАТС SI-2000
87. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС SI-2000 при внутристанционном соединении аналоговых и цифровых абонентов.
88. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС SI-2000 при внутристанционном соединении аналоговых и цифровых абонентов.
89. Взаимодействие блоков и модулей ЦАТС SI-2000 при межстанционном соединении СЛ.
90. Цифровое коммутационное поле ЦАТС 4ESS.

Есенкельди Куанышбекович Есназаров

Сети связи и системы коммутации

*Учебно-методический комплекс дисциплины
(для специальностей 5В071900 – Радиотехника, электроника
и телекоммуникация)*

Редактор
Техн. редактор

Протокол заседания кафедры
«Радиотехники, электроники
и телекоммуникации»

№ 3 «7» октября 2011 г.

Протокол заседания УМС
института информационных и
телекоммуникационных технологий

№2 «17» октября 2011 г.

Подписано в печать ____ . ____ . 20 ____ г.

Тираж ____ экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типографическая № 1.
Объем ____ п.л. Заказ № ____ . Цена договорная

Издание Казахского рационального технического университета
имени К.И. Сатпаева

Научно-технический издательский центр КазНТУ
г. Алматы, ул. Ладыгина 32