

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Управление в технических системах

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » _____ 201__ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ**

Б1.В.14

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Многоканальные телекоммуникационные системы

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	5
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	8
4.3 Лабораторные работы.....	66
4.4 Практические занятия.....	66
4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа.....	67
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	68
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	69
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	69
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	70
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	70
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ	70
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	85
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	85
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	85
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	86
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	92
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	93
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	94

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектному виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины является знакомство бакалавров с принципами построения и функционирования сетей связи общего пользования; анализом информационных процессов в сетях связи с коммутацией каналов и пакетов; изучение сетей инфокоммуникационных технологий, систем сигнализации, нумерации, синхронизации, методов анализа и синтеза сетей связи.

Задачи дисциплины

Задачи дисциплины состоят в том, чтобы сформировать у бакалавров знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно проводить анализ информационных процессов в системах коммутации, знать системы сигнализации, нумерации, синхронизации, принципы технической эксплуатации систем коммутации.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	Знать: - нормативные документы в области сетей связи и систем коммутации (технические регламенты, международные и национальные стандарты, рекомендации МСЭ-Т, нормы, протоколы, интерфейсы и т.д.); Уметь: - собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования сетей связи и систем коммутации; Владеть: - способностью использовать нормативную и правовую документацию при решении практических задач технической эксплуатации сетей связи и систем коммутации.
ПК-9	Умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных	Знать: - методы проектирования сетей связи и систем коммутации; Уметь: - проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций; Владеть: - способностью самостоятельной работы на компьютере при проектировании сетей связи и систем коммутации с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ.

ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы построения и функционирования сетей связи и систем коммутации; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью осуществить приемку, освоение и эксплуатацию вводимого оборудования в соответствии с действующими нормативами; организовать рабочие места, их техническое оснащение.
-------	---	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ОД.14 Сети связи и системы коммутации относится к вариативной части.

Дисциплина Сети связи и системы коммутации базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин Общая теория связи, Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, дисциплина Сети связи и системы коммутации представляет основу для преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	7,8	252	99	41	17	41	117	кр	Экзамен, зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в интерактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)	Распреде- ние по семестрам, час	
			7	8
1	2	3	4	5
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	99	21	51	48
Лекции (Лк)	41	11	17	24
Лабораторные работы (ЛР)	17	6	17	-
Практические работы (ПР)	41	4	17	24
Контрольная работа (кр)	-	-	-	-
Индивидуальные(групповые) консультации	+	-	+	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	117	-	57	60
Подготовка к лабораторным работам	18	-	18	-
Подготовка к практическим занятиям	25	-	5	20
Подготовка к зачету	34	-	34	-
Подготовка к экзамену в течение семестра	16	-	-	16
Выполнение контрольной работы	24	-	-	24
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	-	36
зачет	+	-	+	-
Общая трудоемкость дисциплины час.	252	-	108	144
зач. ед.	7	-	3	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабораторные работы	практиче- ские работы	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Сети связи и их классификация	22	4	4	4	10
1.1.	Способы построения систем связи	10	2	2	2	4
1.2.	Сети передачи индивидуальных и массовых сообщений	8	1	2	2	3

1.3.	Классификация вторичных сетей	4	1	-	-	3
2.	Аналоговые телефонные сети	26	4	4	4	14
2.1.	Телефонные сети и их классификация	11	2	2	2	5
2.2.	Сельские и городские телефонные сети	6	1	-	-	5
2.3.	Системы нумерации на телефонных сетях	9	1	2	2	4
3.	Цифровые сети связи	26	4	4	4	14
3.1.	Интеграция телекоммуникационной сети	10	1	2	2	5
3.2.	Принципы цифровизации телефонной сети	6	1	1	1	3
3.3.	Стратегии построения цифровой сети	6	1	1	1	3
3.4.	Стратегии цифровизации СТС	4	1	-	-	3
4.	Сигнализация в телефонных сетях	29	5	5	5	14
4.1.	Классификация видов сигнализации	10	1	2	2	5
4.2.	Абонентская сигнализация	7	2	1	1	3
4.3.	Линейная и регистровая сигнализации	6	1	1	1	3
4.4.	Общеканальная система сигнализации	6	1	1	1	3
5.	Сети абонентского доступа	18	4	-	-	14
5.1.	Способы аналогового и цифрового абонентского доступа	6	1	-	-	5
5.2.	Построение абонентских сетей	4	1	-	-	3
5.3.	Технологии xDSL	4	1	-	-	3
5.4.	Технологии кодирования линейных сигналов	4	1	-	-	3
6.	Сети и системы сотовой связи	15	4	-	-	11
6.1.	Принципы построения сетей сотовой связи	4	1	-	-	3
6.2.	Структура элементов сотовой связи	4	1	-	-	3
6.3.	Методы множественного доступа	3	1	-	-	2
6.4.	Системы сотовой связи	4	1	-	-	3
7.	Основы теории телеграфика	14	4	-	-	10
7.1.	Потоки вызовов	4	1	-	-	3
7.2.	Характеристики систем обслуживания вызовов	4	1	-	-	3
7.3.	Распределение нагрузки на сетях связи	3	1	-	-	2

7.4.	Системы обслуживания вызовов	3	1	-	-	2
8.	Построение систем коммутации	14	4	-	-	10
8.1.	Способы коммутации на сетях связи	4	1	-	-	3
8.2.	Коммутационные приборы и элементы	4	1	-	-	3
8.3.	Коммутационные поля и блоки	3	1	-	-	2
8.4.	Коммутационные схемы и их характеристики	3	1	-	-	2
9.	Аналоговые системы коммутации	14	4	-	-	10
9.1.	Декадно-шаговые АТС	7	2	-	-	5
9.2.	Координатные АТС	7	2	-	-	5
10.	Цифровые системы коммутации	38	4	-	24	10
10.1.	Основы цифровой коммутации	18	2	-	12	4
10.2.	Оборудование доступа в ЦСК	10	1	-	6	3
10.3.	Системы управления в ЦСК	10	1	-	6	3
	ИТОГО	216	41	17	41	117

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Сети связи и их классификация

Тема 1.1. Способы построения систем связи

Одним из основных требований, предъявляемых к сетям передачи индивидуальных сообщений (телефонные, телеграфные, факсимильные, передачи данных), является то, что сеть должна обеспечить каждому пользователю возможность связаться с другим пользователем. Для выполнения этого требования сеть связи строится по определенному принципу в зависимости от условий функционирования. Следовательно, сети связи могут иметь различную структуру, т. е. отличаться числом и расположением узловых и оконечных пунктов (станций), а также характером их взаимосвязи. На рисунке 1.1 показаны способы построения сетей связи.

При полностью связанном способе построения (принцип «каждый с каждым») между узлами существует непосредственная связь. Используется при небольшом количестве узлов на сети (рисунок 1.1 а).

При радиальном способе построения сети связь между узлами осуществляется через центральный узел (рисунок 1.1 б). Используется при построении сети на сравнительно небольшой территории.

На большой территории сеть связи строится по радиально-узловому способу (рисунок 1.1 в).

Кольцевой способ построения сети предусматривает возможность осуществления связи как по часовой, так и против часовой стрелки (рис. 1.1 г). В этом случае при повреждении на определенном участке сеть сохраняет свою работоспособность.

При комбинированном способе построения сети узлы на верхнем иерархическом уровне связываются по полностью связанной схеме (рисунок 1.1 д). В этом случае выход одного из узлов не нарушает работу всей сети.

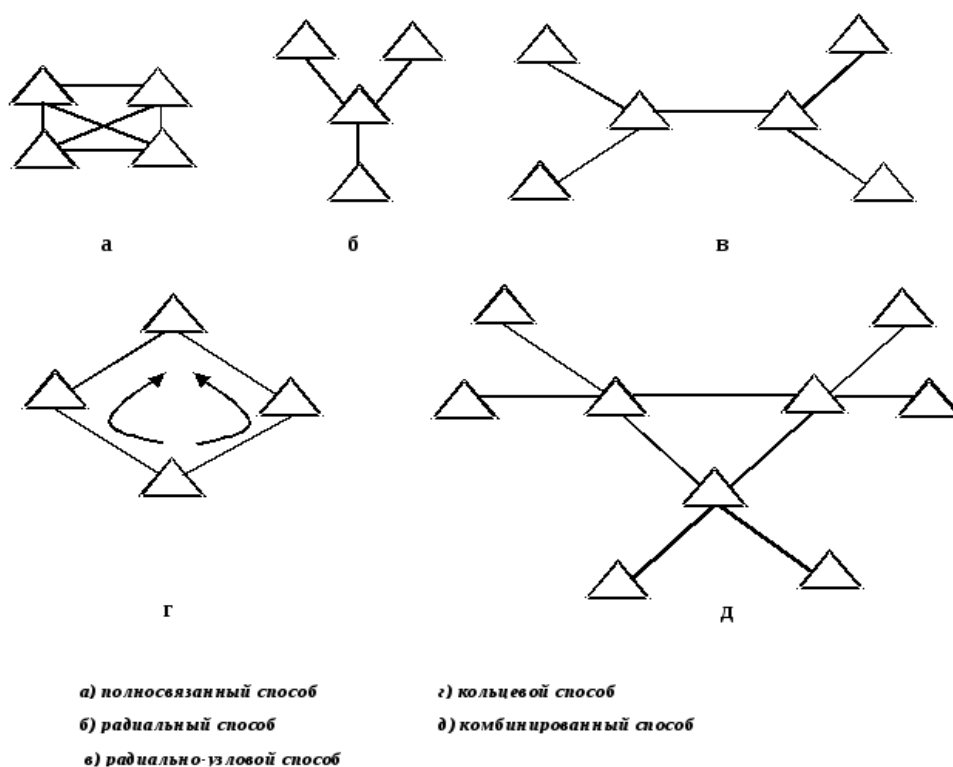


Рисунок 1.1 – Способы построения сетей связи

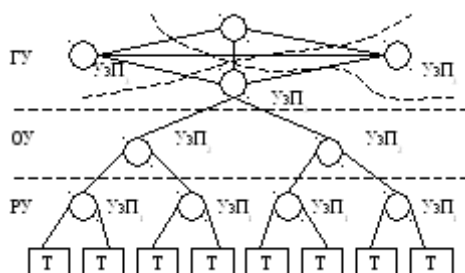
Тема 1.2. Сети передачи индивидуальных и массовых сообщений

Телефонные сети небольших населенных пунктов (емкостью не более 50...60 тыс. абонентов) строятся по полностью связной топологии. При этом число станций не превышает шести.

Телефонные сети крупных городов имеют несколько групп телефонных станций. Каждая группа обслуживает установленный ей городской район, называемый узловым. Связь между абонентами различных узловых районов осуществляется через узловые станции. В пределах узлового района станции соединены по полностью связной схеме. При этом используется радиально-узловая топология, т.к. абоненты разных районов соединяются через несколько станций.

Современные цифровые телефонные сети обычно строятся по гибридной топологии, где широко распространено использование абонентского выносного оборудования и кольцевой топологии сети.

Телеграфные сети строятся по радиально-узловой топологии с учетом административно-территориального деления сети. Структура телеграфной сети показана на рис. 1.2.



УзП₃

Рисунок 1.2 – Структура телеграфной сети связи

Оконечными пунктами телеграфной сети являются или отделения связи, или телеграфные абоненты Т. Функции узловых пунктов (УзП) выполняют телеграфные коммутационные станции. Сеть имеет три уровня УзП. Узловые пункты первого уровня устанавливаются в каждом административном районе и называются районными узлами (РУ). Узловые пункты второго уровня организуются в областных центрах и называются областными узлами (ОУ). Функции узловых пунктов третьего уровня исполняют главные узлы (ГУ) сети, расположенные в региональных центрах. ГУ телеграфной сети связи соединены между собой по полностью связной топологии.

Сеть передачи данных в целом имеет такую же структуру построения, так и телеграфная. Однако более высокие требования, предъявляемые к качеству связи, а так же необходимость передавать данные в реальном масштабе времени обязывают применять современные протоколы и цифровую аппаратуру на окончных и узловых пунктах.

Факсимильные сети строят преимущественно на базе телефонной сети.

Сети звукового вещания. Такие сети каналов звукового вещания строятся на радиально-узловой топологии. Процесс организации звукового вещания можно разделить на три этапа. Первый – формирование программ. Второй – передача программ от радиостудии до вещательных радиостанций и узлов проводного вещания. Распределение программ осуществляется с помощью каналов связи, а их разветвление – на специализированных узлах. Третий этап – доведение программ до слушателей и абонентов. Схема построения сети звукового вещания представлена на рис. 1.3.

Сеть телевизионного вещания. Организация телевизионного вещания аналогична звуковому (рис. 1.4). Программы формируются на телестудии. Конечными участками передающей части сети являются радиотелевизионные передающие станции (РТПС). В настоящее время широкое распространение получили кабельные сети передачи телепрограмм, которые обеспечивают качественный прием сигналов.

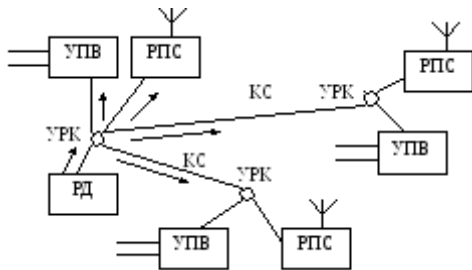


Рисунок 1.3 – Сеть звукового вещания: РД – радиодом, РПС – радиопередающая станция, УПВ – узел проводного вещания, УРК – узел разветвления каналов, КС – канал связи

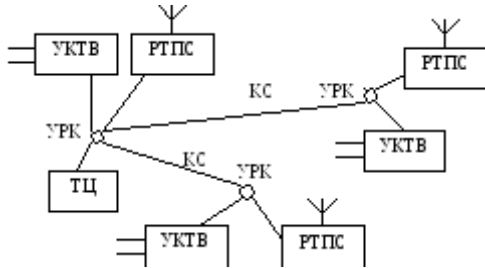


Рисунок 1.4 – Сеть телевизионного вещания: ТЦ – телецентр, РТПС – радиотелевизионная передающая станция, УРК – узел разветвления каналов, КС – канал связи

В перечисленных сетях передача информации осуществляется для всех абонентов вне зависимости от их ведомственной принадлежности. В ряде случаев для сохранения конфиденциальности информации организации создают так называемые закрытые сети, которые получили название *ведомственных сетей*. Наряду с сетями связи общего пользования они составляют неотъемлемую часть ВСС РФ (рис. 1.5).



Рисунок 1.5– Взаимодействие сетей

Сети связи общего пользования - составная часть ВСС РФ, открытая для пользования всем физическим и юридическим лицам. Эти сети отличаются широкой разветвленностью, охватывают всю территорию страны и обслуживают основной контингент населения. К ним относятся телефонная и телеграфная сети общего пользования, сети передачи данных, газет и т.д. Эти сети имеют статус национальных сетей. Для взаимосвязи сетей общего пользования с международными сетями мирового сообщества, Международный союз электросвязи (МСЭ) выделяет этим сетям международные коды страны.

Наряду с сетями общего пользования в МСЭ используется понятие частные сети, под которыми понимаются сети частного или ограниченного пользования. Доступ к таким сетям возможен только для определенного контингента абонентов. Сетями ограниченного пользования являются ведомственные сети, а также сети связи в интересах обороны, безопасности и охраны правопорядка. Ведомственные сети связи принадлежат министерствам и ведомствам для обеспечения производственных и специальных нужд и имеют выход на сеть общего пользования. Выход на сеть общего пользования могут иметь

также сети иных юридических лиц. К сетям ограниченного пользования по решению владельцев сетей могут подключаться абоненты вневедомственной принадлежности, в том числе население.

Сети ограниченного пользования взаимодействуют с сетями общего пользования. Под *взаимодействием сетей* понимается их совместное функционирование для выполнения общих задач. Такими задачами могут быть:

- использование свободного канального ресурса одной сети в интересах другой (аренда каналов);

- использование канального ресурса одной сети для повышения надежности другой путем создания обходных резервных путей;

- использование совместного канального ресурса сетей в условиях чрезвычайных ситуаций;

- организация общего или взаимосогласованного управления сетями, общей технической эксплуатации;

- обеспечение связи отдельных абонентов сетей ограниченного пользования с абонентами сетей общего пользования.

Последний вид взаимодействия сетей *называется взаимосвязью сетей*. Взаимосвязанные сети с технологической точки зрения представляют собой единое сетевое пространство. Они объединены общими системами нумерации и системой управления, совместимыми техническими средствами передачи и коммутации, включая систему сигнализации. Общим признаком сетей ВСС РФ является охват их общим централизованным управлением. Базируется ВСС РФ на принципах организационно-технического единства:

- проведение единой технической политики;

- применение единого комплекса максимально унифицированных технических средств;

- единая номенклатура типовых каналов и сетевых трактов;

- единые для первичных и вторичных сетей системы технической эксплуатации.

Сети связи имеют территориальное деление: магистральный участок, внутризональный, местный.

Тема 1.3. Классификация вторичных сетей

Вторичные сети связи – совокупность узлов связи, в состав которых входят системы коммутации и системы управления, связанные между собой определенным образом каналами, организованными первичной сетью. Данная совокупность предназначена для передачи и распределения определенного вида информации. Для организации вторичных сетей используются каналы и тракты, образованные первичной сетью.

Классификация вторичных сетей.

1. По способу коммутации:

1. коммутируемые:

- с кроссовой (долговременной) коммутацией: абонентский телеграф, низкоскоростная передача данных;

- с оперативной коммутацией:

с коммутацией каналов: телефонная сеть;

с коммутацией пакетов сообщений: телеграф;

2. некоммутируемые:

- высокоскоростная сеть передачи данных;

- передача газетных полос;

- звуковое вещание и ТВ;

- фототелеграф;

- видеотелефон.

2. По способу передачи информации:

1. аналоговые сети;

2. цифровые сети.

3. По качеству обслуживания потребителя:

1. вероятность потерь сообщения;

2. время ожидания;

3. качество передаваемого изображения и т.д.

Раздел 2. Аналоговые телефонные сети

2.1. Телефонные сети и их классификация

Сеть телефонной связи – это совокупность сетевых станций, узлов коммутации, окончного абонентского оборудования и соединяющих их линий связи.

Телефонные сети подразделяются на международные, междугородные, внутризоновые и местные. Местные сети включают в себя городские, сельские и учрежденческо-производственные телефонные сети (ГТС, СТС, УПТС).

На аналоговых телефонных сетях базируется *общегосударственная система автоматизированной телефонной связи* (ОГСТФС), схема которой показана на рис. 2.1.

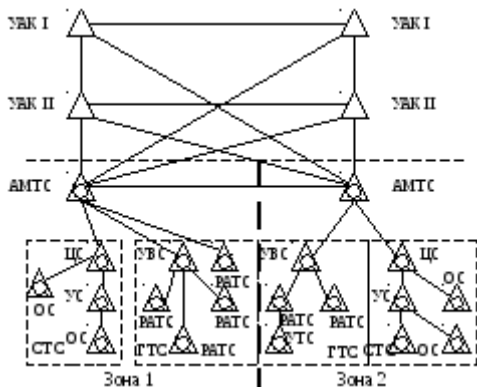


Рисунок 2.1 – Построение ОГСТФС

Коммутационное оборудование междугородной телефонной сети можно классифицировать на *узлы автоматической коммутации* (УАК) и *автоматические междугородные телефонные станции* (АМТС). Рядом руководящих документов ранее предусматривалось использование двухступенчатой сети УАК, которые обозначались как УАК I и УАК II. 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 окончными станциями междугородной сети, а УАК – транзитными. При большой нагрузке между АМТС устанавливается непосредственная связь.

Учрежденческо-производственные телефонные сети (УПТС) обеспечивают внутреннюю телефонную связь предприятий, учреждений, организаций. Такие сети могут быть либо полностью автономными, либо иметь выход на телефонную сеть общего пользования.

Городские телефонные сети (ГТС) обеспечивают телефонную связь на территории города и его пригородной зоны.

Сельские телефонные сети (СТС) обеспечивают телефонную связь на территориях сельских административных районов. Они охватывают более обширные территории, чем городские, но при этом плотность телефонных аппаратов значительно меньше. Следовательно, емкость сельских АТС значительно меньше по сравнению с городскими.

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.

Тема 2.2. Сельские и 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. 2.2).

Как правило, на сети СЛ аналоговой ГТС предусмотрено использование пучков линий одностороннего действия, по которым соединения могут быть установлены только в одном направлении, например от АТС i к АТС j . Для установления соединений от АТС j к АТС i должен иметься другой пучок СЛ, поэтому для уточнения направления, по которому устанавливаются соединения, пучкам СЛ присваивают названия *исходящий* и *входящий* пучок линий *межстанционной связи* (МСС).

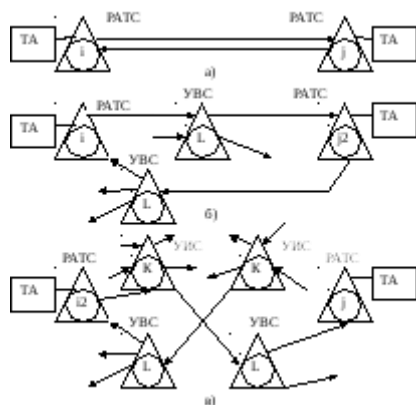


Рисунок 2.2 – Межстанционная связь на ГТС: а – прямые связи; б – через один узел; в – через два узла

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-канальной системы КАМА. В качестве цифровых систем передачи с ВРК используется аппаратура ИКМ 30/32. Четырехпроводные каналы этих систем создаются на симметричных кабелях $7 \times 4 \times 1,2$ или $4 \times 4 \times 1,2$ 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;
- узловые станции (транзитные узлы) для исходящего и входящего сообщения;
- узловые станции для связи с АМТС (УЗСЛ, УВСМ);
- узлы для связи со специальными службами;
- узлы для связи с сельскопригородными станциями.

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.

Простейшей ГТС является *нерайонированная ГТС*. На такой сети устанавливается одна телефонная станция, куда включаются абонентские линии. Абоненты могут подключаться к АТС как непосредственно (рис. 2.3), так и через учрежденческо-производственные АТС (УПАТС) либо через подстанции, удаленные от основной АТС.

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. Однако при использовании цифровой АТС возможно построение нерайонированной сети в городах, занимающих большие территории и имеющих значительно большую емкость. В этом случае в городских районах с высокой плотностью абонентов устанавливаются концентраторы, которые содержат часть абонентского коммутационного оборудования цифровой АТС.

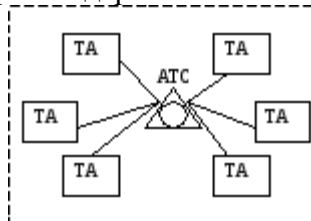


Рисунок 2.3 – Нерайонированная ГТС

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. 2.4). 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 и соответствует десятитысячной 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.

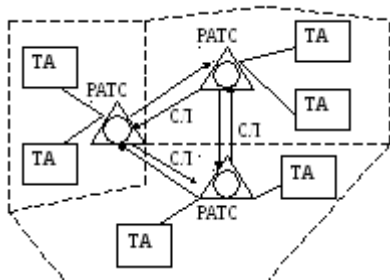


Рисунок 2.4 – Районированная ГТС

ГТС с узлообразованием. При большом числе районных АТС организация межстанционной связи по принципу «каждая с каждой» приводит к значительному расходу кабеля и затрат на организацию межстанционной сети связи (МСС). Повысить эффективность использования межстанционных СЛ удастся применением на ГТС коммутационных узлов. *Коммутационный узел (КУ)* – совокупность устройств, предназначенных для установления соединений между двумя группами РАТС. На КУ обычно устанавливается одна ступень группового искания. Принцип действия КУ подробно рассматривается при изучении курса «Системы коммутации».

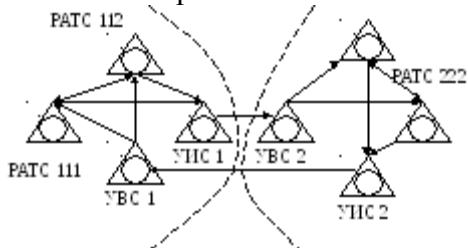
При увеличении числа РАТС (6 и более) емкость сети возрастает. В этом случае на ГТС используются *узлы входящего сообщения (УВС)*. При подобном построении сети городская территория разделяется на узловы районы. Связь между РАТС, расположенными на территории различных узловых районов, осуществляется через УВС, а внутриузловая связь осуществляется или по топологии «каждая с каждой», или через свой УВС. В каждом узловом районе устанавливается до десяти РАТС.

Нумерация таких сетей – шестизначная. Первая цифра является кодом узла, а первая и вторая цифры вместе – кодом РАТС.

На ГТС с координатными станциями может быть несколько вариантов организации внутриузловой связи, некоторые АТС могут быть связаны напрямую СЛ, а некоторые – через свой УВС. В этом случае необходимо выбрать наиболее оптимальный вариант. Все декадношаговые 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. 2.5 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.



РАТС 221

Рисунок 2.5 – Фрагмент структуры ГТС с УИС и УВС

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. В комбинированной сети, построенной на основе районированной ГТС без улообразования РАТС и УСП (ЦС), связываются друг с другом по принципу «каждая с каждой». 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 улообразованием также организуются УСП, которые включаются в ГТС на правах стотысячного узлового района. На одной ГТС с улообразованием может быть несколько УСП.

Специальные службы 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.

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:

- доступ к отдельным службам от некоторых АТС минуя УСС (например АТС 4 имеет доступ к службам 01, 02, 03, 04 и 07 через УСС, а к остальным службам – путем непосредственного подключения минуя УСС);
- организация в сети более одного УСС (например для АТС 3, АТС 8 и АТС 9, расположенных в отдаленном от основной территории города районе, предусмотрен УСС-2 для доступа к экстренным службам, обслуживающим этот район);
- организация для части АТС выхода к УСС по общему пучку соединительных линий через специальный узел исходящего сообщения (для экономии числа СЛ между УСС и группой АТС 5, АТС 6 и АТС 7, которые расположены вблизи друг от друга и вдали от УСС).

Внутризоновые телефонные сети и междугородная связь. Вся территория страны делится на зоны с единой системой нумерации абонентов. Как правило, территории телефонных зон совпадают с территориями областей и республик. Однако территории нескольких областей могут быть объединены в одну зону и, наоборот, одна область может быть разделена на две зоны. Крупные города с семизначной нумерацией выделяются в самостоятельные зоны.

Каждая внутризональная сеть включает в себя городские и сельские телефонные сети. Коммутационным центром зоны является автоматическая междугородная телефонная станция АМТС, через которую осуществляется выход на другие внутризональные сети, а также связь внутри зоны между местными сетями.

Наиболее распространенным вариантом организации внутризональной сети является вариант с одной АМТС в зоне. В этом случае внутризональная сеть строится по радиальному принципу, где роль узла выполняет АМТС, которая также является оконечной станцией междугородной сети. В АМТС включаются ЦС сельской сети и РАТС городской сети. РАТС соединяются с АМТС либо непосредственно, либо через узлы городской сети (УВС и УИС). Если в зоне несколько АМТС, то они соединяются между собой по принципу «каждая с каждой». Между местными сетями и АМТС имеются СЛ двух видов: исходящие ЗСЛ

(заказно-соединительные линии) в направлении к АМТС и входящие СЛМ (соединительные линии междугородные) от АМТС к местным сетям.

Заказно-соединительные линии (ЗСЛ) предназначены для установления исходящей автоматической междугородной связи (включая внутризоновую), а также предварительных заказов на междугородные соединения с пунктами, не имеющими автоматической междугородной телефонной связи (рис. 2.6). При установлении автоматического междугородного соединения на АМТС должен быть передан не только номер вызываемого абонента, но и номер, а также категория вызывающего абонента для начисления оплаты и предъявления счета за междугородный разговор. Для этой цели на городских и сельских АТС устанавливается аппаратура автоматического определения номера (АОН) вызывающего абонента. После набора вызывающим абонентом индекса 8 от АМТС на местную АТС посылается сигнал запроса АОН, в ответ на который многочастотным кодом «2 из 6» передается знак категории и номер вызывающего абонента, фиксируемые в АМТС.

На крупных городских телефонных сетях областного значения пучки ЗСЛ от нескольких РАТС, входящих в состав одного узлового района или обслуживающих смежные телефонные районы, могут конструктивно объединяться в *узле заказно-соединительных линий (УЗСЛ)*.

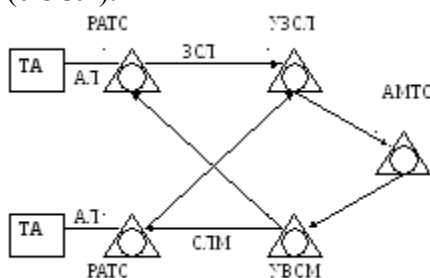


Рисунок 2.6 – Сеть связи РАТС с АМТС для больших ГТС

Соединительные линии междугородные (СЛМ) необходимы для установления входящих междугородных соединений. На стороне городских АТС СЛМ оканчиваются или на входах районных АТС, или в случае узлового построения ГТС на *узлах входящего сообщения междугородной связи (УВСМ)*.

Тема 2.3. Системы нумерации на телефонных сетях

Под системой нумерации понимают определенную комбинацию цифр, характеризующую телефонный «адрес» вызываемого абонента и передаваемую на телефонную станцию абонентом.

Нумерация может быть закрытой и открытой. Нумерация называется закрытой (единой), если абонент вызывается набором одного и того же номера независимо от местонахождения вызывающего пункта. При закрытой системе нумерации номер вызываемого абонента не зависит от вида связи – местной, зонной или междугородной. Нумерация называется открытой, если план набора номера зависит от вида связи.

В соответствии с этим системы нумерации классифицируются как местные (зонные), междугородные и международные.

На городской телефонной сети при открытом плане нумерации нумерация может быть пяти-, шести- или семизначной, в зависимости от емкости сети.

На сельских телефонных сетях (СТС), построенных на аналоговом коммутационном оборудовании, применяется открытая система нумерации с префиксом или без префикса выхода за пределы оконечной АТС (ОС). При построении СТС на цифровом коммутационном оборудовании применяется закрытая система нумерации.

Открытая нумерация с префиксом выхода. На центральной станции (ЦС) и узловой станции (УС) принимается пятизначная нумерация. На ОС для внутривыделенной связи используется сокращенная двух- или трехзначная нумерация в зависимости от емкости станции. При емкости ОС 800 и более номеров на ОС используется пятизначная нумерация. В качестве префикса выхода принята цифра 9.

Сокращенные номера на ОС не должны начинаться с цифры 9. Пятизначные номера не должны начинаться с цифр 8 и 0 (в перспективе 0 и 1). При соединении абонента ОС с АМТС набирается префикс 9 и затем префикс 8 (в перспективе Пн=0). При выходе к спецслужбам – 9-0X/X/ (в перспективе 9-112). Межстанционная связь в пределах одной СТС от абонента ОС осуществляется путем набора цифры 9 и пятизначного номера. При разработке нумерации следует учитывать коэффициенты использования номерной емкости сети:

- на ближайшие пять лет для ГТС 50-60%; для СТС 40-50%;
- на перспективу для ГТС 60-80%; для СТС 50-60%.

Открытая нумерация без префикса выхода.

При внутристанционной связи абонент набирает сокращенный номер. Межстанционная связь от абонента ОС осуществляется путем набора пятизначного номера. При соединении абонента ОС с АМТС или УСС набирается соответственно цифра 8 (в перспективе 0) или 0 (в перспективе 112). Основным недостатком этой нумерации является большая потеря номерной емкости сети. Так, при выделении только одной цифры в качестве первого знака для пятизначных номеров предельная емкость сети составляет 7 тысяч номеров. При выделении для пятизначной нумерации двух первых цифр емкость сети не превышает 12 тысяч номеров, а при выделении трех первых цифр - 15 тысяч номеров. Максимальная емкость СТС при открытой нумерации без префикса выхода не превышает 16 тысяч номеров.

Закрытая система нумерации. Эту систему нумерации рекомендуется применять при использовании на СТС сельских цифровых АТС. При закрытой нумерации как внутристанционные, так и межстанционные соединения в пределах СТС осуществляются путем набора пятизначного номера. Вызов спецслужб осуществляется путем набора сокращенных номеров 01-09 (в перспективе 112), а внутрizonовая и междугородная автоматическая связь – набором префикса выхода на АМТС/ТЗУС (ТЗУС - транзитный зонный узел связи) и после прослушивания акустического сигнала - десятизначного номера (при предварительном выборе оператора). Закрытая нумерация является перспективной для СТС.

Раздел 3. Цифровые сети связи

Тема 3.1. Интеграция телекоммуникационной сети

Если каждая организация исходит только из собственных операций, то между организациями возникают ненужные границы, мешающие материальному потоку и повышающие затраты. Внешняя интеграция устраняет эти границы и делает всю цепь поставок более совершенной.

Чтобы максимально удовлетворить конечного потребителя, организации, действующие внутри одной и той же цепи поставок, должны кооперироваться. Они должны конкурировать не друг с другом, а с организациями, действующими в других цепях поставок.

Во фрагментированной цепи поставок может возникнуть следующий *эффект*.

Пример. Ритейлер заметил, что спрос на какой-то предмет вырос на 5 единиц в неделю. Когда подходит время размещения следующего заказа, ритейлер предполагает, что спрос будет расти и дальше, и заказывает 10 дополнительных единиц, чтобы гарантировать их наличие. Мелкий оптовик видит, что спрос вырос на 10 единиц, и поэтому в свою очередь заказывает у поставщика 15 дополнительных единиц, чтобы удовлетворить наблюдаемый рост. Региональный оптовик отмечает, что рост = 15 единицам и поэтому заказывает 20 единиц. По мере того, как этот заказ перемещается по цепи поставок, дойдя до поставщиков первоначальной продукции, относительно небольшое начальное изменение в конечном счете становится огромным.

Выгоды внешнего интегрирования:

- кооперация между всеми частями цепи поставок, позволяющая вести обмен информацией и ресурсами;

- низкие затраты, получаемые благодаря сбалансированности проводимых операций, минимальным запасам, меньшему числу экспедиционных, экономия на масштабах, устранению ненужных видов деятельности;
- повышение показателей работы благодаря более точным прогнозам, совершенному планированию, продуктивному использованию ресурсов, обоснованному установлению приоритетов;
- совершенствование движения материального потока (быстрее и надежнее);
- качественное обслуживание потребителей (короткое время выполнения заказа, быстрая доставка, полный учет запросов отдельных потребителей);
- высокая степень гибкости, позволяющая организации быстро реагировать на изменяющиеся условия;
- использование стандартизированных процедур, позволяющих устранять дублирование усилий, передаваемой информации, операций по планированию;
- стабильность показателей качества продукции и меньшее количество его проверок как результат реализации программ интегрированного управления качеством.

Хотя выгоды внешней интеграции очевидны, при ее реализации на практике организации могут столкнуться с рядом **затруднений**:

- недоверие другим организациям, входящим в цепь поставок, и поэтому «осторожный» обмен информацией;
- разные приоритеты;
- конкуренция;
- объем обмениваемых данных;
- использование разных логистических систем;
- разный уровень профессиональной подготовки персонала;
- разные подходы к безопасности.

Тема 3.2. 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).

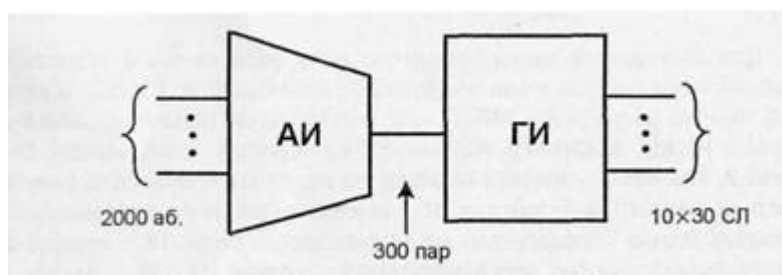


Рисунок 3.1 - Аналоговая местная АТС.

На Рис. 3.2 показан пример подключения 2000 абонентов к аналоговой АТС, где первичный кабель на 2000 пар идет от АТС до распределительного шкафа, от которого 10 вторичных кабелей по 200 пар каждый ведут к абонентам.

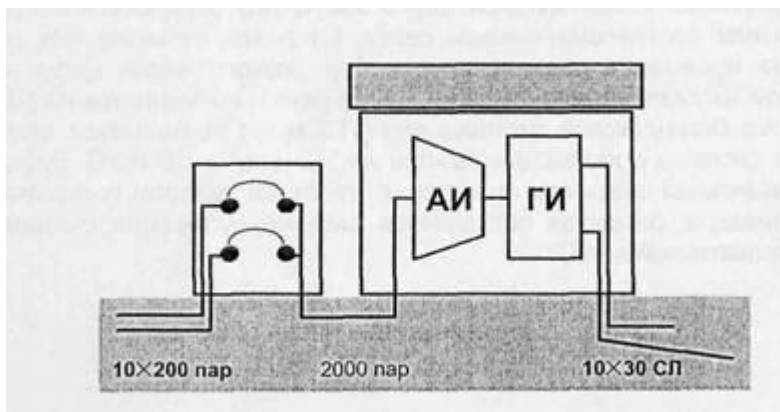


Рисунок 3.2 - Схема подключения абонентов к аналоговой АТС.

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.3.3).

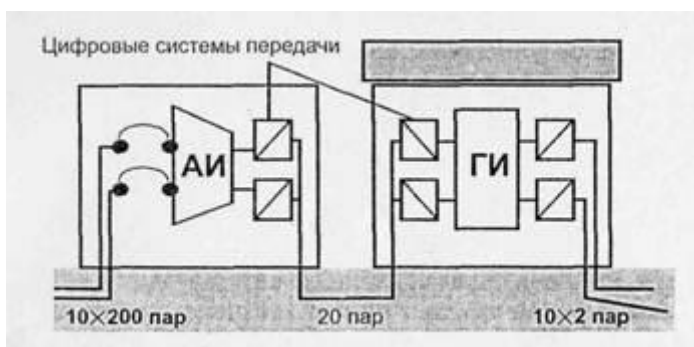


Рисунок 3.3 - Абонентская сеть с цифровыми СЛ и ИКМ.

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 2000 до 20 (в 100 раз).

На межстанционном участке сети также цифровые СЛ и 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).

Тема 3.3. Стратегии построения цифровой сети

Полная модернизация сразу всей сети за один шаг является практически не реальной задачей, так как для этого потребовались бы огромные первоначальные затраты. В большинстве стран процесс перехода от аналоговой телефонной сети к цифровой длится несколько десятков лет. 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. 3.4). Затем острова цифровой сети постепенно объединяются, образуя единую цифровую сеть.



Рисунок 3.4 - Стратегия островов.

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. Стратегия островов может быть привлекательной так же в том случае, когда телефонизированные районы разделены большими расстояниями и первоначальные затраты на модернизацию сетей верхнего уровня высоки.

Стратегия наложения направлена на создание цифровой сети, охватывающей ту же самую территорию, что и существующая аналоговая сеть (Рис.3.5).

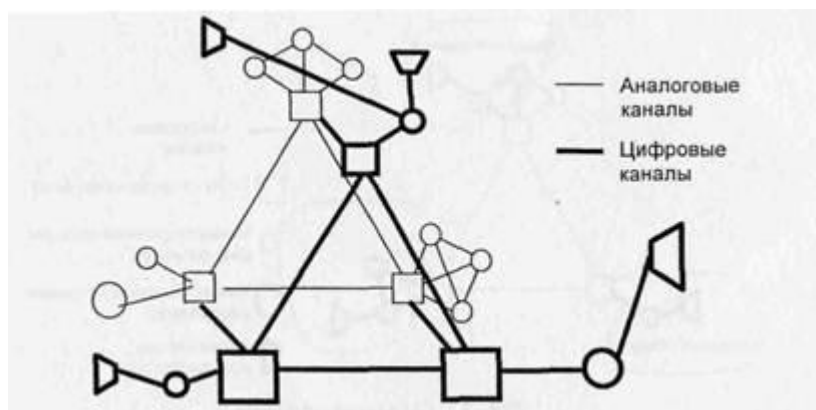


Рисунок 3.5 - Стратегия наложения

Цифровые станции соединяются между собой только цифровыми СЛ и обмениваются сигнальной информацией с помощью общеканальной системы сигнализации (ОКС № 7). Сопряжение цифровой сети с существующей аналоговой сетью обеспечивается минимально возможным числом узлов (шлюзов), выполняющих функции согласования систем сигнализации.

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 конечные станции).

Тема 3.4. Стратегии цифровизации СТС

Многообразие экономических, географических, климатических и других факторов, влияющих на основные принципы дальнейшего развития СТС не позволяют надеяться на разработку единого сценария внедрения цифровых коммутационных станций.

С другой стороны, при выборе принципов эволюции СТС необходимо максимально использовать опыт цифровизации ГТС. Основные моменты, существенные для СТС, должны, вероятно, заключаться в реализации принципа внедрения цифровых коммутационных станций методом «наложенной» сети и унификации системы сигнализации, используемой в «наложенной» сельской сети, с системой сигнализации, принятой для ГТС.

Преобразование аналоговой СТС в цифровую телефонную сеть может, в принципе, осуществляться на основе четырех стратегий:

- постепенное замещение (по мере морального или физического износа) аналоговых АТС цифровыми коммутационными станциями;
- создание «наложенной» сети по сценарию, близкому к изложенному выше для ГТС;
- замена всех аналоговых АТС одновременно (по методу «бульдозера»);
- постепенная интеграция СТС с ГТС райцентра, приводящая к построению единой сети.

Анализ этих стратегий освещен ниже. Для всех анализируемых стратегий целесообразно придерживаться рациональных принципов развития СТС, заключающихся в отказе от использования УС, концентрации в пределах ряда соседних СТС коммутационного оборудования одного типа и т.п.

Стратегия замещения аналоговых АТС. Характерной особенностью рассматриваемой стратегии может считаться тот факт, что первой цифровой АТС на СТС становится ОС. В противном случае данный вариант относится ко второй стратегии – созданию «наложенной» сети. Цифровую ОС – на рис. 3.6, который иллюстрирует излагаемую стратегию цифровизации СТС, ей присвоен индекс «1» – необходимо связать с существующей ЦС стандартным ИКМ-трактом.

Существующая ЦС, будучи электромеханической АТС, не поддерживает систему общеканальной сигнализации. По этой причине цифровая ОС должна (по крайней мере до замены ЦС) использовать систему сигнализации, принятую в настоящее время на СТС. Дополнительные услуги, свойственные коммутационным станциям с программным управлением, могут быть предоставлены только в пределах зоны обслуживания цифровой ОС. Система централизованной технической эксплуатации также не будет эффективно функционировать до момента внедрения цифровой ЦС. Большие сложности возникают и при решении задачи синхронизации цифровых ОС.

По мере необходимости другие ОС (например, с индексом «2» на рис. 3.6) будут заменять старые АТС. Если заменяемые ОС ранее включались в УС, то при цифровизации СТС целесообразно их соединять с ЦС непосредственно.

Практически единственным достоинством такого направления цифровизации СТС может считаться минимизация первоначальных капитальных затрат, которые необходимо сделать при вводе первой цифровой АТС. Возможно, что такие принципы внедрения цифровых коммутационных станций используются на сельских сетях в каких-либо странах или их отдельных регионах. Автору не встречались зарубежные публикации, в которых бы излагались примеры практической реализации стратегии замещения аналоговых АТС цифровыми на местных телефонных сетях. Обсуждения, проведенные с рядом зарубежных коллег, занимающихся проблемами цифровизации местных телефонных сетей, также не позволяют считать стратегию замещения аналоговых АТС цифровыми практическим направлением эволюции СТС.

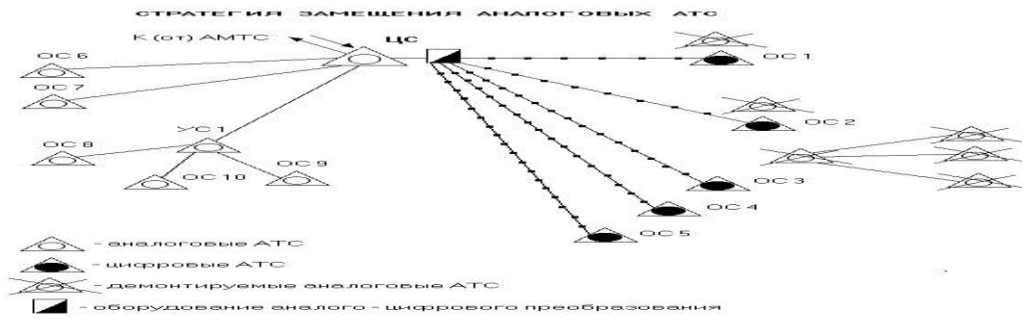


Рис. 3.17

Рисунок 3.6 – Общая стратегия замещения

Построение «наложенной» сети. Вторая из анализируемых стратегий цифровизации СТС основана на создании «наложенной» сети. В этом случае первой из заменяемых сельских АТС становится ЦС. Все вводимые после замены ЦС цифровые концентраторы или мультиплексоры (новые или заменяющие эксплуатируемые электромеханические АТС) соединяются с ЦС стандартными ИКМ-трактами. Постепенно, заменяя все электромеханические АТС, формируется цифровая СТС, принадлежащая к сетям типа ИЦС, в которой объединены (интегрированы) системы передачи и коммутации на базе цифровой техники.

В рамках «наложенной» сети может, при необходимости, использоваться система общеканальной сигнализации. Цифровая ЦС осуществляет синхронизацию «наложенной» сети. Она же обеспечивает и функции системы технической эксплуатации СТС. Дополнительные услуги, поддерживаемые применяемым типом коммутационного оборудования, могут быть предоставлены всем абонентам «наложенной» сети.

Одна из основных проблем данной стратегии цифровизации СТС заключается в выборе оптимальных принципов сопряжения новой ЦС с электромеханическими сельскими АТС. Можно выделить два основных варианта такого сопряжения, определяемых, в основном, целесообразностью и возможностью демонтажа старой ЦС электромеханического типа.

Основная идея первого варианта показана на рис. 3.7. В помещении демонтированной ЦС находится СУ, в котором расположено оборудование систем передачи. Часть площади бывшей ЦС будет занята блоком сопряжения (БС), который выполняет следующие функции:

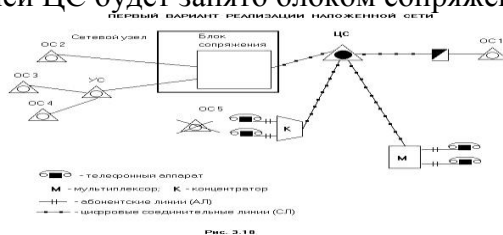


Рис. 3.18

Рисунок 3.7 – Вариант реализации наложенной сети

- преобразование 4-х проводных окончаний каналов аналоговых и нестандартных цифровых систем передачи в регламентированные МСЭ цифровые тракты 2048 кбит/с, число которых определяется величиной поступающей нагрузки;
- преобразование 2-х проводных физических СЛ от близлежащих ОС в стандартный цифровой тракт 2048 кбит/с и, по возможности, обеспечение нормы затухания;
- согласование систем сигнализации, принятых на существующих ОС и УС данной СТС, с системой сигнализации цифровой ЦС, используя два сигнальных канала в 16-ом канальном интервале;
- контроль и диагностика оборудования СУ.

Раздел 4. Сигнализация в телефонных сетях

Тема 4.1. 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.

Виды сигнализации в телефонных сетях связи:

- абонентская - на участке между абонентским терминалом и коммутационной станцией;
- внутристанционная - между различными функциональными узлами и блоками внутри коммутационной станции;
- межстанционная - 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. К ним относятся сигналы вызова станции, ответа станции, набора номера, послышки и контроля послышки вызова, занятости абонента и др.

В состав межстанционной сигнализации включены все сигналы, передаваемые между коммутационными узлами. К таким сигналам относятся линейные сигналы и сигналы маршрутизации

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.

Сигналы маршрутизации (регистрационные 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, частотный запрос АОН



Рис. 4.2. Классификация видов сигнализации

Вследствие широкого распространения в недавнем прошлом координатных систем коммутации применительно к сигналам маршрутизации часто используют термины «регистрационные сигналы», «регистрационная сигнализация»

Тема 4.2. Абонентская сигнализация

Взаимодействие оконечного устройства системой с коммутации.

Абонентская сигнализация применяется на участке между оконечным устройством и коммутационной системой. На данном участке могут передаваться следующие сигналы:

- 1) линейные:
 - *вызов станции (занятие)*, который соответствует переходу абонентского шлейфа из разомкнутого состояния в замкнутое состояние при снятии телефонной трубки абонентом;
 - *ответ абонента*, который соответствует переходу абонентского шлейфа из разомкнутого состояния в замкнутое состояние при снятии трубки вызываемым абонентом;
 - *отбой* – соответствует переходу абонентского шлейфа в разомкнутое состояние при возвращении трубки на рычаг телефонного аппарата;
- 2) управляющие – адресные сигналы;
- 3) информационные акустические:
 - *ответ станции (ОС)* – информирует абонента о возможности набора номера (непрерывный тональный сигнал частотой (425 ± 25) Гц);
 - *посылка вызова (ПВ)* – информирует вызываемого абонента о входящем вызове (посылка вызывного тока в виде периодической передачи сигнала частотой (25 ± 2) Гц, периодом 5 секунд и напряжением (95 ± 5) В);
 - *контроль посылки вызова (КПВ)* – информирует вызывающего абонента о том, что линия вызываемого абонента свободна (тональный сигнал частотой (425 ± 25) Гц, периодом 5 секунд);
 - *занято* – информирует абонента о том, что попытка установления соединения по различным причинам окончилась неудачей или абонент на противоположной стороне повесил трубку (прерывистый тональный сигнал частотой 425 Гц, периодом 0,3 секунды);
 - *информационные сигналы*, которые передаются абонентам при предоставлении дополнительных видов обслуживания (ДВО) (например, сигнал уведомления о входящем вызове).

На рисунке 4.3 представлена диаграмма последовательности обмена сигналами в процессе обслуживания внутристанционного вызова.

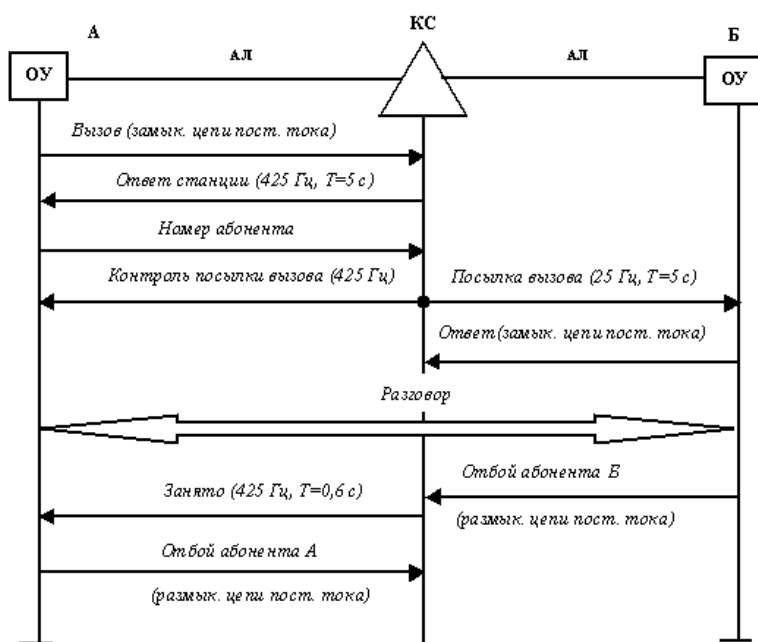


Рисунок 4.3 – Диаграмма обмена сигналами в процессе обслуживания внутристанционного вызова

Передача номера абонента по абонентской линии

В настоящее время на телефонной сети используются два способа набора номера вызываемого абонента: *импульсный набор* (декадным кодом) и *тональный набор* (многочастотным кодом).

При *импульсном наборе* импульсы посылаются путем поочередного размыкания и замыкания абонентского шлейфа (цепи постоянного тока) со скоростью 10 импульсов в секунду. Длительность размыкания (безтоковой посылки) равна 60мс, а длительность замыкания (токовой посылки) равна 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 номера. На рисунке 4.4 представлена временная диаграмм передачи цифр 2 и 4 импульсным набором номера.

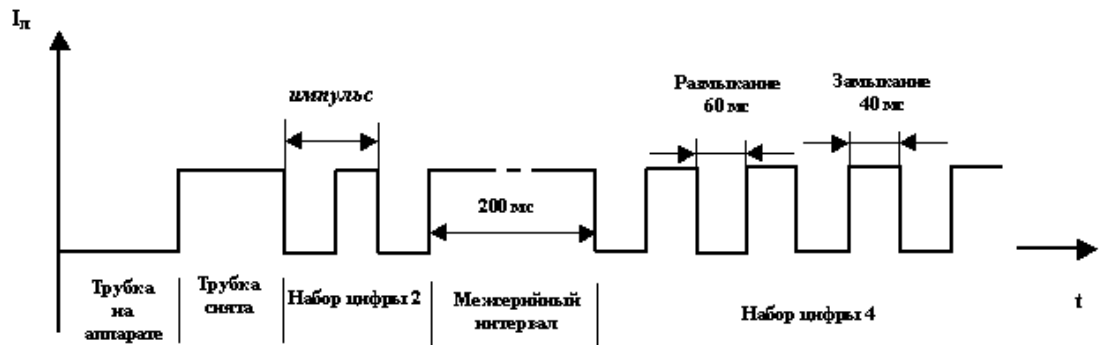


Рисунок 4.4 – Временная диаграмма передачи цифр 2 и 4 импульсным набором

Для передачи адресной информации *тональным набором* используют многочастотный код «2 из 8». Сигнальные частоты выбираются из двух отдельных групп частот звукового диапазона (рисунок 4.5):

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

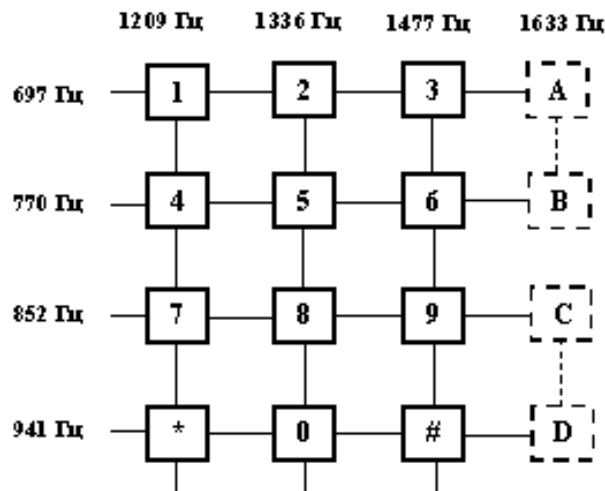


Рисунок 4.5 – Клавиатура телефонного аппарата

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

Тема 4.3. Линейная и регистровая сигнализации

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) внутриволновая передача сигналов;
- передача, сигналов по ИКМ трактам.

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.

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

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.

Тема 4.4. Общеканальная система 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 (включая УПАТС), а также в центрах эксплуатации и обслуживания. На ОКС № 7 базируется построение цифровой сети с интеграцией служб.

Передача информации в ОКС № 7 рассматривается как передача 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 (SignalUnit - 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* (MessageSignalUnit - MSU), которая используется для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей (UP) и управления соединением сигнализации (SCCP);

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

3) *заполняющая сигнальная единица* (FillInSignalUnit), 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. 4.6.



Рисунок 4.6 - 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 и обратный порядковый номер 7 бит* (BSN). Поля BSN и FSN представляют собой двоичные числа в циклически повторяющиеся последовательности от 0 до 127.

Раздел 5. Сети абонентского доступа

Тема 5.1. Способы аналогового и цифрового абонентского доступа

Канал передачи данных- средства двустороннего обмена данными, включающие АКД и линию передачи данных.

В зависимости от способа представления информации электрическими сигналами различают аналоговые и цифровые каналы передачи данных. В аналоговых каналах для согласования параметров среды и сигналов применяют амплитудную, частотную, фазовую и квадратурно-амплитудную модуляции. В цифровых каналах для передачи данных используют самосинхронизирующиеся коды, а для передачи аналоговых сигналов - кодово-импульсную модуляцию.

Для преобразования непрерывного сигнала в дискретную форму производится дискретная модуляция, называемая также кодированием.

Применяются два типа кодирования данных. Первый - на основе непрерывного синусоидального несущего сигнала — называется аналоговой модуляцией. Кодирование осуществляется за счет изменения параметров аналогового сигнала. Второй тип кодирования называется цифровым кодированием и осуществляется на основе последовательности прямоугольных импульсов. Эти способы кодирования различаются шириной спектра передаваемого сигнала и сложностью аппаратуры для их реализации.

Современные телекоммуникационные системы и сети явились синтезом развития двух исходно независимых сетей:

- сетей электросвязи (телефонной, телеграфной, телетайпной и радиосвязи)
- и вычислительных сетей.

Логика развития систем связи требовала применения цифровых систем передачи данных, а также применения вычислительных средств для решения задач маршрутизации, управления трафиком, сигнализации. Достигнутое в результате этих двух встречных движений совмещение техники связи с вычислительной техникой позволило усовершенствовать технологию обслуживания телефонной клиентуры и повысить эффективность отрасли связи, а также полнее использовать ресурсы вычислительных центров, вычислительных систем и сетей путем перераспределения их ресурсов и распараллеливания между ними задач и информационных потоков.

Многие сети общего пользования традиционных операторов (фиксированная телефонная связь) являются в основном аналоговыми. Сети связи, создаваемые новыми операторами — цифровые, что обеспечивает внедрение современных служб и гарантирует перспективность этих сетей. В то же время существующие аналоговые сети активно используются для передачи информации как в аналоговой форме (телефония, радиотелефония, радиовещание и телевидение), так и для передачи дискретных (цифровых) данных. Носителем информации в телекоммуникационных каналах являются электрические

сигналы (непрерывные, называемые аналоговыми, и дискретные или цифровые) и электромагнитные колебания — волны. Для передачи по цифровым каналам аналогового сообщения в виде непрерывной последовательности (телеметрические, метеорологические данные, данные систем контроля и управления) она предварительно оцифровывается. Частота оцифровки обычно равна порядка 8 кГц, через каждые 125 мкс значение величины аналогового сигнала отображается 8-разрядным двоичным кодом. Таким образом, скорость передачи данных составляет 64 кбит/с. Объединение нескольких таких базовых цифровых каналов в один (мультиплексирование) позволяет создавать более скоростные каналы: простейший мультиплексированный канал обеспечивает скорость передачи 128 кбит/с, более сложные каналы, например, мультиплексирующие 32 базовых канала, обеспечивают пропускную способность 2048 Мбит/с. С помощью цифровых каналов подключаются к магистралям также и офисные цифровые АТС. Цифровые абонентские каналы в режиме коммутации каналов используются в наиболее распространенной цифровой сети с интеграцией услуг ISDN(IntegratedServicesDigitalNetwork). По популярности сеть ISDN уступает лишь аналоговой телефонной сети. Адресация в ISDN организована так же, как и в телефонной сети, так как сеть создавалась для объединения существующих телефонных сетей с появляющимися сетями передачи данных. Поэтому сети ISDN позволяют объединять разнообразные виды связи (видео-, аудиопередачу данных, тексты, компьютерные данные и т. п.) со скоростями 64 кбит/с, 128 кбит/с, 2 Мбит/с и 155 Мбит/с на широкополосных каналах связи. Активно развиваются и другие типы цифровых систем, модификации технологии цифровых абонентских линий DSL (DigitalSubscriberLine). HDSL (HighBitRate DSL) - высокоскоростной вариант абонентской линии ISDN. Конкуренцию ISDN и HDSL могут составить цифровые магистрали с синхронно-цифровой иерархией SDN (SynchronousDigitalHierarchy). В системе SDN имеется иерархия скоростей передачи данных. В магистралях SDN применяются оптоволоконные линии связи и частично радиолинии.

Тема 5.2. Построение абонентских сетей

Принципы организации абонентского доступа в течение многих лет не претерпевали существенных изменений с момента создания местных телефонных сетей. В городах абонентские линии (преимущественно многопарные кабели связи) прокладывались, как правило, в специально строящейся кабельной канализации. В сельской местности для подключения абонентов к АТС широко использовались воздушные линии связи. Применение малокабельных систем передачи на абонентской сети не изменило ее структуру.

Типичная структура аналоговой абонентской сети, используемая как на ТТС, так и на СТС, представлена на рисунке 5.1 [32, 33].



Рис. 5.1. Типовая структура аналоговой абонентской сети:

ТА - телефонный аппарат; АП - абонентская проводка;

РУ - распределительный участок; МУ - магистральный участок;

РК - Распределительная коробка; РШ - распределительный шкаф

Такая структура соответствует комбинированной схеме построения абонентской сети, так как на реальных сетях используется сочетание двух принципов организации абонентского доступа: «шкафная система» и «прямое питание».

В аналоговой сети абонентского доступа наиболее широкое применение нашли четыре способа подключения абонентских терминалов к АТС:

- 1) индивидуальная двухпроводная физическая цепь, которая может содержать участки кабеля с различным диаметром жил;
- 2) спаренное включение, где двухпроводная физическая цепь используется двумя абонентскими терминалами, каждому из которых присвоены различные номера;
- 3) индивидуальный канал ТЧ, организованный малоканальной системой передачи (система АВУ);
- 4) доступ абонентов через аналоговую подстанцию (часть аналогового коммутационного оборудования, вынесенного на удаленный от основной станции участок).

Вышеперечисленные варианты не могут рассматриваться как перспективные направления развития абонентских сетей из-за низкой надежности и невысокого качества передачи информации на участке терминал-коммутационная станция. Использование шкафной системы часто приводит к сочленению кабелей, имеющих различный диаметр жил, что существенно затрудняет передачу дискретной информации по АЛ, особенно при организации доступа к ЦСИО.

Перспективная абонентская сеть создается на этапе цифровизации местной телефонной сети, где подразумевается существенная модернизация местной первичной сети. Построение перспективной сети связано с вводом новой коммутационной станции. Если она монтируется как новая РАТС, то может быть выбрана наиболее оптимальная структура абонентской сети. Если новая коммутационная станция заменяет существующую РАТС, то структура абонентской сети будет в значительной степени определяться топологией кабельной канализации и проложенными ранее кабелями связи.

При проектировании новой цифровой коммутационной станции абонентскую сеть целесообразно строить с учетом перспектив дальнейшего развития электросвязи. Возможные варианты построения абонентской сети приведены на рисунке 5.2.

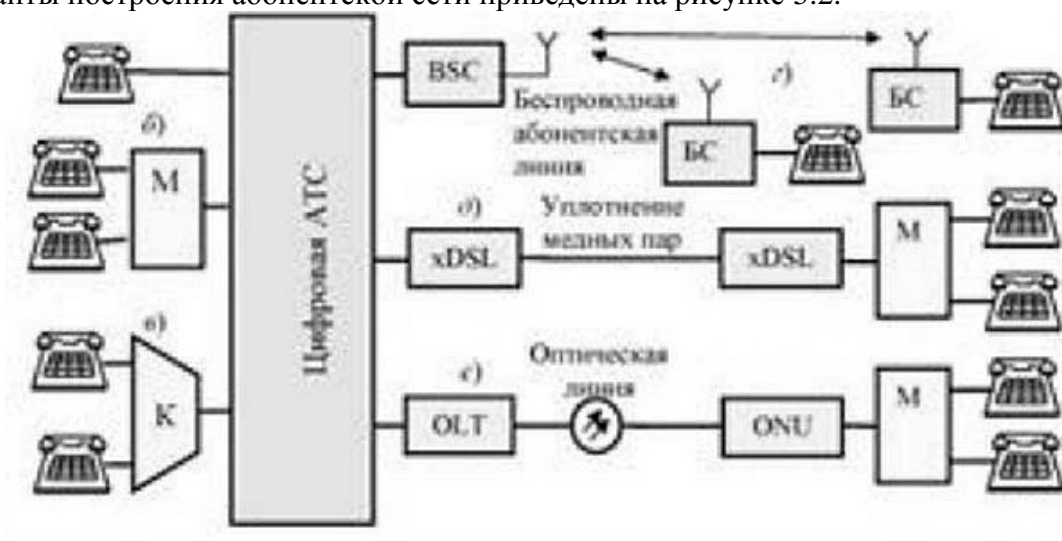


Рис. 5.2. Схема вариантов построения перспективной абонентской сети

Наиболее часто абоненты включаются в цифровую коммутационную станцию одним из следующих способов:

- а) посредством индивидуальных двухпроводных физических АП, включаемых в кросс цифровой коммутационной станции;
- б) через мультиплексоры М, которые с помощью ИКМ-трактов включаются непосредственно в коммутационную станцию;
- в) через концентраторы К, которые с помощью ИКМ-трактов включаются непосредственно в коммутационную станцию.

В настоящее время в нашей стране активно внедряются современные виды цифрового оборудования абонентского доступа. К ним относятся:

г) беспроводные системы передачи (*BSC* - контроллер базовой станции системы радиодоступа; *BS* - базовая станция);

д) цифровые системы передачи для абонентских линий по технологии *xDSL* (*Digital Subscriber Loop*),

е) волоконно-оптические системы передачи (*OLT*, *ONU* - линейные комплекты оптической системы передачи).

Беспроводное подключение абонентов к сети обеспечивает максимальную мобильность и оперативность связи. Такой способ организации связи становится особенно необходимым, если прокладка кабеля невозможна или связана со значительными затратами. Полоса пропускания для систем радиодоступа ограничена предоставленным частотным ресурсом.

Установка *цифровых систем передачи по технологиям xDSL* на существующей абонентской распределительной сети позволяет быстро и с небольшими затратами увеличить пропускную способность АЛ, а также дает возможность обеспечить абонентам новые информационные возможности (например высокоскоростной доступ к сети Интернет).

Прокладка *волоконно-оптических линий связи* обеспечивает абонентам более широкие возможности по полосе пропускания, но прокладка нового кабеля, как правило, является длительным и дорогостоящим процессом. Ожидается, что в ближайшем будущем структура абонентской сети будет меняться и оптимальным будет доведение ВОЛС все ближе к оконечным абонентским устройствам, а также построение абонентской сети по принципу «кольца» с использованием оборудования системы передачи синхронной цифровой иерархии *SDH* со скоростью потока 155 Мбит/с.

Тема 5.3. Технологии xDSL

Проблемы при использовании телефонных каналов («классических» телефонных линий) для доступа в Internet:

- низкая пропускная способность,
- большая нагрузка на телефонные станции (средняя продолжительность телефонного разговора – 3-5 мин., средняя продолжительность модемной связи – 20 мин., а каждый пятый сеанс – более часа).

DSL – Digital Subscriber Line (цифровая абонентская линия).

xDSL – семейство технологий абонентского доступа типа «точка-точка», позволяющее предоставлять услуги передачи данных, голоса и видео по обычным телефонным проводам между оборудованием поставщика услуг сетевого доступа NAP (Network Access Provider) и узлом потребителя; реализует технологии физического уровня и предоставляет высокоскоростную среду для применения протоколов более высоких уровней и организации разнообразных сервисов (доступ к Internet и Intranet с применением протокола IP, передача видео и др.).

Возможности **xDSL**:

- повышение в десятки раз скорости передачи трафика по обычному телефонному проводу,
- низкокзатратный способ разгрузки коммутаторов телефонных станций от возросшего объема неголосового трафика,
- организации различных сервисов на единой платформе.

Идея:

- эффективное использование максимально-возможной полосы частот физической линии путем применения методов модуляции **2B1Q**, **CAP**, **DMT**.

Примеры:

1. **DSL**. Скорость до 160 кбит/с, 2B1Q, $L_{max}=7,5$ км при $d=0,5$ мм.
2. **HDSL** (High-bit-rate DSL). Скорость 768/1024 кбит/с по одной паре и 1536/2048 кбит/с по двум-трем парам кабеля без подбора параметров и симметрирования.
3. **SDSL** (Single Pair DSL). Скорость 2048 кбит/с по одной паре проводов, $L_{max}=3-4$ км при $d=0,4-0,5$ мм.
4. **MSDSL** (Multirate Symmetrical DSL). Возможна коррекция скорости передачи от расстояния (6,4 км при 768 кбит/с).

5. **ADSL** (Asymmetric DSL). До 8 Мбит/с в одном направлении и до 1 Мбит/с в другом. Реализация: с частотным разделением (FDM – FrequencyDivision Multiplexing) и эхо-подавлением.

6. **RADSL** (Rate Adaptive DSL). Скорость передачи может изменяться в зависимости от качества линии.

7. **SHDSL**. Скорость передачи данных до 2,3—4,6 Мбит/с.

8. **VDSL**. Скорость передачи данных до 15 Мбит/с.

Большинство технологий **xDSL** являются фирменными. Разработчики руководствуются требованиями стандарта ANSI T1.413, в котором указаны рекомендуемые шумовые и частотные характеристики оборудования, но не определен метод кодирования данных. При покупке услуги **xDSL** абонент получает маршрутизатор или модем **xDSL**, совместимый с оборудованием поставщика услуг.

G.Lite. Стандарт ITU-T. Предназначен для стандартизации параметров передачи, что позволяет пользователям выбирать на рынке совместимые между собой средства **xDSL**. Иногда называют Universal ADSL (**UDSL**) или **ADSL Lite**.

Для L до 3,5 км скорость 1,5 Мбит/с в направлении к абоненту и 384 кбит/с – в обратном направлении. Для L до 5,5 км - 640 кбит/с в направлении к абоненту и 196 кбит/с – в обратном направлении.

В большинстве технологий **xDSL** пользователь получает возможность по одной абонентской (телефонной) линии передавать поток данных и осуществлять речевую связь. Для этого на концах абонентской линии устанавливается частотный разделитель (сплиттер). Технология **G.Lite** является бесплиттерной, разделение речевого трафика и трафика данных выполняется непосредственно в модеме.

Установление соединения между **DSL**-модемами осуществляется согласно стандарту ITU-T G.994.1. Большинство устройств **DSL** обеспечивают автоматическое согласование параметров соединения, поддерживают функции сетевого управления и управления режимами питания. Для адаптации устройств **DSL** к резким изменениям, происходящим на линии связи, в них реализована функция быстрой перенастройки (fast retrain). В ходе согласования устройства могут обмениваться идентификаторами фирм-производителей и нестандартной информацией, используемой для реализации фирменных функций.

Поскольку линия **xDSL** заканчивается на телефонной станции, она всегда активна. И чтобы получить доступ в Internet, пользователю не нужно устанавливать коммутируемое соединение.

Тема 5.4. Технологии кодирования линейных сигналов

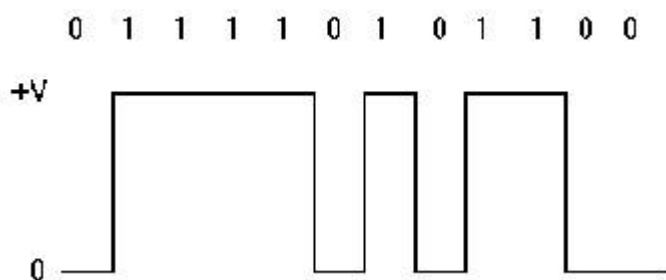
Цифровое кодирование (Digital Encoding), иногда не совсем корректно называемое модуляцией, определяет способ представления битов в физическом канале передачи данных. Рассмотрим различные варианты цифрового кодирования: от простого метода NRZ (Non Return to Zero без возврата к нулю) до гораздо более сложного HDB3 (High Density Bipolar 3 - биполярное кодирование с высокой плотностью, вариант 3). Простейший метод NRZ используется в протоколах на базе интерфейса RS232, в сетях Ethernet применяется кодирование PE, а в телефонии используется алгоритм HDB3 (этот метод служит для кодирования сигналов в потоках E1 и E2). Выбор метода кодирования зависит от полосы канала связи, используемой кабельной системы, скорости передачи данных и других параметров.

При кодировании цифровых сигналов должны выполняться определенные требования.

1. Малая полоса цифрового сигнала для возможности передачи большого объема данных по имеющемуся физическому каналу.
2. Невысокий уровень постоянного напряжения в линии.
3. Достаточно высокие перепады напряжения для возможности использования сигнальных импульсов (переходов напряжения) для синхронизации приемника и передатчика без добавления в поток сигналов дополнительной информации.

4. Неполяризованный сигнал для того, чтобы можно было не обращать внимания на полярность подключения проводников в каждой паре.

Обзор методов цифрового кодирования



NRZ - Non Return to Zero (без возврата к нулю)

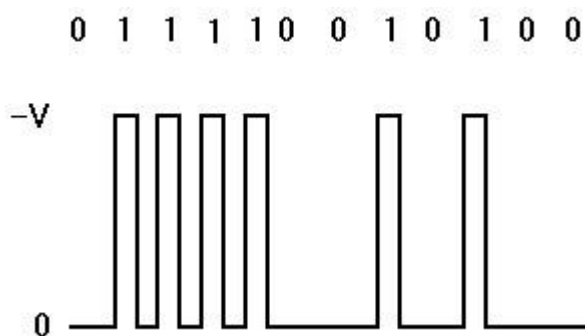
В этом варианте кодирования используется следующее представление битов:

биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);

биты 1 представляются напряжением +V.

Этот метод кодирования является наиболее простым и служит базой для построения более совершенных алгоритмов кодирования. Кодированию по методу NRZ присущ целый ряд недостатков:

- высокий уровень постоянного напряжения (среднее значение $1/2V$ вольт для последовательности, содержащей равное число 1 и 0);
- широкая полоса сигнала (от 0 Гц для последовательности, содержащей только 1 или только 0 до половины скорости передачи данных при чередовании 10101010);
- возможность возникновения продолжительных периодов передачи постоянного уровня (длинная последовательность 1 или 0) в результате чего затрудняется синхронизация устройств;
- сигнал является поляризованным.



RZ - Return to Zero (возврат к нулю)

Цифровые данные представляются следующим образом:

биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);

биты 1 представляются значением +V в первой половине и нулевым напряжением во второй, т.е. единице соответствует импульс напряжения продолжительностью в половину продолжительности передачи одного бита данных.

Этот метод имеет два преимущества по сравнению с кодированием NRZ:

- * средний уровень напряжения в линии составляет $1/4V$ (вместо $1/2 V$);
- * при передаче непрерывной последовательности 1 сигнал в линии не остается постоянным.

Однако при использовании кодирования RZ полоса сигнала может достигать значений, равных скорости передачи данных (при передаче последовательности 1).

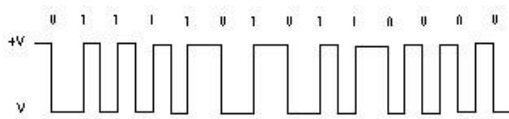
NRZ I - Non Return to Zero Invertive (инверсное кодирование без возврата к нулю)

Этот метод кодирования использует следующие представления битов цифрового потока:

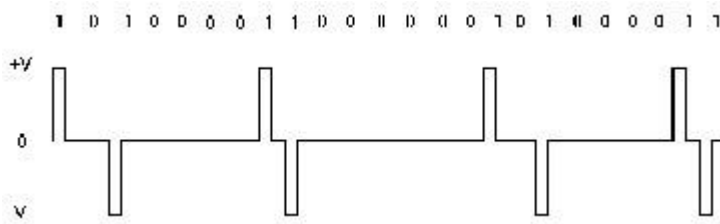
* биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);

* биты 1 представляются напряжением 0

или +V в зависимости от предшествовавшего этому биту напряжения. Если предыдущее напряжение было равно 0, единица будет представлена значением +V, а в случаях, когда предыдущий уровень составлял +V для представления единицы, будет использовано напряжение 0 В.



Этот алгоритм обеспечивает малую полосу (как при методе NRZ) в сочетании с частыми изменениями напряжения (как в RZ), а кроме того, обеспечивает неполярный сигнал (т. е. проводники в линии можно поменять местами).



AMI - Alternate Mark Inversion (поочередная инверсия единиц)

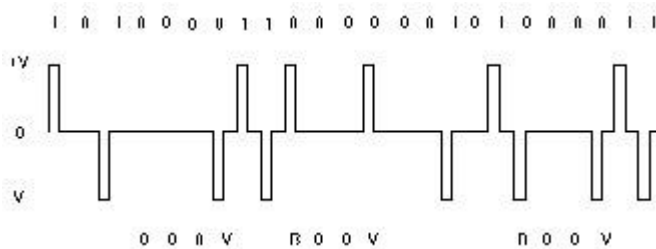
Этот метод кодирования использует следующие представления битов:

напряжением (0 биты 0 представляются нулевым значением (0 В));

* биты 1' представляются поочередно значениями +V и -V.

Этот метод подобен алгоритму RZ, но обеспечивает в линии нулевой уровень постоянного напряжения.

Недостатком метода AMI является ограничение на плотность нулей в потоке данных, поскольку длинные последовательности 0 ведут к потере синхронизации.



HDB3 - High Density Bipolar 3 (биполярное кодирование с высокой плотностью)

Представление битов в методе HDB3 лишь незначительно отличается от представления, используемого алгоритмом AMI:

При наличии в потоке данных 4 последовательных битов 0 последовательность изменяется на 000V, где полярность бита V такая же, как для предшествующего ненулевого импульса (в отличие от кодирования битов 1, для которых знак сигнала V изменяется поочередно для каждой единицы в потоке данных).

Этот алгоритм снимает ограничения на плотность 0, присущие кодированию AMI, но порождает взамен новую проблему - в линии появляется отличный от нуля уровень постоянного напряжения за счет того, что полярность отличных от нуля импульсов совпадает. Для решения этой проблемы полярность бита V изменяется по сравнению с полярностью предшествующего бита V. Когда это происходит, битовый поток изменяется на B00V, где полярность бита B совпадает с полярностью бита V. Когда приемник получает бит B, он думает, что этот сигнал соответствует значению 1, но после получения бита V (с такой же полярностью) приемник может корректно трактовать биты B и V как 0. Метод HDB3 удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к алгоритмам цифрового кодирования, но при использовании этого метода могут возникать некоторые проблемы.

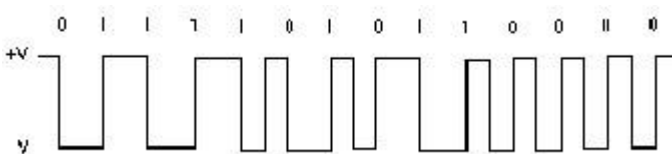
PE - Phase Encode (Manchester, фазовое кодирование, манчестерское кодирование)

При фазовом кодировании используется следующее представление битов:

* биты 0 представляются напряжением +V в первой половине бита и напряжением -V - во второй половине;

* биты 1 представляются напряжением -V в первой половине бита и напряжением +V - во второй половине.

Этот алгоритм удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, но передаваемый в линию сигнал имеет широкую полосу и является поляризованным.



CDP - Conditional Diphas

Этот метод является комбинацией алгоритмов NRZI и PE и использует следующие представления битов

цифрового

потока:

* биты 0 представляются переходом напряжения в том же направлении, что и для предшествующего бита (от +V к -V или от -V к +V);
* биты 1 представляются переходом напряжения в направлении, противоположном предшествующему биту (от +V к -V или от -V к +V).
Этот алгоритм обеспечивает неполярный сигнал, который занимает достаточно широкую полосу.

Раздел 6. Сети и системы сотовой связи

Тема 6.1. Принципы построения сетей сотовой связи

Сотовая связь - это наиболее современная и быстро развивающаяся область телекоммуникаций. Сотовой она называется потому, что территория, на которой обеспечивается связь, разбивается на отдельные ячейки или соты.

Как правило, в каждой соте абонент получает одинаковый набор услуг и в определенных территориальных границах получает эти услуги по равной цене. Таким образом, перемещаясь от одной соты к другой абонент не чувствует территориальной привязанности и может свободно пользоваться услугами связи. Также важным моментом является непрерывность соединения.

Перемещаясь соединение, установленное абонентом (голосовой звонок, пакетная передача данных) не должны прерываться. Это обеспечивается благодаря так называемому хэндоверу (Handover). Соединение установленное абонентом как бы подхватывается соседними сотами по эстафете, а абонент продолжает не подозревая разговаривать или путешествовать по просторам сети Интернет.

Итак, рассмотрим из чего же состоит сеть сотовой связи. Вся сеть делится на две подсистемы: подсистема базовых станций и подсистема коммутации.

Основными элементами подсистемы базовых станций (как не трудно догадаться) являются сами базовые станции (**BTS**). Они то как раз и создают те соты, о которых говорилось в начале. Каждая базовая станция, как правило, обслуживает три соты. Радиосигнал от базовой станции излучается через 3 секторные антенны, каждая из которых направлена на свою соту. Иногда можно встретить ситуацию, когда на одну соту направлены сразу несколько антенн одной базовой станции. Это связано с тем, что сеть сотовой связи работает в нескольких диапазонах (900 и 1800). Кроме того, на данной базовой станции может присутствовать оборудование сразу нескольких поколений связи (**2Gи3G**).

Наиболее привычным местом размещения базовой станции является башня или мачта, построенная специально для нее. Однако, в условиях городской местности трудно найти место под размещение массивного сооружения. Поэтому в крупных городах базовые станции размещаются на зданиях. Кроме того, в последнее время появляются мобильные варианты базовых станций, размещенных на грузовиках. Их очень удобно использовать во время стихийных бедствий или во местах массового собрания людей (футбольные стадионы, центральные площади) на время праздников, концертов, футбольных матчей. Но, к сожалению, из-за проблем в законодательстве широкого применения они пока не нашли.

Как это ни странно, но сотовые операторы часто разрешают своим конкурентам использовать свои башенные сооружения для размещения антенн (Естественно на взаимовыгодных условиях). Это вызвано тем, что строительство башни или мачты - это дорогое удовольствие, и такой обмен позволяет сэкономить не мало средств!

От подсистемы базовых станций сигнал передается в сторону подсистемы коммутации, где и происходит установление соединения с нужным абоненту направлением. В подсистеме коммутации есть ряд баз данных, в которых хранятся сведения об абонентах. Кроме того эта подсистема отвечает за безопасность.

Мы рассмотрели основные элементы сети сотовой связи. Здесь конкретно применялись термины стандарта **GSM**. Однако, и в предыдущих, и в последующих стандартах присутствуют аналогичные элементы и функции, лишь под другими названиями

Радиосвязь организуется не только с помощью сетей фиксированной радиосвязи, но и с использованием сетей с подвижными объектами (СРПО).

Сеть радиосвязи с подвижными объектами – это совокупность технических средств, с помощью которых можно предоставлять подвижным объектам связь между собой и с абонентами телефонной сети. Она предназначена для обслуживания абонентов при международном, национальном и региональном передвижениях (роуминг) и позволяет обеспечивать связь между абонентами при пересечении ими границ разных географических зон.

Сети радиосвязи с подвижными объектами классифицируются по нескольким признакам (рис. 6.1). Технологические СРПО принадлежат определённым ведомствам и службам (газовая промышленность, железнодорожный транспорт, скорая помощь, пожарная охрана и др.). Они предназначены для предоставления услуг радиосвязи ограниченному контингенту физических и юридических лиц.

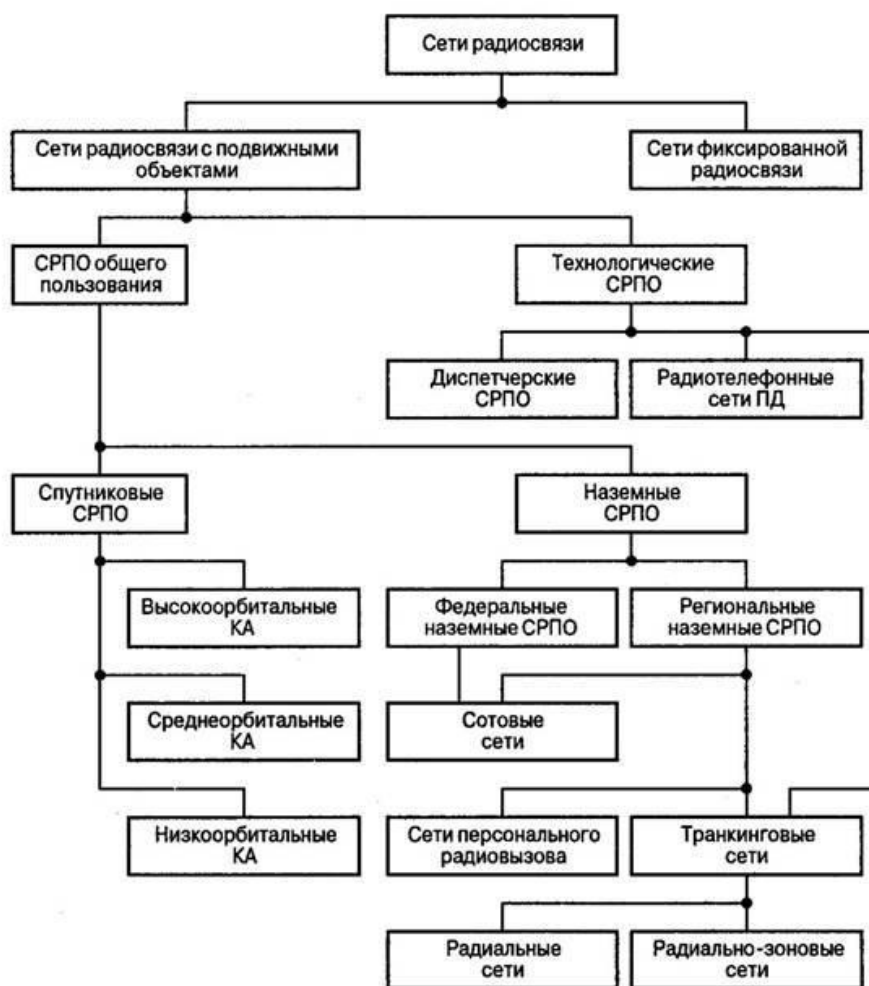


Рис. 6.1 Классификация сетей радиосвязи с подвижными объектами

Технологические СРПО подразделяются на диспетчерские, транкинговые и радиосети передачи данных. Диспетчерские СРПО предназначены для радиотелефонной связи должностных лиц органов управления с подчинёнными подвижными объектами, а также абонентов между собой.

Сотовые СРПО относятся к общедоступным сетям наземной радиосвязи с подвижными объектами, которые предоставляют абонентам все виды услуг обычной телефонной связи. Они построены в виде совокупности сетей, покрывающих обслуживаемую территорию, в которых для обеспечения эффективного использования выделенного частотного ресурса и высокой ёмкости сети применяется повторное использование частот.

Транкинговые (радиальные и радиально-зонавые) сети предназначены для предоставления услуг связи в основном абонентам ведомственных сетей на базе реализации многостанционного доступа к небольшому числу радиоканалов с ограниченным выходом

или без выхода на телефонную сеть общего пользования. Транкинговые сети позволяют заменить сети радиосвязи с фиксированным распределением частот и осуществить интеграцию в рамках одной сети связи различных групп пользователей с целью повышения эффективности применения радиочастотного спектра.

С топологической точки зрения сеть сотовой связи строится в виде совокупности ячеек, или сот, покрывающих обслуживаемую территорию. Общая структура сети сотовой радиосвязи с подвижными объектами показана на рис. 6.2.

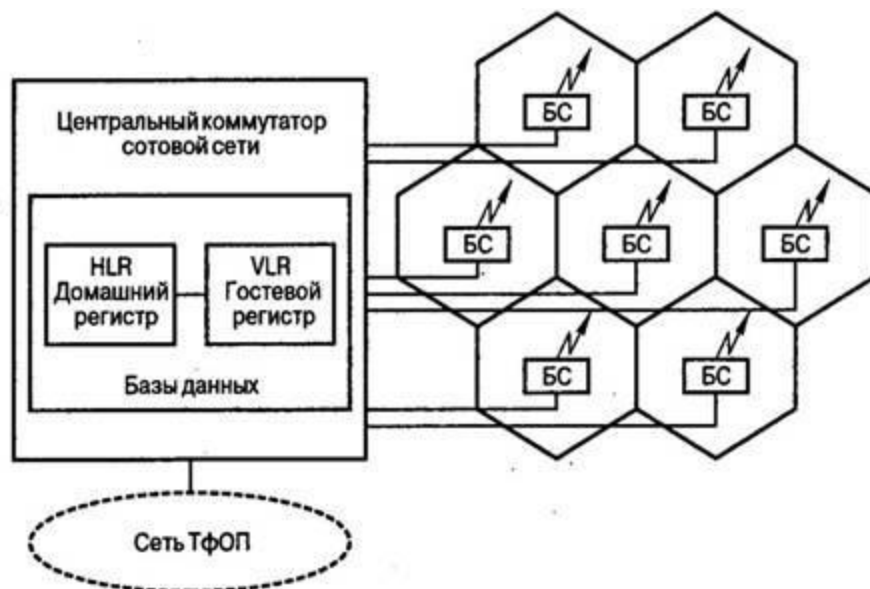


Рис. 6.2 Структура сотовой сети радиосвязи

Сотовая структура сети основана на принципе повторного использования частот – главном принципе сотовой сети. Элементами сотовой сети, кроме того, являются:

- центр коммутации;
- базовые станции;
- подвижные станции, или абонентские радиотелефонные аппараты.

Базовая станция (БС) сотовой связи обслуживает все подвижные станции в пределах своей ячейки, при этом ресурс для установления соединений базовая станция предоставляет по требованию подвижных абонентов, как правило, на равноправной основе.

При перемещении абонента из одной ячейки в другую происходит передача его обслуживания от одной базовой станции к другой. Все базовые станции сети, в свою очередь, замыкаются на центр коммутации, с которого имеется выход в единую сеть электросвязи РФ.

В настоящее время широко используется общеевропейский стандарт GSM-900. В этом стандарте передатчики подвижных станций работают в диапазоне частот 890–915 МГц, передатчики базовых станций – в диапазоне 935–960 МГц. Между диапазонами приёма и передачи предусмотрен постоянный разнос в 45 МГц. Каждый из поддиапазонов разбит на 124 частотных канала с шагом 200 кГц. Максимальная дальность связи 35 км.

В стандарте GSM обеспечивается высокая степень безопасности передаваемых сообщений за счёт их шифрования по алгоритму шифрования с открытым ключом. Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется рядом интерфейсов.

В технологии построения транкинговой связи используется принцип, при котором конкретный канал закрепляется для каждого сеанса связи индивидуально в зависимости от распределения нагрузки в системе, а трафик нагрузки в основном замыкается внутри сетей. Выход абонентов на сеть телефонной связи общего пользования (ТФОП) ограничен.

В настоящее время используют радиальные и радиально-зонавые транкинговые сети. Такая сеть включает:

- базовую станцию, состоящую из антенно-фидерного устройства, модулей приёмопередатчиков, контроллеров для каждого модуля приёмопередатчика и базового контроллера;
- зонное оборудование (станцию), состоящее из автономных ретрансляторов, соединительных линий с сетью общего пользования и контроллеров;
- оборудование управления, состоящее из системного терминала «менеджер системы», пультов диспетчера.

В транкинговых сетях, построенных по радиальному принципу, весь каналный ресурс закрепляется за одной центральной базовой станцией (ЦРС). Антенна такой станции размещается в наиболее высокой точке предполагаемого обслуживания рис. 6.3. Примером такой архитектуры является советская сеть радиосвязи «Антей», созданная в 1960 г.

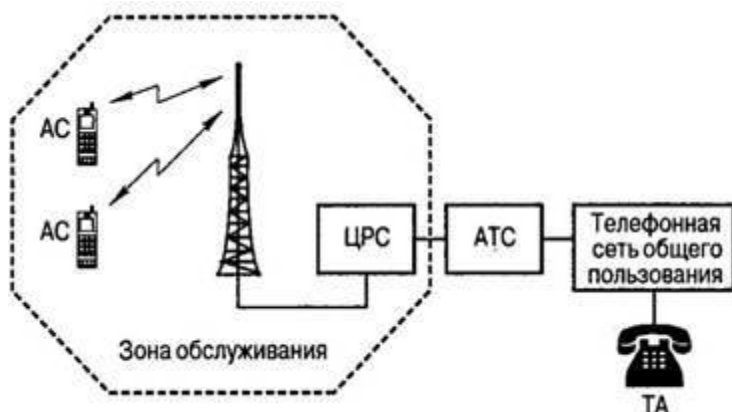


Рис. 6.3 Структура транкинговой сети, построенной по радиальному принципу

Рассматриваемая схема имеет ряд недостатков, в частности, для расширения зоны обслуживания необходимо увеличить мощность абонентской станции (АС), что соответственно повышает общий уровень помех.

При небольшом количестве абонентов увеличения зоны обслуживания можно добиться, используя радиально-зонный принцип. Формируется так называемая односотовая сеть с несколькими точками размещения антенн и с вещанием на общей волне. В этом случае наряду с главным пунктом размещения антенны (УКС) имеется ряд вспомогательных пунктов (ЗКС), соединённых линиями связи с главным (рис. 6.4.).

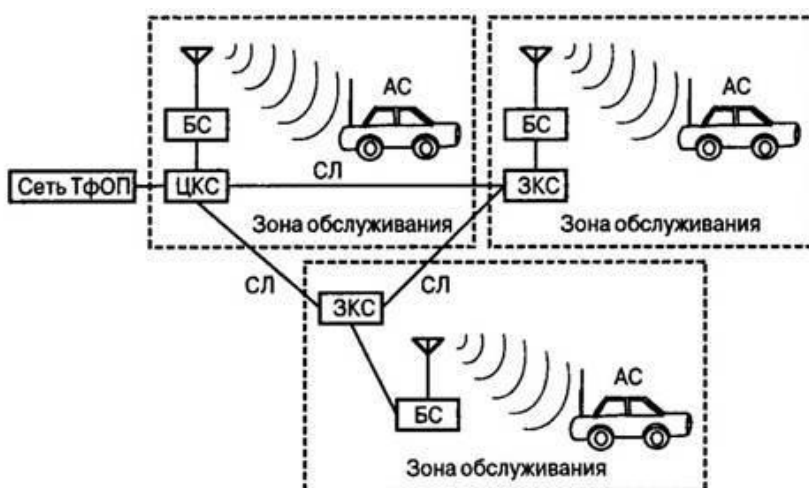


Рис.6.4 Структура транкинговой сети, построенной по радиально-зонному принципу

В общем случае технология построения транкинговых сетей предусматривает следующее:

– использование метода свободного выбора незанятого канала радиодоступа из выделенного в каждой зоне обслуживания пучка каналов. Это достигается образованием общего для всех пользователей в каждой зоне служебного (сигнального) канала, по которому в соответствующую базовую станцию поступают сигналы вызовов, включая идентификацию вызываемого абонента, а также номер вызывающего абонента;

– они не обеспечивают непрерывной связи при пересечении абонентами границ зон радиопокрытия базовых станций. «Эстафетная передача» заменена операцией повторного вхождения в сеть при ухудшении качества связи, обусловленного переходом пользователя из одной зоны в другую;

– наделение базовых станций функциями локального управления сотами путём непосредственного соединения абонентов, находящихся в зоне обеспечения, через локальный коммутатор, а также подключением подвижных пользователей к местной автоматической телефонной станции (АТС), имеющей прямые выходы на локальный коммутатор базовой станции или через диспетчерский пункт.

Тема 6.2. Структура элементов сотовой связи

Блок-схема цифровой подвижной станции (ПС) приведена на рис. 6.5. В ее состав входят: блок управления; приемопередающий блок; антенный блок.

Блок управления включает в себя микрофонную трубку (микрофон и динамик), клавиатуру и дисплей. Клавиатура служит для набора номера телефона вызываемого абонента, а также команд, определяющих режим работы ПС. Дисплей служит для отображения различной информации, предусматриваемой устройством и режимом работы станции.

Приемопередающий блок состоит из передатчика, приемника, синтезатора частот и логического блока.

В состав передатчика входят: АЦП - преобразует в цифровую форму сигнал с выхода микрофона и вся последующая обработка и передача сигнала речи производится в цифровой форме; кодер речи - осуществляет кодирование сигнала речи, т.е. преобразование сигнала, имеющего цифровую форму, по определенным законам с целью сокращения его избыточности; кодер канала - добавляет в цифровой сигнал, получаемый с выхода кодера речи, дополнительную (избыточную) информацию, предназначенную для защиты от ошибок при передаче сигнала по линии связи; с той же целью информация подвергается определенной переупаковке (перемежению); кроме того, кодер канала вводит в состав передаваемого сигнала информацию управления, поступающую от логического блока; модулятор - осуществляет перенос информации кодированного видеосигнала на несущую частоту.

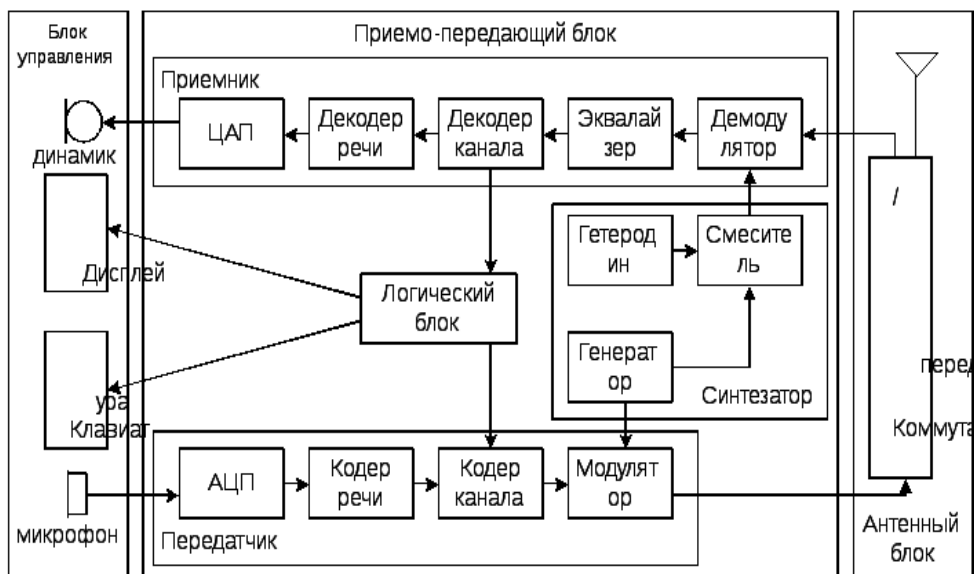


Рис. 6.5 – Блок-схема подвижной станции.

Приемник по составу соответствует передатчику, но с обратными функциями входящих в него блоков: демодулятор - выделяет из модулированного радиосигнала кодированный видеосигнал, несущий информацию; декодер канала - выделяет из входного потока управляющую информацию и направляет ее на логический блок; принятая информация проверяется на наличие ошибок, и выявленные ошибки исправляются; до последующей обработки принятая информация подвергается обратной (по отношению к кодеру) переупаковке; декодер речи - восстанавливает поступающий на него с кодера канала сигнал речи, переводя его в естественную форму, со свойственной ему избыточностью, но в цифровом виде; ЦАП - преобразует принятый цифровой сигнал речи в аналоговую форму и подает его на вход динамика; эквалайзер - 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 эквалайзера не является функционально необходимым и в некоторых случаях может отсутствовать.

Логический блок - это микрокомпьютер, осуществляющий управление работой ПС. Синтезатор является источником колебаний несущей частоты, используемой для передачи информации по радиоканалу. Наличие гетеродина и преобразователя частоты обусловлено тем, что для передачи и приема используются различные участки спектра (дуплексное разделение по частоте).

Антенный блок включает в себя антенну (в простейшем случае четвертьволновой штырь) и коммутатор прием/передача. Последний для цифровой станции может представлять собой электронный коммутатор, подключающий антенну либо на выход передатчика, либо на вход приемника, так как ПС цифровой системы никогда не работает на прием и передачу одновременно.

Блок-схема подвижной станции (рис. 6.5) является упрощенной. На ней не показаны усилители, селектирующие цепи, генераторы сигналов синхрочастот и цепи их разводки, схемы контроля мощности на передачу и прием и управления ею, схема управления частотой генератора для работы на определенном частотном канале и т.п. Для обеспечения конфиденциальности передачи информации в некоторых системах возможно использование режима шифрования; в этих случаях передатчик и приемник ПС включают соответственно блоки шифратора и дешифратора сообщений.

В ПС системы GSM предусмотрен специальный съемный модуль идентификации абонента (Subscriber Identity Module - SIM). Подвижная станция системы GSM включает также детектор речевой активности (Voice Activity Detector), который с целью экономного расходования энергии источника питания (уменьшения средней мощности излучения), а также снижения уровня помех, 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 комфортный шум. В необходимых случаях в ПС могут входить отдельные терминальные устройства, например факсимильный аппарат, в том числе подключаемые через специальные адаптеры с использованием соответствующих интерфейсов.

Блок-схема аналоговой ПС проще рассмотренной цифровой за счет отсутствия блоков АЦП/ЦАП и кодеков, но сложнее за счет более громоздкого дуплексного антенного переключателя, поскольку аналоговой станции приходится одновременно работать на передачу и на прием.

Блок-схема БС приведена на рис. 6.6. Особенностью БС является использование разнесенного приема, для чего станция должна иметь две приемные антенны. Кроме того, БС может иметь отдельные антенны на передачу и на прием. Другая особенность - наличие нескольких приемников и такого же числа передатчиков, позволяющих вести одновременную работу на нескольких каналах с различными частотами.

Одноименные приемники и передатчики имеют общие перестраиваемые опорные генераторы, обеспечивающие их согласованную перестройку при переходе с одного канала на другой; конкретное число N приемопередатчиков зависит от конструкции и комплектации

БС. Для обеспечения одновременной работы N приемников на одну приемную и N передатчиков на одну передающую антенну между приемной антенной и приемниками устанавливается делитель мощности на N выходов, а между передатчиками и передающей антенной - сумматор мощности на N входов.

Приемник и передатчик имеют ту же структуру, что и в ПС, за исключением того, что в них отсутствуют ЦАП и АЦП, поскольку и входной сигнал передатчика, и выходной сигнал приемника имеют цифровую форму. Возможны варианты, когда кодеки (либо только кодек речи, либо и кодек речи, и канальный кодек) конструктивно реализуются в составе ЦК, а не в составе приемопередатчиков БС, хотя функционально они остаются элементами приемопередатчиков.

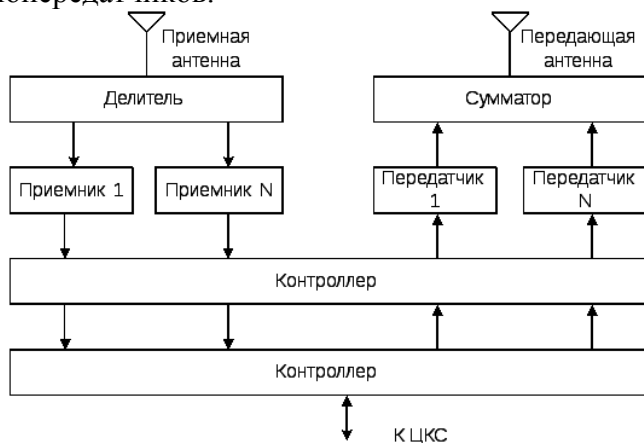


Рис. 6.6 – Блок-схема базовой станции

Блок сопряжения с линией связи осуществляет упаковку информации, передаваемой по линии связи на ЦК, и распаковку принимаемой от него информации. Для связи БС с ЦК обычно используется радиорелейная или волоконно-оптическая линия, если они не располагаются территориально в одном месте.

Контроллер БС (компьютер) обеспечивает управление работой станции, а также контроль работоспособности всех входящих в нее блоков и узлов.

Для обеспечения надежности многие блоки и узлы БС резервируются (дублируются), в состав станции включаются автономные источники бесперебойного питания (аккумуляторы).

В стандарте GSM используется понятие системы базовой станции (СБС), в которую входит контроллер базовой станции (КБС) и несколько (например, до шестнадцати) базовых приемопередатющих станций (БППС) - рис. 6.7. В частности, три БППС, расположенные в одном месте и замыкающиеся на общий КБС, могут обслуживать каждая свой 120-градусный азимутальный сектор в пределах ячейки или шесть БППС с одним КБС - шесть 60-градусных секторов.

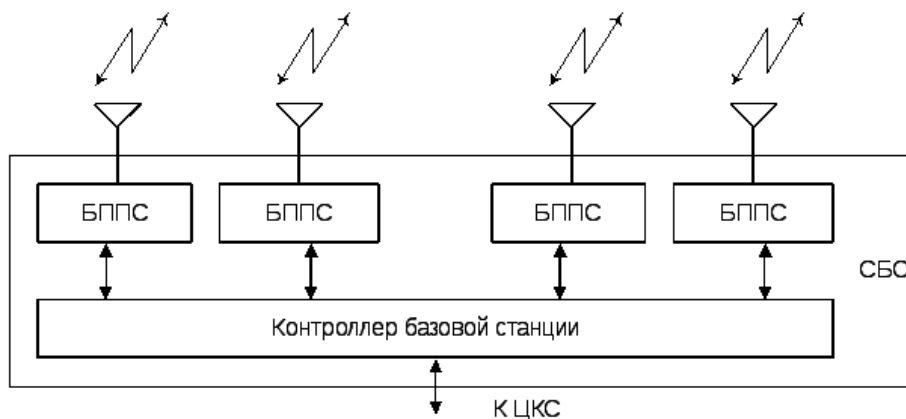


Рис. 6.7. – Система базовой станции стандарта GSM

В стандарте D-AMPS в аналогичном случае могут использоваться соответственно три или шесть независимых БС, каждая со своим контроллером, расположенных в одном месте и работающих каждая на свою секторную антенну.

Тема 6.3. Методы множественного доступа

Множественный доступ (multiple access) – организация совместного использования ограниченного участка спектра многими пользователями. **Технология множественного доступа** – способ распределения ресурса между каналами.

Основными методами множественного доступа являются:

1) *С частотным разделением каналов FDMA* (Frequency Division Multiple Access). В системах с FDMA каждому пользователю на время сеанса связи выделяется канал с полосой частот Δf_k в пределах общего частотного диапазона системы Δf_p (рисунок 6.8). Возможное число каналов для FDMA-систем определяется по формуле:

$$K = \frac{\Delta f_p}{\Delta f_k},$$

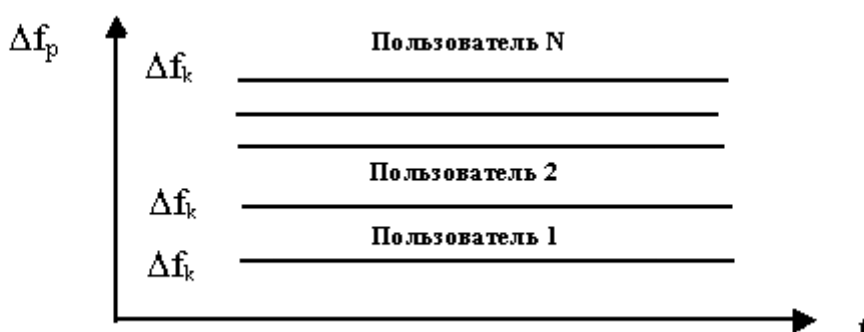


Рисунок 6.8 – Метод частотного разделения каналов FDMA

Метод FDMA используется во всех аналоговых системах сотовой связи (системах первого поколения) - при этом полоса Δf составляет 10...30 кГц. Недостаток FDMA - недостаточно эффективное использование полосы частот.

2) *С временным разделением каналов TDMA* (Time Division Multiple Access). В системах с TDMA каждому пользователю предоставляется канал с полосой Δf_k в течении временного интервала T_k , являющегося частью общего ресурса системы (цикла или кадра системы). В качестве примера на рисунке 6.9 показано разделение частотного канала между тремя пользователями.

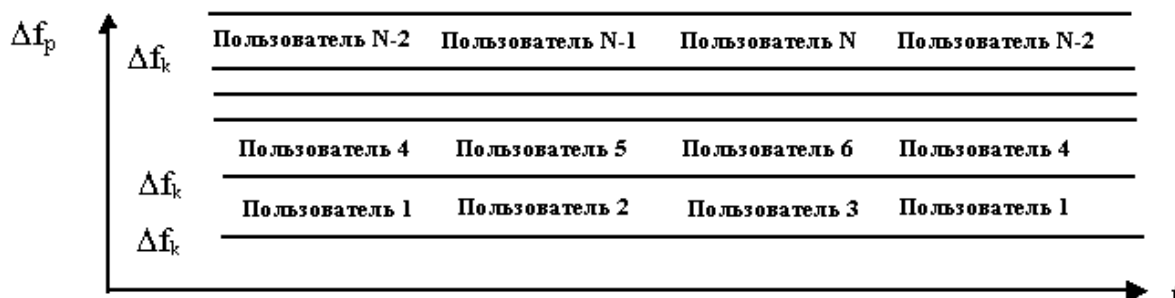


Рисунок 6.9 – Метод временного разделения каналов TDMA

Здесь рассматривается случай не одного, а нескольких частотных каналов, каждый из которых делится во времени между несколькими пользователями. Следовательно, этот метод использует сочетание метода FDMA с TDMA. Именно такой метод находит практическое применение в цифровых системах сотовой связи. Практическая реализация метода TDMA требует преобразования сигналов в цифровую форму и «сжатия» информации во времени. Цифровая обработка сигналов и метод TDMA используются в стандартах сотовой

связи второго поколения D-AMPS, GSM и др. Например, в стандарте *D-AMPS* при сохранении той же полосы частотного канала Df 10...30 кГц, что и в аналоговом стандарте AMPS, число физических каналов в нем возрастает втрое.

3) *С кодовым разделением каналов CDMA* (Code Division Multiple Access). В системах CDMA группа пользователей (64, 128) имеет доступ к широкой полосе частот (1,25 МГц). Принцип CDMA основан на использовании широкополосных сигналов (ШПС), полоса которых значительно превышает полосу частот, необходимую для обычной передачи сообщений. Сообщения пользователей преобразуются по индивидуальным алгоритмам, что дает возможность их передачи в общем для данной группы пользователей диапазоне частот.

Тема 6.4. Системы сотовой связи

Мобильная связь третьего поколения^[11] строится на основе пакетной передачи данных. Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона, как правило, в диапазоне около 2 ГГц, передавая данные со скоростью до 3,6 Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и телепрограммы и т. д.

3G включает в себя 5 стандартов семейства IMT-2000 (UMTS/WCDMA, CDMA2000/IMT-MC, TD-CDMA/TD-SCDMA (собственный стандарт Китая), DECT и UWC-136).

Наибольшее распространение в мире получили два стандарта: UMTS (или W-CDMA) и CDMA2000 (IMT-MC), в основе которых лежит одна и та же технология — CDMA (Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением каналов). Также возможно использование стандарта CDMA450.

Технология CDMA2000 обеспечивает эволюционный переход от узкополосных систем с кодовым разделением каналов IS-95 (американский стандарт цифровой сотовой связи второго поколения) к системам CDMA «третьего поколения» и получила наибольшее распространение на Североамериканском континенте, а также в странах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Технология UMTS (Universal Mobile Telecommunications System — универсальная система мобильной электросвязи) разработана для модернизации сетей GSM (европейского стандарта сотовой связи второго поколения), и получила широкое распространение не только в Европе, но и во многих других регионах мира.

Работа по стандартизации UMTS координируется международной группой 3GPP (Third Generation Partnership Project), а по стандартизации CDMA2000 — международной группой 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2), созданными и сосуществующими в рамках ИТУ.

По данным Wireless Intelligence, на конец ноября 2006г. в мире насчитывалось 364 млн абонентов 3G, из них 93,5 млн были подключены к сетям UMTS и 271,1 млн — к CDMA2000. Крупнейший оператор — японский NTT DoCoMo, по состоянию на апрель 2010 года количество абонентов превышает 56 млн человек^[12]

В сетях 3G обеспечивается предоставление двух базовых услуг: передача данных и передача голоса. Согласно регламентам ИТУ (International Telecommunications Union — Международный Союз Электросвязи) сети 3G должны поддерживать следующие скорости передачи данных:

- для абонентов с высокой мобильностью (до 120 км/ч) — не более 144 кбит/с;
- для абонентов с низкой мобильностью (до 3 км/ч) — 384 кбит/с;
- для неподвижных объектов — 2048 Кбит/с.

Основные тенденции 3G сетей:

- преобладание трафика data-cards (USB-модемы, ExpressCard/PCMCIA-карты для ноутбуков) над трафиком телефонов и смартфонов 3G;
- постоянное снижение цены 1 Мб трафика, обусловленное переходом операторов к более совершенным и эффективным технологиям.

Поколение	1G	2G	2,5G	3G	3,5G	4G
Начало	1970	1980	1985	1990	<2000	2000

разработок						
Реализация	1984	1991	1999	2002	2006-2007	2008-2010
Сервисы	аналоговый стандарт, речевые сообщения	цифровой стандарт, поддержка коротких сообщений (SMS), передача данных со скоростью до 9,6 кбит/с	большая ёмкость, пакетная передача данных, увеличение скорости сетей второго поколения	ещё большая ёмкость, скорости до 2 Мбит/с	увеличение скорости сетей третьего поколения	большая ёмкость, IP-ориентированная сеть, поддержка мультимедиа, скорости до сотен мегабит в секунду
Скорость передачи	1,9 кбит/с	9,6-14,4 кбит/с	115 кбит/с (1 фаза), 384 кбит/с (2 фаза)	2 Мбит/с	3-14 Мбит/с	100 Мбит/с - 1 Гбит/с
Стандарты	AMPS, TACS, NMT	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE (2.75G), 1xRTT	WCDMA, CDMA2000, UMTS	HSDPA, HSUPA, HSPA, HSPA+	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMAN-Advanced
Сеть	PSTN	PSTN	PSTN, сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных

Раздел 7. Основы теории телетрафика

Тема 7.1. Потoki вызовов

Потоком вызовов (в общем случае - событий) называется последовательность вызовов, поступающих через какие-либо интервалы или в какие-либо моменты времени. В теории массового обслуживания под потоком вызовов принято понимать не только последовательность вызовов, поступающих от группы абонентов или группы устройств телефонной сети, но и другие последовательности событий, например поток телеграмм, поток писем, поток неисправностей отдельных коммутационных устройств или телефонных сооружений в целом, поток информации, поступающей на ЭВМ, поток неисправностей в станках и т.п. Рассматриваемые в настоящей главе свойства, характеристики, закономерности потоков вызовов не ограничиваются узкими рамками изучения потоков телефонных вызовов, а имеют более широкую область применения.

Следует различать детерминированный и случайный потоки вызовов. Детерминированный поток вызовов с последовательность вызовов, в которой вызовы поступают в определенные, строго фиксированные неслучайные моменты или через определенные, строго фиксированные, неслучайные промежутки времени. Случайный поток вызовов отличается от детерминированного тем и только тем, что моменты поступления вызовов и промежутки времени между вызовами являются не строго фиксированными, а случайными величинами.

Детерминированные потоки являются частным случаем случайных потоков и на практике встречаются редко. Примерами их могут служить: поток сеансов связи с искусственными спутниками Земли, поток поступления деталей и выхода изделий ритмично работающего завода и т.п. Строго говоря, даже в таких потоках часто имеют место случайности. В связи с этим в теории телетрафика основное внимание уделяется рассмотрению случайных потоков вызовов.

Условимся в дальнейшем случайные величины обозначать прописными (большими) буквами, а их возможные значения с соответствующими строчными (малыми) буквами.

Поток вызовов может быть определен тремя эквивалентными способами: последовательностью вызывающих моментов t_1, t_2, \dots, t_n , последовательностью промежутков времени между вызывающими моментами z_1, z_2, \dots, z_n и последовательностью чисел k_1, k_2, \dots ,

k_n , определяющих количество вызовов, поступающих в течение заданных отрезков времени $(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n)$. При этом под вызывающим моментом понимается момент одновременного поступления одного, двух и более вызовов; для вызывающих моментов всегда, если $t_i > t_{i-1}$, то $z_i > 0$, в то время как для момента поступления вызова $t_i = t_{i-1}$ и $z_i = 0$.

Определение случайного потока вызовов связано с определением в вероятностном смысле либо последовательности вызывающих моментов, либо последовательности промежутков между вызывающими моментами, либо последовательности чисел вызовов, поступающих в течение отрезков времени $(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n)$.

Для задания случайных потоков вызовов, как и любых других случайных величин и процессов, используются функции распределения.

Введем некоторые ограничения на рассматриваемые случайные потоки вызовов.

Потоки вызовов подразделяются на неоднородные и однородные. В неоднородном потоке вызовов каждый вызов имеет две и более характеристики. Например, вызовы, поступающие от абонентов телефонной сети, определяются моментами их поступления, направлениями установления соединений, длительностью их обслуживания и другими характеристиками.

Аналогично телеграммы, поступающие на телеграф, характеризуются моментами их поступления, направлениями их передачи, количеством слов в телеграмме и т.д.

Однородный поток вызовов характеризуется последовательностью, определяющей только закономерность поступления вызовов, т.е. последовательностью моментов поступления вызовов или промежутков времени между вызовами, либо иным способом задания потока вызовов.

На практике потоки вызовов, как правило, являются неоднородными. Несмотря на это, целесообразно отдельно от других характеристик потоков вызовов изучить последовательности моментов поступления вызовов. Поэтому в дальнейшем под потоком вызовов будем понимать однородный поток вызовов.

Ограничимся рассмотрением потоков, в которых на любом конечном отрезке времени поступает конечное число вызовов и математическое ожидание числа поступающих вызовов также является конечной величиной. Такие потоки называются финитными.

Потоки с непрерывной ведущей функцией называются регулярными, а со ступенчатой - сингулярными. Вероятность поступления хотя бы одного вызова в определенный момент времени для регулярного потока равна нулю, а для сингулярного потока в моменты разрыва ведущей функции отлична от нуля. Нас интересуют только потоки вызовов с непрерывной ведущей функцией, т.е. регулярные потоки.

Таким образом, в дальнейшем рассматриваются случайные однородные финитные регулярные потоки.

Тема 7.2. Характеристики систем обслуживания вызовов

Дисциплина обслуживания - это набор правил в соответствии с которым происходит обслуживание вызовов и связанных с ним сообщений.

В системах распределения информации поступающие потоки сообщений могут обслуживаться в соответствии с двумя основными дисциплинами:

1) *без потерь* - для передачи каждого сообщения немедленно предоставляется требуемое соединение;

2) *с потерями* - часть сообщений получает отказ в обслуживании или их обслуживание задерживается на некоторое время.

По экономическим соображениям реальные системы коммутации проектируют как системы с потерями. В системах с потерями различают обслуживание:

· *с явными потерями*, при котором вызов и связанное с ним сообщение при получении отказа в немедленном установлении соединения полностью теряются и на обслуживание больше не поступают;

· *с условными потерями*, при котором сообщение, поступившее в момент занятости соединительных путей не пропадает, но задерживается обслуживание вызова, несущего это сообщение.

По способу обслуживания задержанных вызовов различают системы:

· с *ожиданием*, при котором задержанные вызовы становятся в очередь и обслуживаются по мере освобождения соединительных устройств, а потери выражаются в задержке обслуживания. Выбор источников из очереди может происходить в порядке поступления вызовов (упорядоченная очередь), в обратном порядке (реверсивная очередь), в случайном порядке (случайная очередь), с приоритетами относительным или абсолютным для некоторых категорий вызовов.

· с *повторными вызовами*, в которых задержанные вызовы повторяются через случайные или детерминированные промежутки времени до получения требуемого соединения. Здесь такие понятия как потери вызовов и сообщений разделяются, т. к. потеря отдельных вызовов (попыток) не ведет к явной потере сообщения. Происходит только задержка обслуживания, т. е. возникают условные потери.

Наряду со способами обслуживания с явными и условными потерями возможен ряд *комбинированных* способов. В системе с ожиданием часто ограничивается время пребывания источника в очереди или длина очереди. Тогда часть поступивших сообщений обслуживается с ожиданием, а часть - с повторением или с явными потерями. При обслуживании повторными вызовами возможны ограничения на число повторных попыток (длина очереди). При этом наряду с условными потерями возникают явные потери сообщений.

Для описания реальных коммутационных систем без ожидания используются модели с явными потерями сообщений и модели с повторными вызовами. Система с повторными вызовами математически более сложная и применяется при исследовании и расчете коммутационных систем со сравнительно высокими потерями, когда интенсивность потоков повторных вызовов велика. При этом часто для упрощенного описания реальных систем с возможностью повторения вызовов используется модель с явными потерями.

Тема 7.3. Распределение нагрузки на сетях связи

Качество обслуживания потоков вызовов рассмотрим на примере автоматических телефонных сетей. В нашей стране создается общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть, в состав которой входят междугородная, внутризоновые, городские и сельские телефонные сети. Основной дисциплиной обслуживания потоков вызовов на автоматически коммутируемых телефонных сетях в нашей стране является обслуживание с явными потерями. При этом основной количественной характеристикой качества обслуживания потоков вызовов является математическое ожидание величины потерь из-за отсутствия свободных и исправных соединительных устройств при установлении соединения между двумя телефонными аппаратами.

Пусть соединительный тракт содержит n последовательно включенных ступеней искания. Поступающий на i -ю ступень искания поток вызовов делится на r_i потоков в соответствии с числом направлений, организуемых на ступени искания (рисунок 7.1). Пусть на каждом направлении i -й ступени искания число соединительных устройств рассчитывается при величине потерь p_i ($i=1, 2, \dots, n$). Определим результирующую величину потерь p при установлении соединения между двумя телефонными аппаратами через n ступеней искания.

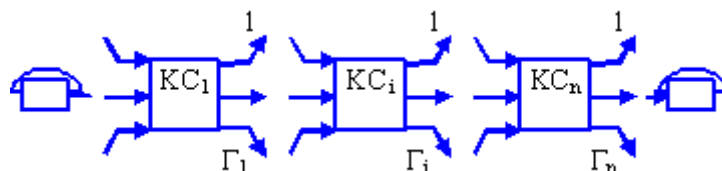


Рисунок 7.1 - Схема соединительного тракта сложной коммутационной системы

Исследования сложных коммутационных систем показали, что величина p зависит от величин потерь на отдельных ступенях искания p_i ($i=1, 2, \dots, n$), числа ступеней искания n , числа направлений r , включаемых в каждую ступень искания, т. е. $p = f(p_1, p_2, \dots, p_n, n, r_1, r_2, \dots, r_n)$. При этом величина потерь p находится в пределах

$$P_{\max} \leq p \leq \sum_{i=1}^n p_i, \quad (7.1)$$

где $P_{\max} = \max_i \{p_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ - максимальное из значений потерь на ступенях искания сложной коммутационной системы.

Если на входы и выходы любого числа ступеней искания включено только одно направление, то имеет место равенство

$$p = P_{\max}. \quad (7.2)$$

В другом предельном случае при $r \rightarrow \infty$ процессы обслуживания потоков, поступающих на направления разных ступеней искания, независимы и математическое ожидание величины потерь p при установлении соединения между двумя телефонными аппаратами через n ступеней искания определяется из выражения

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (7.3)$$

Действительно, вероятность того, что поступающий вызов будет обслужен на первой ступени, равна $(1-p_1)$, на второй ступени - $(1-p_2)$ и т. д., на n -й ступени - $(1-p_n)$. Тогда вероятность того, что поступающий вызов будет обслужен и на первой, и на второй, и т. д., и

на n -й ступени $\prod_{i=1}^n (1 - p_i)$ искания, равна, а искомая вероятность того, что вызов не будет обслужен хотя бы на одной ступени искания, определится из выражения (7.3).

В реальных коммутационных системах величина r конечна. Так как каждый вызов занимает соединительные устройства нескольких ступеней искания, то состояния этих ступеней не являются независимыми. Кроме того, из-за потерь на ступенях искания меняется характер потока вызовов, поэтому формула (7.3) является приближенной. В большинстве практических случаев $p_i \leq 0,01$ ($i=1, 2, \dots, n$) и без большой погрешности выражение (7.3) можно заменить следующей простой формулой:

$$p \approx \sum_{i=1}^n p_i, \quad (7.4)$$

так как члены, содержащие произведения, в этом случае пренебрежимо малы. В соответствии с (7.4) результирующие потери равны сумме потерь на всех ступенях искания, поэтому потери p называют суммарными потерями.

Из предыдущих глав известно, что с уменьшением потерь (повышением качества обслуживания) увеличивается объем станционных и линейных сооружений, а следовательно, и затраты на построение сети. Емкости пучков линий (каналов) и их протяженность существенно различаются на междугородной, внутризонавых, городских и сельских телефонных сетях. На любой сети затраты на построение отдельных участков соединительного тракта также могут значительно различаться. Для снижения суммарных затрат на построение телефонных сетей нормируется тем большая величина суммарных потерь на сети, чем больше протяженность пучков линий (каналов) и меньше их емкости. По этим соображениям минимальная норма суммарных потерь принята на городских телефонных сетях и большая - на сельских телефонных сетях, на которых преобладают пучки соединительных линий малой емкости. В пределах одной сети суммарные потери распределяются по ступеням искания таким образом, что на более дорогие участки соединительного тракта отводится большая величина потерь.

Нормы потерь при городской телефонной связи. Суммарные потери при установлении соединения между двумя телефонными аппаратами одной ГТС не должны превышать 0,02-0,03; при связи между телефонными аппаратами ГТС и телефонным аппаратом пригородной зоны, на которой приняты нормы потерь ГТС, - 0,04. Величина потерь на участках между входами соседних ступеней ГИ, а также между входами последней ступени ГИ и ЛИ (АИ) не должна превышать 0,005; на участке ПИ-ППИ узла специальных служб - 0,001.

Нормы потерь при сельской телефонной связи. Суммарные потери при установлении соединений между двумя телефонными аппаратами одной СТС не должны превышать 0,035-0,11. Потери при расчете количества соединительных линий на участках оконечная станция (ОС) - центральная станция (ЦС), оконечная станция - узловая станция (УС) не должны превышать 0,02 - 0,03; на участке УС-ЦС-0,01. Потери между входами соседних ступеней ГИ, а также между входами последней ступени ГИ и ЛИ (АИ) АТС не должны превышать 0,005; на участке ПГИ-ППГИ специальных служб - 0,001.

Нормы потерь при зоновой телефонной связи. Суммарные потери при установлении соединений между двумя телефонными аппаратами разных местных сетей одной зоновой телефонной сети (ЗТС) не должны превышать 0,03-0,125. Нормы потерь на участках соединительного тракта ЗТС приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 - Нормы потерь на участках соединительного тракта ЗТС

Участок	Нормы потерь на участках соединительного тракта ЗТС		
	Города, где расположены АМТС	Райцентры	Выделенные города
ПГИ-АМТС	0,005	0,01	0,01
АМТС- РАТС (УВСМ)	0,002	-	0,01
АМТС-ЦС	-	0,01	-
Между входами соседних ступеней ГИМ	0,001	0,001	0,001

Нормы потерь при междугородной телефонной связи. Суммарные потери при установлении соединений между двумя телефонными аппаратами ГТС, расположенных в разных зонах семизначной нумерации, не должны превышать 0,1. Количество каналов на одном участке пути последнего выбора должно рассчитываться при величине потерь 0,01. Вероятность потерь в коммутационной системе станций типов АМТС-4, АРМ-20, АМТС-КЭ, УАК-КЭ не должна превышать 0,003; АМТС-2 и АМТС-3 - 0,007. Нормы потерь на участках телефонный аппарат - АМТС и АМТС - телефонный аппарат такие же, как при зоновой телефонной связи.

Тема 7.4. Системы обслуживания вызовов

На практике кроме дисциплин обслуживания с явными и условными потерями встречаются различные их комбинации.

Дисциплиной обслуживания с комбинированными потерями называется такая, при которой часть поступающих вызовов обслуживается с явными потерями, а другая часть – с условными или все вызовы обслуживаются с условными потерями, ограниченными по какому-либо признаку. Например, ограничивается число вызовов, находящихся на ожидании, или ограничивается время ожидания начала обслуживания (если вызов находится на ожидании сверх допустимого времени ожидания, то ему отказывается в обслуживании). Другой пример. Абонент, получивший отказ в соединении, повторяет попытки установления соединения. После нескольких повторных вызовов абонент может отказаться от дальнейших попыток установления соединения (вызов теряется). Для оценки качества обслуживания с комбинированными потерями используются характеристики дисциплин обслуживания с явными и условными потерями.

Дисциплины обслуживания с потерями бывают без приоритетов и с приоритетами.

Дисциплиной обслуживания с приоритетами называется такая, при которой поступающие вызовы делятся на категории и вызовы более высокой категории при обслуживании имеют какие-либо преимущества (приоритеты) перед вызовами более низкой категории, и без приоритетов, если ни один из поступающих вызовов не имеет каких-либо преимуществ в обслуживании перед другими.

Примером дисциплины обслуживания с приоритетом может служить установление местных и междугородных соединений на АТС. При занятости абонентской линии местным соединением другое местное соединение с этой линией установлено быть не может, однако

телефонистка междугородной станции может подключиться к абонентской линии, занятой местным соединением, и прервать последнее в пользу междугородного. Другой пример. При автоматической междугородной связи все вызовы делятся на обычные и приоритетные. На автоматической междугородной станции в случае занятости всех каналов в прямых и обходных направлениях обычному вызову отказывается в соединении (вызов теряется), а приоритетный вызов устанавливается на ожидание одновременно по двум направлениям. Ясно, что качество обслуживания обычных и приоритетных вызовов различно.

Дисциплины обслуживания с комбинированными потерями и с приоритетами имеют большое количество разновидностей и подробно рассматриваются в теории массового обслуживания.

Раздел 8. Построение систем коммутации

Тема 8.1. Способы коммутации на сетях связи

В любой сети связи всегда применяется какой-либо способ коммутации, обеспечивающий с помощью коммутаторов доступность имеющихся физических каналов одновременно для нескольких сеансов связи между абонентами сети, каждый из которых соединяется с ближайшим коммутатором индивидуальной линией связи. В любой момент времени эта линия используется только одним абонентом, а между коммутаторами линии связи используются совместно многими абонентами.

Используются два принципиально различных способа коммутации абонентов в сетях: коммутация каналов, коммутация сообщений/коммутация пакетов. Сети с коммутацией сообщений и коммутацией пакетов относятся к типу сетей с промежуточным хранением передаваемой информации. Сети с коммутацией каналов и коммутацией пакетов разделяются, кроме того, на два класса – на сети с динамической коммутацией и сети с постоянной коммутацией.

В сетях с динамической коммутацией соединение абонента с любым другим устанавливается сетью по инициативе абонента, продолжается определенное время (от нескольких секунд до нескольких часов) и завершается также по инициативе абонента по окончании обмена информацией. Такой режим работы поддерживают телефонные сети общего пользования, локальные сети, сети TCP/IP.

В сетях с постоянной коммутацией соединение между взаимодействующими пользователями устанавливается персоналом сети на длительное время (несколько месяцев и более). Режим постоянной коммутации популярен в сетях технологии SDH, где создаются выделенные каналы связи с пропускной способностью в несколько гигабитов в секунду.

При коммутации каналов между связываемыми конечными пунктами на протяжении всего временного интервала соединения обеспечивается обмен в реальном масштабе времени, причем биты передаются с неизменной скоростью по каналу с постоянной полосой пропускания. Между абонентами устанавливается сквозной составной канал связи до начала передачи информации. Этот канал формируется из отдельных участков с одинаковой пропускной способностью. Прохождение отдельного сигнала вызова обеспечивается с помощью последовательного включения нескольких коммутационных устройств, размещаемых в центрах коммутации каналов (ЦКК). Каждое устройство резервирует за собой физическое соединение между одним входящим и одним исходящим каналами. Если при установлении сквозного канала связи занята вызываемая сторона или хотя бы одно из коммутационных устройств в цепочке прохождения сигнала вызова, последний будет блокироваться, и абонент, инициировавший вызов, должен спустя некоторое время его повторить.

Время установления сквозного канала связи обычно бывает большим из-за необходимости организации взаимодействия значительного числа устройств коммутации. После установления такого канала ЦКК выполняют минимальное число функций, хотя при этом может передаваться большой объем информации. Следовательно, при использовании метода коммутации каналов передача информации обеспечивается двумя основными составляющими в расходной части ресурсов: ресурсами для организации вызова и ресурсами для поддержания в ЦКК коммутационных устройств или для организации распределения

временных каналов. Первая составляющая не зависит от объема передаваемой информации, а вторая - прямо пропорциональна интервалу времени, в течение которого происходит соединение.

Коммутаторы и соединяющие их каналы должны обеспечивать одновременную передачу данных нескольких абонентских каналов, поэтому они должны быть высокоскоростными и поддерживать одну из двух техник мультиплексирования абонентских каналов:

- технику частотного мультиплексирования (FDM), когда для разделения абонентских каналов используется модуляция высокочастотного несущего синусоидального сигнала низкочастотным сигналом, порождаемым звуковыми колебаниями (частотное разделение характерно, таким образом, для аналоговой модуляции сигналов);

- технику мультиплексирования с разделением времени (TDM), когда аппаратура TDM-сетей (мультиплексоры, коммутаторы, демультимплексоры) работает в режиме разделения времени, поочередно обслуживая в течение цикла своей работы все абонентские каналы. Временное разделение характерно для цифрового кодирования. Сети TDM требуют синхронной работы всего оборудования, поэтому такая техника мультиплексирования имеет и другое название – техника синхронного режима передачи (STM). В настоящее время практически все данные (голос, изображение, компьютерные данные) передаются в цифровой форме, поэтому выделенные каналы TDM-технологии, обеспечивающие нижний уровень для передачи цифровых данных, являются универсальными каналами для построения сетей любого типа: телефонных, компьютерных, телевизионных.

Некоторые сети поддерживают оба режима работы, например сети X.25 и ATM.

В качестве недостатков метода коммутации каналов можно указать следующие:

- большое время установления сквозного канала связи из-за возможного ожидания освобождения отдельных его участков;

- необходимость повторной передачи сигнала вызова из-за занятости вызываемой стороны или какого-либо коммутационного устройства в цепочке прохождения этого сигнала (в связи с этим система, в которой реализуется метод коммутации каналов, относится к классу систем с потерей запросов на обслуживание);

- отсутствие возможности выбора скоростей передачи информации;

- наращивание функций и возможностей сети ограничено;

- не обеспечивается равномерность загрузки каналов связи (возможности по сглаживанию загрузки весьма ограничены).

Преимущества метода коммутации каналов:

- отработанность технологии коммутации каналов (первое коммутационное устройство появилось еще в конце XIX-го века);

- возможность работы в диалоговом режиме и в реальном масштабе времени;

- обеспечение как битовой прозрачности, так и прозрачности по времени независимо от числа ЦКК между абонентами;

- гарантированная пропускная способность сети после установления соединения (это важно при передаче голоса, изображения, управления объектами в реальном масштабе времени);

- довольно широкая область применения. Сети с коммутацией каналов хорошо приспособлены для коммутации потоков данных постоянной скорости, когда единицей коммутации является долговременный синхронный поток данных между взаимодействующими абонентами.

Недостатки метода коммутации сообщений:

- необходимость реализации достаточно серьезных требований к емкости буферных ЗУ в узлах связи для приема больших сообщений, что обуславливается сохранением их целостности;

- недостаточные возможности по реализации диалогового режима и работы в реальном масштабе времени при передаче данных;

- выход из строя всей сети при отказе коммутатора, так как через него проходят все потоки данных (это характерно для структуры "главный - подчиненный");

- коммутатор сообщений является потенциально узким местом по пропускной способности;

- каналы передачи данных используются менее эффективно по сравнению с другими методами коммутации с промежуточным хранением.

Преимущества метода:

- отсутствие необходимости в заблаговременном (до начала передачи данных) установлении сквозного канала связи между абонентами;

- возможность формирования маршрута из отдельных участков с различной пропускной способностью;

- реализация различных систем обслуживания запросов с учетом их приоритетов;

- возможность сглаживания пиковых нагрузок путем запоминания низкоприоритетных потоков в периоды этих нагрузок;

- отсутствие потерь запросов на обслуживание.

Тема 8.2. Коммутационные приборы и элементы

Коммутационные приборы служат для создания коммутационных устройств, с помощью которых происходит соединение оконечных абонентских устройств и каналов связи для передачи и приема информации. Коммутация осуществляется в коммутационных станциях, являющихся составными частями сети электросвязи. В качестве коммутационных станций могут быть, например, телефонные и телеграфные станции ручного и автоматического действия. Для создания в них цепей коммутации и управления соединением применяются различные приборы, основные из которых рассмотрены ниже.

Коммутационные приборы характеризуются коммутационными параметрами: коммутационным коэффициентом K , представляющим собой отношение сопротивлений коммутационного элемента (например, контакта реле) в закрытом (разомкнутом) состоянии R_1 и в открытом (замкнутом) состоянии R_2 , т. е. $K = R_1/R_2$; временем переключения, под которым понимают время перехода элемента из одного состояния в другое, например время срабатывания или отпускания реле или время переключения транзистора; сроком службы, или долговечностью, под которыми понимают допустимое число переключений для электромеханических приборов или допустимое время работы (для электронных и магнитных приборов); интенсивностью отказов, т.е. вероятностью отказов в единицу времени; вносимым затуханием в тракт передачи информации.

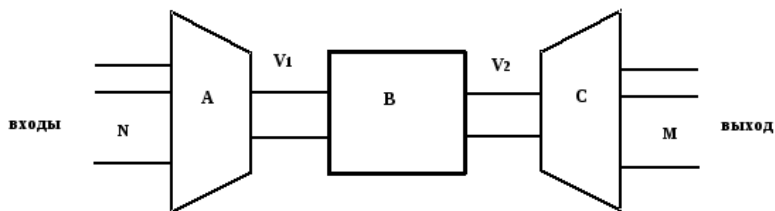
Требования к коммутационным приборам, используемым для коммутации каналов, существенно отличаются от требований, предъявляемых к коммутационным приборам для построения управляющих устройств. Для приборов, используемых для коммутации каналов, необходимо иметь коммутационный коэффициент 10^9 — 10^{12} , а для устройств управления достаточно иметь 10^3 — 10^5 . Коммутационные приборы, включенные в каналы, должны вносить затухание не более 1,3 дБ в пределах всего узла коммутации, обеспечивать высокое переходное затухание между коммутируемыми каналами (примерно 78 дБ), иметь низкий уровень шумов (не более 60 дБ). К коммутационным приборам управляющих устройств предъявляются более высокие требования по надежности и скорости работы.

В коммутационных системах используют коммутационные приборы, соединительные электрические шнуры, реле, искатели, электромеханические и электронные соединители, а также электронные приборы. Электронные приборы обладают высоким быстродействием и большим сроком службы, но уступают электромеханическим приборам по стоимости.

Тема 8.3. Коммутационные поля и блоки

Одним из основных частей коммутационной системы является *коммутационное поле* (КП). Его рациональное построение позволяет при минимальных затратах оборудования обеспечить требуемое качество обслуживания вызовов. Структура КП показана на рисунке 8.1. Наибольшее распространение получили коммутационные поля с пространственным разделением каналов, которые используются в автоматических станциях для местной и междугородной связи. В настоящее время внедряются коммутационные

станции, у которых в КП используется временное деление каналов. Коммутационное поле узла строится из отдельных частей.



A, B, C – ступени искания (звенья)

Рисунок 8.1 – Структура коммутационного поля

Коммутационные поля разделяются на **ступени искания (звенья)** – группа коммутационных приборов, выполняющих одинаковые функции.

С помощью КП через внутростанционные линии V_1 и V_2 N входов соединяются с M выходами. Чаще всего соотношение между числом линий следующее: $N > V_1$; $V_1 = V_2$; $V_2 < M$.

На ступени А осуществляется переход от большого числа входов N (абонентских линий) к меньшему числу внутростанционных линий V_1 , т. е. выполняется **функция сжатия**. На ступени В внутростанционные линии V_1 коммутируются с внутростанционными линиями V_2 , т. е. выполняется **функция коммутации**. На ступени С осуществляется переход от внутростанционных линий V_2 к требуемому числу выходов M , то есть выполняется **функция расширения**.

Ступени искания строятся на основе коммутационных схем, которые можно классифицировать по следующим признакам:

1. по соотношению числа входов и выходов:
 - **схемы концентрации или сжатия** (рисунок 8.2);

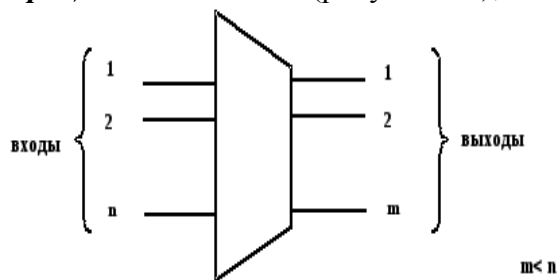


Рисунок 8.2 – Схема концентрации

- **схемы расширения** (рисунок 8.3);

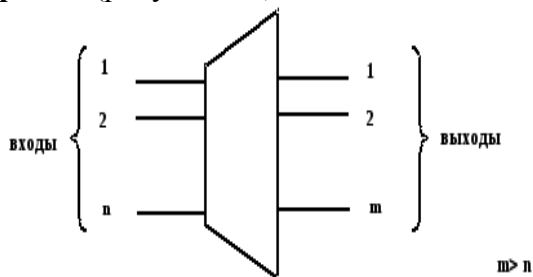


Рисунок 8.3 – Схема расширения

- **схемы смешивания** (рисунок 8. 4);

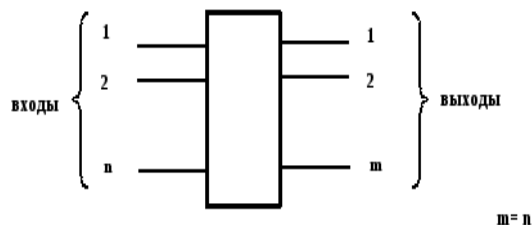


Рисунок 8.4 – Схема смешивания

2. по количеству точек коммутации между входом и выходом:

- **однозвенные** или **однокаскадные**, в которых соединение входа с выходом осуществляется через одну точку коммутации (рисунок 8.5);

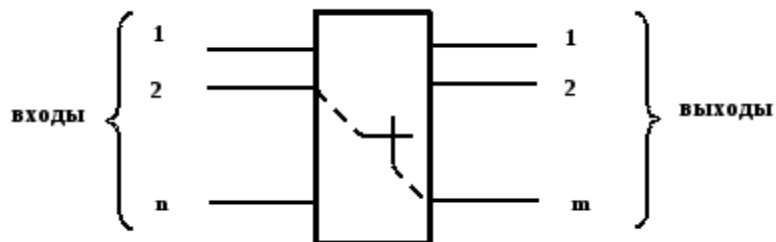
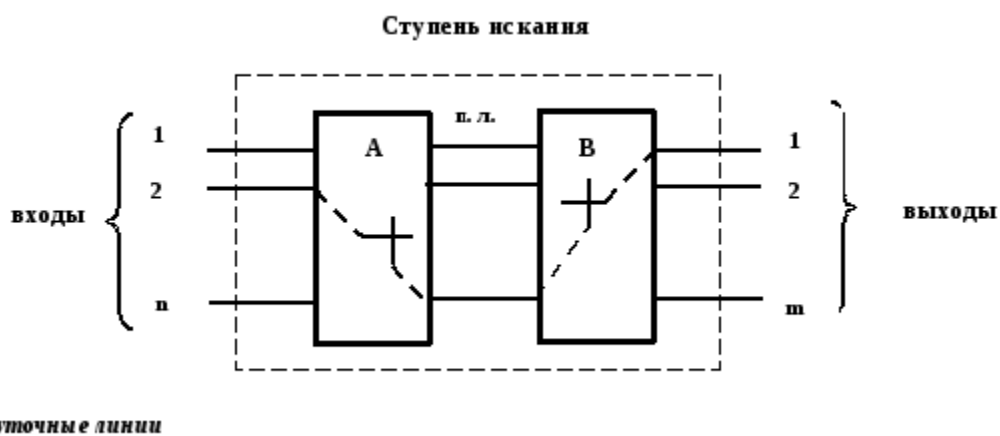


Рисунок 8.5 – Однозвенная ступень искания

- **многозвенные**, в которых соединение входа с выходом осуществляется через несколько точек коммутации, например, через две (рисунок 8.6).



п. л. – промежуточные линии

Рисунок 8.6 – Двухзвенная ступень искания

Принято обозначать звенья коммутационной схемы буквами английского алфавита: А, В, С, D и т.д. Многозвенные схемы используются для увеличения доступности. В данных коммутационных схемах применяется принцип **обусловленного искания**: выбирается такой выход, к которому есть свободная промежуточная линия, доступная входу.

Если на каждой из частей КП соединение устанавливается независимо от наличия соединительных путей к требуемому выходу в последующих частях КП, то указанные части КП представляют собой ступени искания.

Ступень искания в свою очередь состоит из соединенных между собой однотипных коммутационных блоков. Под коммутационным блоком понимают совокупность коммутационных приборов имеющих все или часть общих выходов. Соответствующим соединением входов и выходов коммутационных приборов можно получить

коммутационный блок с требуемыми параметрами для построения КП или его отдельных частей.

Коммутационные блоки (КБ) можно строить на коммутационных приборах различных типов.

Объединяя определенным образом входы и выходы коммутационных приборов, можно получить КБ, обладающие теми или иными структурными параметрами. От структурных параметров и их соотношения зависит пропускная способность КБ и потери сообщения, которые могут иметь место при установлении соединения через данный блок.

КБ характеризуется следующими параметрами:

- числом входов и выходов;
- числом промежуточных линий;
- доступностью входов по отношению к выходам;
- числом точек коммутации, при установлении соединения между входом выходом, т. е. числом звеньев соединения;
- общим числом точек коммутации для построения блока;
- проводностью линий, коммутируемых в блоке;
- числом одновременных соединений в блоке.

При построении КБ с требуемыми структурными параметрами из отдельных приборов могут выполняться следующие операции:

- объединение входов;
- объединение выходов;
- последовательное соединение приборов, т. е. выход одного прибора соединяется со входом другого. коммутационные блоки могут быть построены с использованием одновременно нескольких операций.

В коммутационном блоке включение выходов по отношению к входам может быть полностью доступным и частично доступным.

Полностью доступным включением называется такое, при котором вход блока может быть соединен только с любым свободным выходом. Если вход можно соединить только с частью определенных выходов блока, то такое включение называется *частично доступным*. Число выходов блока, с которыми вход блока может получить соединение, называется *доступностью D*.

Коммутационные блоки.

Коммутационным блоком (КБ) называется совокупность приборов, имеющих все или часть общих выходов. Для реализации КБ используются коммутационные приборы 4-х типов, рассмотренные ранее. Коммутационные блоки с требуемыми параметрами можно получить объединением входов, выходов или входов и выходов одновременно. В зависимости от того, как использованы приборы для подключения входа к выходу, КБ могут быть однозвенными и многозвенными, полностью доступными и частично доступными. Доступностью *D* называется число выходов блока, с которым вход блока может получить соединение через посредство коммутационного прибора.

КБ называется однозвенным, если для соединения входа с выходом требуется коммутация в одной точке. КБ называется многозвенным, если для коммутации входа с выходом требуется коммутация в двух и более точках.

Тема 8.4. Коммутационные схемы и их характеристики

Системы распределения информации имеют конечное число каналов для обслуживания вызовов между абонентами. При поступлении очередного вызова система связывает один из своих входов с одним из выходов с помощью коммутационных устройств. Соединение нескольких коммутационных устройств в единую схему связи называется схемой коммутации. Различают два вида схем коммутации: полностью доступная и частично доступная.

При полностью доступном включении каждый вход x_i схемы коммутации может быть соединен через коммутационные устройства с любым выходом y_j (каналом связи) (рис. 8.7).

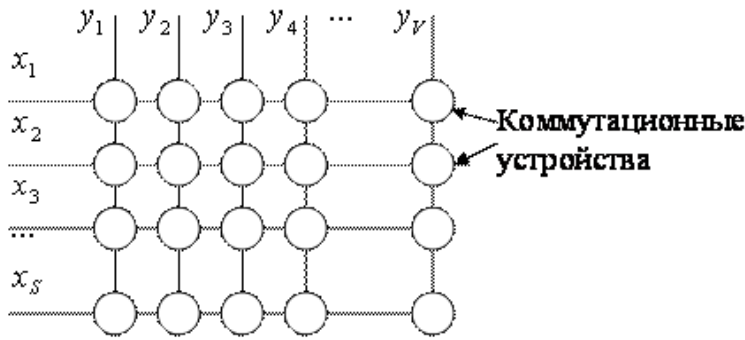


Рис. 8.7. Схема полностью доступного включения

Очевидно, что для реализации такой схемы необходимо $S \cdot V$ коммутационных устройств и большое число линий связи между ними. На практике редко удается реализовать данную схему включения из-за высокой стоимости ее реализации. Одним из способов сокращения стоимости оборудования является способ соединения входов с выходами с помощью неполнодоступного включения. В этом случае заданному входу $x_i, i = 1, 2, \dots, S$, доступны не все каналы связи, а лишь некоторые. Причем в совокупности всем входам доступны все выходы. Различают идеально неполнодоступные схемы (рис. 8.8 а) и схемы ступенчатого включения (рис. 8.8 б, в).

При идеальном неполнодоступном включении каждой i -й нагрузочной группе x_1, \dots, x_{S_i} доступна только одна группа выходов y_1, \dots, y_{V_j} .

При ступенчатом включении каждой i -й нагрузочной группе x_1, \dots, x_{S_i} может быть доступно две и более группы каналов связи. Следовательно, идеальное неполнодоступное включение является частным случаем схемы ступенчатого типа. Различают два вида схем ступенчатого типа: неравномерные (рис. 8.8 б) и равномерные (рис. 8.8 в).

При неравномерном ступенчатом включении каждой i -й нагрузочной группе x_1, \dots, x_{S_i} соответствует разное число групп выходов. Соответственно при равномерном ступенчатом включении число групп выходов, подключенных к соответствующей группе входов, равно.

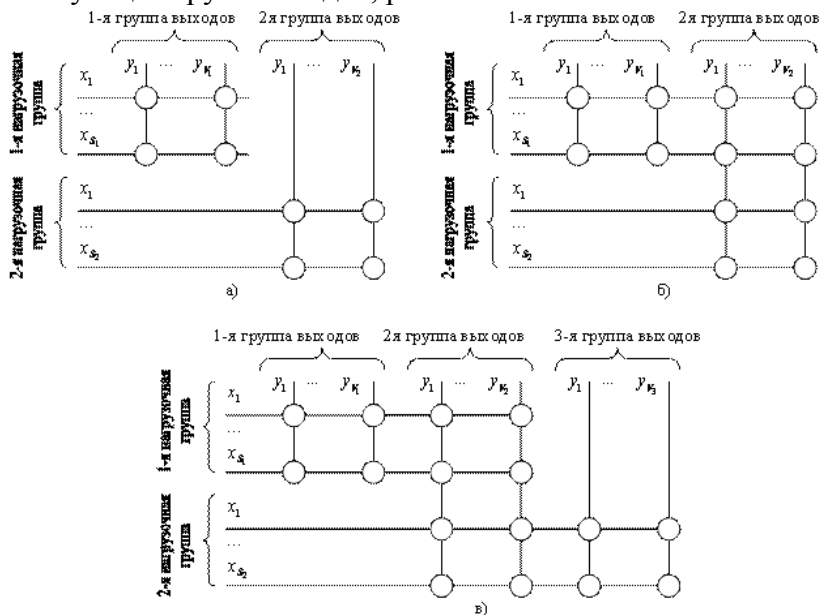


Рис. 8.8. Виды неполнодоступного включения:

- а) – идеальное неполнодоступное включение;
- б) – неравномерное ступенчатое включение;
- в) – равномерное ступенчатое включение

Анализ рис. 8.8 показывает, что благодаря ограничению доступа удается сократить число коммутационных устройств и линий связи. Например, для схемы рис. 8.8 а, число коммутационных устройств составит величину $S_1 \cdot V_1 + S_2 \cdot V_2$, которая будет меньше величины $(S_1 + S_2) \cdot (V_1 + V_2)$ в случае полноступенчатого включения, причем минимум объема коммутационного оборудования достигается при $S_1 = S_2 = S/2$ и $V_1 = V_2 = V/2$.

Для реализации схем рис. 8.8 б и в необходимо больше коммутационных устройств, чем для схемы рис. 8.8 а, но при этом обеспечивается более высокая пропускная способность для различных нагрузочных групп. Соответственно вероятность того, что заявка застанет все каналы занятыми, становится меньше, а качество обслуживания в целом выше.

Таким образом, для реализации разных схем включения необходим разный объем коммутационного оборудования. Причем наибольшие затраты имеют место при реализации полноступенчатых коммутационных схем, а меньшие – при идеальных неполноступенчатых схемах. При этом объем оборудования требуется тем меньше, чем больше имеется нагрузочных групп при неизменном числе каналов связи.

Раздел 9. Аналоговые системы коммутации

Тема 9.1. Декадно-шаговые АТС

Для построения декадно-шаговых АТС применяются шаговые и декадно-шаговые искатели.

Принцип устройства шагового искателя типа ШИ-11 поясняется рис. 9.1. При поступлении импульсов тока электромагнит притягивается якорь 2 и собачка 3 будет зажимать зубцы храпового колеса.

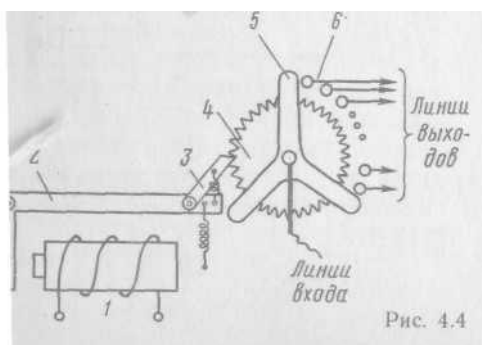


Рис.9.1

Вследствие этого храповое колесо будет вращаться вместе со щетками 5, которые будут передвигаться по ламелям 6 контактного поля и соединять вход с выходами.

Принцип устройства декадно-шагового искателя ДШИ-100 пояснен рис. 9.2. Его контактное поле состоит из трех секций: а, б, с. Каждая контактная секция содержит 100 ламелей, расположенных в 10 рядах по 10 ламелей в ряду. На подвижной части искателя, называемой ротором, крепятся три щетки а, б, с, каждая из которых относится к своей контактной секции. Щетки совершают два движения — подъемное и вращательное. Подъемное движение щеток осуществляется при помощи электромагнита подъема 4, якорь которого воздействует на зубчатую рейку, связанную с ротором искателя. Вращательное движение щеток происходит при воздействии якоря электромагнита вращения 3 на храповой цилиндр / ротора. Щетки в первоначальное положение возвращаются, продолжая вращение до выхода за пределы декады, затем щетки падают и возвращаются в исходное положение при помощи спиральной пружины 2.

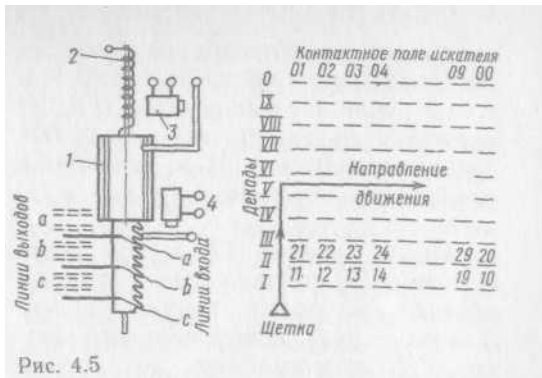


Рис. 4.5

Рис.9.2

Тема 9.2. Координатные АТС

Основным коммутационным механизмом АТС координатной системы является многократный координатный соединитель (МКС).

Соединение через МКС производится с помощью устройства, называемого *маркером*, который для этого должен:

1. определить источник вызова, т.е. произвести определение прибора или линии, которая в данный момент нуждается в обслуживании;
2. принять информацию о направлении, в котором необходимо установить соединение;
3. осуществить пробу соединительных линий в данном направлении и одновременно пробу промежуточных путей между звеньями МКС;
4. осуществить связь между источником вызова и свободной соединительной линией через свободный промежуточный путь (включить определенные выбирающий и удерживающий электромагниты МКС);
5. отключиться после установления соединения.

Маркеры ступени абонентского искания АТС-К: маркер АИАВ и маркер АИСД — содержат по 82 и 127 реле соответственно, а маркер ступени группового искания МГИ — 177 реле.

Для того чтобы количество таких сложных устройств АТС было относительно мало, необходимо, чтобы каждый из них мог быть использован возможно большей группой абонентов или мог обслуживать большое количество приборов. Каждый маркер АИАВ обслуживает группу в 100 абонентских линий, маркеры АИСД обслуживают тысячную группу, а маркеры ГИ — по 60 входящих соединительных линий или 60 исходящих шнуровых комплектов ИШК.

Для того чтобы время занятия маркера было малым, фиксацию набора номера, поступающего от абонента, производит регистр, который потом быстродействующим кодом передает полученную информацию в маркер, посылающий в МКС сигнал (команду) "Произвести соединения в соответствии с набранным номером".

Передача информации осуществляется импульсами переменного тока. Для этого каждой цифре номера присвоена определенная комбинация двух частот из пяти. Всего частот шесть: f_0 —700 Гц, f_1 —900, f_2 —1100, f_4 —1300, f_7 —1500 и f_{11} —1700 Гц. Нумерация частот (их индексы) не порядковая, а условная.

Комбинации частот, принятых для передачи цифр номера телефона, приведены в таблице.

Комбинация частот для передачи цифр номера телефона

Цифра номера	Комбинация частот
1	f_0f_1
2	f_0f_2
3	f_1f_2
4	f_0f_4
5	f_1f_4

6	f_2f_4
7	f_0f_7
8	f_1f_7
9	f_2f_7
0	f_4f_7

Нетрудно заметить, что сумма номеров (индексов) частот равна передаваемой цифре, кроме нуля, для которого эта сумма равна 11.

Передача сигналов взаимодействия между маркерами и регистрами осуществляется также импульсами переменного тока комбинацией двух частот из шести.

Комбинация частот для передачи сигналов взаимодействия из маркера в регистр:

f_0f_1 — передай первую цифру или начинай передачу с первой цифры;

f_0f_2 — передай следующую цифру;

f_1f_2 — повтори предыдущую цифру;

f_0f_4 — абонент свободен;

f_1f_4 — абонент занят;

f_2f_7 — повтори передачу, не понял (этот сигнал передается в том случае, если в маркер пришла комбинация из одной или трех частот);

f_0f_7 — нет свободных путей;

f_1f_7 — передай первую цифру батарейными импульсами;

f_2f_7 — передай следующую цифру батарейными импульсами;

f_4f_7 — начни передачу с первой цифры батарейными импульсами.

Из регистра в маркер передаются сигналы: f_1f_{11} — подтверждения принятой команды — передается в двух случаях: когда соединение полностью установилось и маркер СД передал, что линия абонента свободна (f_0f_4) и когда маркер подал команду на передачу информации батарейными импульсами (f_1f_7 или f_2f_7). В обоих случаях регистр должен подтвердить, что он принял эти сигналы и маркеры могут отключиться; f_2f_{11} — передается, если регистр не понял, какой сигнал поступил из маркера.

Переменный ток различной частоты для сигналов создается так называемым *многочастотным генератором* МГ, состоящим из двух групп по шести одночастотных генераторов в каждой. Первая группа обслуживает одну часть оборудования станции, а вторая — другую.

Прием сигналов (частотного кода) производится кодовыми приемопередатчиками (КПП). Длительность передачи каждого сигнала — не более 50 мс, но этого времени вполне достаточно для срабатывания регистрирующих реле, подключенных к выходам кодовых приемников.

Процесс соединения между аппаратами абонентов АТС координатной системы понятен из структурной схемы, изображенной на рис.9.3.

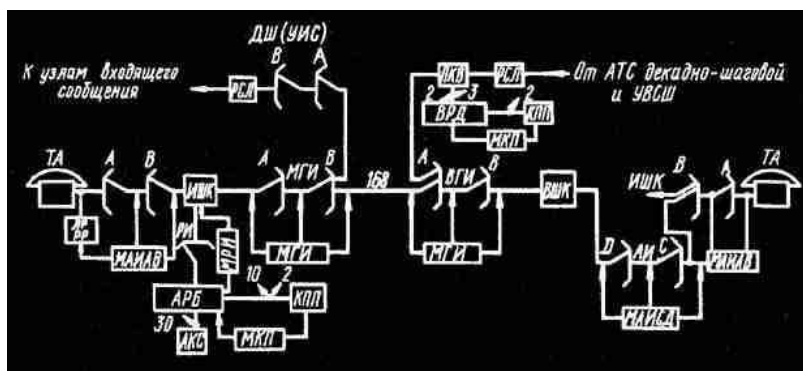


Рис.9.3 Структурная схема АТС-К

На схеме условно показаны все приборы, участвующие в соединении как постоянно, так и подключающиеся на определенный промежуток времени. При изучении структурной

схемы необходимо иметь в виду, что в АТС координатной системы нет поиска в полном смысле этого слова (как, например, на шаговой АТС). Соединение устанавливается здесь на основании опознания линий и приборов, откуда поступил тот или иной сигнал, и определения свободных путей и приборов в требуемом направлении.

Раздел 10. Цифровые системы коммутации

Тема 10.1. Основы цифровой коммутации

В связи с тем, что цифровая система коммутации оперирует с сигналами представленными в цифровой форме, а в разговорном тракте имеют место аналоговые сигналы, то для коммутации необходимо разговорную речь преобразовать в цифровой вид. Для этого преобразования используется ИКМ. Однако, следует заострить внимание на том, что обор-е ИКМ обеспечивает только среду передачи цифровой информации, в которой имеется возможность передавать, в числе других видов информации, и сигнальную информацию, посредством которой производится управление процессом коммутации.

ИКМ - это метод преобразования информации из аналоговой формы в другую для коммутации и передачи. Метод включает в себя стробирование аналоговых сигналов в полосе 0,3 - 3,4 кГц, квантование и кодирование результатов в цифровой форме.

Стробирование заключается в замене аналогового сигнала последовательностью его мгновенных значений, отсчитываемых с определенной частотой и называемых выборками сигнала. По этим выборкам будет возможно восстановить значение исходного аналогового сигнала, если частота стробирования по крайней мере в 2 раза выше, чем верхняя частота в спектре исходного сигнала. Для речевого сигнала, ограниченного при телефонной передаче частотой 3,4 кГц, частота стробирования принята 8 кГц, и, след-но период стробирования, т.е. интервал между соседними точками сканирования, равняется 125 мкс ($1с/8000Гц=125мкс$). Точность восстановления сигнала не зависит от ширины выборки. Следовательно, по одному тракту можно передавать выборки нескольких независимых друг от друга сигналов. Однако, последовательность выборок не может быть передана по линии, так как на приемной стороне из-за амплитудных искажений не возможно будет восстановить исходный сигнал. Согласно теории информации, для восстановления на приемной стороне исходного сигнала с необходимой точностью достаточно располагать конечным числом значений амплитуды (уровней). В системе ИКМ используется 256 уровней. Имея конечное число уровней их можно пронумеровать и передавать по линии номер уровня, закодированный в двоичной форме. Кодирование основано на замене значения выборки восьмиразрядным словом. Это и составляет сущность ИКМ.

Такая последовательность операций обеспечивает возможность представления любых аналоговых сигналов сериями 8-битовых кодов. Эти 8-битовые коды из разных разговорных каналов размещаются в соответствующих временных интервалах и собираются в блоки для передачи. Методика называется ВРК.

В 30-канальных ЦСП 8-битовые коды, относящиеся к 30 речевым каналам, составляют «циклы». Каждый 8-битовый код вставляется во ВИ внутри цикла. ВИ 0 используется для целей синхронизации, а временные интервалы 1-15 и 17-31 используется для передачи речевых сигналов. ВИ 16 предназначается для сигнализации. В ранних цифровых системах применялась как сигнализация по выделенному каналу, так и по разговорным трактам. В частности состояние разговорных каналов контролируется по 16 КИ. Первые 4е бита этого КИ используется для сигнализации состояния одного разговорного канала, а последние – для другого канала.

Тема 10.2. Оборудование доступа в ЦСК

Абонентские линии в ЦСК включаются в коммутационное поле через абонентские блоки (АБ), которые могут располагаться на территории самой станции либо на расстоянии от нее (рисунок 10.1).

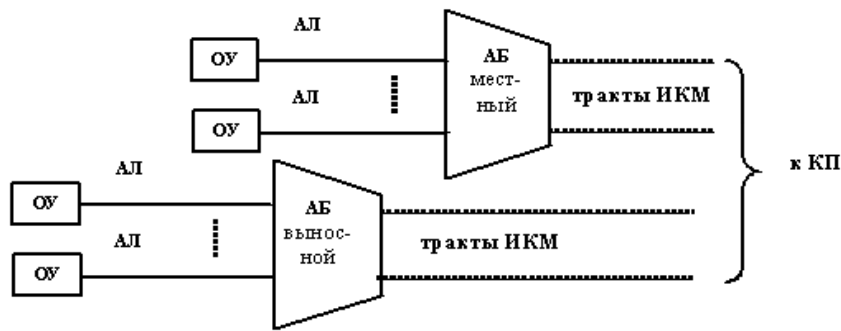


Рисунок 10.1 – Подключение АБ к КП

Абонентские блоки, расположенные на расстоянии от ЦСК, называются *выносными АБ*. Вынос АБ от опорной ЦСК позволяет строить более гибкую сеть, сокращает протяженность АЛ и уменьшает затраты на управление и обслуживание. Выносные АБ связываются с КП по первичным цифровым трактам 2 Мбит/с.

Абонентский блок выполняет следующие основные функции:

- аналого-цифровое преобразование АЦП и цифро-аналоговое преобразование ЦАП в случае подключения аналоговых АЛ;
- реализация функций BORSCHT, которые выполняются в АК аналоговых линий;
- подключение АЛ к первичному цифровому тракту, идущему в КП ЦСК;
- мультиплексирование или концентрация нагрузки.

Абонентский комплект и его функции. Абонентский комплект (АК) предназначен для согласования оконечных устройств с ЦСК. АК выполняет 7 функций, каждой из которых поставлена в соответствие буква английского алфавита.

B (battery feed) – электропитание абонентского терминала;

O (over voltage) – защита от перенапряжений на АЛ;

R (ringing) – посылка вызова;

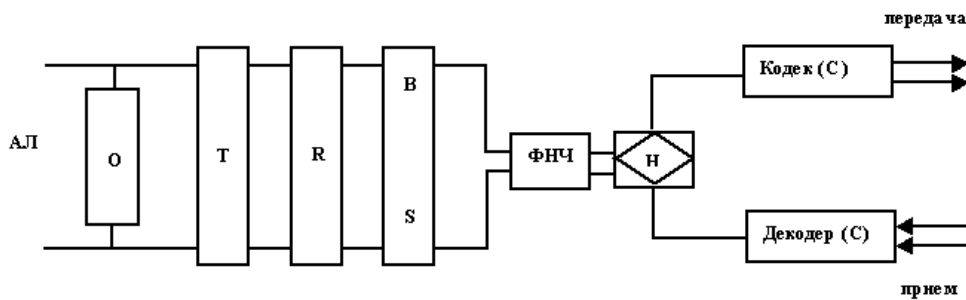
S (supervision, signaling) – наблюдение и сигнализация;

C (coding) – кодирование;

H (hybrid) – дифференциальная система;

T (testing) – тестирование.

На рисунке 10.2 показана структурная схема АК с учетом функций BORSCHT.



ФНЧ – фильтр низкой частоты

АЛ – абонентская линия

H – дифсистема

Рисунок 10.2 – Структурная схема АК с учетом функций BORSCHT

Функция B. Ток питания абонентского телефонного аппарата (ТА) в ЦСК подается из АК. Напряжение питания –48В или –60В.

Функция O. Обеспечивает защиту линий отдельных элементов ЦСК и оконечных устройств, как от разовых случайных воздействий (например, удар молнии), так и от постоянных воздействий индуктивного характера со стороны высоковольтных линий.

Функция R. В аналоговых ТА для срабатывания звонка используется подача высокого переменного напряжения » 90В и частотой 25 Гц. Таким образом, выполняется одна из функций абонентской сигнализации – вызов абонента с помощью сигнала ПВ.

Функция S. Обеспечивает контроль за состоянием абонентской линии с целью обнаружения вызова от абонента, ответа, отбоя, адресной информации декадным кодом. Для аналоговой линии эти сигналы обнаруживаются по замыканию и размыканию цепи постоянного тока.

Функция C. Обеспечивает переход от аналоговых сигналов к цифровым. Наиболее распространенным способом является импульсно-кодовая модуляция ИКМ.

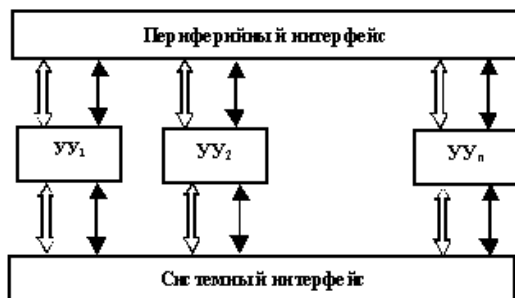
Функция H (функции дифсистемы). Обеспечивает разделение цепей передачи и приема при переходе от двухпроводной АЛ к четырехпроводному тракту ИКМ.

Функция T. Обеспечивает установление причины и места неисправности. Производится с помощью контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), которая подключается к АЛ помощью, например, герконовых реле. Возможны основные проверки:

- сопротивление изоляции проводов а и в относительно земли либо между проводами а и в;
- емкость между проводами а и в;
- изменение постоянного и переменного напряжения на проводах а и в;
- проверка на короткое замыкание.

Тема 10.3. Системы управления в ЦСК

В общем случае система управления состоит из нескольких управляющих устройств (УУ), которые определенным образом взаимодействуют друг с другом. Обмен управляющими сигналами (функциональные связи) и информацией (информационные связи) между УУ в процессе их совместного функционирования осуществляется через системный интерфейс, а между управляющими устройствами и объектами управления – через периферийный интерфейс.



УУ – управляющее устройство

↕ функциональные связи
 ↔ информационные связи

Рисунок 10.3 – Структура электронной управляющей системы (ЭУС)

ЭУС классифицируются по двум основным признакам:

1) по способу управления процессом установления соединения (рисунок 10.4);

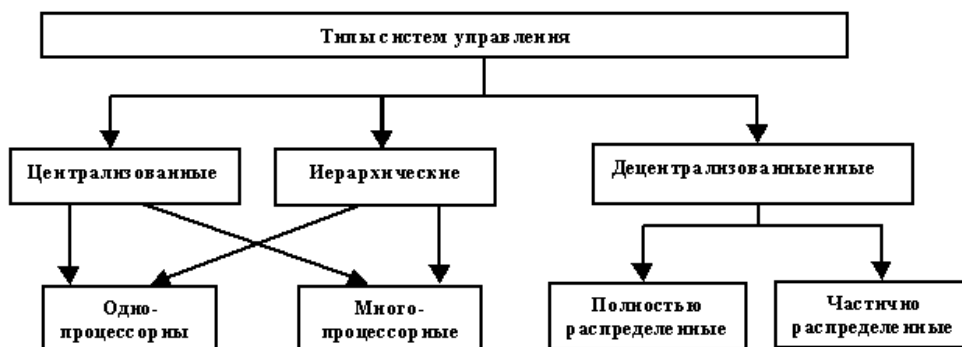


Рисунок 10.4 – Классификация ЭУС по способу управления установлением соединения

2) по типу системного интерфейса (рисунок 10.5).

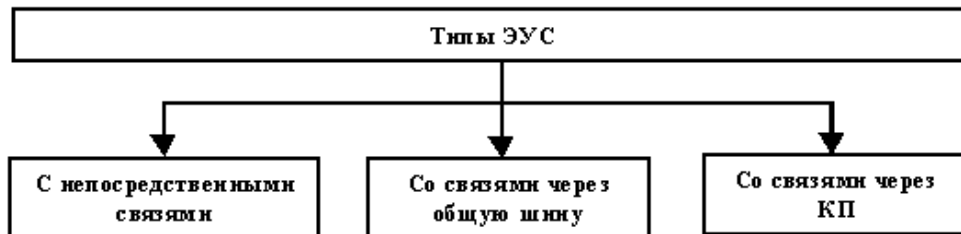
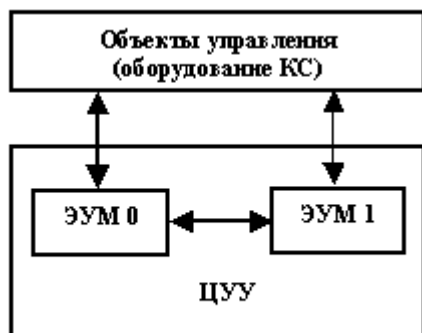


Рисунок 10.5 – Классификация ЭУС по типу системного интерфейса

Централизованное управление. Система управления состоит из одного центрального управляющего устройства (ЦУУ) в пределах всей системы коммутации. Возможны два способа реализации ЦУУ:

- на базе одного дублированного процессорного модуля (рисунок 10.6).



ЭУМ – электронная управляющая машина

Рисунок 10.6 – Одномодульная ЭУС

В состав одномодульного ЦУУ входят две электронные управляющие машины ЭУМ 0 и ЭУМ 1. В этом случае ЦУУ выполняет как общестанционные, так и местные задачи по управлению оборудованием ЦСК.

- на базе нескольких процессорных модулей (рисунок 10.7).

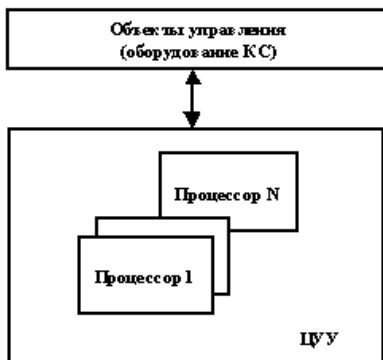


Рисунок 10.7 – Многопроцессорная ЭУС

Для повышения гибкости и модульности ЦУУ может строиться на базе нескольких процессорных модулей. При этом повышается надежность системы управления и появляется возможность наращивания ее производительности.

Достоинства централизованных систем управления:

- простота построения;
- экономичность для небольших станций.

Недостатки централизованных систем управления:

- высокие требования по производительности ЭУМ для станций большой емкости;
- сложность наращивания емкости.

В ЦСК централизованные СУ не получили распространения, но используются в квазиэлектронных коммутационных системах АТСКЭ и УПАТС.

Иерархическое управление. Система управления состоит из ЦУУ и нескольких групп периферийных управляющих устройств ПУУ, находящихся между собой в отношении иерархического подчинения (рисунок 10.8).

В иерархических ЭУС самому высокому уровню принадлежит ЦУУ, которое выполняет общесистемные задачи и координирует работу периферийных УУ. Управляющие устройства одного иерархического уровня работают независимо друг от друга, а УУ разных уровней имеют между собой информационные и функциональные связи через соответствующий системный интерфейс.

Процесс управления на каждом этапе обслуживания вызова проходит через все уровни, начиная с самого низкого до самого верхнего и обратно. При этом УУ на более высоком уровне выполняют более сложные функции. ПУУ самого низкого уровня принимает и предварительно обрабатывает информацию

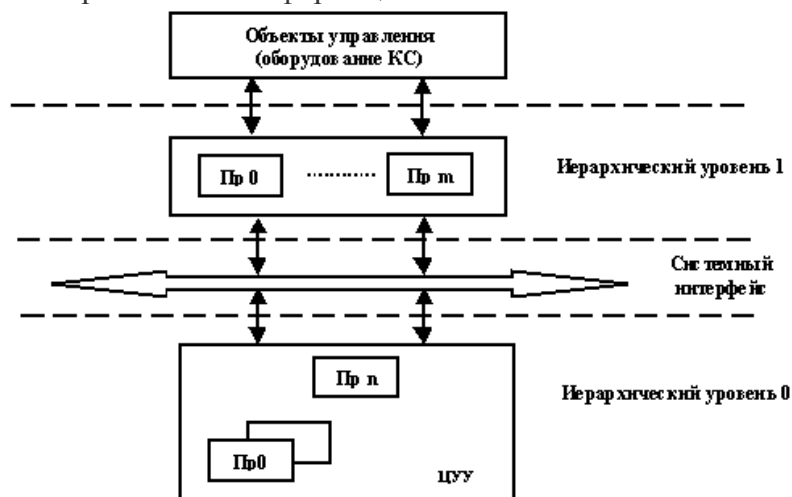


Рисунок 10.8 – Иерархическая ЭУС

о поступающих входных сигналах и формирует необходимые сообщения для ПУУ следующего уровня или ЦУУ. Одновременно с этим ЦУУ координирует совместную работу связанных с ним ПУУ при установлении каждого соединения и выполняет функции, требующие наиболее сложной арифметико-логической обработки информации о вызовах (например, анализ номера и выбор направления связи).

Достоинства иерархических систем управления:

- более высокая надежность по сравнению с централизованными ЭУС;
- модульность и гибкость структуры;
- простота программного обеспечения для каждого УУ;
- большая производительность УУ.

Недостатки иерархических систем управления:

- необходимость организации межпроцессорного обмена;
- наличие ЦУУ снижает надежность и усложняет процесс наращивания емкости.

Иерархические ЭУС используются в ЦСК: МТ-20/25, EWSD, АХЕ-10, 5ЕSS, NEAX.

Децентрализованное управление. Система управления состоит из большого числа УУ, каждое из которых выполняет только определенную часть функций по управлению процессом установления соединения. Отличительными чертами данной системы управления является управление процессом установления каждого соединения несколькими УУ. Система управления может быть:

- *полностью распределенной*, в которой в каждом функциональном блоке (модуле) находится УУ, а взаимодействие между модулями осуществляется через цифровое коммутационное поле ЦКП (рисунок 10.9);

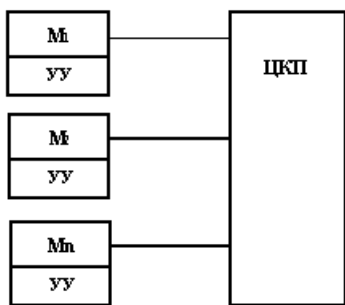


Рисунок 10.9 – Полностью распределенная ЭУС

· *частично распределенная ЭУС*, в которой управляющие функции в каждом блоке (модуле) выполняются местными УУ, а управление отдельными функциями (например, техническая эксплуатация, сопряжение с внешними устройствами ввода-вывода данных) осуществляется централизованно.

Достоинства децентрализованных систем управления:

- простота реализации;
- простота программного обеспечения для одного отдельно взятого блока;
- более высокая надежность из-за отсутствия ЦУУ;
- возможность наращивания емкости.

Недостатки децентрализованных систем управления:

- сложная организация межпроцессорных связей;
- задержки при межпроцессорных связях.

Распределенные СУ используются в ЦСК: DX-200, S-12, Si-2000.

Способы взаимодействия УУ. В системах управления взаимосвязь и взаимодействие УУ в процессе установления соединения осуществляется через системный интерфейс. Существует три варианта построения ЭУС с разными типами системного интерфейса:

· *непосредственная связь УУ* (рисунок 10.10) – одновременно обеспечивается взаимодействие между парой УУ (организуется при небольшом количестве УУ);

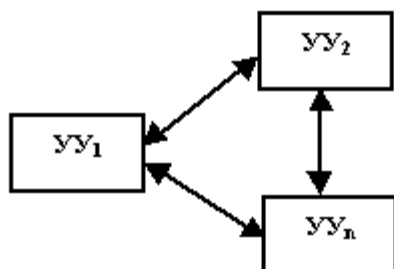
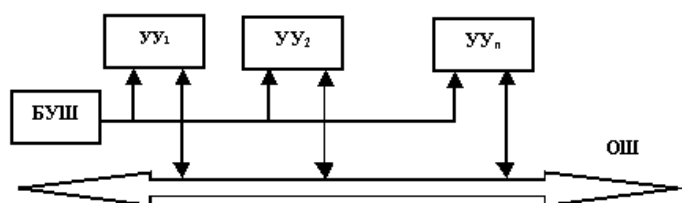


Рисунок 10.10 – Организация непосредственной связи УУ

· *связь УУ через общую шину* (рисунок 10.11) – все УУ поочередно (с разделением во времени) подключаются к общей шине (ОШ) для передачи информации. Одновременно по шине может передаваться информация только между парой УУ, поэтому для организации очередности доступа в состав системного интерфейса вводится блок управления шиной БУШ;



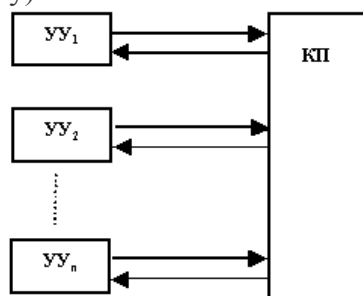
УУ – управляющее устройство

БУШ – блок управления шиной

ОШ – общая шина

Рисунок 10.11 – Организация связи УУ через общую шину

· *связь УУ через коммутационное поле* (рисунок 10.12) – организация взаимодействия между УУ через общее КП (или через специальное, входящее в состав управляющей системы), при котором информация передается по любым или только по специально выделенным каналам коммутируемых ИКМ-линий (например, по 16-му временному интервалу).



КП – коммутационное поле

Рисунок 10.12 – Организация связи УУ через КП

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Знакомство с учебным стендом. Основы коммутации.	4	-
2	2.	Конфигурирование портов коммутатора.	2	Работа в малых группах (2 часа)
3	2.	Виртуальные локальные сети VLAN.	2	Работа в малых группах (2 часа)
4	3.	Применение алгоритма Spanning Tree.	4	-
5	4.	Безопасность на основе сегментации трафика.	3	-
6	4.	Адресация в IP-сетях. Основы коммутации третьего уровня.	2	Работа в малых группах (2 часа)
ИТОГО			17	6

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование практической работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Эталонная модель взаимодействия открытых систем	4	-
2	2.	Расчет параметров кабельных сетей	4	-
3	3.	Сетевая операционная система UNIX.	4	-
4	4.	Адресация в компьютерных сетях, организация подсетей	5	-
5	10.	Таблицы маршрутизации, критерии маршрутизации.	12	Разбор конкретных ситуаций (2 часа)
6	10.	Функционирование системы доменных имен.	12	Разбор конкретных ситуаций (2 часа)
ИТОГО			41	4

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Тема: Расчет параметров коммутируемой телекоммуникационной сети

Цель работы: Целью работы является расчет основных параметров коммутируемой сети: разработка схем организации связи коммутационных станций, каналов, децентрализованных и централизованных систем сигнализации и синтез модулей цифровой коммутации.

Содержание: Контрольная работа состоит из следующих глав:

1. Выбор схемы организации связи на ГТС.
2. Разработка схемы сопряжения ТФОП с сетью СПС.
3. Разработка функциональной схемы передающих устройств каналов, сигналов управления и взаимодействия.
4. Расчет числа звеньев сигнализации сети ОКС №7.
5. Синтез модуля пространственной коммутации (МПК) с использованием заданной элементной базы.
6. синтез модуля временной коммутации (МВК) с использованием заданной элементной базы.

Структура, объем: Контрольная работа выполняется на листах А4 формата, объём 10-15 страниц.

Выдача задания и прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
зачтено	Во время защиты контрольной работы студент демонстрирует знание основных определений и продемонстрировал умение использовать методы расчета программ, владение достаточным уровнем понимания материала, и способностью самостоятельно высказать мысль на научно-техническом языке.
не зачтено	Во время защиты контрольной работы студент показал слабое понимание теоретического материала и навыков владения практическими приемами расчета производственных программ.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>		<i>ПК</i>				
		<i>3</i>	<i>9</i>	<i>15</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8	7
1. Сети связи и их классификация	22	+	+	+	3	7,33	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет
2. Аналоговые телефонные сети	26	+	+	+	3	8,67	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет
3. Цифровые сети связи	26	+	+	+	3	8,67	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет
4. Сигнализация в телефонных сетях	29	+	+	+	3	9,66	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет
5. Сети абонентского доступа	18	+	+	+	3	6	Лк, СРС	экзамен, кр
6. Основы теории телетрафика	15	+	+	+	3	5	Лк, СРС	экзамен, кр
7. Основы теории телетрафика	14	+	+	+	3	4,67	Лк, СРС	экзамен, кр
8. Построение систем коммутации	14	+	+	+	3	4,67	Лк, СРС	экзамен, кр
9. Аналоговые системы коммутации	14	+	+	+	3	4,67	Лк, СРС	экзамен, кр
10. Цифровые системы коммутации	38	+	+	+	3	12,66	Лк, ПЗ, СРС	экзамен, кр
<i>всего часов</i>	216	72	72	72	3	72		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей : учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Гордиенко. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2008. - 392 с.

2. Пескова, С. А. Сети и телекоммуникации : учебное пособие для вузов / С. А. Пескова, А. В. Кузин, А. Н. Волков. - 3-е изд., стереотип. - Москва : Академия, 2008. - 352 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, КР)</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Телекоммуникационные системы и сети. В 3 т. Т. 1-2 / под ред. В. П. Шувалова. - Москва : Горячая линия-Телеком. Т.1 : Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов. - 4-е изд., испр. и доп. - 2013. - 620 с.	Лк	10	0,5
2.	Синицын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Синицын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524 (18.05.2018).	Лк, ПЗ, КР	1 (ЭУ)	1
3.	Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793 (18.05.2018).	ЛР	1 (ЭУ)	1
Дополнительная литература				
4.	Основы построения телекоммуникационных систем и сетей : учебник для вузов / В. В. Крухмалев, В. Н. Гордиенко, А. Д. Моченов и др. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004. - 510 с.	Лк, КР	24	1
5.	Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.	ПЗ, ЛР	5	0,4

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ <http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r15/cgiirbis64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=>.
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических работ

Лабораторная работа №1

Знакомство с учебным стендом. Основы коммутации

Цель работы:

Изучение структуры стенда, способов коммутации его составляющих. Получение навыков использования утилит для изучения трафика и мониторинга сети. Изучение основных принципов коммутации Второго уровня.

Задание:

1. Получение навыков использования утилит для изучения трафика и мониторинга сети
2. Изучение основных принципов коммутации Второго уровня

Порядок выполнения:

1. С помощью проводов соедините patch-панель и коммутаторы таким образом, чтобы получить топологию, представленную на рис. 1

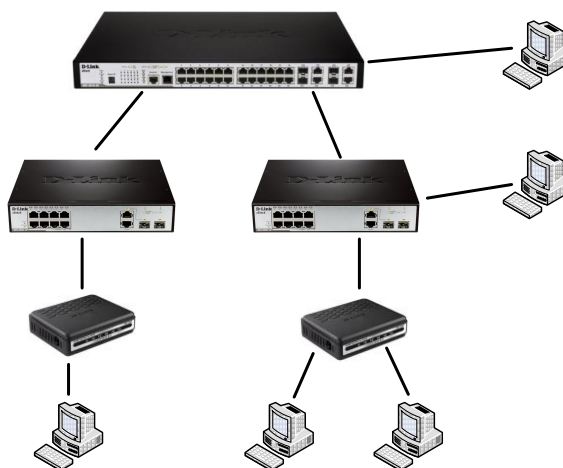


Рис. 1. Топология сети

2. Включите рабочие станции и зарегистрируйтесь на них
3. Задайте ip- адреса рабочим станциям.
4. Подключитесь к Web-интерфейсу управления коммутатором. Зарегистрируйтесь на коммутаторе.
5. Изучите раздел «Утилиты мониторинга сети» теоретического пособия.
6. С помощью утилиты ipconfig определите параметры вашего узла. Отметьте MAC и IP – адреса всех компьютеров.
7. С помощью утилиты ping проверьте связь каждой рабочей станции со всеми другими рабочими станциями созданной сети.
8. С помощью утилиты arp просмотрите таблицу ARP на каждой рабочей станции.
9. Назначьте коммутатору IP – адрес из диапазона свободных адресов IP- сети, в которой находятся рабочие станции. Определите MAC – адрес коммутатора.
10. С помощью системной утилиты коммутатора Ping test в разделе Monitoring проверить связь коммутатора с каждой машиной в сети.
11. С помощью утилиты arp просмотрите таблицу ARP на каждом коммутаторе.
12. Используя утилиту tcpdump на любой из машин в сети, убедитесь в том, что до заданной машины доходят ICMP-запросы от коммутатора.
13. Сбросьте настройки коммутатора в заводские и перезагрузите его.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Для чего предназначена утилита ipconfig?
2. Для чего предназначена утилита arp?
3. Для чего предназначена утилита ping?

Лабораторная работа №2

Конфигурирование портов коммутатора

Цель работы:

Изучение конфигурирования портов, зеркалирование портов и построение магистральных линий связи.

Задание:

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы.
2. Произвести настройку портов.

Порядок выполнения:

1. Постройте топологию сети, показанную на рис..2.

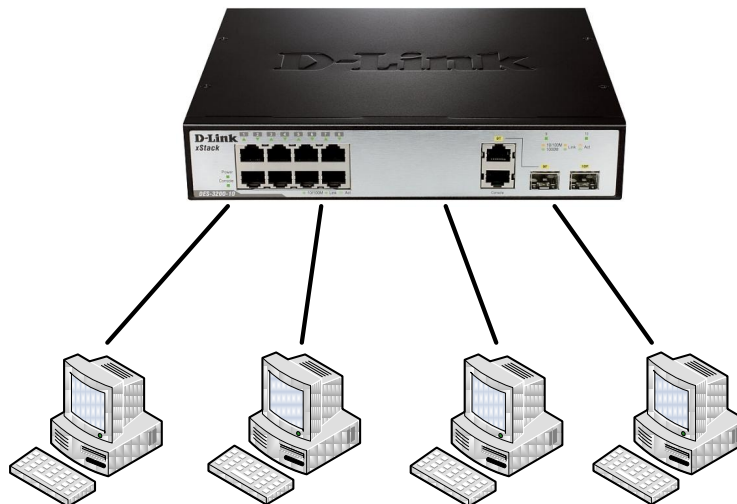


Рис. 2. Топология сети

2. С помощью утилиты iperf произвести тест скорости соединения с каждой рабочей станцией.
3. После этого задать портам коммутаторов, соответствующим двум рабочим станциям, скорость и режим работы 10М с полным дуплексом. Осуществить повторный тест скорости и сравнить результаты
4. С помощью меню «PortSettings» закрыть доступ к произвольной рабочей станции. С помощью утилит попробуйте осуществить взаимодействие между компьютерами.
5. Изучите раздел зеркалирования.
6. Настройте зеркало на любом из портов коммутатора, к которому подключена рабочая станция.
7. Запустите на рабочей станции, подключенной к порту- приемнику (зеркалом) утилиту tcpdump. Активизируйте сетевую активность.
8. Аналогично запустите данную утилиту на рабочей станции, подключенной к порту-источнику.
9. Сравните результаты работ утилит на обеих машинах.
10. Сбросьте настройки коммутатора в заводские настройки
11. Постройте топологию сети, показанную на рис. 3

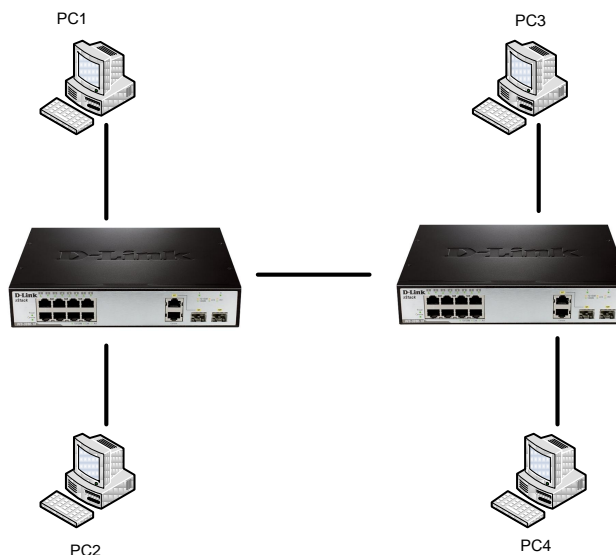


Рис. 3. Топология сети

12. С помощью утилиты ftp, одновременно запустить процесс передачи файла с PC1 на PC3 и с PC2 на PC4. С помощью данной утилиты замерить скорость и время передачи файла.
13. Создайте магистраль между коммутаторами, включающими 3 порта.
14. Одновременно запустите процесс передачи с PC1 на PC3 и с PC2 на PC4. Сравните скорость и время передачи с результатами пункта 13.
15. Удалите созданную магистраль и соедините коммутаторы через гигабитные порты.
16. Одновременно запустите процесс передачи с PC1 на PC3 и с PC2 на PC4. Сравните скорость и время передачи с результатами пункта 13 и 15. Сделайте вывод
17. Сбросьте настройки коммутатора в заводские и перезагрузите его.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое зеркалирование портов?
2. Каким образом организуется магистральное соединение?
3. Для каких целей создается магистральное соединение?

Лабораторная работа №3

Виртуальные локальные сети VLAN

Цель работы:

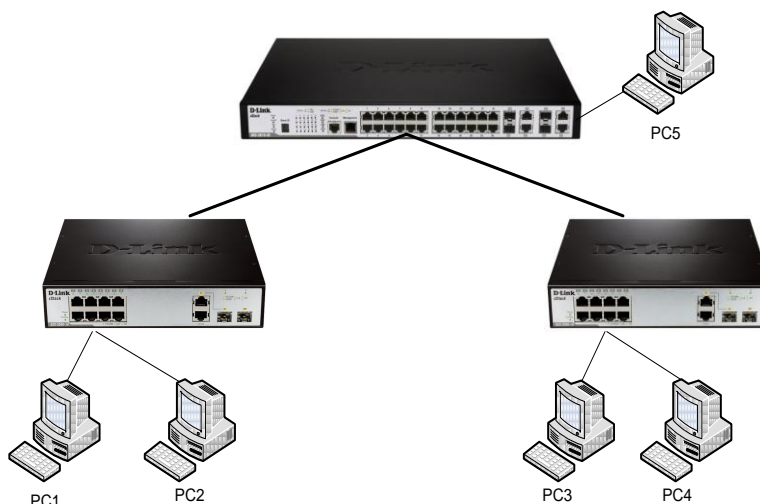
Изучение технологий виртуальных сетей. Получение навыков настройки VLAN на основе тэгов IEEE 802.1q в сети, построенной на коммутаторах D-Link.

Задание:

1. Изучить работу VLAN.
2. Произвести настройку VLAN.

Порядок выполнения:

1. Постройте топологию сети, представленную на рис. 4
2. Сконфигурируйте VLAN на основе тегов таким образом, чтобы рабочие станции PC1 и PC3 принадлежали виртуальной сети №1, PC2 и PC4 – виртуальной сети №2, а PC5 являлась общедоступным ресурсом для обеих виртуальных сетей (таб. 1).
3. Проверьте правильность конфигурации сети. Результаты мониторинга покажите и поясните преподавателю.
4. Сбросьте настройки коммутатора в фабричные и перезагрузите его.



5. Рис .4. Топология сети

Таблица 1

№ рабочей станции	Номер VLAN
1	1
2	2
3	1
4	2
5	1,2

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание

3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать определение сетям VLAN.
2. Для чего необходимо использовать сети VLAN?
3. Как проверить правильность настройки сети VLAN?

Лабораторная работа №4

Применение алгоритма Spanning Tree.

Цель работы:

Изучения алгоритма Spanning Tree и Rapid Spanning Tree. Получение навыков построения сети с поддержкой резервных линий связи.

Задание:

1. Изучить принцип работы алгоритма Spanning Tree и Rapid Spanning Tree.
2. Построить сеть с поддержкой резервных линий связи.

Порядок выполнения:

1. Соберите сеть с топологией, представленной на рис 5.
2. Активизируйте на всех коммутаторах протокол Spanning Tree.
3. Настройте приоритеты коммутаторов и портов таким образом, чтобы получить сеть, показанную на рис. 6 (курсивом показана резервная связь).
4. С помощью системы мониторинга убедитесь, что через порт коммутатора DES-3200-10 #2 отмеченного черным квадратом, трафик не идет. Проверьте остальные задействованные в работе порты. Результаты мониторинга сохраните.
5. Имитируйте сбой в сети, нарушив соединение, выделенное на рис. 6 жирной линией. В соответствии с алгоритмом Spanning Tree сеть должна быть переконфигурирована. Убедитесь в этом с помощью системы мониторинга коммутаторов. Определите время сходимости сети. Результаты сохраните.

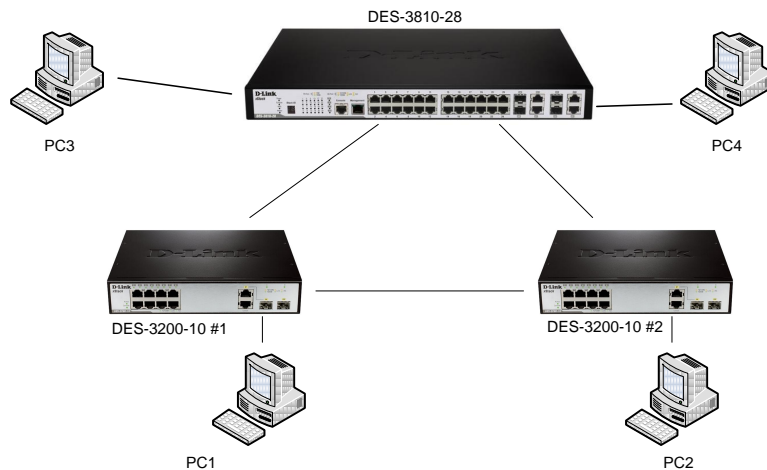


Рис. 5 Топология сети

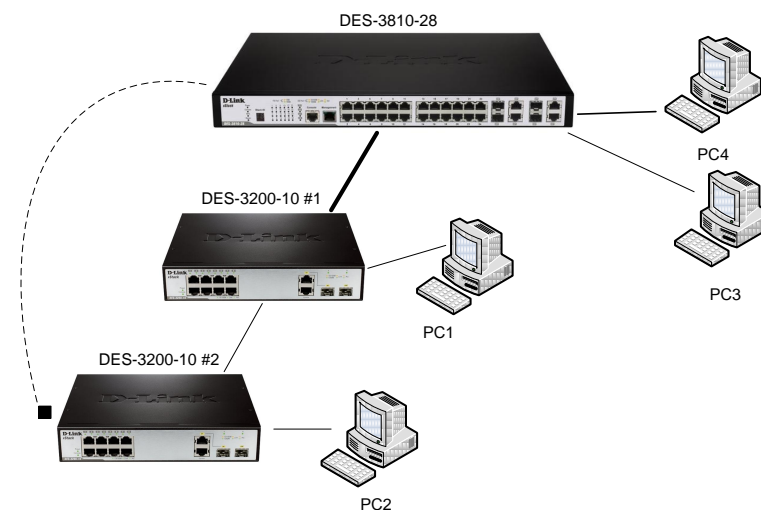


Рис.6. Топология сети

6. Активизируйте на всех коммутаторах протокол Rapid Spanning Tree.
7. Повторите действия пунктов 3-5.
8. Сравните времена сходимости, полученные при использовании двух протоколов: STP и RSTP. Сделайте выводы.
9. Сбросьте настройки коммутатора в фабричные и перезагрузите его.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет

дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем., ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать определение алгоритма Spanning Tree.
2. Дать определение алгоритма Rapid Spanning Tree.
3. В чем отличие между ними?

Лабораторная работа №5

Безопасность на основе сегментации трафика.

Цель работы:

Изучение механизма сегментации трафика.

Задание:

1. Изучить принцип работы механизма сегментации трафика.

Порядок выполнения:

1. Соберите топологию сети, представленную на рис.7

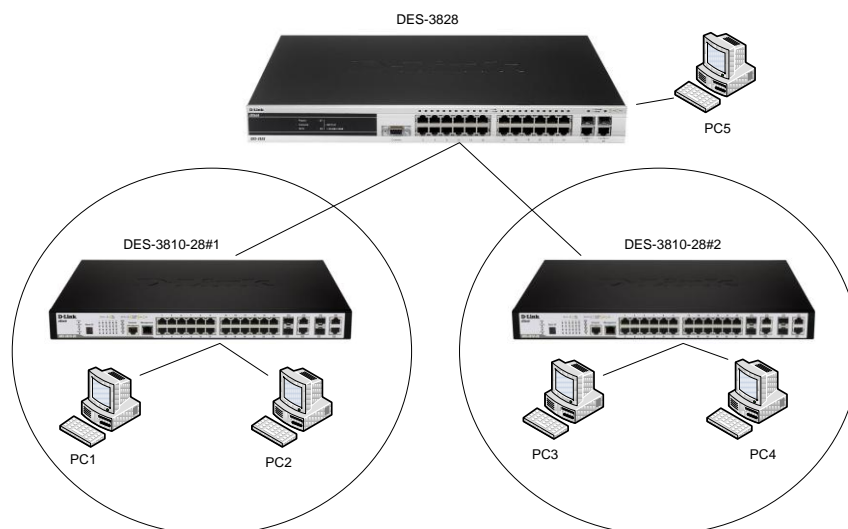


Рис. 7. Топология сети

2. Назначьте каждому компьютеру IP-адрес из одной подсети.
3. Организуйте работу сети таким образом, чтобы все рабочие станции не могли «видеть» друг друга, а только PC5 и PC6.
4. Подтвердите правильность сделанных настроек.
5. Сбросьте настройки коммутатора в фабричные и перезагрузите его.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе
 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать определение сегментации трафика?
2. Для чего применяется сегментация?
3. В чем преимущество данного метода перед остальными?

Лабораторная работа №6

Адресация в IP-сетях. Основы коммутации третьего уровня.

Цель работы:

Изучение принципов работы коммутатора уровня 3.

Задание:

1. Изучить принцип работы коммутатора уровня 3.

Порядок выполнения:

1. Соберите сеть с топологией, представленной на рис. 8.
2. Включите машины в виртуальные сети, а виртуальные сети в IP-подсети в соответствие с таблицей 2
3. Назначьте каждой машине IP-адрес из подсети, в которую она входит.
4. Проверить взаимодействие между всеми машинами.
5. С помощью утилиты traceroute выясните маршрут между любыми двумя машинами из разных подсетей.

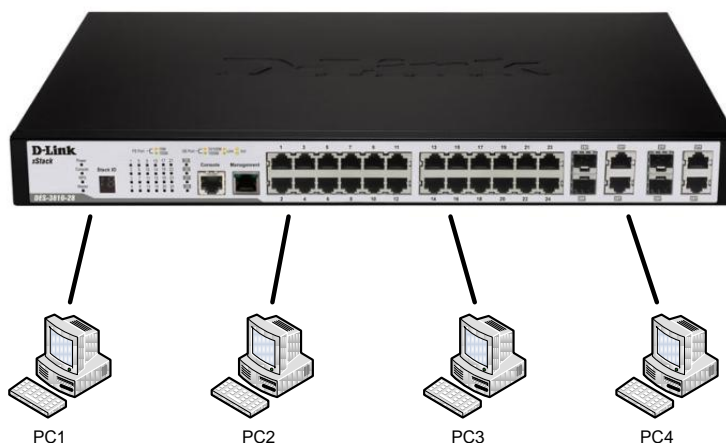


Рис. 8. Топология сети

Таблица 2

№ рабочей станции	VLAN	IP- подсеть
1	group1	192.168.2.1
2	group2	192.168.3.1

3	group2	192.168.3.1
4	group3	192.168.4.1

6. Просмотрите содержимое ARP таблицы на коммутаторе и выясните MAC-адреса машин по их IP-адресу.
7. Запустите FTP-сервер на машине № 1
8. Используя протокол FTP, скачайте файл (находится на рабочем столе) с машины №3 на машину № 1. Запомните время скачивания.
9. Соберите сеть с топологией, представленной на рис. 9 и повторите действия пункта 8.

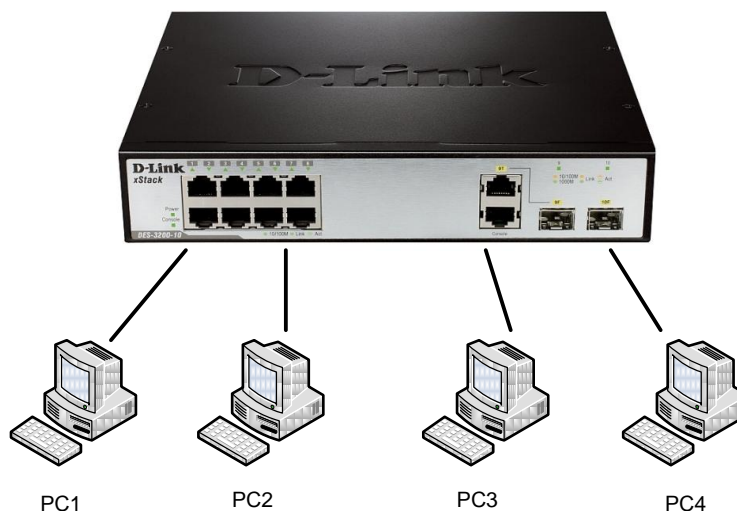


Рис. 9. Топология сети

10. Сравните времена скачивания одного и того же файла для сетей, построенных на различных принципах (уровнях) коммутации. Сделайте выводы.
11. Сбросьте настройки коммутатора в фабричные и перезагрузите его.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Пуговкин, А.В. Сети передачи данных : учебное пособие / А.В. Пуговкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Факультет дистанционного обучения ТУСУРа, 2015. - 138 с. : схем. ,ил., табл. - Библиогр.: с. 131-132. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480793> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение утилиты traceroute ?
2. Что такое FTP сервер?.
3. В чем отличии коммутации третьего уровня от остальных?

Практическое занятие №1

Эталонная модель взаимодействия открытых систем.

Цель работы:

Познакомиться с эталонной моделью взаимодействия открытых систем.

Задание:

1. Получить навыки работы с эталонной моделью взаимодействия открытых систем.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Познакомиться с требованиями, предоставляемыми к системам электрической связи. Познакомиться с моделью взаимодействия открытых систем.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Сеницын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Сеницын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие требования предоставляются системам электрической связи?
2. Как эти требования классифицируются?
3. Что из себя представляет модель взаимодействия открытых систем?

Практическое занятие №2

Расчет параметров кабельных сетей.

Цель работы:

Приобрести навыки расчета параметров кабельных сетей.

Задание:

1. Познакомиться с основными параметрами кабельных сетей.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Познакомиться со стандартом ISO/IEC 11801:2002. Изучить «парадокс стандартов». Изучить необходимое и достаточное условия нормального функционирования оптических трактов СКС.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Сеницын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Сеницын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что входит в стандарт ISO/IEC 11801:2002?
2. Что представляет собой «парадокс стандартов»
3. Перечислить необходимые и достаточные условия нормального функционирования оптических трактов СКС

Практическое занятие №3

Сетевая операционная система UNIX.

Цель работы:

Познакомиться с причинами возникновения операционной системы Unix.

Задание:

1. Познакомиться с ОС Unix.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Изучить историю вопроса. Изучить основные отличия Unix от Windows. Изучить перспективы развития данной ОС.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Сеницын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Сеницын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем отличается ОС Unix от остальных ОС?
2. Когда был выпущен первый коммерческий образец данной ОС?
3. Для кого разрабатывалась данная ОС?

Практическое занятие №4

Адресация в компьютерных сетях, организация подсетей.

Цель работы:

Приобрести навыки работы с различными адресациями в компьютерных сетях, а также навыки организации подсетей.

Задание:

1. Изучить теоретические основы.
2. Получить навыки адресации ив компьютерных сетях и организации подсетей.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Изучить основные принципы адресации. Познакомиться с основными требованиями к адресации. Изучить основные схемы адресации. Познакомиться с основами организации подсетей.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Сеницын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Сеницын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные принципы адресации.
2. Основными требованиями к адресации.
3. Основами организации подсетей.

Практическое занятие №5

Таблицы маршрутизации, критерии маршрутизации..

Цель работы:

Приобрести навыки организации различных схем маршрутизации. Изучить основные критерии маршрутизации.

Задание:

1. Изучить различные схемы маршрутизации.
2. Познакомиться с основными критериями маршрутизации.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Изучить различные схемы маршрутизации и способы их реализации. Познакомиться с основными критериями маршрутизации

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Сеницын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Сеницын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое маршрутизация?
2. Какие бывают схемы маршрутизации?
3. В чем их различия?

Практическое занятие №6

Функционирование системы доменных имен.

Цель работы:

Приобрести навыки работы с системой доменных имен.

Задание:

1. Изучить работу системы доменных имен.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Изучить структуру системы доменных имен. Познакомиться с сервером доменных имен и клиентами DNS.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Синицын, Ю.И. Сети и системы передачи информации : учебное пособие / Ю.И. Синицын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2017. - 190 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1886-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524> (18.05.2018).

Дополнительная литература

1. Нефедов, В. И. Общая теория связи : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2016. - 495 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое система доменных имен?

2. В чем отличие прямой адресации и системы доменных имен?

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Контрольная работа «Расчет параметров коммутируемой телекоммуникационной сети» посвящена разработке схем организации связи коммутационных станций, каналов, децентрализованных и централизованных систем сигнализации и синтезу модулей цифровой коммутации.

Каждое индивидуальное задание включает в себя выполнение студентом следующих разделов:

1. Выбор схемы организации связи на ГТС.
2. Разработка схемы сопряжения ТФОП с сетью СПС.
3. Разработка функциональной схемы передающих устройств каналов, сигналов управления и взаимодействия.
4. Расчет числа звеньев сигнализации сети ОКС №7.
5. Синтез модуля пространственной коммутации (МПК) с использованием заданной элементной базы.
6. Синтез модуля временной коммутации (МВК) с использованием заданной элементной базы.

Расчеты выполняются двумя способами: вручную и в программе схемотехнического моделирования Multisim.

При выполнении контрольной работы используются теоретические сведения, представленные в 5-10 разделах данной дисциплины.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ОС Windows 7 Professional;
2. Microsoft Imagine Premium;
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Дисплейный класс	Интерактивная доска	№ 1-
ПЗ	Дисплейный класс	Интерактивная доска	№1-
Р СР	Читальный зал №3	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF); принтер HP LaserJet P3005 Microsoft Imagine Premium (Windows 10 Windows 8.1)	-

	техническую документацию		6.4.Системы сотовой связи	
		7. Основы теории телетрафика	7.1.Потоки вызовов	Экзаменационные вопросы 9-12
			7.2.Характеристики систем обслуживания вызовов	
			7.3.Распределение нагрузки на сетях связи	
			7.4.Системы обслуживания вызовов	
		8. Построение систем коммутации	8.1.Способы коммутации на сетях связи	Экзаменационные вопросы 13-16
			8.2.Коммутационные приборы и элементы	
			8.3.Коммутационные поля и блоки	
			8.4.Коммутационные схемы и их характеристики	
		9. Аналоговые системы коммутации	9.1.Декадно-шаговые АТС	Экзаменационные вопросы 17-18
			9.2.Координатные АТС	
		10. Цифровые системы коммутации	10.1.Основы цифровой коммутации	Экзаменационные вопросы 19-21
			10.2.Оборудование доступа в ЦСК	
10.3.Системы управления в ЦСК				

2. Вопросы к зачету, экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1. 2.	ОПК-3 ПК-9	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации Умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с	1.Способы построения систем связи	1. Сети связи и их классификация
			2.Сети передачи индивидуальных и массовых сообщений	
			3.Классификация вторичных сетей	
			4.Телефонные сети и их классификация	2. Аналоговые телефонные сети
			5.Сельские и городские телефонные сети	
			6.Системы нумерации на телефонных сетях	3.Цифровые сети связи
			7.Интеграция телекоммуникационной сети	
			8.Принципы цифровизации телефонной сети	
			9.Стратегии построения цифровой сети	
			10.Стратегии цифровизации СТС	

3.	ПК-15	<p>техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных</p> <p>Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию</p>	11.Классификация видов сигнализации	4. Сигнализация в телефонных сетях
			12.Абонентская сигнализация	
			13.Линейная и регистровая сигнализации	
			14.Общеканальная система сигнализации	

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела (
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-3	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	1.Способы аналогового и цифрового абонентского доступа	5. Сети абонентского доступа
			2.Построение абонентских сетей	
			3.Технологии xDSL	
			4.Технологии кодирования линейных сигналов	
2.	ПК-9	Умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов,	5.Принципы построения сетей сотовой связи	6. Сети и системы сотовой связи
			6.Структура элементов сотовой связи	
			7.Методы множественного доступа	
			8.Системы сотовой связи	
			9.Потоки вызовов	7. Основы теории телетрафика
			10.Характеристики систем обслуживания вызовов	
			11.Распределение нагрузки на сетях связи	
			12.Системы обслуживания вызовов	
			13.Способы коммутации на сетях связи	8.Построение систем коммутации
			14.Коммутационные приборы и элементы	
			15.Коммутационные поля и блоки	
			16.Коммутационные схемы и их характеристики	
			17.Декадно-шаговые АТС	9.Аналоговые

<p>формирования исходных данных для проектирования сетей связи и систем коммутации; (ПК-9): -проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций; (ПК-15): -разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию. Владеть (ОПК-3): -способностью использовать нормативную и правовую документацию при решении практических задач технической эксплуатации сетей связи и систем коммутации: (ПК-9): -способностью самостоятельной работы на компьютере при проектировании сетей связи и систем коммутации с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ: (ПК-15): -способностью осуществить приемку, освоение и эксплуатацию вводимого оборудования в соответствии с действующими нормативами; организовать рабочие места, их техническое оснащение.</p>	<p>удовлетворительно</p>	<p>Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.</p>
	<p>неудовлетворительно</p>	<p>На оба вопроса студент отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>
	<p>зачтено</p>	<p>Студент должен во время ответа показать знания основ построения сетей связи и систем коммутации. Студент должен иметь навыки владения экспериментального исследования сетей связи. Студент во время ответа должен продемонстрировать умения рассчитывать и измерять параметры сетей связи.</p>
	<p>не зачтено</p>	<p>На вопросы студент отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Сети связи и системы коммутации направлена на изучение принципов построения и функционирования сетей связи общего пользования; анализ информационных процессов в сетях связи с коммутацией каналов и пакетов; сетей инфокоммуникационных технологий, систем сигнализации, нумерации, синхронизации, методов анализа и синтеза сетей связи.

Изучение дисциплины Сети связи и системы коммутации предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- контрольную работу,
- самостоятельную работу студента,
- зачет,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Сети связи и их классификация» студенты должны изучить: способы построения систем связи, сети передачи индивидуальных и массовых сообщений, классификацию вторичных сетей.

В ходе освоения раздела 2 «Аналоговые телефонные сети» студенты должны изучить: телефонные сети и их классификацию, сельские и городские телефонные сети. системы нумерации на телефонных сетях.

В ходе освоения раздела 3 «Цифровые сети связи» студенты должны изучить: интеграцию телекоммуникационной сети, принципы цифровизации телефонной сети. стратегии построения цифровой сети.

В ходе освоения раздела 4 «Сигнализация в телефонных сетях» студенты должны изучить следующие вопросы: классификация видов сигнализации, абонентская сигнализация, линейная и регистровая сигнализации.

В ходе освоения раздела 5 «Сети абонентского доступа» студенты должны изучить следующие вопросы: способы аналогового и цифрового абонентского доступа, построение абонентских сетей. Технологии xDSL. технологии кодирования линейных сигналов.

В ходе освоения раздела 6 «Сети и системы сотовой связи» студенты должны изучить следующие вопросы: принципы построения сетей сотовой связи, структура элементов сотовой связи. методы множественного доступа.

В ходе освоения раздела 7 «Основы теории телетрафика» студенты должны изучить следующие вопросы: потоки вызовов. характеристики систем обслуживания вызовов, распределение нагрузки на сетях связи. системы обслуживания вызовов.

В ходе освоения раздела 8 «Построение систем коммутации» студенты должны изучить следующие вопросы: способы коммутации на сетях связи. коммутационные приборы и элементы, коммутационные поля и блоки, коммутационные схемы и их характеристики.

В ходе освоения раздела 9 «Аналоговые системы коммутации» студенты должны изучить следующие вопросы: декадно-шаговые АТС, координатные АТС.

В ходе освоения раздела 10 «Цифровые системы коммутации» студенты должны изучить следующие вопросы: основы цифровой коммутации, оборудование доступа в ЦСК, системы управления в ЦСК.

В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков представления об различных способах проектирования сетей связи и систем коммутации.

В процессе проведения практических работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков расчета различных параметров сетей связи.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Сети связи и системы коммутации

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является знакомство бакалавров с принципами построения и функционирования сетей связи общего пользования; анализом информационных процессов в сетях связи с коммутацией каналов и пакетов; изучение сетей инфокоммуникационных технологий, систем сигнализации, нумерации, синхронизации, методов анализа и синтеза сетей связи.

Задачи дисциплины состоят в том, чтобы сформировать у бакалавров знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно проводить анализ информационных процессов в системах коммутации, знать системы сигнализации, нумерации, синхронизации, принципы технической эксплуатации систем коммутации.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 41 час, ЛР – 17 часов, ПЗ – 41 час, СРС – 117 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252 часа, 7 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Сети связи и их классификация
2. Аналоговые телефонные сети
3. Цифровые сети связи
4. Сигнализация в телефонных сетях
5. Сети абонентского доступа
6. Основы теории телетрафика
7. Основы теории телетрафика
8. Построение систем коммутации
9. Аналоговые системы коммутации
10. Цифровые системы коммутации

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;

ПК-9 - умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных;

ПК-15 - умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 201__-201__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 201__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС	
ОПК-3	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	1. Сети связи и их классификация	1.1.Способы построения систем связи	Отчеты по лабораторным работам	
			1.2.Сети передачи индивидуальных и массовых сообщений		
			1.3.Классификация вторичных сетей		
		2. Аналоговые телефонные сети	2.1.Телефонные сети и их классификация	Отчеты по лабораторным работам	
			2.2.Сельские и городские телефонные сети		
			2.3.Системы нумерации на телефонных сетях		
	ПК-9	Умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных	3. Цифровые сети связи	3.1.Интеграция телекоммуникационной сети	Отчеты по лабораторным работам
				3.2.Принципы цифровизации телефонной сети	
				3.3.Стратегии построения цифровой сети	
				3.4.Стратегии цифровизации СТС	
	ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	4. Сигнализация в телефонных сетях	4.1.Классификация видов сигнализации	Отчеты по лабораторным работам
				4.2.Абонентская сигнализация	
4.3.Линейная и регистровая сигнализации					
4.4.Общеканальная система сигнализации					
ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	5. Сети абонентского доступа	5.1.Способы аналогового и цифрового абонентского доступа	контрольная работа	
			5.2.Построение абонентских сетей		
			5.3.Технологии xDSL		
			5.4.Технологии кодирования линейных сигналов		
ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	6. Сети и системы сотовой связи	6.1.Принципы построения сетей сотовой связи	контрольная работа	
			6.2.Структура элементов сотовой связи		
			6.3.Методы множественного доступа		
			6.4.Системы сотовой связи		
ПК-15		7. Основы	7.1.Потоки вызовов	контрольная	

	теории телетрафика	7.2.Характеристики систем обслуживания вызовов	работа
		7.3.Распределение нагрузки на сетях связи	
		7.4.Системы обслуживания вызовов	
	8. Построение систем коммутации	8.1.Способы коммутации на сетях связи	контрольная работа
		8.2.Коммутационные приборы и элементы	
		8.3.Коммутационные поля и блоки	
		8.4.Коммутационные схемы и их характеристики	
	9. Аналоговые системы коммутации	9.1.Декадно-шаговые АТС	контрольная работа
		9.2.Координатные АТС	
	10. Цифровые системы коммутации	10.1.Основы цифровой коммутации	контрольная работа
		10.2.Оборудование доступа в ЦСК	
		10.3.Системы управления в ЦСК	

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать (ОПК-3): -нормативные документы в области сетей связи и систем коммутации (технические регламенты, международные и национальные	отлично	Во время защиты курсовой работы студент показал знание все основных определений и продемонстрировал уверенное умение использовать методы расчета сетей связи и систем коммутации, владение достаточным уровнем понимания материала, и способностью самостоятельно высказать мысль на научно-техническом языке.

<p>стандарты, рекомендации МСЭ-Т, нормы, протоколы, интерфейсы и т.д.); \ (ПК-9):</p> <p>-методы проектирования сетей связи и систем коммутации;</p> <p>(ПК-15):</p> <p>- принципы построения и функционирования сетей связи и систем коммутации.</p> <p>Уметь (ОПК-3):</p> <p>-собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования сетей связи и систем коммутации;</p> <p>(ПК-9):</p> <p>-проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций;</p> <p>(ПК-15):</p> <p>-разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.</p> <p>Владеть (ОПК-3):</p> <p>-способностью использовать нормативную и правовую документацию при решении практических задач технической эксплуатации сетей связи и систем коммутации;</p> <p>(ПК-9):</p> <p>-способностью самостоятельной работы на компьютере при проектировании сетей связи и систем коммутации с</p>	хорошо	Во время защиты курсовой работы студент показал не полное понимание материала и навыков владения практическими приемами.
	удовлетворительно	Во время защиты курсовой работы студент показал слабое понимание материала и навыков владения практическими приемами.
	неудовлетворительно	Во время защиты курсовой работы студент не продемонстрировал теоретических знаний по теме работы, либо не показал ни каких практических навыков.
	зачтено	Во время защиты лабораторных работ студент ответил на поставленные преподавателем вопросы.
	не зачтено	Во время защиты лабораторных работ студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы. Либо отчет имеет ряд замечаний.

<p>использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ: (ПК-15):</p> <ul style="list-style-type: none">-способностью осуществить приемку, освоение и эксплуатацию вводимого оборудования в соответствии с действующими нормативами;организовать рабочие места, их техническое оснащение.		
---	--	--

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Профиль Многоканальные телекоммуникационные системы от «6» марта 2015 г. №174

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. №130

Программу составил:

Игнатьев И.В. заведующий кафедрой УТС, доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС

от «28» декабря 2018 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой _____ И.В. Игнатьев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой _____ И.В. Игнатьев

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета _____ А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____