

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

*КАФЕДРА*  
*ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ*

## **Сети связи и системы коммутации**

### **Б1.В.15**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**  
для студентов направления подготовки  
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль Мобильная связь и интернет вещей  
квалификация «бакалавр» всех форм обучения

**Ростов-на-Дону**  
**2022**

Составитель: доцент кафедры «ИТСС», к.т.н., доцент Решетникова И.В.

Данное методическое пособие предназначено для обеспечения проведения лабораторных работ со студентами направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиля Мобильная связь и интернет вещей , квалификации «бакалавр».

Пособие обеспечивает получение практических навыков по основополагающим вопросам изучаемой дисциплины.

Рецензент: Зав. кафедрой ИТСС, к.т.н., доцент Юхнов В.И.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС 26.08. 2022 г. Протокол № 1

# **I ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

## *1.1 Цели и задачи*

Данный практикум является основополагающим звеном в изучении принципов построения цифровых систем передачи.

*Основная цель практикума – научить:*

1. производить все виды инженерных расчетов, связанных с проектированием и эксплуатацией современных цифровых систем передачи;
2. работать с основными характеристиками и параметрами цифровых сигналов связи и передачи данных.

## *1.2 Общие правила работы в лаборатории*

Поскольку все практические занятия рассчитаны на применение компьютеров, то при работе в лаборатории студенты должны:

1. Строго соблюдать установленные правила внутреннего распорядка и техники безопасности.
2. Неукоснительно выполнять требования инженерно-технического состава лаборатории.
3. Начало любых видов работ начинать с приема исходного состояния комплекса технических средств на рабочем месте и заканчивать приведением комплекса технических средств в исходное состояние.

## *1.3 Подготовка к лабораторным занятиям*

1. повторить теоретический материал, относящийся к работе, пользуясь конспектом лекций и указанной литературой;
2. хорошо уяснить цели работы, программу работы, порядок выполнения работы.

## *1.4. Порядок проведения лабораторных занятий*

1. Уяснение цели и темы лабораторного занятия.
2. Краткое ознакомление с теоретическим материалом по теме занятия с помощью компьютера.
3. Получение от преподавателя индивидуальных исходных данных для расчета.
4. Выполнение расчетов и составление отчета.
5. Верификация результатов расчетов.

***Лабораторная работа №1:***

*Исследование телефонных аппаратов*

***Лабораторная работа №2:***

Разработка структурных схем телефонных сетей с коммутацией каналов разных уровней иерархии.

***Лабораторная работа №3:***

Системы нумерации на ЕСЭ РФ.

***Лабораторная работа №4:***

Моделирование сетей связи с пакетной коммутацией

***Лабораторная работа №5:***

Изучение МТР-2 (СОТСБИ-У)

# Лабораторная работа №1

## Исследование телефонных аппаратов

### Цель работы

Закрепить знания по принципам работы электронного ТА и взаимодействию его функциональных узлов.

### Краткие теоретические сведения

#### *Структурная схема телефонного аппарата*

Структурная схема ТА общего применения ЦБ АТС представлена на рис. 1. В нее входят: приемник вызова (ПВ), разговорные приборы (РГП), устройство коммутации (РП) и номеронабиратель (НН).

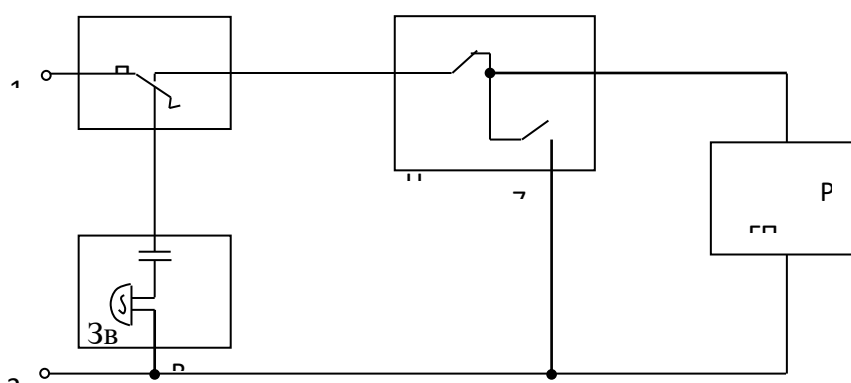


Рис. 1. Структурная схема телефонного аппарата ЦБ АТС

Приемник вызова в большинстве случаев состоит из поляризованного звонка переменного тока (ЗВ), преобразующего электрический ток частотой 25 гц в акустический вызывной сигнал, и последовательно соединенного с ним конденсатора (С), который преграждает путь постоянному току от ЦБ АТС.

Разговорные приборы состоят из электроакустических преобразователей и трансформатора. В качестве электроакустических преобразователей в современных ТА используются в основном угольные

микрофоны и электромагнитные телефоны, которые для удобства пользования объединяются в одно целое – микротелефонную трубку, соединяющуюся с остальной частью схемы, размещенной в корпусе ТА, трехпроводным или четырехпроводным шнуром.

Трансформатор – преимущественно трехобмоточный с замкнутым магнитопроводом из электротехнической стали. Основное назначение – образование противоместных схем. Он используется еще и для того, чтобы отделить цепь питания микрофона от цепи переменного тока телефона, так как наличие значительного по величине постоянного тока в цепи телефона может привести к насыщению его магнитной системы и к уменьшению чувствительности телефона. В ТА системы МБ трансформатор также служит для согласования сопротивления микрофона с входным сопротивлением линии.

Номеронабиратель представляет собой прибор ТА, обеспечивающий передачу адресных сигналов на АТС. Различают номеронабиратели: дисковый, кнопочный, сенсорный.

Адресные сигналы несут информацию о номере вызываемой абонентской линии, различных службах телефонной сети и служат для автоматического управления установлением соединения на АТС.

Упрощенная схема соединения двух электронных ТА через АТС с центральной батареей GB приведена рис. 7.

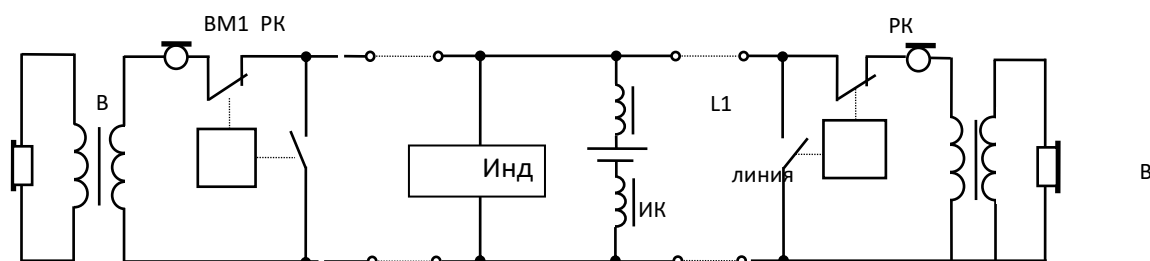


Рис. 2

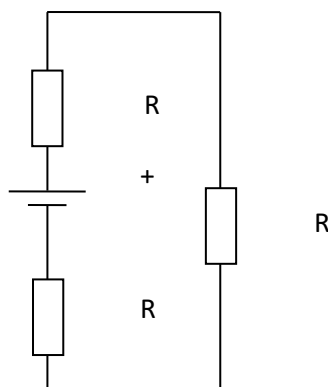
Ток питания каждого микрофона проходит через дроссели  $L1$  и  $L2$ , общие для цепей питания обоих микрофонов. Они необходимы для того, чтобы не происходило замыкание переменного (разговорного) тока через центральную батарею (ЦБ), внутреннее сопротивление которой очень мало и составляет тысячные доли ома.

Большая индуктивность дросселей создает настолько значительное сопротивление переменному току, что он не ответвляется в ЦБ и практически полностью замыкается через аппарат второго абонента.

На АТС в качестве дросселей часто используются двухобмоточные реле, служащие одновременно для получения сигнала о вызове станции абонентом и сигнала окончания разговора (отбоя).

АТС осуществляет питание линии абонента постоянным напряжением 60 В. При снятии телефонной трубки к линии АТС в качестве нагрузки подключается микротелефонная пара трубки, в результате чего напряжение на линейных зажимах ТА падает до величины 5 – 15 В в зависимости от класса ТА. Это происходит вследствие образования делителя напряжения, который состоит из сопротивления ТА –  $R_{ТА}$  и сопротивления АТС –  $R_{АТС}$ , которое включает в себя сопротивление обмоток реле  $RL1$  и  $RL2$  и внутреннее сопротивление источника питания  $GB$  (рис. 8).  $R_{АТС}$  в зависимости от типа станции составляет для:

- АТС - 54 – до 1500 Ом
- АТСК – до 1200 Ом
- АТСКЭ – до 700 Ом



Электрическое сопротивление ТА постоянному току при рабочем токе – 35 мА должно быть в пределах 150 – 600 Ом.

Электрическое сопротивление постоянному току со стороны линейных зажимов при снятой микрофонной трубке:

- при замыкании линии контактами номеронабирателя < 50 Ом;
- при размыкании линии контактами номеронабирателя > 300 КОм.

Набор номера обеспечивается совместной синхронной работой импульсного и разговорного ключей (рис. 9).

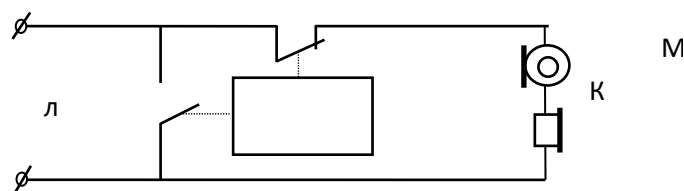


Рис. 9

С момента нажатия кнопки на наборном поле (НП) ТА и до окончания набора РК отключает разговорную часть. Одновременно ИК замыкает линию накоротко и размыкает ее количество раз, соответствующее цифре набора. Таким образом, диаграмма работы кнопочного НН (рис. 10) получается аналогичной диаграмме работы дискового с той лишь разницей, что паузы между импульсами набора и межсерийные паузы при использовании кнопочного НН нормированы и близки к оптимальным. Это повышает стабильность работы АТС и уменьшает время соединения.

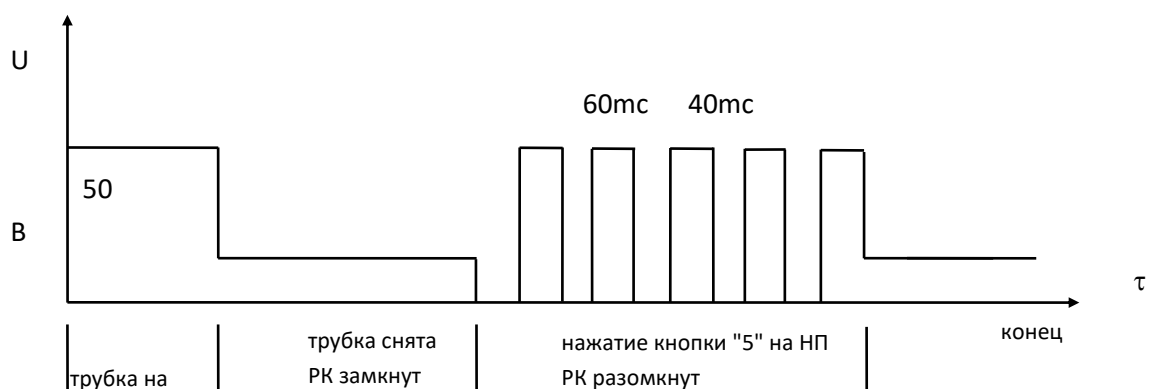


Рис. 10



В импортных ТА ИК включается последовательно с нагрузкой, в качестве которой может быть использована разговорная часть ТА (рис. 11), или в ТА более высокого класса – резистор сопротивлением 130 – 150 Ом (рис. 12). В первом случае ИК коммутирует разговорную часть, во втором – разговорная часть на время набора отключается, а нагрузкой ИК является резистор  $R_H$ .

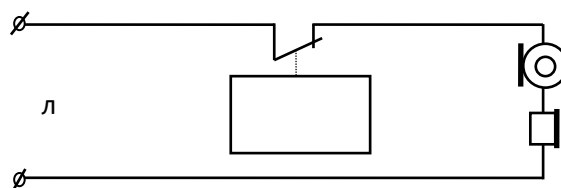


Рис. 11

Диаграмма работы этих схем ТА аналогична диаграмме, приведенной на рис. 10.

Отсутствие "чистого" нуля в этом случае может иногда приводить к сбоям в работе и неправильному соединению при использовании ТА на линиях связи отечественных АТС.

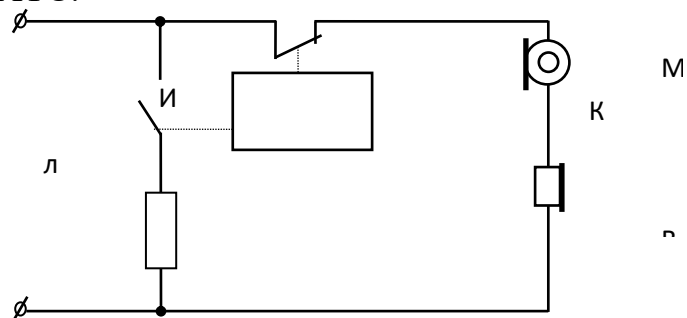


Рис. 12

Отметим, что в настоящее время перспективными являются кнопочные ТА с частотным набором номера, которые используются при работе с электронными и квазиэлектронными АТС. Передача каждой цифры в частотном номеронабирателе осуществляется за 0,04 сек. многочастотным кодом 2 из 8. Этот код обеспечивает 16 комбинаций сигнальных частот, 10 из

которых используются для набора номера. Кнопки # и \* используются при наборе кодов дополнительных видов обслуживания (рис. 19).

Наиболее распространенные структурные схемы электронных ТА с импульсным набором приведены на рис. 13 – 14.

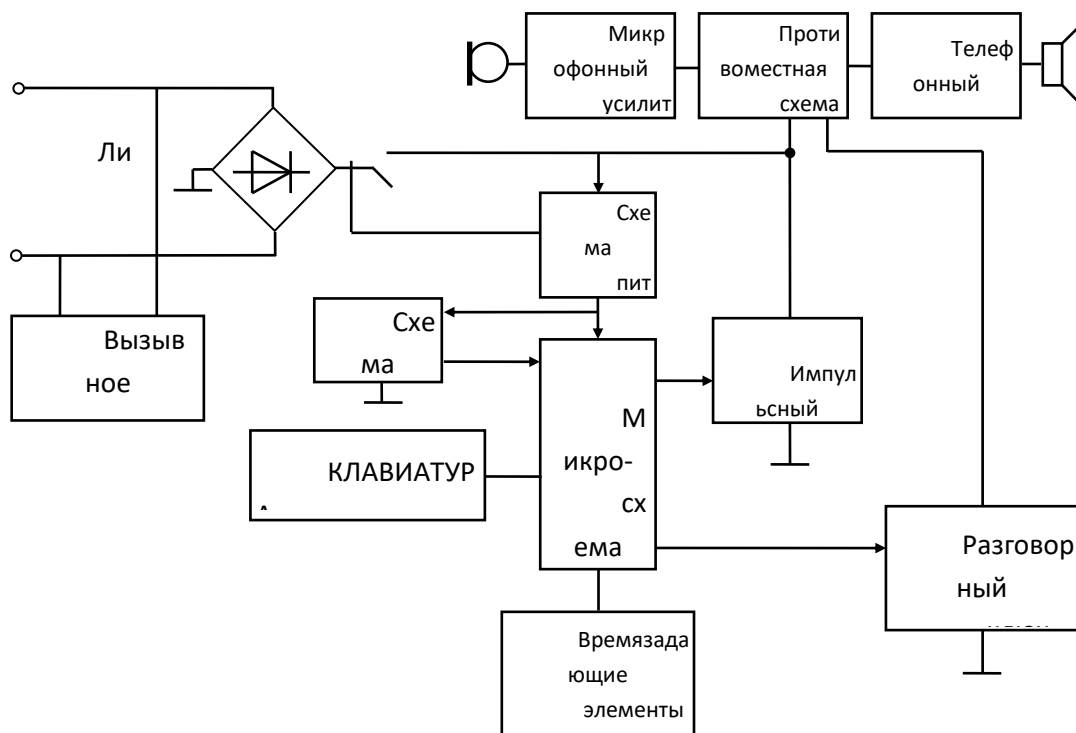
Все они содержат следующие основные узлы:

- вызывное устройство (ВУ) – предназначено для приема сигнала индуктора (вызыва абонента АТС) и преобразования его в звуковое колебание;
- диодный мост – исключает влияние полярности напряжения линии на полярность включения ТА;
- схема "ОТБОЙ" – осуществляет начальную установку ИС электронного номеронабирателя (ЭНН);
- микропереключатель – отключает питание схемы ТА при уложенной на рычаг трубке;
- времязадающие элементы генератора, определяющие частоту внутреннего тактового генератора, от которой зависят все временные параметры сигналов, вырабатываемых ИС ЭНН (частота набора, длительность импульсов и межсерийной паузы и т.п.);
- схема питания ИС ЭНН;
- ИС ЭНН – представляет собой микросхему на КМОП структурах, выполняющую функции:
  - опроса клавиатуры;
  - формирования сигналов набора номера, управляющих работой импульсного ключа;
  - формирования сигнала отключения разговорной части во время набора номера, управляющего работой разговорного ключа;
  - запоминания последнего или нескольких набираемых номеров.
- импульсный ключ – формирует импульсы набора, подаваемые в линию;
- $R_H$  – резистор нагрузки линии, исключающий ее замыкание накоротко во время формирования импульсов набора;

- телефонный усилитель – усиливает речевой сигнал до уровня нормальной слышимости и согласует сопротивление линии с сопротивлением звукоизлучающего элемента;
- микрофонный усилитель усиливает сигнал микрофона. В схеме, представленной на рис. 14, сигнал микрофона через разделительный конденсатор С поступает на вход ИК, работающего во время разговора в режиме усилителя тока;
- противоместная схема – устраняет местный эффект, т.е. возможность прослушивания в телефоне трубки собственного голоса;
- разговорный ключ – отключает разговорную часть на время прохождения импульсов набора, что устраняет неприятные щелчки в телефоне трубки;
- клавиатура – выполняет функцию датчика ИС ЭНН. Она построена по координатной схеме (рис. 19), где

X – координата входа,

Y – координата выхода или входа в зависимости от типа ИС.



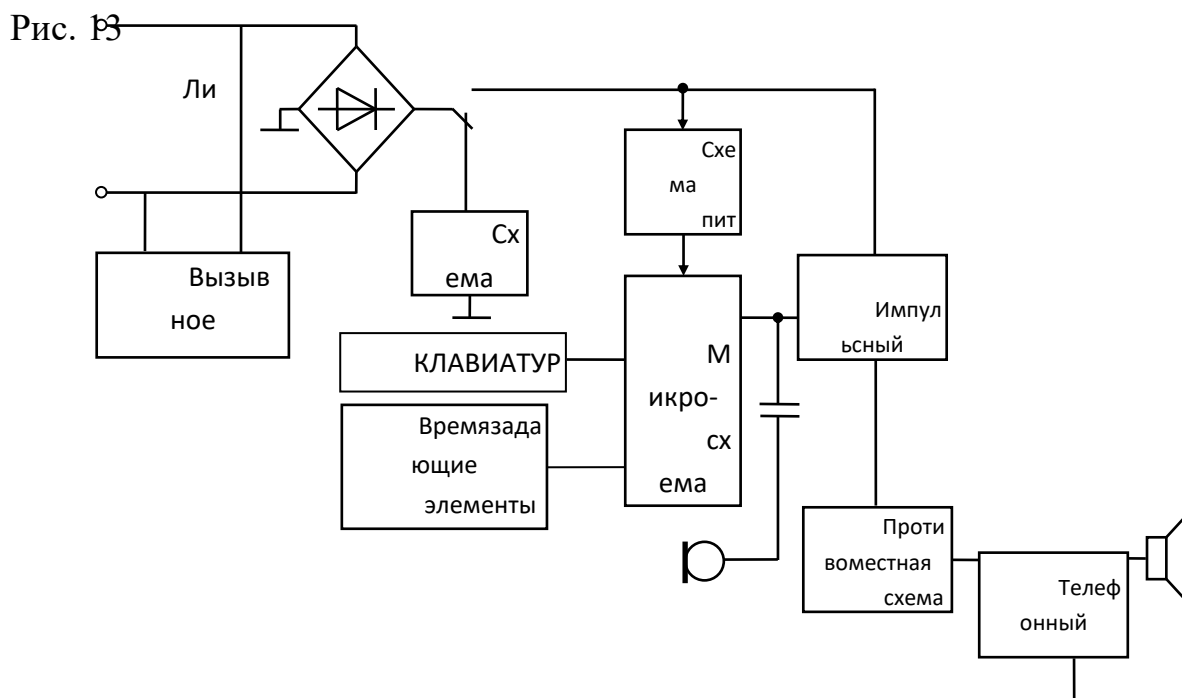


Рис. 14

Рассмотрим принципы работы ТА по структурным схемам. Структурная схема, по которой строятся ТА отечественного производства (использованная в наборном поле), приведена на рис. 13.

При снятии трубки рычажный переключатель SB подключает ТА к линии АТС. В результате преобразования делителя напряжение на линейных зажимах снижается до величины  $U_{ТА}$  (5 – 15 В). При этом схема "ОТБОЙ" вследствие подачи напряжения  $U_{ТА}$  в схему ТА осуществляет начальную установку ИС ЭНН (режим готовности к набору номера).

В режиме готовности к набору номера ИС ЭНН вырабатывает сигналы управления ключами ИК и РК, вследствие которых разговорный узел (РУ), состоящий из микрофонного и телефонного усилителей и противоместной схемы, посредством разговорного ключа подключается к линии, и в трубке

прослушивается ответ станции (гудок). ИК – находится в разомкнутом (закрытом) состоянии.

При нажатии кнопок клавиатуры ИС ЭНН формирует последовательности импульсов, управляющие работой ИК и РК. ИК – замыкает линию накоротко и размыкает ее, формируя посылки постоянного тока, управляющие работой АТС. РК – отключает разговорный узел от общего провода на время следования посылок набора номера, что устраняет неприятные щелчки в телефоне трубки при наборе номера.

По окончании набора РК вновь подключает разговорный узел, и в трубке слышны тональные посылки АТС, свидетельствующие об окончании процесса соединения и поступлении в линию вызываемого абонента посылок вызывного сигнала. При снятии абонентом трубки вы слышите его голос.

По окончании разговора трубка укладывается на рычаг. Рычажный переключатель (РП) SB размыкает цепь, и схема ТА переходит в дежурный режим. В дежурном режиме схема питания ИС обеспечивает подпитку ОЗУ ИС ЭНН, в котором хранится последний набранный номер, схема "ОТБОЙ" запрещает набор номера с клавиатуры с целью сохранения последнего набранного номера, и вызывное устройство готово к приему сигналов вызова АТС. При поступлении сигнала вызова от АТС ВУ вырабатывает звуковые сигналы, информирующие о вызове. До снятия трубки схема ТА находится в дежурном режиме. При снятии трубки ИС устанавливается в исходное состояние с той лишь разницей, что вместо ответа станции (гудка) вы слышите голос вызывающего вас абонента.

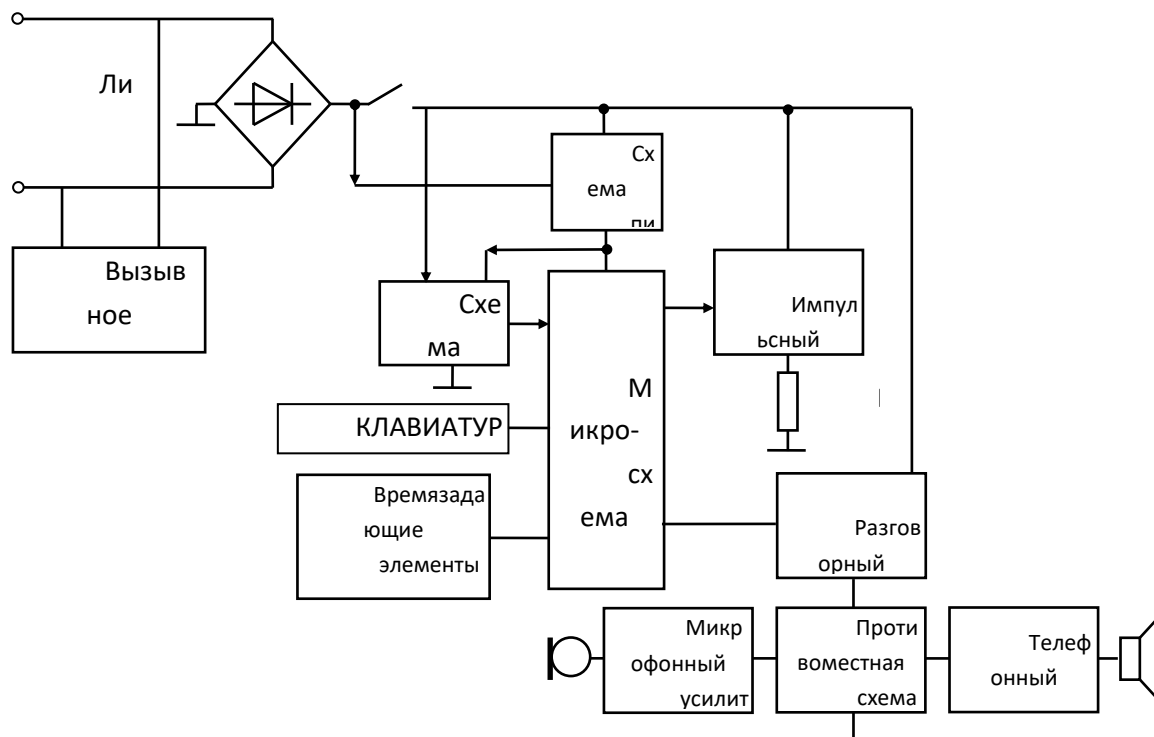


Рис.

15

При кратковременном нажатии на РП или нажатии кнопки "сброс" на наборном поле посредством схемы "ОТБОЙ" ТА переводится в исходное состояние.

Структурная схема ТА импортного производства, использующего в качестве нагрузки разговорный узел, приведена на рис. 13.

Работа этой схемы несколько отличается от предыдущей. При снятии трубки переключатель SB переходит в верхнее по схеме положение. В результате этого схема "ОТБОЙ" подключает к общей шине соответствующий вход ИС ЭНН, осуществляя установку последней в исходное состояние при подаче напряжения на схему питания ИС. В исходном состоянии через замкнутый (открытый) ИК к линии АТС подключается РУ, и в трубке слышен ответ станции.

При наборе номера ИК отключает от линии РУ и подключает его вновь, формируя тем самым импульсы набора, управляющие АТС.

По окончании набора ИК остается в замкнутом состоянии. Разговорный узел подключен к линии и в трубке слышны тональные посылки АТС, свидетельствующие об окончании процесса соединения.

Во время разговора ИК выполняет функцию усилителя сигнала микрофона.

По окончании разговора уложенная на рычаг трубка переводит переключатель SB в нижнее по схеме положение, снимая напряжение питания с ИС ЭНН и подключая схему "ОТБОЙ", которая в этом режиме запрещает набор номера и обеспечивает подпитку ОЗУ ИС.

При поступлении сигнала вызова ВУ действует так же, как и в предыдущей схеме. При снятии трубки осуществляется начальная установка ИС, в результате чего через открытый ИК разговорный узел подключается к линии, и вы слышите голос вызывающего вас абонента.

Структурная схема импортных ТА, использующих в качестве нагрузки линии при наборе номера резистор  $R_H$  (рис. 15), работает в целом аналогично схеме, представленной на рис. 13.

Для проведения исследований разработана специализированная лабораторная установка, включающая:

- имитатор напряжений АТС;
- коммутационное поле со схемой электронного ТА;
- набор модулей для сборки и исследования различных схем ТА и их компонентов.

При проведении экспериментов используются универсальные измерительные приборы:

- осциллограф (С1-83, С1-93);
- генератор сигналов (ГЗ-111, ГЗ-112);
- цифровой мультиметр (В7-35).

## Описание лабораторной установки

Имитатор сигналов АТС обеспечивает исследуемые схемы постоянным напряжением 60 В и переменным вызывным сигналом. В целях безопасности напряжение вызывного сигнала уменьшено до 60 В.

Для удобства подключения измерительных приборов напряжения имитатора подаются по несимметричной линии (вывод Л1 – заземление).

Кроме того, в составе имитатора имеется индикатор набора номера (ИН) и буферное ЗУ, обеспечивающее непрерывное воспроизведение сигналов первой цифры набранного номера для наблюдения формы сигналов на экране осциллографа, и, наконец, в данном блоке расположен вспомогательный регулируемый источник постоянного напряжения (БП).

Передняя панель с органами управления и структурная схема имитатора сигналов АТС изображены на рис. 17, а и рис. 17, б соответственно.

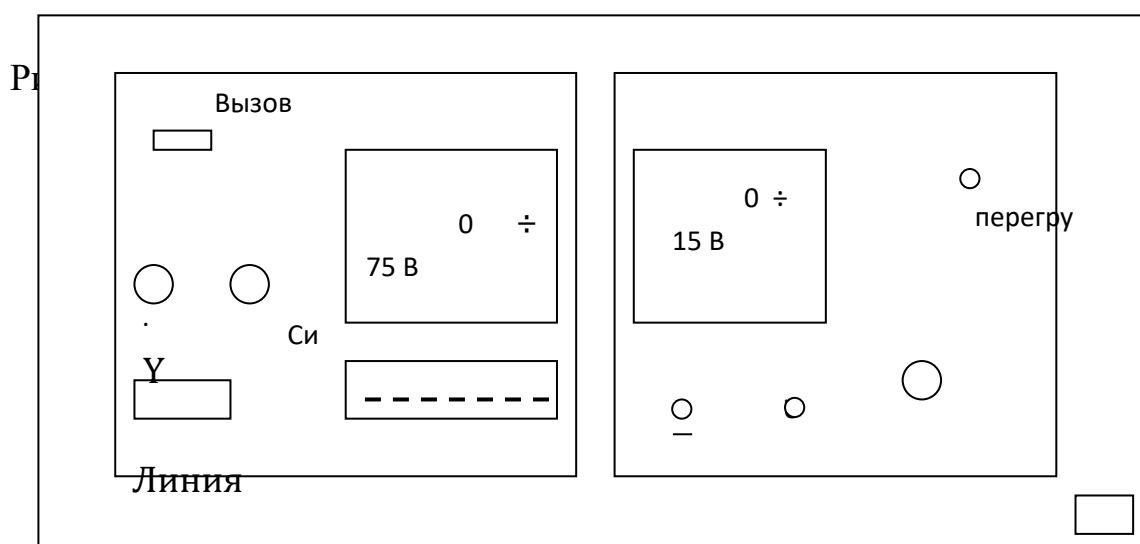




Рис. 17, а

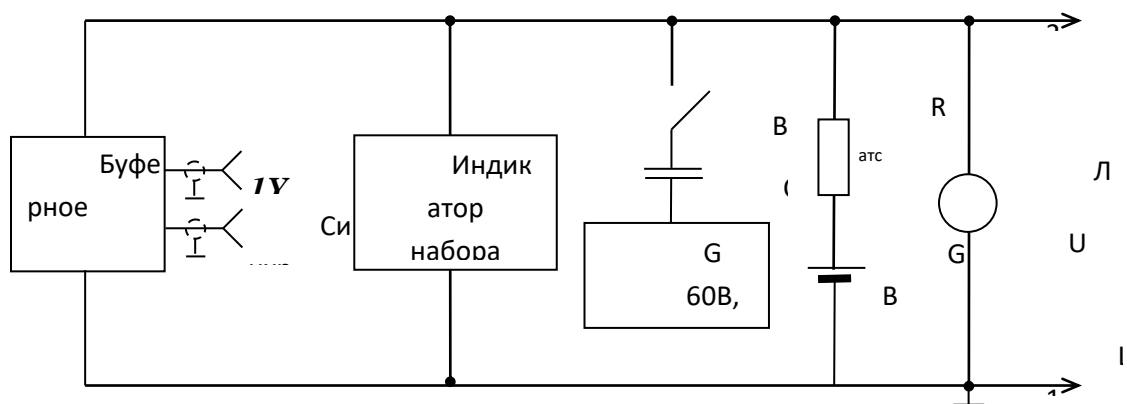


Рис. 17, б

Постоянное напряжение для питания ТА поступает в линию от источника GB (+60 В) через сопротивление элементов АТС по постоянному току  $R_{АТС}$ . Напряжение на линии  $U_{лин}$  контролируется вольтметром V.

При нажатии кнопки "Вызов" в линию через разделительный конденсатор  $C_p$  поступает переменное вызывное напряжение (60В, 50Гц). При ответе абонента вызывное напряжение снимается.

Индикатор набора номера высвечивает 5 набираемых на ТА цифр. Сброс индикатора происходит по сигналу «отбой».

Буферное запоминающее устройство запоминает первую набранную цифру и обеспечивает ускоренное в 1000 раз непрерывное воспроизведение сигнала в линии, соответствующего набору данной цифры. При наблюдении формы сигнала (выход Y) используется внешняя синхронизация осциллографа от буферного ЗУ (выход "синхр").

Наборное поле состоит из двух половин. В левой половине размещена типовая схема электронного аппарата отечественного производства (рис. 18) (при установке всех перемычек, показанных пунктиром), который может быть подключен к АТС. Наличие перемычек позволяет заменить любой узел ТА

другим, собираемым из отдельных компонентов в правой части наборного поля.

Структурная схема электронного ТА содержит следующие узлы:

1. Вызывное устройство (ВУ).
2. Диодный мост.
3. Рычажный переключатель (РП).
4. Схему питания номеронабирателя.
5. Номеронабиратель (НН).
6. Импульсный ключ (ИК).
7. Схему «отбой» НН.
8. Разговорный ключ (РК).
9. Дополнительная тастатура.
10. Разговорная схема.
11. Телефонная трубка (МТ).
12. Пьезоэлектрический преобразователь.

\* Номера элементов ТА выделены жирным шрифтом.

Роль рычажного переключателя (РП) в лабораторном ТА выполняет тумблер SB1 (верхнее положение тумблера соответствует снятию ТЛФ трубки).

ТЛФ трубка с расположенными в ней микрофонным и телефонным капсюлями подключается к наборному полю стандартным разъёмом; при этом телефонный капсюль присоединяется к выводам 39, 40, а микрофонный – к выводам 41, 42. Разъём для подключения ТЛФ трубки расположен на левой боковой стенке наборного поля.

Подключение ТА к имитатору сигналов АТС осуществляется специальным кабелем через разъём Р1 в левой верхней части наборного поля. Кроме того,

предусмотрено подключение к линии (Л1, Л2) второго стандартного ТА. (Разъём на задней стенке имитатора напряжения АТС).

### **Изучение структурной схемы электронного ТА и взаимодействия ТА с АТС**

Упрощённая схема исследуемого ТА, подключённого к имитатору АТС, изображена на рис. 20. Она почти совпадает со схемой ТА, представленной на рис. 18, и схемой, изображённой на наборном поле (на рис. 18 показан диодный мост, позволяющий подключать ТА не обращая внимания на полярность постоянного напряжения линии).

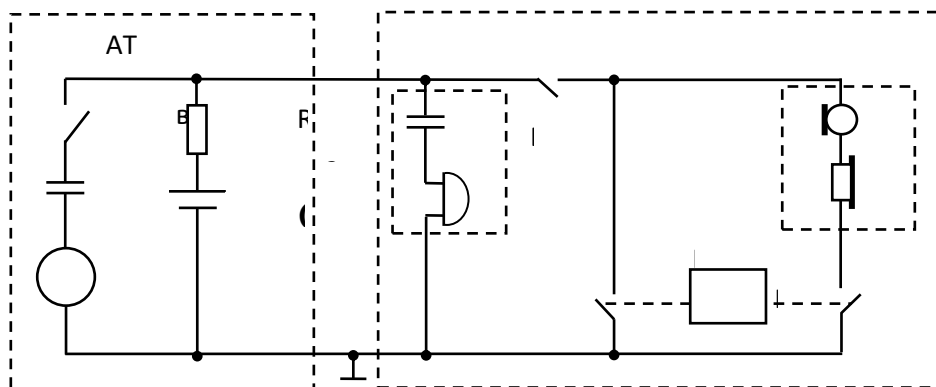


Рис. 20

В режиме ожидания вызова (ТЛФ трубка лежит на аппарате), рычажный переключатель разомкнут и к линии Л1, Л2 подключено только вызывное устройство (ВУ). При поступлении сигнала вызова от АТС раздаётся звонок. ВУ обязательно подключается через конденсатор, практически исключающий влияние ВУ на работу остальных элементов ТА. Если абонент поднимает ТЛФ трубку, то рычажный переключатель (РП) замыкается, и разговорная схема (РС) подключается к линии Л1, Л2, так как в исходном состоянии импульсный ключ (ИК) разомкнут, а разговорный (РК) – замкнут.

По постоянному току сопротивление разговорной схемы  $R_{pc}$  составляет 160 – 600 Ом в зависимости от типа ТА.

В результате в линии потечёт ток  $I_{л} = \frac{U_{л}}{(R_{ATC} + R_{pc})}$ , а напряжение в линии

уменьшится до величины:

$$U_{та} = U_{л} \left( \frac{R_{pc}}{(R_{ATC} + R_{pc})} \right) = 5-15 \text{ В.}$$

При наборе номера разговорный ключ размыкается на время набора, а импульсный ключ замыкает линию накоротко и размыкает её количество раз, равное цифре набора. Изменение напряжения на линии во время набора номера (цифра 5) показано на рис. 21.

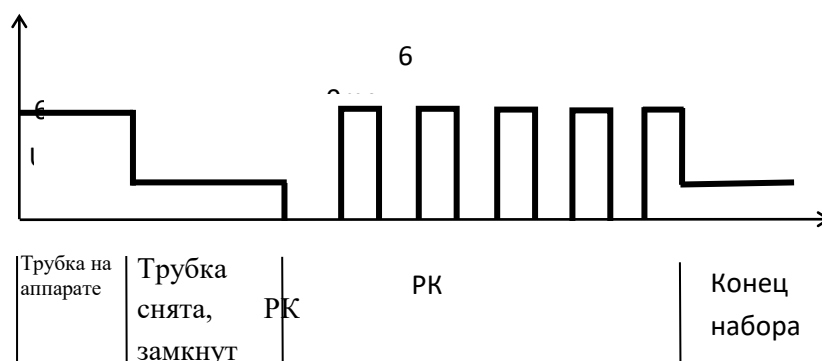


Рис. 21

Пять импульсов с амплитудой 60 В и длительностью 60 мс появляются в моменты размыкания импульсного ключа.

Приняв импульсы набора, коммутационное оборудование АТС устанавливает требуемое соединение. Когда вызываемый абонент снимает трубку, разговорные схемы ТА обоих абонентов соединяются на линии (по переменному току) параллельно и обеспечивают двухстороннее прохождение

разговорных сигналов. Отметим, что вопросы, связанные с прохождением сигналов внутри АТС и в соединительных линиях между АТС, в данном лабораторном практикуме не рассматриваются.

### ***Методические указания к выполнению лабораторной работы***

#### **Часть 1**

Сборка схемы телефонного аппарата производится на наборном поле лабораторного стенда в соответствии с рис. 22. С помощью перемычек, входящих в комплект стенда, производится необходимая коммутация клемм и подключение имитатора сигналов АТС.

По окончании работы собранная схема ТА должна быть предъявлена преподавателю для проверки и после чего возможен переход к выполнению второй части данной работы.

#### **Часть 2**

Вторая часть лабораторной работы предполагает исследование функционирования ТА в следующих режимах:

- при положенной (“отбой”) и снятой (“работа”) микрофонной трубке;
- в процессе набора номера;
- качественная оценка работы узлов ТА в режиме “разговор”.

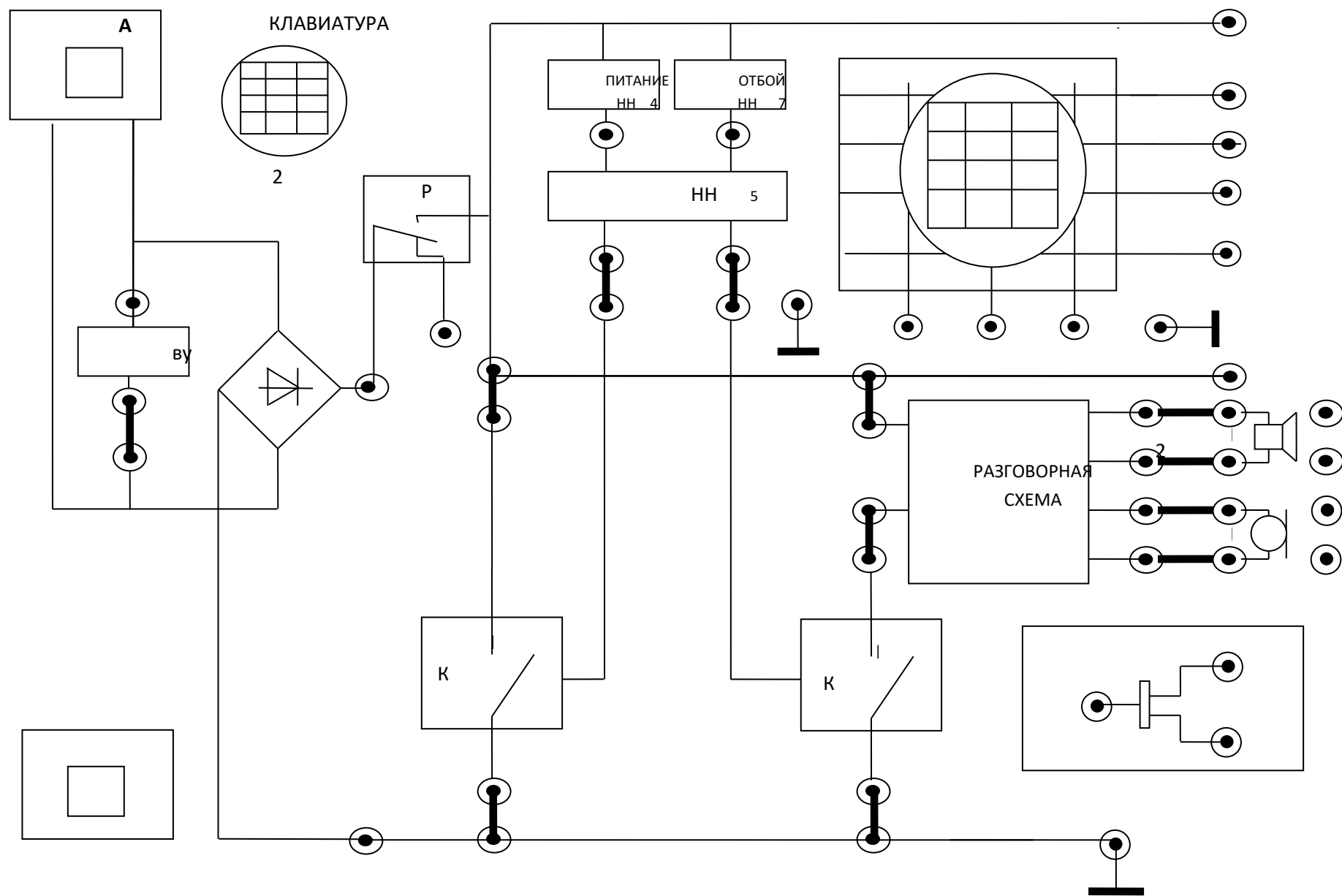


Рис. 22. Схема коммутации блоков ТА на наборном поле лабораторного стенда

## ***Порядок выполнения второй части лабораторной работы***

1.1. На приборе имитатора станционных сигналов нажмите кнопку “вызов” и с помощью осциллографа проконтролируйте на клеммах 1 и 3 вызывной сигнал. При этом схема вызывного устройства должна генерировать звуковой сигнал вызова.

Зарисуйте наблюдаемый сигнал и зафиксируйте его амплитуду и частоту.

1.2. С помощью осциллографа проконтролируйте, определите и зафиксируйте напряжения в следующих точках ТА для режимов, когда микротелефонная трубка лежит на рычаге ТА (режим “отбой”) и когда она снята, имитируя эти режимы переводом тумблера РП (3) либо в режим “отбой” (замкнутые контакты 1-3 РП), либо в режим “работа “ (замкнутые контакты 1-2 РП):

- на выходе выпрямительного моста (2) кл.4;
- напряжение питания ИС НН на кл.11;
- напряжение на выходе схемы “отбой” (7) HS на кл.14;
- напряжение NSI на управляющем входе ИК (6) кл.12–13;
- напряжение NSA на управляющем входе РК (8) кл.15–16;
- напряжение на входах ИК (6) и разговорной схемы (10) кл. 38;
- напряжение на входе РК (8) кл. 20–21;

1.3. Проконтролируйте наличие сигнала “ответ станции” в телефоне трубки в положении замкнутых контактов 1–2 РП. Он должен воспроизводиться в телефоне трубки чистым тоном частотой порядка 400 Гц, без дребезгов и хрипов.

1.4. В положение РП 1–2 “работа”, периодически нажимая на клавиатуре, например, клавишу с цифрой “9”, с помощью осциллографа проконтролируйте и зарисуйте формы:

- сигналов NSI на управляющем входе ИК (6) кл. 12–13;
- сигналов NSA на управляющем входе РК (8) кл. 15–16;
- сигналов на входе РК кл. 20–21;
- сигналов на входе ИК кл. 38.

1.5. Проконтролируйте и запишите показания цифрового табло набора номера имитатора сигналов АТС. Там должны отображаться цифры, соответствующие нажатым клавишам и по количеству соответствующих числу нажатий клавиш.

Емкость табло – 5 цифр.

1.6. Подключив к имитатору сигналов второй ТА и установив связь между ними, проверьте на слух качество работы разговорной схемы. Осциллограф подключите к клеммам 1-3 абонентской линии и, медленно произнося какие-либо звуки или фразы в микрофон трубки, наблюдайте по осциллографу наличие в абонентской линии разговорного тока. В паузах – разговорный ток должен отсутствовать. Сравните наличие местного эффекта в обоих аппаратах.

1.7. Проверить действие разговорного ключа путем нажатия каких-либо клавиш левой тастатуры. При этом в телефоне не должно раздаваться громких щелчков, неприятно действующих на слух.

### **Оборудование рабочего места**

Лабораторная установка, осциллограф.

### **Задание**



1. Собрать схему лабораторной установки.
2. Пронаблюдать и зарисовать осциллограммы DTMF-сигналов.
3. Уменьшая уровень DTMF-сигнала, измерить чувствительность приемника.
4. Сделать выводы.

### **Содержание и оформление отчета**

Отчет должен содержать:

1. Тему, цель работы.
2. Схему лабораторной установки.
3. Осциллограммы сигналов.
4. Результаты вычислений чувствительности приемника.
5. Выводы.

### **Порядок проведения работы**

После сборки схемы лабораторной установки необходимо зарисовать осциллограммы одной частоты верхней группы и одной частоты нижней группы частот. После этого необходимо сформировать суммарный DTMF-сигнал и зарисовать его осциллограмму. Изменяя уровень сигнала, определить предельную чувствительность приемника, сделать выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Преимущества тонального набора номера перед импульсным.
2. Какие частоты используются для тонального набора.
3. Требования к DTMF-сигналам в сетях абонентского доступа.
4. Порядок измерения предельной чувствительности приемника.

### **Информационные источники**

1. А.Н. Берлин. Коммутация в системах и сетях связи. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 344 с.

## **Лабораторная работа №2:**

### **Разработка структурных схем телефонных сетей с коммутацией каналов разных уровней иерархии**

#### **Цель работы**

1. Изучить специализированный программный комплекс по автоматизированному проектированию телефонных сетей (САРТС).
2. Изучить способы проектирования различных структур местных телефонных сетей (МТС).
3. Освоить способы ввода исходных данных на проектирование различных структур МТС.
4. Освоить процедуры вывода и анализа полученных результатов.
5. Ознакомиться с процессом целенаправленного изменения структурных параметров сети для достижения требуемых характеристик сети в целом.

#### **Краткие теоретические сведения**

##### **2.1. Сельские телефонные сети (СТС).**

В связи с большой протяжённостью сельских сетей и малой абонентской плотностью экономически целесообразно конфигурацию этих сетей строить по древовидной (звездообразной или радиально-узловой) схеме. Структурными элементами СТС являются центральные станции (ЦС), узловые станции (УС) и оконечные станции (ОС). В зависимости от наличия в схеме СТС узловых станций различают одноступенчатые и двухступенчатые СТС.

Обязательным является подключение ЦС к узлу специальной связи (УСС) и к зоновому узлу связи (ЗУС) – старое название – АМТС.

##### **2.2. Городские телефонные сети (ГТС).**

В зависимости от численности абонентов, занимаемой территории и ряда других факторов, в том числе и такого, как наличие ранее построенных узлов и каналов, существуют следующие варианты построения схем ГТС:

- не районированные ГТС;
- районированные без узлообразования;
- районированные с узлами входящих сообщений (УВС);
- районирование с УВС и УИС (узлы исходящих сообщений);
- структуры на базе опорно-транзитных телефонных станций (ОПТС).

Районирование ГТС применяется при числе абонентов превышающем 10 – 20 тысяч абонентов. Конкретные значения не устанавливаются, поскольку определяющим для перехода к более сложной структуре является не численность абонентов, а экономическая целесообразность той или иной структуры.

Общее правило для любых сетей заключается в следующем: чем больше точек доступа (ТД) в местной телефонной сети (МТС), тем меньше стоимость сети абонентского доступа или, в данном случае, суммарная стоимость абонентских линий. Точками доступа могут быть узлы коммутации (УК), автоматические телефонные станции (АТС), учрежденческо-производственные АТС (УПАТС), ОПТС, мультисервисные абонентские концентраторы (МАК), местные узлы связи (МУС), выносные абонентские модули (ВАМ), концентраторы, мультиплексоры и т.п. Однако при этом возрастает стоимость межузловой сети связи (МСС), т.е. той сети, которая должна соединить между собой все ТД и обеспечить обмен как внутреннего трафика в МСС, так и внешнего трафика в сопряжённые сети (междугородные и международные телефонные сети, Internet, сотовые сети мобильной связи и др.), а также в узел специальной связи (УСС).

Схема не районированной ГТС, состоящей из одной АТС (МУС по новой терминологии), УСС, АМТС (ЗУС по новой терминологии) и группы абонентов (А).

В такой структуре стоимость МСС минимальна. Фактически она включает только стоимость одной АТС и двух соединительных линий (СЛ), соединяющих эту АТС с ЗУС и УСС. При увеличении числа абонентов, которое, как правило, сопровождается и увеличением обслуживаемой

территории (а, следовательно, и ростом длины абонентских линий), общая стоимость ГТС начнёт резко возрастать за счёт стоимости сети абонентского доступа (САД). Возможно, что предотвратить этот рост поможет перевод структуры ГТС из не районированной в районированную, т.е. ввести для новых абонентов несколько новых АТС.

Поиск баланса между стоимостями САД и МСС, минимизирующего общую стоимость ГТС (в первую очередь это выбор оптимального числа АТС) является сложной и часто комбинаторной задачей. Поэтому крайне важно, чтобы в арсенале проектировщиков были такие инструменты быстрого подсчёта стоимости различных вариантов, как автоматизированное проектирование.

На рис. 4 представлена схема районированной без узлообразования ГТС из трёх АТС. Подобные схемы применяются при 5-и значной системе нумерации, т.е. до 80-и тысяч абонентов, а в перспективной системе нумерации – до 90 тысяч. Как правило, АТС в районированной ГТС связываются между собой по принципу каждая с каждой.

При дальнейшем увеличении числа абонентов, связанное с переходом к 6-и значной системе нумерации (800- или 900 тысяч абонентов соответственно), число межстанционных информационных потоков (потоки между телефонными районами) начинает резко возрастать, т.к. оно находится в квадратичной зависимости от числа АТС.

Общий принцип каналообразования «объединение потоков всегда экономит каналы при одинаковой вероятности потерь» привёл к необходимости создания двух уровневой структуры ГТС. В этом случае, несколько телефонных районов (несколько АТС) объединяются по территориальному принципу в узловые айоны (УР). В каждом УР создаются специальные узлы обмена между УР. Для ГТС с 6-и значной нумерацией (до 800 тысяч абонентов) – это узлы входящих сообщений (УВС), а для ГТС с 7-и значной нумерацией (до 8 млн. абонентов) – ещё и узлы исходящих сообщений (УИС).

Современные электронные АТС позволяют реализовывать в одном изделии, кроме функций собственно АТС, также и функции узлов УВС и УИС. Таким образом, структура ГТС с узловыми районами представляется теперь группой ОПТС (по одному в каждом УР), к которым подсоединяются остальные АТС или другие точки доступа (ТД), такие как УПАТС, концентраторы, мультиплексоры или выносные абонентские модули.

Существенное влияние на структуру ГТС и СТС оказало ограничение на число транзитных узлов в национальной сети РФ, равное 10-и. При двухуровневой структуре междугородной сети (МгС) междугородные узлы связи первого уровня (МгУС1) соединяются между собой по принципу каждый с каждым, а узлы второго уровня (МгУС2) соединяются как минимум с 2-я МгУС.

Таким образом, максимальное число транзитов через МгС равно четырём: МгУС2 – МгУС1 – МгУС1 – МгУС2. Далее, с каждой стороны выход к МгС должен производиться из зональных сетей через зональные узлы связи (ЗУС). Следовательно, на долю местных сетей (ГТС или СТС) остаётся только по 2 транзита. Для ГТС это ОПТС и ТД, а для СТС это центральная станция (ЦС) и оконечная станция (ОС), а вся максимальная цепочка транзитов может выглядеть, например, следующим образом: ТД – ОПТС – ЗУС – МгУС2 – МгУС1 – МгУС1 – МгУС2 – ЗУС – ЦС – ОС.

Как видим, требование «не больше 10-и транзитов» исключило из структуры СТС такой элемент как узловая станция (УС), а структура крупных ГТС, состоящих из нескольких узловых районов, представляется как звездообразные схемы в каждом УР с подключением всех ТД этого УР только к своему ОПТС. При этом все ОПТС связываются между собой по принципу «каждая с каждой» и, кроме того, все ОПТС должны иметь непосредственные связи с ЗУС и УСС.

На рис. 5 представлена схема современной ГТС из 3-х УР. Телефонным центром в каждом УР является ОПТС, к которому подключается несколько АТС. Необходимо помнить, что представленные на схеме АТС являются лишь одним из вариантов реализации точек доступа, перечень которых приведён выше.

### 3. Основные задачи проектирование местных телефонных сетей (СТС).

#### 3.1. Общие принципы проектирования СТС.

Структура проектируемой СТС должна быть максимально приближена к структуре административных районов. При этом центральная станция должна располагаться в районном центре, а расположение узловых и оконечных станций и структура межстанционных связей выбираются в зависимости от численности абонентов в посёлках, расстояний между посёлками и многих других факторов. Число каналов в пучках соединительных линий и быстродействие узлов коммутации определяются как обычно в зависимости от величины нагрузки и допустимой вероятности потерь.

#### 3.2. Общие принципы проектирования ГТС.

В общем случае проектирование ГТС включает следующие задачи:

- Определение потребности в абонентской емкости.
- Выбор числа, емкости и границ телефонных районов на сети, местоположения и типа оборудования АТС, распределения абонентских линий между АТС. Решение этих задач объединяют общим термином — районирование.
- Определение класса проектируемой сети в зависимости от емкости ГТС и характеристик города (нерайонированные, районированные без узлов, районированные с УВС, районированные с УИС и УВС, районированные с ОПТС).
- Выбор числа, емкости и границ узловых телефонных районов на сети (для сетей с УВС, с УИС и УВС или с ОПТС); определение числа, местоположения и типа оборудования коммутационных узлов в каждом узловом районе; распределение АТС между узловыми районами. Решение этих задач объединяют одним термином — узлообразование.
- Разработка вариантов организации межстанционных связей, выбор типа соединительных линий и системы сигнализации.
- Расчет поступающей на АТС телефонной нагрузки.

- Распределение потоков телефонной нагрузки по направлениям межстанционной связи и расчет числа соединительных линий в этих направлениях.
- Расчет технико-экономических показателей.
- Оформление технической документации.

Решение всех перечисленных выше задач в общем случае является взаимосвязанным.

Особенно сильная взаимосвязь существует между решениями задач районирования и определения класса проектируемой сети, а также между решением задач узлообразования и разработкой вариантов организации структуры межстанционных связей.

Поэтому эти задачи должны решаться итерационным методом до тех пор, пока не будет получено решение, удовлетворяющее проектировщика.

Качественное решение по каждому из перечисленных вопросов должно сопровождаться расчетами, которые требуют учета большого числа факторов, что возможно только при использовании автоматизированных методов проектирования отдельных процедур.

В настоящей лабораторной работе рассматриваются алгоритмы, необходимые для автоматизированного решения задач расчета поступающей телефонной нагрузки, распределения потоков нагрузки по направлениям межстанционной связи, определения типа и числа соединительных линий для фиксированных вариантов районирования, узлообразования и организации межстанционной связи.

#### 4. Описание программного комплекса автоматизированного проектирования САРТС.

Система автоматизации расчётов телефонных сетей ГТС и СТС построена с применением дружественного диалога, использует наглядный графический интерфейс, включает большое количество нормативных и статистических

сведений и достаточно проста для использования в образовательной сфере. Работа с программой включает следующие этапы:

а) Создание структурной схемы сети. После запуска программы (исполнительный файл “net”) на экране монитора появляется рабочее поле системы проектирования (РП), слева от которого располагается окно с набором пиктограмм, необходимых для построения телефонной сети выбранного типа. Выбор сети производится из главного меню: ПРОЕКТ>ДАННЫЕ ПО СЕТИ>ТИП СЕТИ.

Перенос пиктограммы в РП производится с помощью мыши (клик левой клавишей на выбранной пиктограмме, перенос белого квадратика в РП, заполнение таблицы параметров и повторный клик левой клавишей). САРТС не контролирует количество вводимых параметров и их конкретные значения, что позволяет проектировщику вводить только необходимый для данного проекта минимум параметров.

Для организации пучка соединительных линий между ранее введенными узлами необходимы следующие действия: клик левой клавишей мыши на стрелке «Поток», затем последовательные клики левой клавишей на двух соединяемых узлах. На РП появится красная соединительная линия. После клика правой клавишей на красной линии она заменяется синей однонаправленной линией. Для организации дуплексных пучков соединительных линий необходимо повторить процедур организации пучка в обратном направлении.

САРТС для организации большей наглядности схемы, особенно при её наращивании, позволяет легко перемещать ранее введенные узлы. При этом установленные между узлами соединения сохраняются. Для перемещения узла выполняются следующие действия: клик левой клавишей мыши на перемещаемом узле, перенос белого квадратика на новое место, повторный клик левой клавишей.

Для ввода новых параметров объектов схемы (узлов или пучков линий), их изменения или контроля необходимо кликнуть на этом объекте правой



клавишей мыши, вызвать окно ПАРАМЕТРЫ и произвести необходимые действия. При необходимости можно удалить ранее введенные объекты. Отметим, что САРТС не удаляет те пучки линий, которые считаются обязательными. Например, линии от АТС к ЗУС или к УСС.

б) Нормативные данные. САРТС содержит все необходимые для расчёта нормативные и статистические данные. Доступ к этим сведениям можно получить, вызвав ДАННЫЕ из главного меню.

в) Расчёт телефонной сети. После построения схемы сети и вводу данных по составу абонентов можно перейти к расчёту сети. Кнопка РАСЧЁТ в главном меню открывает доступ к четырём последовательным этапам расчёта сети:

- расчёт абонентских нагрузок;
- расчёт распределения нагрузок;
- расчёт числа соединительных линий (СЛ);
- расчёт числа пучков цифровых трактов (ПЦТ).

Под ПЦТ в данном случае понимается число трактов ИКМ-30. Например, для 50-и соединительных линий потребуется 2 ИКМ-тракта.

Система САРТС позволяет при необходимости произвести расчёт прогнозируемой телефонной нагрузки.

г) Рассмотрение результатов расчёта. Доступ к результатам расчёта открывается кнопкой ОТЧЁТЫ в главном меню.

Внимание! В версии САРТС-v1.1 не реализованы следующие опции:

- не устанавливаются соединения между АТС и УВС (узлы входящих сообщений), из-за чего районированные ГТС с УВС не отображаются;
- не реализован расчёт абонентских нагрузок по статистическим данным (только по ВНТП);
- не производится расчёт межстанционной нагрузки пропорционально ёмкости станции;
- расчёт числа ПЦТ (пучков цифровых трактов) выполняется, но фиксируется не в матрице ПЦТ, а только в параметрах пучка;
- не реализована опция «Карта».

## Оборудование рабочего места

Интерактивный учебно-лабораторный класс (ауд. 221).

Программное обеспечение САРТС-v1.1

### Задание

1. Запустить программный комплекс САРТС и вызвать на монитор рабочее поле (РП) системы.
2. Собрать одноступенчатую СТС в соответствии с рис. 1. Установить параметры станций и режимы расчёта по процедуре, описанной в разделе 4. Категории абонентов и их численности установить произвольно. Цель данного пункта - освоить работу с системой САРТС. Зафиксировать полученные в результате расчёта матрицы нагрузок и чисел соединительных линий (СЛ).
3. Повторить п. 5.2 для двухступенчатой СТС (см. рис. 2).
4. Собрать схему не районированной ГТС в соответствии с рис. 3. Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.
5. Добавить в схему по п. 5.4 две АТС для преобразования её в схему районированной ГТС (см. рис. 4). Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.
6. Контрольное задание.

Собрать схему ГТС из 3-х узловых районов в соответствии с рис. 5. Обратите внимание. В версии САРТС v1.1 нет возможности собирать звездообразные схемы типа «ОПТС – много АТС», т.к. каждая АТС автоматически подключается ещё и к ЗУС. Однако, данная версия САРТС позволяет собирать звездообразные схемы типа «АТС – много УПАТС». С учётом этого замечания схему рис. 5 необходимо собирать с заменой ОПТС на АТС, а АТС на УПАТС. Числа абонентов для АТС УР5 установить в соответствии с табл. 1, а для АТС УР2 – с табл. 2. Числа абонентов для АТС УР7 и числа абонентов, подключаемых непосредственно к трём ОПТС, выбрать произвольно. Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.

При нумерации станций придерживаться следующего правила: ОПТС получает однозначный номер своего УР, а АТС получают двухзначные номера, в

которых первая цифра соответствует номеру УР. Например, в УР7 устанавливаются ОПТС7 и ряд АТС (АТС72, АТС74, АТС76 и т.д.).

Таблица 1.

Числа абонентов (в тыс.) по категориям для АТС 5-го узлового района.

№ вар	1-я АТС			2-я АТС			3-я АТС			4-я АТС		
	НХ	КВ	ТФ	НХ	КВ	ТФ	НХ	КВ	ТФ	НХ	КВ	ТФ
1	5	2	.2	3	3	.2	5	4	.1	4	4	.3
2	3	4	.1	5	2	.2	3	3	.2	5	4	.1
3	2	4	.3	3	4	.1	5	2	.2	3	3	.2
4	1	6	.1	2	4	.3	3	4	.1	5	2	.2
5	4	5	.2	1	6	.1	2	4	.3	3	4	.1
6	3	4	.2	4	5	.2	1	6	.1	2	4	.3
7	2	3	.3	3	4	.2	4	5	.2	1	6	.1
8	4	4	.3	2	3	.3	3	4	.2	4	5	.2
9	5	4	.1	4	4	.3	2	3	.3	3	4	.2
10	3	3	.2	5	4	.1	4	4	.3	2	3	.3

Таблица 2.

Числа абонентов (в тыс.) по категориям для АТС 2-го узлового района.

№ Вар	1-я АТС			2-я АТС		
	НХ	КВ	ТФ	НХ	КВ	ТФ
1	2	2	.2	3	5	.2
2	4	4	.1	5	3	.2
3	4	4	.3	3	5	.1
4	3	6	.1	2	5	.3
5	5	5	.2	1	4	.1
6	5	4	.2	4	3	.2
7	4	3	.3	3	5	.2
8	5	4	.3	2	4	.3
9	2	4	.1	4	5	.3
10	4	3	.2	5	3	.1

## Содержание и оформление отчета

Представить все схемы спроектированных АТС и ГТС с указанием номеров АТС, рассчитанных нагрузок и чисел каналов в каждом пучке соединительных линий.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите структуры одноступенчатой и двухступенчатой СТС.
2. Опишите структуру не районированной ГТС.
3. Опишите структуру районированной ГТС без узлообразования.
4. Опишите структуру районированной ГТС с узлообразованием.
5. Опишите структуру ГТС с узлообразованием на базе ОПТС.
6. Как связаны между собой численность абонентов и структура ГТС?
7. Какая разница между автоматическим и автоматизированным проектированием?
8. Какие параметры городской сети использовались в качестве исходных данных для проектирования ГТС?
9. Какие нормативные требования использовались в качестве исходных данных для проектирования ГТС?
10. Какие характеристики ГТС были получены в результате автоматизированного проектирования?

### **Информационные источники**

1. Лабунько О.С., Михалин И.С., Манин А.А., Шарыпова Т.Н. Системы коммутации на стационарных и подвижных сетях связи. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, СКФ МТУСИ, 2009.

## **Лабораторная работа №3**

### **Системы нумерации на ЕСЭ РФ**

#### **Цель работы**

Привитие навыков присвоения плана нумерации, необходимых для проектирования сетей связи.

#### **Краткие теоретические сведения**

План нумерации определяет формат и структуру номера, который должен набрать вызывающий абонент для установления требуемого соединения. Десятичные цифры, определяемые планом нумерации, обычно сегментированы в группы, которые позволяют выделять информацию, относящуюся к стране, к сети и к терминалу абонента, оператора УАТС или ЦОВ.

План нумерации не включает в себя префиксы и другую дополнительную информацию, необходимую для установления соединения. Префиксы и дополнительная информация определяются правилами набора номера. Префикс в общем случае состоит из одной или более цифр. Он определяет структуру набираемой далее совокупности цифр и символов.

Принято выделять префиксы междугородной и международной связи. В российской ТфОП пока в качестве этих префиксов используются цифра «8» и комбинация «8-10» соответственно, префикс для службы доступа к экстренным вызовам – «0» (В Европе «0», «00», «1» соответственно). План нумерации для международной телефонной сети изложен в рекомендациях ITU-T серии E. Основная информация для ТфОП содержится в рекомендации E.164.

План нумерации в телекоммуникационных сетях и частотный спектр в радиосвязи имеют ряд схожих черт. И то, и другое представляет собой пример применения ограниченных ресурсов. После того как эти ресурсы исчерпаны, необходимо осваивать новые диапазоны (нумерации и спектра соответственно).

#### **Действующий план нумерации ЕСЭ РФ**

План нумерации, используемый в отечественной ТфОП, определяется рядом руководящих документов, принятых Администрацией связи России. Основным из этих документов считается «Система и план нумерации на сетях

связи 7-й зоны всемирной нумерации». Этот руководящий документ утвержден в 1999 году. В названии фигурируют слова «7-я зона всемирной нумерации». Это связано с тем, что ИТУ-Т выделил цифру «7» в качестве международного кода для связи с телефонной сетью бывшего СССР.

Примеры номеров, используемых в ЕСЭ РФ:

- Национальный номер абонента в российской ТФОП:  
ABC ab xxxxx
- Номер абонента для негеографического плана нумерации:  
DEF de xxxxx
- Нумерация для выхода к экстренным и информационно-справочным службам: 0Уили 0YZ; в перспективе 1mn.

Национальный номер абонента российской ТфОП состоит из десяти цифр. Обычно его обозначают следующим образом: ABC ab xxxxx. Код ABC «привязан» к территории субъекта Федерации. По этой причине его иногда называют географическим кодом нумерации. Большинству субъектов Федерации выделен один код ABC. В качестве значений буквы А не могут использоваться цифры «1», «2» и «0» на значения В и С ограничения не накладываются (в настоящее время для российских зональных сетей используются коды ABC, начинающиеся с цифр 3, 4 и 8). В новых официальных документах Администрации связи России, которые касаются изменений плана нумерации в ТфОП, код ABC относится к географически определяемой зоне нумерации. Номер ab xxxxx называется полным местным номером абонента. Он всегда состоит из семи цифр при междугородной и международной связи. При местной телефонной связи может также использоваться пяти- или шестизначный план нумерации. В этом случае при входящей междугородной и международной связи отсутствующие в номере цифры а или ab должны заменяться цифрами «2» или «22», соответственно. В местных телефонных сетях используются два вида системы нумерации: закрытая и открытая. При закрытой системе нумерации в пределах местной сети (за исключением выхода к экстренным и информационно-справочным

службам) всегда набирается одно и то же число цифр. В ГТС всегда используется закрытая система нумерации. Открытая система нумерации применяется в СТС. Существуют два варианта открытой нумерации - с индексом выхода и без индекса выхода. Индекс выхода позволяет отличить соединение в пределах АТС от соединения, устанавливаемого с другой станцией. В системе без индекса выхода различие между вызовами определяется путем анализа набираемых цифр.

**. Для идентификации окончных элементов телефонных сетей связи используются комбинации цифровых обозначений:**

код страны (Кс) — от 1 до 3 десятичных знаков (Российская Федерация, Кс=7);

код зоны нумерации (ABC — для географически определяемой зоны нумерации, DEF — для географически не определяемой зоны нумерации) — 3 десятичных знака для Российской Федерации:

зоновый телефонный номер (x\_1 x\_2 x\_3 x\_4 x\_5 x\_6 x\_7) — 7 десятичных знаков.

Местный телефонный номер может включать от 3 до 7 десятичных знаков и совпадать по значности с зоновым телефонным номером или быть более коротким.

Последовательное обозначение кода страны, кода зоны нумерации и зонового телефонного номера образует международный телефонный номер (Nмн). Максимальное число десятичных знаков в международном номере равно 15 без учета международного префикса Пмн.

Последовательное обозначение кода зоны нумерации, зонового номера образует национальный (значащий) телефонный номер Nнац. Максимальное число десятичных знаков в национальном (значащем) номере Российской Федерации равно 10.

Международный телефонный номер однозначно определяет окончный элемент сети связи в пределах мировых сетей связи.

Национальный (значащий) телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи или сети подвижной связи в пределах территории Российской Федерации.

Зоновый телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи в пределах территории субъекта Российской Федерации.

Местный телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи в пределах муниципального образования субъекта Российской Федерации и города федерального значения.

Для установления международного телефонного соединения используется индикатор Пмн, являющийся международным префиксом, который образован двумя десятичными знаками, имеющими значение «00».

Для установления междугородного и внутризонового телефонного соединения используется индикатор Пн, являющийся национальным префиксом, который образован одним десятичным знаком, имеющим значение «0».

При установлении международного телефонного соединения способом выбора оператора связи при каждом вызове используется индикатор, образованный двумя десятичными знаками (код выбора оператора сети междугородной и международной телефонной связи — ХУмн), который следует за национальным префиксом Пн.

При установлении междугородного телефонного соединения способом выбора оператора связи при каждом вызове используется индикатор, образованный двумя десятичными знаками (код выбора оператора сети междугородной и международной телефонной связи — ХУмг), который следует за национальным префиксом Пн.

В сетях фиксированной телефонной связи в Российской Федерации используются два плана нумерации — открытый и закрытый.

При закрытом плане нумерации телефонное соединение любого вида (местное, внутризоновое, междугородное) устанавливается набором



национального (значащего) номера. В Российской Федерации при установлении внутризонового телефонного соединения используется закрытый план нумерации, при котором количество десятичных знаков в национальном (значащем) номере равно 10.

При открытом плане нумерации абонент# местное телефонное соединение устанавливается набором местного номера, а внутризоновое и междугородное телефонные соединения — набором национального (значащего) номера с префиксом Пн.

При установлении телефонного соединения в сети подвижной связи используется закрытый план нумерации с префиксом Пн.

Зоновый телефонный номер, однозначно определяющий окончательный элемент сети местной телефонной связи, в которой используются 6-ти, 5-ти, 4-х или 3-значные местные телефонные номера, дополняется до 7-значного номера путем добавления знаков, равных значению  $x_1$ ,  $x_1 x_2$ ,  $x_1 x_2 x_3$ ,  $x_1 x_2 x_3 x_4$  зонового телефонного номера соответственно. При этом  $x_1$  не должен быть равен «0» и «1».

### Задание

Изобразите схему зоновой сети, при условии что в ее состав входят 2 зоны нумерации (согласно варианту в таблице). Определите способ построения. укажите нумерацию абонентов.

Таблица №2

	Емкость 1 зоны нумерации	Емкость 2 зоны нумерации
1	СТС 8т ГТС 20т	ГТС 120т ГТС 45т
2	ГТС 100т СТС 9т	СТС 7т ГТС 25т
3	ГТС 30т ГТС 45т	СТС 11т ГТС 85т
4	СТС 14т ГТС 35т	ГТС 80т СТС 16,5т
5	СТС 17,5 ГТС 110т	ГТС 50т СТС 10,5т

6	СТС 12,5т ГТС 100т	ГТС 25т СТС 17,5
7	СТС 8,5т СТС 10т	ГТС 95т ГТС 35т
8	СТС 7т ГТС 8т	СТС 20т ГТС 45т
9	ГТС 25т СТС 17т	ГТС 90т СТС 9,5т
10	ГТС 75т ГТС 30т	СТС 10т СТС 16,5т

В процессе занятия необходимо произвести следующую работу.

1. По исходным данным изобразить схему ССОП
2. Составить план нумерации на сети.

### **Содержание и оформление отчета**

По результатам выполнения работы каждый студент формирует индивидуальный отчет, соответствующий его исходным данным. Отчет должен содержать:

1. Перечень исходных данных;
2. Схему ССОП;
3. Составить план нумерации на сети

### **Порядок выполнения работы**

Каждый студент получает индивидуальные исходные данные для выполнения плана нумерации. После этого преподаватель кратко излагает плана нумерации, и студенты самостоятельно выполняют план нумерации. После выполнения всех необходимых расчетов студенты оформляют отчет и представляют его на проверку преподавателю.

### **Контрольные вопросы**

1. Структура географического плана номера
2. Структура негеографического плана номера
3. Укажите различие между открытой и закрытой системами нумерации ?

4. Поясните зависимость количества знаков в номере от типа построения сети
5. Перспективный план нумерации

### **Информационные источники**

1. Руководящий Документ РД 45.120-2000 «Ведомственные нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети».

## Лабораторная работа №4

### Моделирование сетей связи с пакетной коммутацией

#### Цель работы

Исследовать процедуры моделирования сетей связи с пакетной коммутацией на примере программы Packet Tracer фирмы Cisco Systems.

#### Краткие теоретические сведения

Packet Tracer — симулятор сети передачи данных, выпускаемый фирмой Cisco Systems. Позволяет делать работоспособные модели сети, настраивать (командами Cisco IOS) маршрутизаторы и коммутаторы, взаимодействовать между несколькими пользователями (через облако). Включает в себя серии маршрутизаторов Cisco 1800, 2600, 2800 и коммутаторов 2950, 2960, 3560. Кроме того есть серверы DHCP, HTTP, TFTP, FTP, рабочие станции, различные модули к компьютерам и маршрутизаторам, устройства WiFi, различные кабели.

#### Оборудование рабочего места

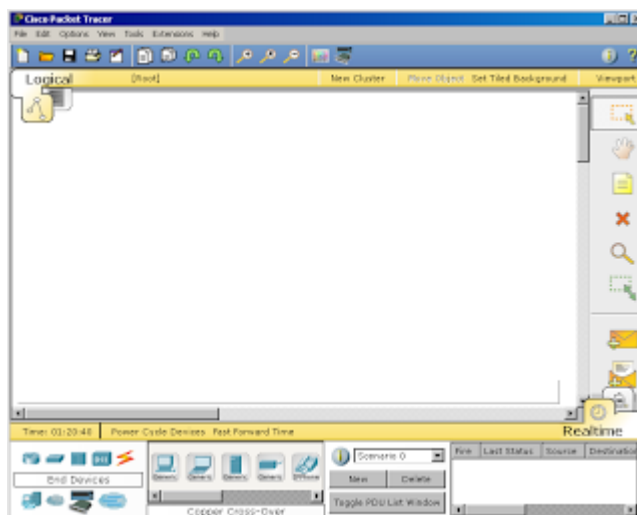
Интерактивный учебно-лабораторный класс (ауд. 217).

Программное обеспечение Packet Tracer

#### Задание

##### Часть 1

После запуска симулятора Packet Tracer, перед нами появляется довольно-таки приятное на вид главное окно программы.



## Главное окно Packet Tracer

Большую часть данного окна занимает рабочая область, в которой можно размещать различные сетевые устройства, соединять их различными способами и как следствие получать самые разные сетевые топологии.

Сверху, над рабочей областью, расположена главная панель программы и ее меню. Меню позволяет выполнять сохранение, загрузку сетевых топологий, настройку симуляции, а также много других интересных функций. Главная панель содержит на себе наиболее часто используемые функции меню.



## Главное меню Packet Tracer

Справа от рабочей области, расположена боковая панель, содержащая ряд кнопок отвечающих за перемещение полотна рабочей области, удаление объектов и т.д.

Снизу, под рабочей областью, расположена панель оборудования.



## Панель оборудования Packet Tracer

Данная панель содержит в своей левой части типы доступных устройств, а в правой части доступные модели. При выполнении различных лабораторных работ, эту панель придется использовать намного чаще, чем все остальные. Поэтому рассмотрим ее более подробно.

При наведении на каждое из устройств, в прямоугольнике, находящемся в центре между ними будет отображаться его тип. Типы устройств, наиболее часто используемые в лабораторных работах Packet Tracer, представлены на рисунке.



### Основные типы устройств

Рассматривать конкретные модели устройств каждого типа, не имеет большого смысла. Так как их модель «красным по белому» написана прямо под иконкой каждого из устройств. Отдельного рассмотрения заслуживают типы соединений. Перечислим наиболее часто используемые из них (рассмотрение типов подключений идет слева направо, в соответствии с приведенным снизу рисунком).



### Типы соединений устройств в Packet Tracer

- Автоматический тип – при данном типе соединения PacketTracer автоматически выбирает наиболее предпочтительные тип соединения для выбранных устройств
- Консоль – консольные соединение
- Медь Прямое – соединение медным кабелем типа витая пара, оба конца кабеля обжаты в одинаковой раскладке. Подойдет для следующих соединений: коммутатор – коммутатор, коммутатор – маршрутизатор, коммутатор – компьютер и др.
- Медь кроссовер – соединение медным кабелем типа витая пара, концы кабеля обжаты как кроссовер. Подойдет для соединения двух компьютеров.
- Оптика – соединение при помощи оптического кабеля, необходимо для соединения устройств имеющих оптические интерфейсы.

- Телефонный кабель – обыкновенный телефонный кабель, может понадобится для подключения телефонных аппаратов.
- Коаксиальный кабель – соединение устройств с помощью коаксиального кабеля.

Попробуем собрать простенькую схему, симулирующую подключения компьютеров к коммутаторам, используя PacketTracer. Для этого:

- Кликните левой кнопкой мыши на значок коммутаторы в панели устройств



Значок коммутатора на панели оборудования  
Packet Tracer

- Кликните левой кнопкой мыши на значок конкурентной модели коммутатора, например 2960



Значок конкретной модели коммутатора

- После этого кликните левой кнопкой мыши в рабочей области программы, там должен появиться коммутатор.



Коммутатора в рабочей области Packet Tracer

- Повторите, приведенную выше, последовательность действий и разместите в рабочей области еще один коммутатор.
- После этого попытаемся их соединить, для этого щелкните левой кнопкой мыши на значок тип соединения в панели устройств.



Значок тип соединения на панели

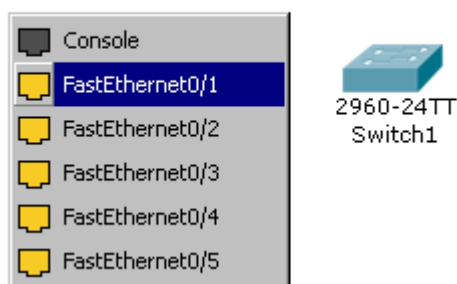
## оборудования

- Кликните левой кнопкой мыши по иконке типа соединения — медь прямое.



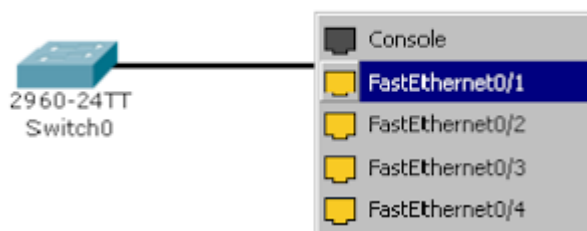
### Значок Прямое соединения витой парой

- Кликните левой кнопкой мыши по первому коммутатору. Откроется окно выбора сетевого интерфейса (номера порта коммутатора) к которому вы хотите подключить кабель. Выберите один из них и кликните левой кнопкой мыши по его названию.



### Выбираем интерфейс для соединения на первом коммутаторе

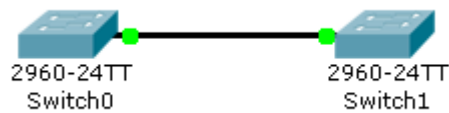
- После этого кликните левой кнопкой мыши по второму коммутатору, и аналогичным образом выберите интерфейс для подключения на нем.



### Выбираем интерфейс на втором коммутаторе

- После выполнения данных действий у вас должна получиться топология представленная на рисунке.





Два коммутатора, соединенные между собой  
витой парой

- Далее подключим к каждому из коммутаторов по компьютеру. Для этого кликните мышкой по иконке оконечное оборудование в панели устройств.



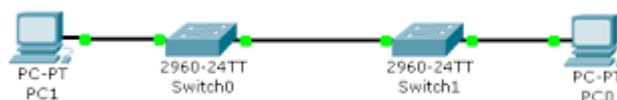
Иконка Оконечное оборудование

- Выберите тип оконечного оборудования как персональный компьютер.



Иконка персональный компьютер

- Разместите персональный компьютер в рабочей области, и подсоедините его к одному из коммутаторов (Соединение компьютер – коммутатор, выполняется аналогично соединению коммутатор-коммутатор).
- Разместите в рабочей области еще один персональный компьютер, но подключите его к другому коммутатору. В результате у вас должна получиться сетевая топология, представленная на рисунке.

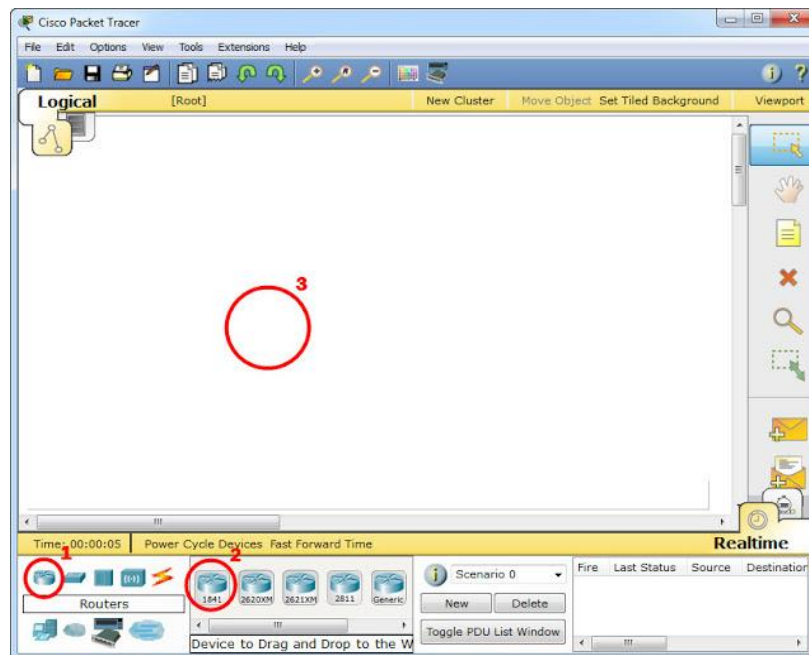


Пример сетевой топологии в Packet Tracer

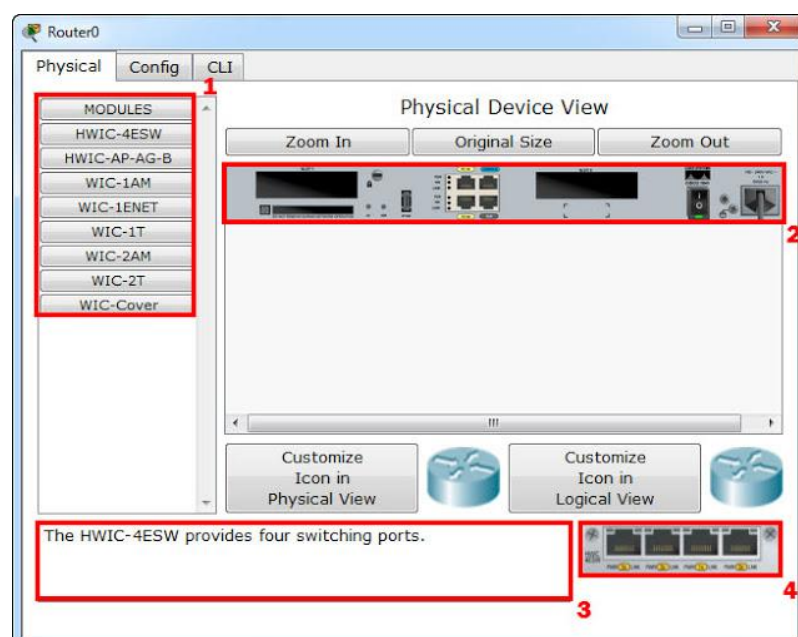
## Часть 2

Добавление маршрутизатора в проект

Для того чтобы добавить маршрутизатор в проект сети, необходимо выбрать левым кликом мыши данный тип оборудования, также выбрать модель и добавить в проект, кликнув на рабочем поле программы. Весь процесс добавления нового юнита делается в три клика.

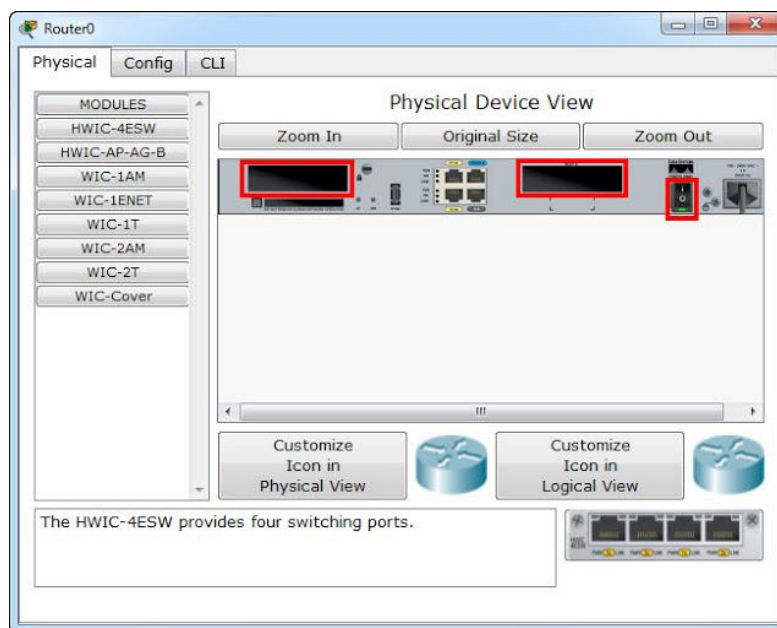


После того как оборудование добавлено в проект, можно открыть окно параметров данного устройства которое предоставляет возможность доступа к аппаратной конфигурации данного юнита, а также возможность конфигурации средствами IOS CLI или меню. Так как знание команд CLI является необходимым для успешной сдачи CCNA, возможности управления конфигурацией маршрутизаторов и коммутаторов средствами меню лучше не использовать.

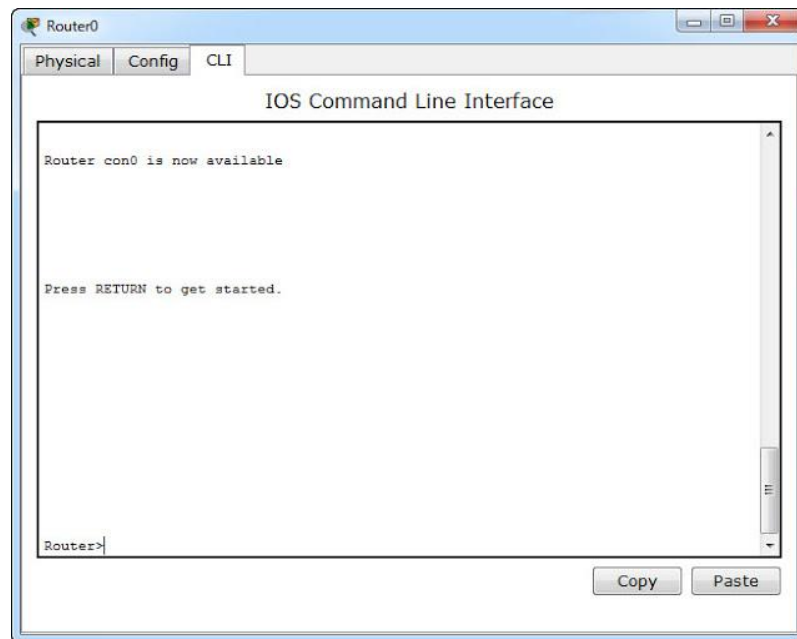


Активная по умолчанию вкладка "Physical" позволяет управлять аппаратной конфигурацией маршрутизатора и отображает следующие элементы:

- список доступных для установки модулей;
- внешний вид оборудования;
- описание выбранного модуля;
- внешний вид выбранного модуля.



В тех случаях, когда для выполнения лабораторной работы нужен, отсутствующий по умолчанию, интерфейс, данная вкладка позволяет добавить любой из доступных. Кроме того, свободные слоты могут быть закрыты фальшь панелями ( WIC-Cover). Любые операции по добавлению или удалению модулей производятся только на выключенном оборудовании. В связи с этим, виртуальное оборудование должно быть отключено от сети кнопкой питания перед установкой или удалением сетевого модуля.

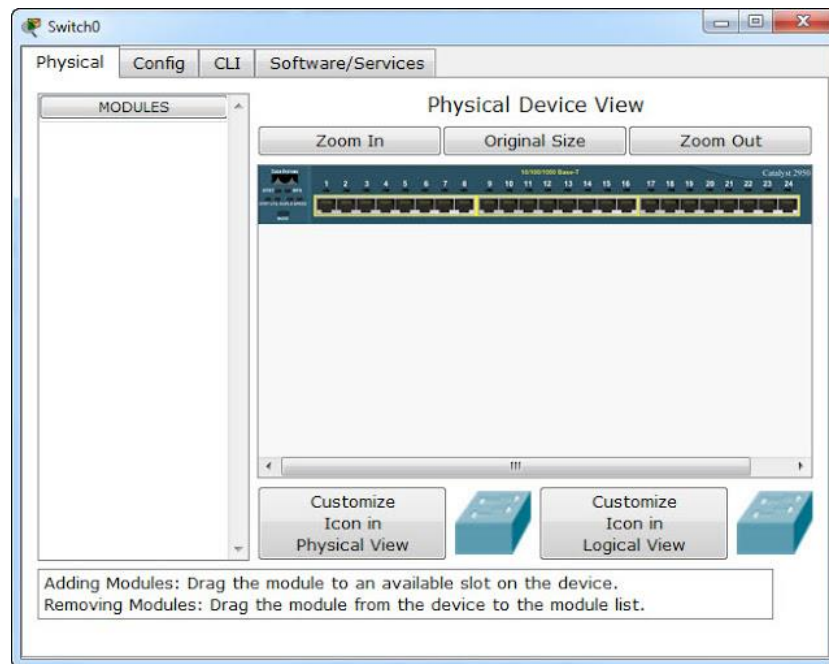


Вкладка CLI предоставляет доступ к консоли Console 0 маршрутизатора. По умолчанию на доступ к консоли пароль не установлен.

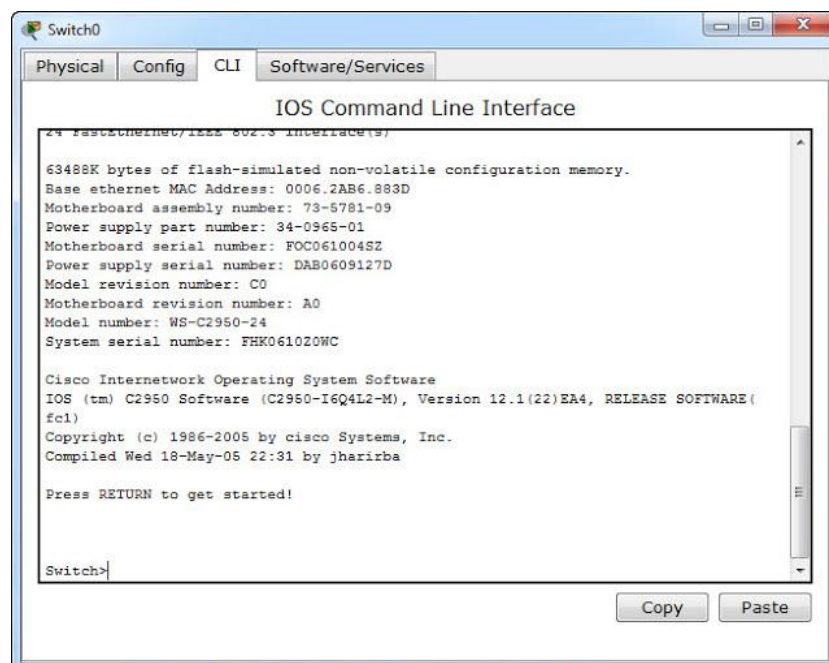
### Добавление коммутатора в проект

Добавление коммутатора в проект практически идентично добавлению маршрутизатора. Отличия в начальной стадии при выборе панели и в самом окне параметров добавленного устройства.





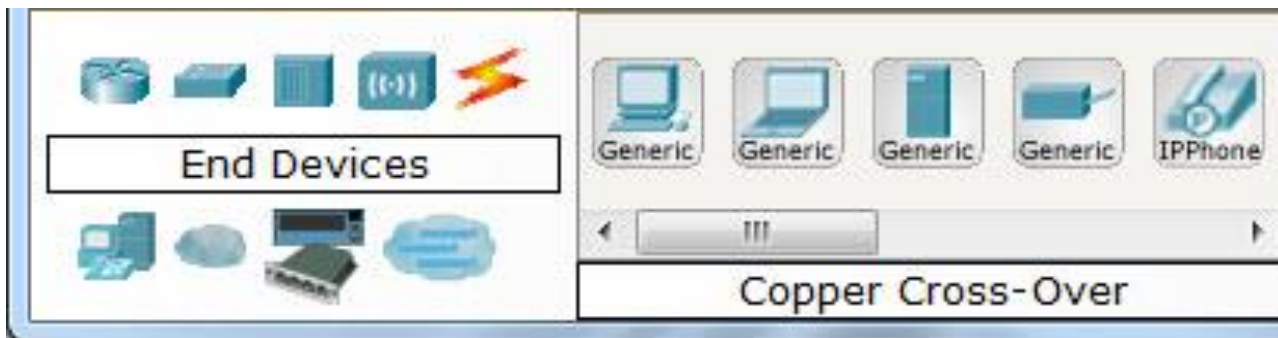
В параметрах отсутствует возможность изменения аппаратной конфигурации оборудования, так как в большинстве своем коммутаторы, доступные в Cisco Packet Tracer, не являются модульными. Исключение составляет специальный тип оборудования Genetec, который практически не используется или используется редко.



Так же как и для маршрутизаторов, вкладка CLI предоставляет доступ к консоли Console 0. По умолчанию на доступ к консоли пароль не установлен.

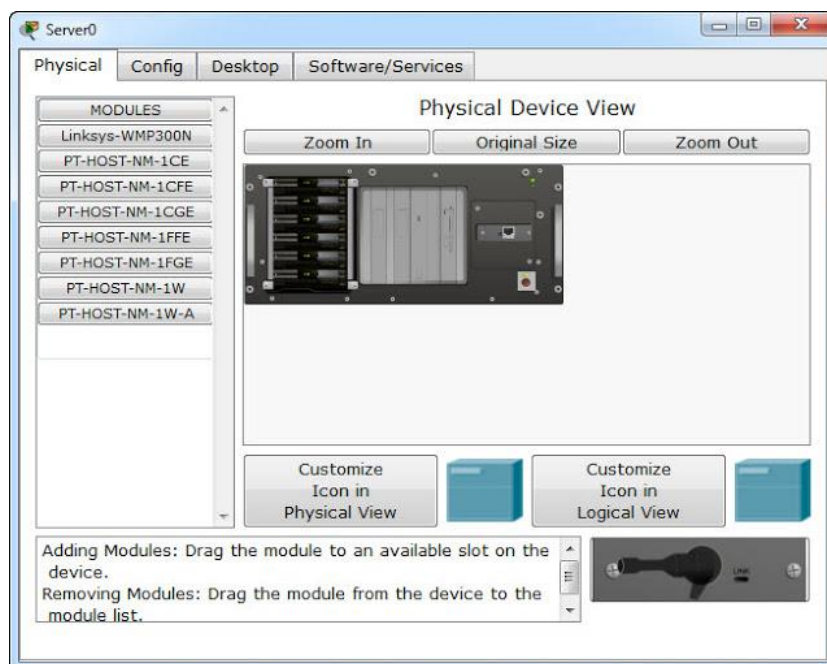
### Добавление конечных узлов сети

Конечные узлы сети, такие как сервера, рабочие станции и ноутбуки, добавляются в топологию идентично другим устройствам проекта.



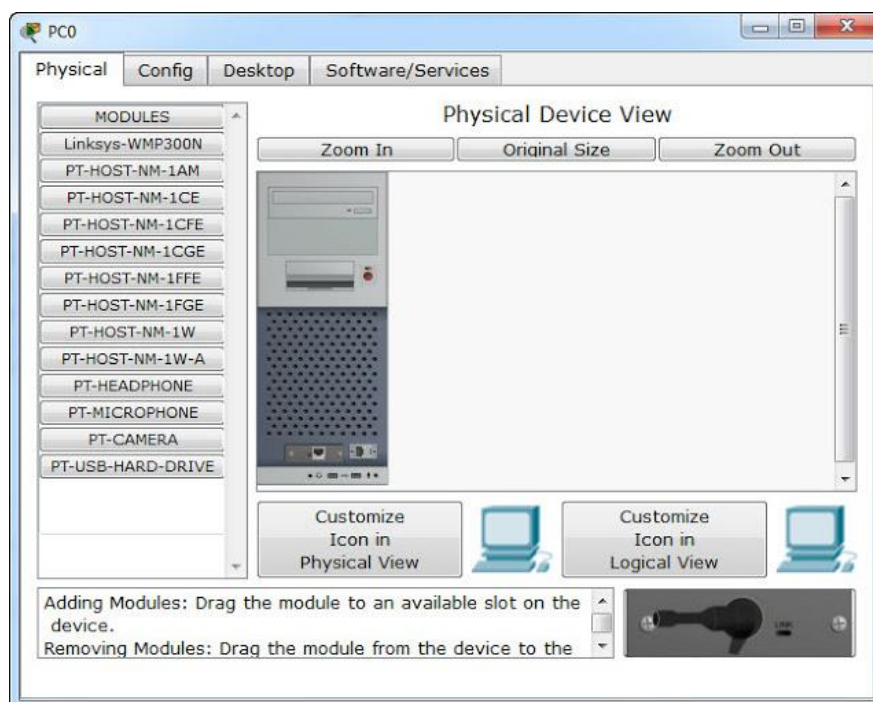
Окно параметров конечных устройств варьируется в зависимости от самого устройства. Некоторые различия сразу заметны .

### Сервер

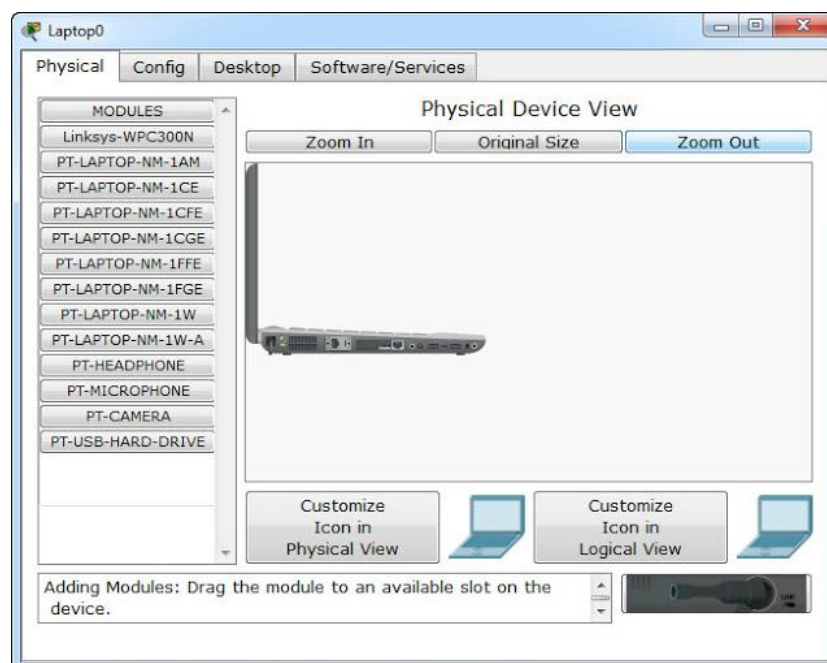




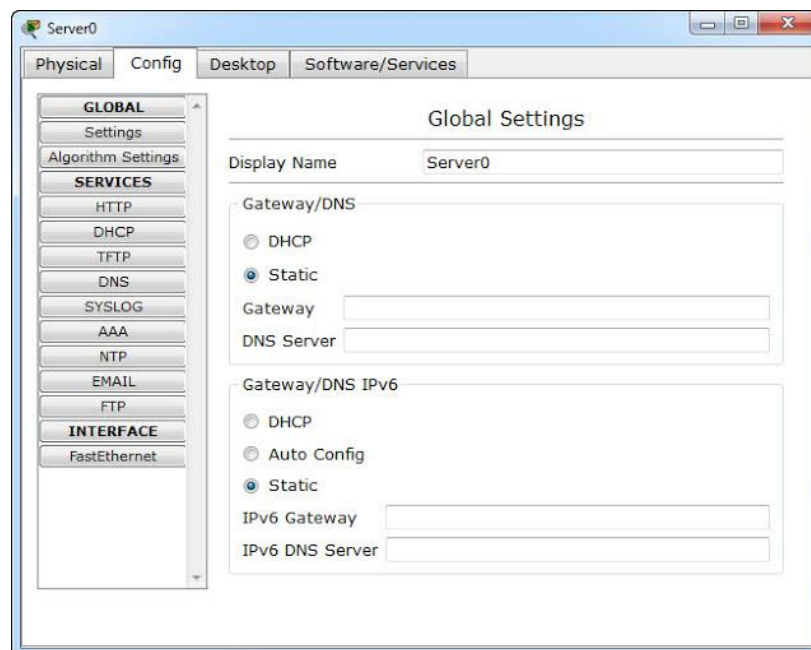
## Персональный компьютер



## Лэптоп



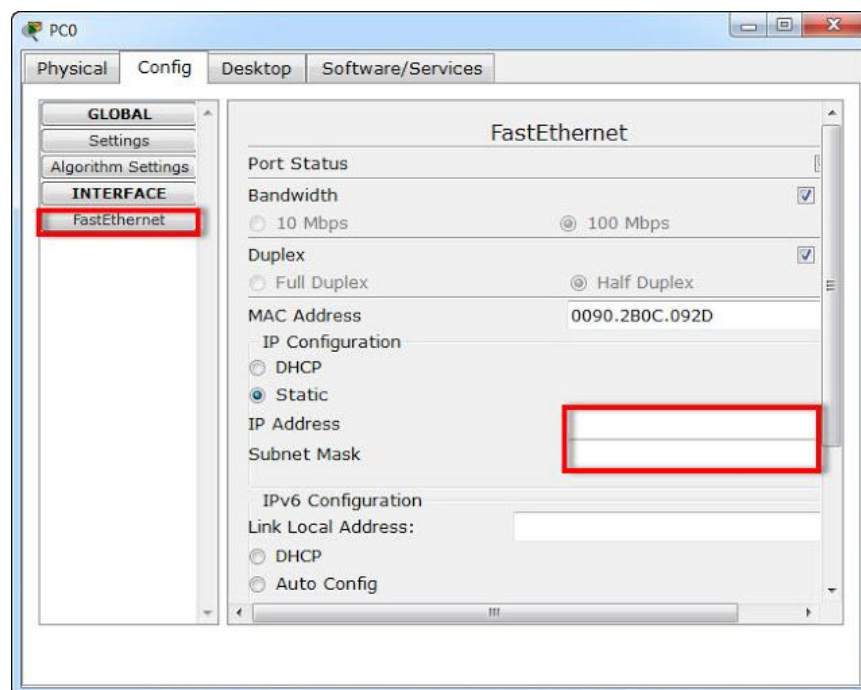
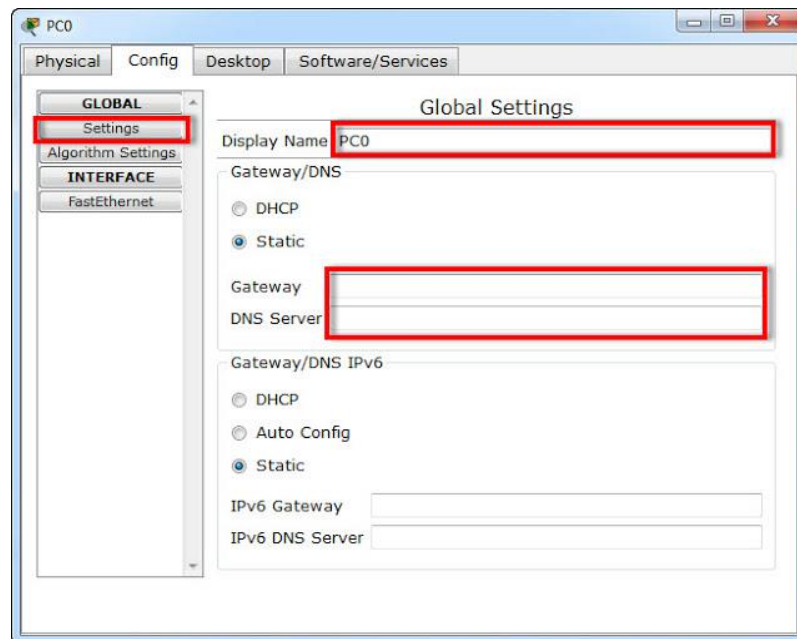
Параметры сетевых интерфейсов для данного вида устройств устанавливаются через меню на вкладке Config. Данная вкладка практически идентична для перечисленных выше устройств.



Исключение составляет наличие дополнительных меню настройки сетевых сервисов ( HTTP, DHCP, TFTP, DNS, SYSLOG, AAA, NTP, EMAIL, FTP ) у устройства сервис. Данные сервисы далеки по своей функциональности от реальных, но обеспечивают базовую функциональность, необходимую для тестирования.

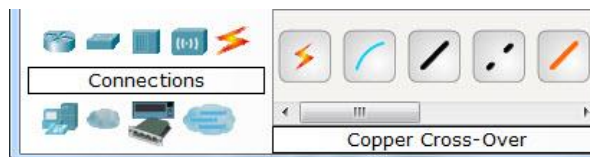
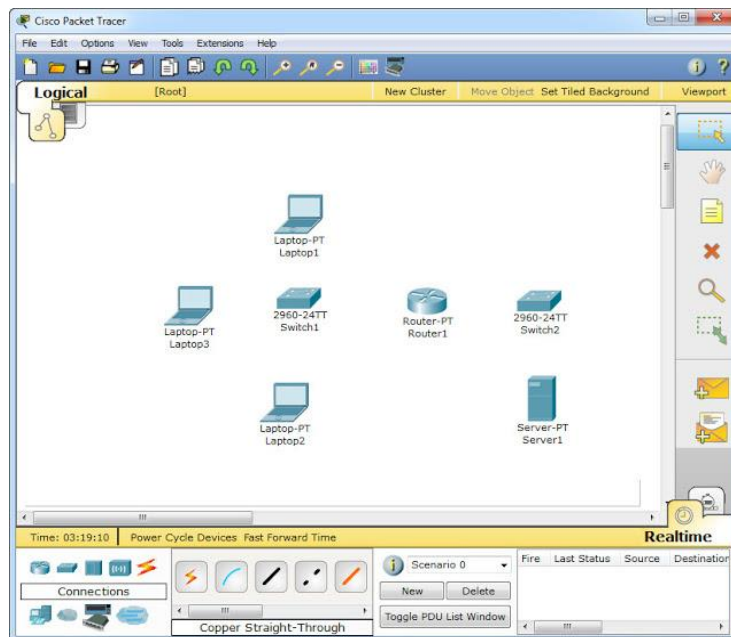
Сетевые параметры указываются в меню Settings и меню свойств сетевого интерфейса (FastEthernet) вкладки Config.



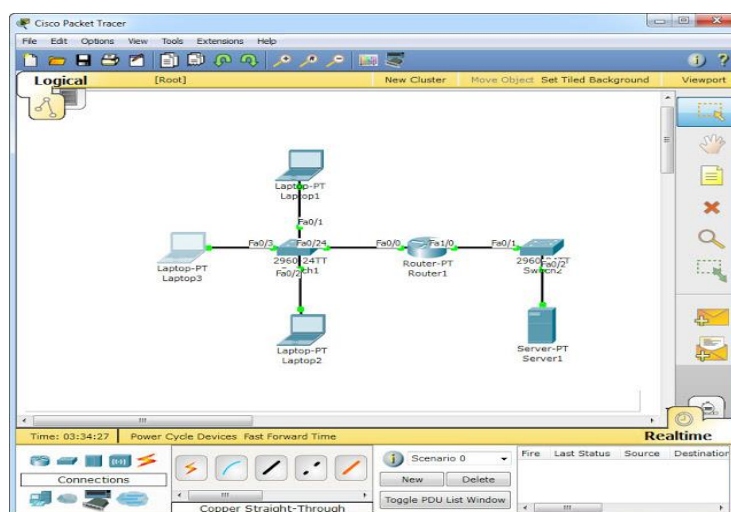


## Соединение устройств

После того как все необходимые для выбранного сценария лабораторной работы устройства добавлены в проект, необходимо все единицы оборудования соединить между собой согласно сценария. Для этого используется меню **Connections**.



Выбор кабеля зависит от подключаемого оборудования и технологии подключения. В этом конкретном случае это будет Copper Cross-Over. Каждый раз при соединении оборудования будет предлагаться выбор интерфейса, если таковые есть в наличии и не участвуют в другом подключении. В конечном итоге получается следующий проект сети.



## **Содержание и оформление отчета**

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере.

## **Порядок проведения работы**

После проведения всех исследований, данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл. Если студент не успел за время занятия выполнить все задания, он выполняет их самостоятельно во внеучебное время.

## **Информационные источники**

Техническое описание Cisco Packet Tracer

---

## Лабораторная работа №5

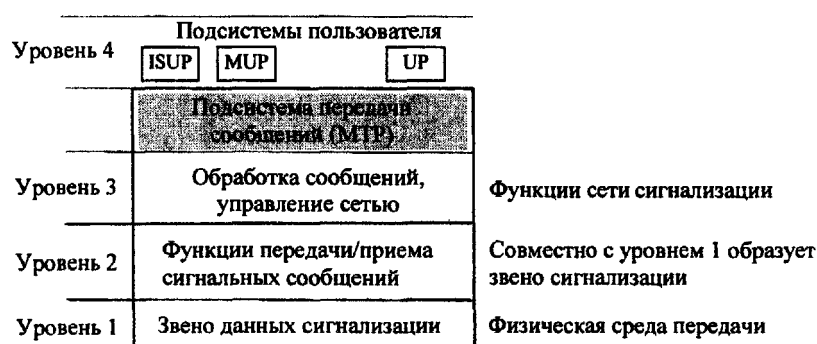
### Изучение МТР-2

#### Цель работы

Исследовать процедуры уровня МТР-2 системы сигнализации ОКС-7, закрепить теоретические знания.

#### Краткие теоретические сведения

Функциональная архитектура протокола ОКС № 7 (рис. 1) состоит из четырех уровней, три из которых принадлежат подсистеме передачи сообщений (Message Transfer Part - МТР).



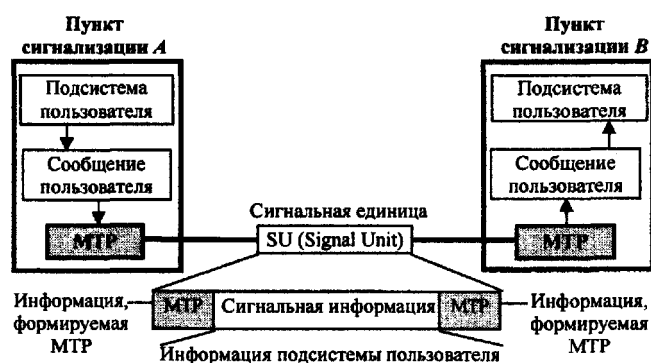
**Рис.1. Функциональная структура МТР**

Подсистема передачи сообщений (МТР) обеспечивает передачу информации в неискаженной форме, без потерь, дублирования и ошибок, в установленной последовательности, от одного пункта сигнализации к другому. Информация передается в виде сообщений переменной длины, называемых сигнальными единицами (рис. 2). Основным назначением подсистемы передачи сообщений является следующее:

- обеспечение надежной передачи сигнальной информации, сформированной подсистемами пользователя (уровень 4), через сеть сигнализации ОКС № 7;
- выявление и устранение отказов системы и сети для обеспечения надежной передачи и доставки сигнальной информации.

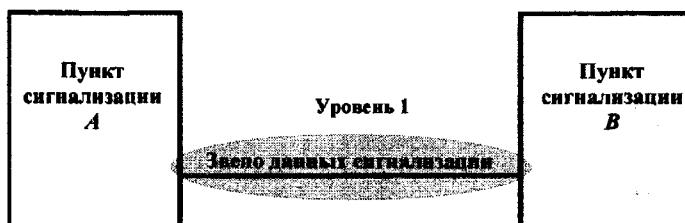
Следует подчеркнуть, что подсистема МТР не анализирует значения передаваемой сигнальной информации, формируемой различными

подсистемами пользователя. Благодаря такой независимости работы МТР от передаваемых сообщений обеспечивается универсальность протокола ОКС № 7 (различные подсистемы пользователя телефония, сотовая связь и др. - обслуживаются одной и той же «транспортной» платформой - МТР) и, кроме того, появляется возможность реконфигурации и гибкого управления сигнальным трафиком при отказах или перегрузках в сети сигнализации.



**Рис. 2. Передача сигнальных сообщений**

*Уровень 1 (функции звена данных сигнализации)* - определяет физические, электрические и функциональные характеристики звена данных сигнализации и средства доступа к ним. Фактически, уровень 1 представляет физический канал связи для звена сигнализации (рис. 3).

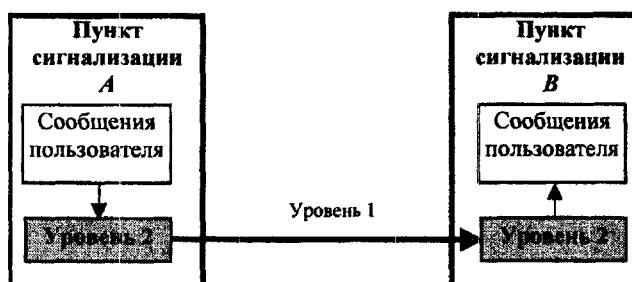


**Рис. 3. Уровень 1 МТР**

На сети ОКС № 7 ВСС РФ для организации звена данных сигнализации используются только цифровые каналы со скоростью передачи 64 кбит/с. Детальные требования к звену данных сигнализации приведены в рекомендации МСЭ Q.702.

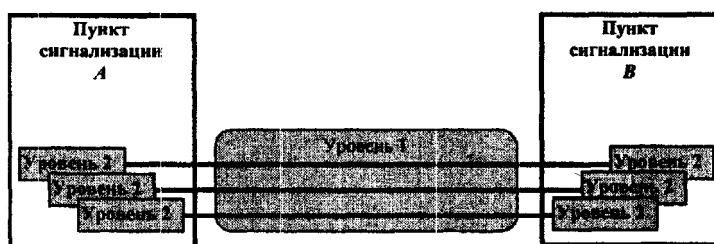
*Уровень 2 (функции звена сигнализации)* - определяет функции и процедуры, относящиеся к передаче сигнальных сообщений по отдельному звену сигнализации. Уровни 1 и 2 образуют звено сигнализации,

обеспечивающее надежную передачу сигнальной информации между двумя пунктами сигнализации (рис. 4).



**Рис. 4. Уровень 2 МТР**

Функции уровня 2 выполняются индивидуально для каждого звена данных сигнализации (рис. 5).



**Рис. 5. Звенья сигнализации**

Основными функциями звена сигнализации являются:

- деление сигнальных сообщений на сигнальные единицы;
- обнаружение ошибок в сигнальных единицах;
- исправление ошибок;
- обнаружение отказа звена сигнализации;
- восстановление звена сигнализации.

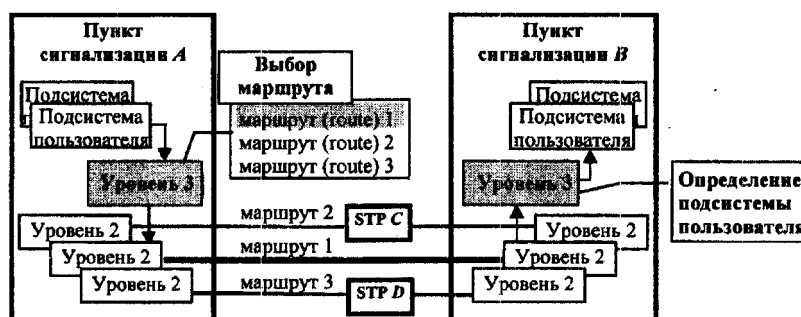
Подробное описание функций звена сигнализации приведены в рекомендации МСЭ Q.703

*Уровень 3 (функции сети сигнализации)* - определяет функции и процедуры, общие для различных типов звеньев сигнализации, и не зависящие

от работы каждого из них. Эти функции ориентированы на выполнение следующих задач:

- обработка сигнальных сообщений;
- управление сетью сигнализации.

*Функция обработки сигнальных сообщений* служит для маршрутизации сигнального сообщения к соответствующему звену сигнализации (в исходящем пункте сигнализации) и для маршрутизации сигнального сообщения (в пункте назначения) к соответствующей подсистеме пользователя (рис. 6).



**Рис. 6. Уровень 3 МТР. Обработка сигнальных сообщений**

Следует сказать, что соединения в сети ОКС № 7 устанавливаются между подсистемами пользователя одного типа.

*Функции управления сетью сигнализации* разделяются на следующие группы:

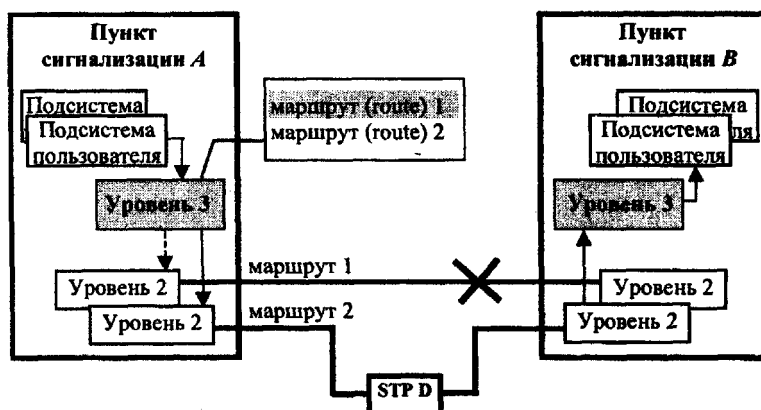
- управление сигнальным трафиком, включающее реконфигурацию сигнального трафика в ответ на изменения в состоянии сети;
- управление звеньями сигнализации;
- управление маршрутами сигнализации, заключающееся в передаче информации о состоянии сети сигнализации.

Пример управления маршрутами в случае отказа одного из звеньев сигнализации показан на рис. 7.

В случае отказа звена сигнализации между пунктами *A* и *B* (маршрут 1) сигнальные сообщения, адресованные в пункт *Я*, будут перенаправляться на

альтернативный маршрут 2 (звено сигнализации между пунктом А и транзитным пунктом D).

Детальные требования к функциям сети сигнализации приведены в рекомендации МСЭ Q.704.



**Рис. 7. Уровень 3 МТР. Управление сетью сигнализации**

Необходимо отметить, что выполнение функций передачи сообщений в некоторых случаях производится совместно с подсистемой МТР и подсистемой SCCP (управление соединением сигнализации). SCCP и МТР образуют сетевую подсистему обслуживания (Network Service Part - NSP), которую определяют как систему доставки сообщений.

### **Оборудование рабочего места**

Интерактивный учебно-лабораторный класс СОТСБИ-У (ауд. 221).

### **Задание**

Каждый студент должен выполнить работу по выполнению заданий, размещенных на сервере СОТСБИ-У.

### **Содержание и оформление отчета**

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере СОТСБИ-У.

### **Порядок проведения работы**

Преподаватель на сервере СОТСБИ-У заблаговременно регистрирует учебную группу, на занятии каждый студент получает логин и пароль для входа в систему. Перед началом работы студент проходит тестирование по базе,



находящейся на сервере. Если процент правильных ответов составляет не менее 70, студент допускается к работе, в противном случае ему предлагается изучить теоретический материал, также размещенный на сервере. После проведения всех исследований, входящих в состав работы на рабочем месте студента появляется запись «Работа успешно выполнена». Данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл. Если студент не успел за время занятия выполнить все задания, он выполняет их самостоятельно во внеучебное время.

### **Информационные источники**

Михалин И.С., Манин А.А., и др. Системы коммутации. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, СКФ МТУСИ, 2009. – 117 с.

### **Содержание и оформление отчета**

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере СОТСБИ-У.

### **Порядок проведения работы**

Преподаватель на сервере СОТСБИ-У заблаговременно регистрирует учебную группу, на занятии каждый студент получает логин и пароль для входа в систему. Перед началом работы студент проходит тестирование по базе, находящейся на сервере. Если процент правильных ответов составляет не менее 70, студент допускается к работе, в противном случае ему предлагается изучить теоретический материал, также размещенный на сервере. После проведения всех исследований, входящих в состав работы на рабочем месте студента появляется запись «Работа успешно выполнена». Данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл. Если студент не успел за время занятия выполнить все задания, он выполняет их самостоятельно во внеучебное время.

### **Информационные источники**

Михалин И.С., Манин А.А., и др. Системы коммутации. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, СКФ МТУСИ, 2009. – 117 с.