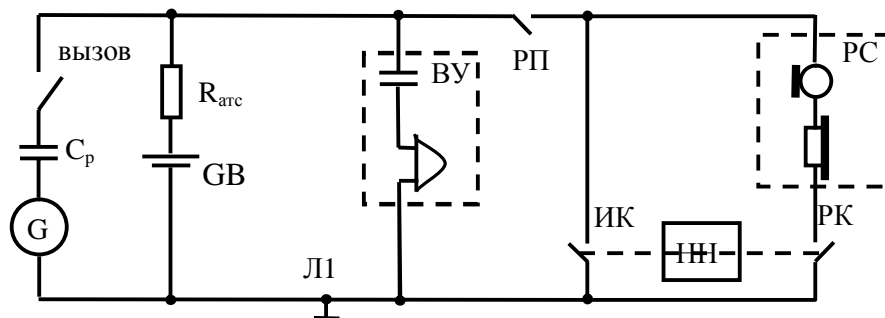


В.М. Винокуров

**Лабораторный практикум
"Телекоммуникационные системы"**

Раздел 1. Изучение основополагающих принципов и устройств электронной ТФОП

Руководство к лабораторным работам по курсам учебного направления "Телекоммуникации" на радиотехническом факультете



2007

Федеральное агентство по образованию
ТОМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

В.М. Винокуров

Лабораторный практикум "Телекоммуникационные системы"

Раздел 1. Изучение основополагающих принципов и устройств электронной ТФОП

Руководство к лабораторным работам по курсам учебного направления
"Телекоммуникации" на радиотехническом факультете

Томск 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Блок 1. Изучение принципов временного разделения каналов в электронных АТС.....	6
1. Лабораторная работа №1. Исследование системы связи с АИМ.....	6
2. Лабораторная работа №2. Исследование системы связи с ИКМ.....	12
3. Лабораторная работа №3. Исследование процессов коммутации и оценка помехозащищённости систем связи с ВРК, использующих сигналы с АИМ и ИКМ.....	17
4. Лабораторная работа №4. Изучение ИКМ – кодека.....	24
Блок 2. Изучение электронных телефонных аппаратов	30
5. Лабораторная работа №5. Исследование основных узлов электронного телефонного аппарата.....	30
Часть 1. Измерение параметров и характеристик основных узлов телефонного аппарата.....	36
Часть 2. Изучение работы основных функциональных узлов электронного телефонного аппарата.....	41
6. Лабораторная работа №6. Исследование импульсно – тонального электронного формирователя сигналов вызова.....	49
Литература.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Практикум содержит 4 раздела:

- раздел 1 - "Теория электрической связи",
- раздел 2 - "Изучение основополагающих принципов и устройств электронной ТФОП",
- раздел 3 - "Изучение аналоговых и цифровых устройств уплотнения каналов",
- раздел 4 - "Компьютерный лабораторный практикум по курсу "Сети связи и системы коммутации".

Руководства к лабораторным работам в первых двух разделах составлены применительно к лабораторным макетам, изготовленным в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича и приобретённым ТУСУРОм в 2006 г.

Руководство к лабораторным работам в по разделу 3 составлено применительно к лабораторным макетам, изготовленным в ТУСУР.

Программные продукты и методическое обеспечение, положенные в основу "Раздела 4" разработаны и внедрены в учебный процесс студентами ТУСУР под руководством автора настоящего практикума.

Активное участие в подготовке "Руководства" к печати приняли студенты радиотехнического факультета ТУСУР Баркова А.В, Вахова Е.А. и Куклина И.А.

Практикум предназначен для студентов ВУЗов специальностей 201100 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» по направлению «Телекоммуникации», 200700 «Радиотехника», 201800 «Защищённые системы связи», 071700 «Физика и техника оптической связи», 075500 «Комплексное обеспечение информационной безопасности», а также для специалистов, обслуживающих системы связи.

БЛОК №1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ВРЕМЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

Лабораторная работа №1.

«ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С АМПЛИТУДНО - ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ»

1 Цель работы

1. Изучить процесс функционирования и освоить управление лабораторной установкой.
2. Сформировать заданное множество сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ), Изучить их особенности и определить параметры.
3. Получить и исследовать групповой сигнал из сигналов с АИМ, применяя временное разделение каналов.
4. Проконтролировать процесс разделения сигналов с АИМ в приемной части установки. Оценить качество разделения.
5. Оценить качество восстановления передаваемых сигналов с помощью фильтров низких частот.

2 Применяемые приборы и оборудование

1. Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1)» - 1 шт.
2. Осциллограф, двухканальный или одноканальный – 1 шт.
3. Коаксиальный кабель с двумя байонетными разъемами BNC на концах – 1 шт.
4. Коаксиальный кабель с одним байонетным разъемом и с двумя штекерами на другом конце – 1 шт.
5. Соединительные провода - 6 шт.

3 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов» (ЦСК-1) выполнена в настольном варианте. Она рассчитана на питание от сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

На лицевой панели установки размещены:

- структурная схема четырехканальной линии связи с временным разделением каналов;
- субпанель «КОНТРОЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ»;
- субпанель «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА»;
- субпанель «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ».

Установка включается в сеть клавишей «ВКЛ-СЕТЬ» расположенной в правом нижнем углу макета.

На структурной схеме выделены передающая часть, линия связи и приемная часть. Передающая часть состоит из четырех ключей, четырех кодеров каналов и мультиплексора MUX. К линии связи может подключаться генератор шума ГШ. Уровень выходного сигнала этого генератора регулируется ручкой «УРОВЕНЬ ШУМА». Кроме того, в линию связи включается соответствующим тумблером пороговое устройство УР. На приемной стороне имеются демultipлексор DMUX, декодеры и фильтры каналов. На схеме выделены контрольные гнезда для подключения осциллографа и производства необходимых соединений.

С гнезд субпанели «КОНТРОЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ» снимаются три различных по форме сигнала, которые после амплитудно-импульсной модуляции (АИМ) или импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) подаются в общую линию связи.

На субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» размещены кнопки управления временными метками и байонетные гнезда I и II для подачи этих меток на входы осциллографа.

Субпанель «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» содержит кнопки управления и индикаторы. На ней имеются тумблер «32 Гц» - «2Гц» для выбора одной из двух частот следования импульсов, управляющих мультиплексором и демультимплексором.

При переключении тумблера в положение «2Гц» индикаторы приборов MUX и DMUX светившиеся ранее непрерывно, начинают периодически переключаться, указывая, какой из каналов включен для каждого интервала времени. При этом индикаторы A0, A1, и B0, B1 указывают двоичный код номера включенного канала.

Устройство управления мультиплексорами может быть в циклическом режиме или режиме программного управления. Выбор режима производится тумблером «ЦИКЛ»-«ПРОГРАМ». В циклическом режиме входы мультиплексора и демультимплексора переключаются синхронно и синфазно, в естественном порядке. При этом в любой момент времени оказываются связанными друг с другом каналы передающей и приемной части установки с одинаковыми номерами.

В режиме программного управления можно изменить порядок коммутации ключей мультиплексора и демультимплексора. Тогда, например, в один и то же момент времени сигнал с первого хода мультиплексора будет попадать на четвертый выход демультимплексора и т.п.

Для изменения порядка коммутации необходимо перевести тумблер «ЦИКЛ»-«ПРОГРАМ.» в положение «ПРОГРАМ» и ввести в оперативную память устройства управления номера входов и выходов, которые необходимо соединять одновременно. Это делается кнопками «ШАГ», «B0» и «B1». Результат настройки высвечивается на расположенных около этих кнопок индикаторах. При этом индикаторы «B0» и «B1» указывают в двоичном коде номер канала мультиплексора, который установлен на шаге программирования, указанном индикатором «ШАГ».

Установка устройства управления в исходный режим производится кнопкой «СБРОС».

При формировании АИМ-сигнала его дискретизация производится электронными каналами. Частота дискретизации f_d равна 8 кГц, т.е. период дискретизации T_d равен 125 мкс.

В лабораторной установке могут быть образованы четыре канала связи, на входы которых подаются контрольные сигналы $F_1(t)$, $F_2(t)$ и $F_3(t)$. Один из каналов остается свободным. Поскольку длительность стробирующих импульсов $\tau_d < T_d$, оставшийся временной интервал между соседними отсчетами используется для размещения АИМ сигналов, соответствующих остальным каналам.

Объединение дискретных сигналов с АИМ, соответствующих этим каналам, осуществляется мультиплексором. Его основу составляют четыре электронных ключа, которые управляются последовательностями стробирующих импульсов $S_{1i} - S_{4i}$. На их входы поступают аналоговые сигналы $F_1(t)$, $F_2(t)$ и $F_3(t)$, а на выходах формируются последовательности отсчетов F_{1i} , F_{2i} и F_{3i} . Стробирующие импульсы, поступающие на ключи соседних каналов, сдвинуты на временной интервал соответствующий τ_d . В результате отсчеты отдельных каналов выстраиваются друг за другом и таким образом формируется групповой сигнал на выходе мультиплексора.

Он поступает в линию связи и, пройдя по ней, попадает на вход демультимплексора DMUX, в котором производится разделение дискретных сигналов. Оба устройства - мультиплексор и демультимплексор - управляются синхронно. Для этого в устройстве управления вырабатывается последовательность импульсов с частотой следования 32 кГц, которая поступает на эти элементы. Для визуального контроля осуществляющихся в лабораторной установке коммутаций эта частота может быть уменьшена до 2 Гц. Выбор ее значения осуществляется тумблером «32 кГц – 2Гц» на лицевой панели установки.

На последнем этапе происходит восстановление аналогового сигнала - формирование исходной функции времени $F(t)$ по пришедшим по линии связи отсчетным импульсам. На практике для выполнения этих операций используется фильтр нижних частот (ФНЧ). Процесс восстановления сигналов целиком основан на выводах теоремы Котельникова.

В лабораторной установке предусмотрен узел, формирующий три различных по форме испытательных сигнала (F1,F2,F3). При проведении исследований они подаются на входы любых трех каналов связи. Вход одного из каналов остается свободным.

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

Анализ осциллограмм на выходах отдельных блоков системы связи, смоделированной в данной лабораторной установке, производится с помощью двухлучевого осциллографа. Для удобства проведения измерений его входы подключаются к двум коаксиальным разъемам типа BNC на лицевой панели («ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» I, II). Предусмотрено также формирование сигнала синхронизации для используемого осциллографа.

4 Подготовка к выполнению работы

1. Изучить способы и устройства для получения сигналов с АИМ по конспекту лекций и литературе, рекомендованной преподавателем.
2. Повторить принцип и способы временного разделения (уплотнения) каналов связи с применением сигналов с АИМ.
3. Повторить принцип и способы разделения сигналов с АИМ.
4. Повторить принцип и способы восстановления аналоговых сигналов из сигналов с АИМ.
5. Изучить состав и структурную схему лабораторной установки. Определить назначение блоков индикаторов и органов управления установки по описанию, приведенному в указаниях к данной работе.
6. Прочитать в данных методических указаниях порядок проведения работы. Представить себе необходимую последовательность соединений, переключений и измерений, нужных для выполнения работы.
7. Подготовить черновик отчета по работе, разместив на нем поля и оси координат временных диаграмм сигналов, которые будут наблюдаться при выполнении работы.

5 Порядок выполнения работы

1. Установить начальное положение органов управления осциллографом. Переключатель уровня чувствительности «V/ДЕЛ» установить в положение «0,05» или «0,1». Ручку переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ» поставить в положение «5 мс». Подключить входы осциллографа к разъемам «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» на лицевой панели установки.

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

2.1. Включить осциллограф. Включить питание лабораторной установки клавишей «ВКЛ-СЕТЬ». При этом непрерывно начинают светиться клавиша «ВКЛ-СЕТЬ» и световые индикаторы установки.

2.2. Установить тумблеры на устройстве управления в положение «32 КГц» и «ЦИКЛ». Подключить входы осциллографа к гнезду I субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА».

2.3. Нажать кратковременно кнопку «СБРОС» на устройстве управления.

2.4. Установить тумблер порогового устройства УР в линии связи в положение «ВЫКЛ».

2.5. Установить потенциометр «УРОВЕНЬ ШУМА» в линии связи в крайнее положение против часовой стрелки.

3. Провести измерение двух интервалов между метками времени, которые используются в данном лабораторном макете. Результаты измерения будут использоваться в трех лабораторных работах. Для этого выполнить следующие операции:

3.1. Включить метки времени, нажав правую кнопку, находящуюся на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА». Проверить, что при этом левая кнопка находится в отжатом состоянии.

3.2. Добиться устойчивого изображения меток на экране осциллографа, подобрав период развертки так, чтобы на экране укладывалось не более двух меток.

3.3. Произвести измерение временного интервала между двумя соседними метками по шкале на экране осциллографа, учитывая цену деления, соответствующую положению переключателя «РАЗВЕРТКА-ВРЕМЯ/ДЕЛ» на его лицевой панели. Записать измеренное значение в протокол отчета.

3.4. Установить правую кнопку в отжатое состояние и нажать левую. При этом формируются метки с другим временным интервалом.

3.5. Аналогичным образом произвести измерение нового временного интервала, подобрав период развертки так, чтобы и в этом случае на его экране укладывалось бы две метки. Записать измеренное значение в протокол отчета.

3.6. Выключить метки времени, установив обе кнопки на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» в отжатое состояние. Отключить входы осциллографов от разъемов на лицевой панели.

4. Сформировать дискретные сигналы с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого выполнить следующие операции:

4.1. С помощью соединительного кабеля с двумя штекерами подключить гнездо контрольного сигнала F1 к гнезду 0 мультиплексора. Ко второму гнезду 0 подключить потенциальный штекер канала I осциллографа. «Земляной» штекер кабеля осциллографа подключить к любому из четырех гнезд входа кодеров или, с помощью зажима «крокодил», к внешнему цилиндру одного из двух разъемов типа BNC на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА». Проконтролировать появление осциллограммы контрольного сигнала.

4.2. Подобрать период развертки так, чтобы на экране укладывался приблизительно один период контрольного сигнала. **Во всех последующих измерениях, выполняемых в данной лабораторной работе, положение переключателя, определяющего период развертки, не изменять!**

4.3. Зарисовать осциллограмму контрольного аналогового сигнала. Пользуясь шкалой на экране осциллографа и учитывая цену деления, соответствующую положению переключателя «РАЗВЕРТКА-ВРЕМЯ/ДЕЛ» на лицевой панели, определить временной период контрольного сигнала.

4.4. Подключить второй канал осциллографа к выходу мультиплексора (потенциальный штекер к контрольной точке КТ1, а «земляной» к выходу любого кодера). Проконтролировать появление на его экране сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией. В данном случае она осуществляется электронными ключами, входящими в состав мультиплексора.

4.5. Включить метки, выбрав временной интервал между ними так, чтобы он соответствовал периоду следования отсчетных импульсов (периоду дискретизации). Для этого нажать соответствующую кнопку на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» установки. Определить период дискретизации, измерив временной интервал между соседними отсчетами. Занести измеренное значение в протокол отчета.

4.6. Включить метки, выбрав временной интервал между ними так, чтобы он соответствовал длительности отсчетного импульса, нажав соответствующую кнопку на лицевой панели установки. Определить длительность отсчетного импульса. Занести измеренное значение в протокол отчета. **Для всех измерений, выполняемых в пункте 4, использовать метки с данным интервалом.**

4.7. Зарисовать осциллограмму сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией, поступающего на вход второго канала осциллографа. Расположить ее под осциллограммой контрольного сигнала, сохранив масштаб по временной оси и метки.

4.8. Снять соединение гнездо F1 - гнездо 0 мультиплексора.

4.9. Подключить гнездо контрольного сигнала F2 и вход канала I осциллографа ко входу 1 мультиплексора подобно тому, как это делалось в п. 4.1. Вход канала II для всех измерений, выполняемых в этом пункте остается подключенным к контрольной точке КТ1.

4.10. Зарисовать осциллограммы сигналов, поступающих на оба входа осциллографа (контрольный сигнал F2 и соответствующий АИМ сигнал). Во всех случаях выдержать

одинаковый масштаб по временной (горизонтальной) оси и сохранить на них временные отметки. При зарисовке осциллограмм следует располагать их друг под другом так, чтобы на них были сохранены все временные соотношения между сигналами.

4.11. Снять соединение «гнездо F2 – гнездо 1 мультиплексора». Повторить измерения, соответствующие пункту 4.10, подав контрольный сигнал F3 на вход 2 мультиплексора.

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

5.1. Подключать контрольный сигнал F1 и вход I канала осциллографа ко входу 0 мультиплексора (вход первого канала связи), как это делалось в п.4.1. Вход II канала остается подключенным к контрольной точке КТ1 (к выходу мультиплексора). Проконтролировать появление соответствующих осциллограмм на экране осциллографа.

5.2. Не снимая установленного соединения, подключать контрольный сигнал F2 и вход I канала осциллографа ко входу 1 мультиплексора, как это делалось в п. 4.9. Проконтролировать по осциллограмме появление на выходе мультиплексора отсчетных импульсов АИМ сигнала, соответствующего второму каналу связи, которые занимают временные интервалы в промежутке между двумя отсчетными импульсами, соответствующими первому каналу (вход 0 мультиплексора).

5.3. Не снимая установленного соединения, подключать контрольный сигнал F3 и вход I канала осциллографа ко входу 2 мультиплексора и выполнить операции, соответствующие пункту 5.2. Осциллограммы на выходе мультиплексора при выполнении последовательных подключений контрольных сигналов к его входам иллюстрируют процесс формирования группового сигнала, который передается по линии связи.

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

6. Проконтролировать процесс разделения каналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого подключить потенциальный штекер первого входа осциллографа к клемме КТ3 (ко входу демультиплексора), а потенциальный штекер второго входа - последовательно к его выходам 0, 1, 2, 3. При этом осциллограмма, наблюдаемая по первому каналу осциллографа соответствует групповому сигналу, а по второму - АИМ сигналу соответствующего канала.

7. Оценить качество восстановления аналогового сигнала. Для этого выполнить следующие операции:

7.1. Подключить выходы 0, 1, 2, 3 демультиплексора к соответствующим входам фильтров нижних частот.

7.2. Для контроля временных соотношений подключить вход I осциллографа ко входу 0 мультиплексора. При этом на экране наблюдается исходный аналоговый сигнал первого канала.

7.3. Подключить вход I осциллографа ко входу 0 мультиплексора, а вход II - к выходу ФНЧ1. При этом наблюдаются исходный и восстановленный аналоговые сигналы.

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

7.5. Аналогичным образом, подключая входы I, II осциллографа ко входу и выходу второго и третьего каналов, зарисовать осциллограммы соответствующих восстановленных сигналов.

7.6. Сравнить по форме исходные сигналы и сигналы на выходах фильтров.

6 Содержание отчета

Итогом работы является серия осциллограмм, снятых в контрольных точках системы связи. Их следует расположить друг под другом, сохранив порядок, в котором они снимались, временной масштаб и метки. В отчете необходимо привести:

- цели работы;
- структурную схему той части установки, что применяется в работе, отметив на ней точки, в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;
- значения измеренных величин, с указанием единиц измерения;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие сигналы называют дискретными?
2. Как производится дискретизация сигналов?
3. Из каких соображений выбирают частоту дискретизации?
4. Какой принята частота дискретизации для речевых сигналов в телефонии?
5. Что такое амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)?
6. Как получить сигнал с АИМ из аналогового сигнала?
7. Как правильно объединить несколько сигналов с АИМ в одном частотном канале?
8. Из каких соображений выбирают частоту следования импульсов, управляющих мультиплексором?
9. Как правильно разделить несколько сигналов с АИМ, следующих по одному частотному каналу?
10. Как производится восстановление аналогового сигнала из сигнала с АИМ?
11. Каковы требования к характеристикам и параметрам фильтров, восстанавливающих аналоговый сигнал?
12. Зачем нужны в лабораторной установке контрольные сигналы? Как они обрабатываются?
13. Каково назначение и функции субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА»?
14. В какое положение нужно установить тумблеры на субпанели «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» перед началом выполнения работы?
15. Зачем нужна кнопка «СБРОС»?
16. Как получить на экране осциллографа метки времени, вырабатываемые лабораторной установкой? Зачем они нужны при проведении эксперимента?
17. Как определить с помощью осциллографа период и частоту дискретизации сигналов?
18. Какова связь между сигналом на входе мультиплексора и сигналами с АИМ на его входах?
19. Каковы причины различия по форме исходного аналогового сигнала и сигнала, восстановленного из сигнала с АИМ?
20. Как повысить точность восстановления аналоговых сигналов из сигналов с АИМ?

Лабораторная работа №2

«ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ С ИМПУЛЬСНО - КОДОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ (ИКМ)»

1 Цель работы

1. Ознакомиться с примером построения системы связи с временным разделением каналов и импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ).
2. Сформировать заданное множество сигналов с ИКМ. Изучить их особенности и определить параметры.
3. Получить и исследовать групповой сигнал из сигналов с ИКМ, применяя временное разделение каналов.
4. Проконтролировать процесс разделения сигналов с ИКМ в приемной части установки. Оценить качество разделения.
5. Оценить качество восстановления передаваемых сигналов с помощью фильтров низких частот.

2 Применяемые приборы и оборудование

1. Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1)» - 1 шт.
2. Осциллограф, двухканальный или одноканальный – 1 шт.
3. Коаксиальный кабель с одним байонетным разъемом BNC и двумя штекерами на другом конце – 2 шт.
4. Соединительные провода - 15 шт.

3 Описание лабораторной установки

В данной работе применяется лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1)». При формировании на этой установке сигналов с импульсно-кодовой модуляцией на первом этапе производится дискретизация аналогового сигнала $F_1(t_i)$, поступающего на вход электронного ключа ЭК. В результате формируется последовательность амплитудно-модулированных импульсов (отсчетов) F_i на выходе ЭК. Требования к выбору частоты дискретизации $f_d = 8$ кГц определены шириной спектра сигнала, передаваемого по каналу связи сигнала. Дискретизированный сигнал подается на кодер.

На втором этапе в кодере происходит формирование ИКМ сигнала. Для этого производится аналого-цифровое преобразование (кодирование) отсчетов, сформированных на выходе ЭК. Для кодирования информации об амплитуде отсчетных импульсов используется восьмиразрядный двоичный код, позволяющий образовать 256 различных комбинаций.

Кодирование АИМ сигнала предполагает выполнение следующих двух операций. Первая из них - квантование. Весь диапазон возможных значений аналогового сигнала разбивается дискретными уровнями на 256 квантовых интервалов, которые нумеруются от -128 до -1 для отрицательных отсчетных импульсов и от +1 до +128 - для положительных. Каждому отсчету ставится в соответствие одно из значений квантового интервала, а если его величина не совпадает ни с одним из 256 уровней, то выбирается ближайший из них.

Вторая операция, завершающая этап кодирования, ставит в соответствие номеру квантового интервала комбинацию единиц и нулей (кодовых символов) - цифровой код. Обычно единицам соответствуют положительные импульсы определенной амплитуды и длительности τ , а нулям - отсутствие импульса на этом временном интервале. В данной лабораторной установке использовано схемное решение, обеспечивающее на выходе кодера формирование ИКМ сигнала, в котором единицам соответствуют положительные, а нулям - отрицательные импульсы одинаковой амплитуды. Сформированная последовательность F_k носит название кодовой комбинации. В рассматриваемом случае она состоит из восьми кодовых символов.

Сформированный таким образом цифровой сигнал поступает на вход мультиплексора, в котором происходит его объединение с аналогичными сигналами других каналов связи. Длительность всей кодовой комбинации $T_k = 8 \tau_d$, где τ_d – длительность кодовых импульсов, выбирается так, чтобы она не только уложилась во временной интервал между соседними отсчетными импульсами, но и позволила разместить в нем кодовые комбинации, поступающие на вход мультиплексора по другим каналам. Для осуществления временного уплотнения импульсные последовательности, управляемые электронными ключами ЭК1 – ЭК4, сдвинуты на временной интервал, соответствующий T_k . В результате на выходе мультиплексора кодовые комбинации различных каналов (в данной лабораторной установке их четыре) выстраиваются друг за другом - формируется групповой сигнал. Таким образом, осуществляется временное уплотнение - одновременная передача по линии связи закодированных последовательностей отсчетов нескольких сигналов.

Как и в работе по исследованию системы связи с АИМ, для проведения исследований в лабораторной установке используются три контрольных сигнала. При этом вход одного из каналов остается свободным. Это соответствует поступлению на кодер отсчета с нулевой амплитудой. Ему соответствует определенная кодовая комбинация, которая аналогично остальным присутствует в групповом сигнале.

На приемном конце линии связи расположено пороговое устройство ПУ, которое включается тумблером, выведенным на переднюю панель лабораторной установки. Оно позволяет повысить помехозащищенность каналов связи. Следует помнить, что работа установки при использовании ИКМ сигналов возможна только при включенном пороговом устройстве.

На приемном конце групповой сигнал поступает на вход демультимплексора. В нем происходит разделение каналов. Электронные ключи демультимплексора управляются синхронно с ключами мультиплексора. На время действия одной из кодовых комбинаций соответствующий ключ демультимплексора соединяет линию связи со входом декодера. В результате на его вход поступает требуемая кодовая комбинация F_{kj} (индекс j соответствует номеру канала).

В декодере происходит восстановление АИМ сигнала - каждой кодовой комбинации F_{kj} ставится в соответствие отсчетный импульс F_j определенной длительности и амплитуды. Положение отсчета во времени жестко связано с моментом окончания действия кодовой комбинации. Эта последовательность отсчетов поступает на ФНЧ, где происходит восстановление исходного аналогового сигнала $F_j(t)$.

4 Подготовка к выполнению работы

1. Изучить способы и устройства для получения сигналов с ИКМ по конспекту лекций и литературе, рекомендованной преподавателем.
2. Повторить принцип и способы временного разделения (уплотнения) каналов с ИКМ.
3. Повторить принцип и способы разделения сигналов с ИКМ.
4. Повторить принцип и способы восстановления аналоговых сигналов и сигналов с ИКМ.
5. Изучить состав и структурную схему лабораторной установки. Определить назначение блоков, индикаторов и органов управления установки, необходимых для формирования, объединения и разделения сигналов с ИКМ.
6. Прочитать порядок проведения работы. Представить себе необходимую последовательность соединений, переключений и соединений при выполнении работы.
7. Ответить на все перечисленные в методических указаниях к данной работе контрольные вопросы.
8. Подготовить черновик отчета по работе, разместив на нем поля и оси координат временных диаграмм сигналов, которые будут наблюдаться при выполнении работы.

5 Порядок выполнения работы

1. Подготовить лабораторную установку к проведению работы. Для этого:

1.1. Включить питание лабораторной установки и осциллографа.

1.2. Установить тумблеры на устройстве управления в положение «32кГц» и «ЦИКЛ».

1.3. Нажать кратковременно кнопку «СБРОС» на устройстве управления.

1.4. **Установить тумблер порогового устройства ПУ в линии связи в положение «ВКЛ».** В данной лабораторной установке передача цифрового ИКМ сигнала осуществляется только при включенном пороговом устройстве.

1.5. Установить потенциометр «УРОВЕНЬ ШУМА» в линии связи в крайнее положение против часовой стрелки.

2. Исследовать процесс формирования цифрового ИКМ сигнала. Для этого выполнить следующие операции:

2.1. С помощью соединительного провода подключить контрольный сигнал F1 ко входу электронного ключа первого канала. К этой же точке подключить вход I канала осциллографа. Проконтролировать появление осциллограммы контрольного сигнала.

2.2. Подобрать период развертки так, чтобы на экране укладывался приблизительно один период контрольного сигнала.

2.3. Зарисовать осциллограмму контрольного аналогового сигнала.

2.4. Подключить второй канал осциллографа к выходу электронного ключа. Проконтролировать появление на его экране сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией.

2.5. Включить метки, выбрав временной интервал между ними так, чтобы он соответствовал длительности отсчетного импульса, нажав соответствующую кнопку на лицевой панели установки.

2.6. Зарисовать осциллограмму сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией, поступающего на вход второго канала осциллографа. Расположить ее под осциллограммой контрольного сигнала, сохранив масштаб по временной оси и метки.

2.7. Подключить вход II осциллографа к выходу кодера 1 и зарисовать соответствующую осциллограмму. Следует учесть, что в данной лабораторной установке использовано схемное решение, обеспечивающее на выходе кодера формирование ИКМ сигнала, в котором единицам соответствуют положительные, а нулям - отрицательные импульсы одинаковой амплитуды. При выбранном значении периода развертки осциллографа подробная структура наблюдаемых кодовых комбинаций не может быть проанализирована детально. Поэтому следует отметить только ее длительность, сохранив временные соотношения с предыдущими и метки времени.

2.8. Выключить метки времени и уменьшить период развертки осциллографа так, чтобы на его экране по второму каналу высветилась одна из кодовых комбинаций. Пользуясь шкалой на экране осциллографа и учитывая цену деления, соответствующую положению переключателя «Развертка-время/дел» на лицевой панели, определить длительность импульса, соответствующего кодовому символу.

2.9. Зарисовать осциллограмму кодовой комбинации. Установить прежнее значение периода развертки осциллографа и включить метки времени с интервалом, соответствующим длительности отсчетного импульса. Обратит внимание на то, что в данном случае он соответствует длительности кодовой комбинации.

3. Исследовать процесс формирования группового сигнала на выходе мультиплексора. Для этого выполнить следующие операции.

3.1. Соединить с помощью проводника выход кодера первого канала со входом 0 мультиплексора. Подключить вход II осциллографа к выходу мультиплексора КТ1 и проконтролировать появление кодовой комбинации на его выходе.

3.2. Не снимая установленных ранее соединений, подключить контрольный сигнал F2 и вход I осциллографа ко входу ключа 2 второго канала. Выход кодера 2 соединить со входом 1 мультиплексора. Проконтролировать наличие сигнала на входе канала по осциллограмме, соответствующей первому входу осциллографа.

3.3. Проконтролировать по осциллограмме появление на выходе мультиплексора кодовой комбинации, соответствующей сигналу, передаваемому по второму каналу связи. Она должна занять временной интервал в промежутке между двумя кодовыми комбинациями, соответствующими первому каналу.

3.4. Повторить две предыдущие операции для третьего канала, используя контрольный сигнал F3.

3.5. Соединить выход четвертого кодера со входом 3 мультиплексора. Вход электронного ключа четвертого канала при этом остается свободным.

3.6. Зарисовать осциллограмму группового сигнала, наблюдаемую на выходе мультиплексора. Ее следует разместить под предыдущими, сохранив выбранный временной масштаб и метки.

4. Проконтролировать процесс разделения сигналов с ИКМ. Для этого подключить первый вход осциллографа к клемме КТ3 (ко входу демультиплексора), а второй - последовательно к его выходам 0, 1, 2, 3. При этом осциллограмма, наблюдаемая по первому каналу осциллографа, соответствует групповому сигналу, а по второму - ИКМ сигналу соответствующего канала.

5. Проанализировать процесс восстановления аналогового сигнала. Для этого выполнить следующие операции.

5.1. Подключить выходы 0, 1, 2, 3 демультиплексора к соответствующим входам декодеров, а выходы декодеров - ко входам фильтров нижних частот.

5.2. Для контроля временных соотношений подключить вход I осциллографа ко входу электронного ключа первого канала. При этом на экране наблюдается исходный аналоговый сигнал.

5.3. Последовательно подключая вход II осциллографа ко входу декодера 1, входу ФНЧ1 и его выходу зарисовать соответствующие осциллограммы, сохранив временные соотношения с предыдущими и временные метки. Подключить вход II осциллографа к выходу ФНЧ1. При этом соответственно, наблюдаются исходный и восстановленный аналоговые сигналы.

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

5.5. Аналогичным образом, подключая для контроля временных соотношений вход I осциллографа ко входу второго и третьего каналов, проконтролировать наличие соответствующих сигналов на входе и выходе декодеров, на входе и выходе ФНЧ, подключая в соответствующие контрольные точки вход II осциллографа. Зарисовывать осциллограммы только восстановленных сигналов. Отметить на них временную задержку восстановленных сигналов относительно исходных.

6 Содержание отчета

В отчете необходимо привести:

- цели работы;
- структурную схему той части установки, что применяется в работе, отметив на ней точки, в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;
- значения измеренных величин, с указанием единиц измерения;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое сигнал с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ)? Чем отличается сигнал с ИКМ от сигнала с АИМ?
2. Какие преобразования производят над аналоговым сигналом, чтобы получить сигнал с импульсно-кодовой модуляцией?
3. Из каких операций состоит процесс кодирования сигнала?
4. Что такое квантование сигнала?
5. Какой способ преобразования уровня сигнала в двоичный код принят в лабораторной установке? Какие еще могут быть способы такого преобразования?
6. Что такое временное разделение каналов? Зачем ее применяют?
7. Как производится объединение ИКМ сигналов в линии связи, чтоб обеспечить их последующее разделение на приемном конце с минимальными искажениями?
8. Зачем в приемной части установки поставлено пороговое устройство?
9. Как производится разделение сигналов с ИКМ из группового сигнала, проходящего через линию связи?
10. Как получить сигнал с АИМ из сигнала с ИКМ?
11. Как производится восстановление аналогового сигнала из сигнала с ИКМ?
12. Какие исходные сигналы преобразуют в сигнал с ИКМ в данной лабораторной установке?
13. В каких положениях должны находиться ручки тумблеров на субпанели «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» перед началом выполнения работы?
14. Зачем нужна кнопка «СБРОС»?
15. Какие блоки и органы управления лабораторной установкой минимально необходимы для формирования, объединения и разделения сигналов с ИКМ?
16. Какова связь между сигналами на входах и выходах мультиплексора?
17. Какова связь между сигналами на входе и выходах демультиплексора?
Каковы причины различия по форме исходного аналогового сигнала и сигнала, восстановленного из сигнала с ИКМ?

Лабораторная работа №3.

«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОММУТАЦИИ И ОЦЕНКА ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ С ВРЕМЕННЫМ УПЛОТНЕНИЕМ КАНАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СИГНАЛЫ С АИМ И ИКМ»

1 Цель работы

1. Ознакомиться с примером системы связи с временным уплотнением каналов, использующего сигналы с АИМ и ИКМ.
2. Сформировать заданное множество сигналов с АИМ и создать из них групповой сигнал, передаваемый по линии связи.
3. Оценить влияние шума канала на искажения группового сигнала с АИМ, а также на искажения восстанавливаемых аналоговых сигналов. Оценить качество разделения сигналов.
4. Создать заданные последовательности коммутации каналов входной и выходной части установки. Добиться передачи сигнала с каждого заданного канала передающей части в другой заданной канал приемной части установки.
5. Сформировать заданное множество сигналов с ИКМ и создать из них групповой сигнал передаваемой связи.
6. Оценить влияние шума канала на искажения группового сигнала с ИКМ, а также на искажения восстанавливаемых аналоговых сигналов. Оценить качество разделения сигналов.
7. Сравнить степень искажения восстановленных сигналов с АИМ и ИКМ при одинаковом уровне шумов.

2 Применяемые приборы и оборудование

1. Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1)» – 1 шт.
2. Осциллограф, двухканальный или одноканальный – 1 шт.
3. Милливольтметр – 1 шт.
4. Коаксиальный кабель с байонетным разъемом BNC с двумя штекерами на другом конце – 2 шт.
5. Соединительные провода – 14шт.

3 Описание лабораторной установки

В данной работе применяется лабораторная установка «Исследование системы связи с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ)».

Для передачи телефонных сообщений в соответствии с существующими требованиями устанавливается частота дискретизации $f_d = 8$ кГц (период дискретизации $T_d = 125$ мкс). Используются электронные ключи, на выходе которых формируется дискретный сигнал с амплитудно-импульсной модуляцией - отсчеты аналогового сигнала. Временной интервал в 125 мкс между двумя соседними импульсами может быть использован для передачи других телефонных сообщений.

При использовании для передачи ИКМ каждому отсчетному импульсу ставится в соответствие кодовая комбинация из восьми импульсов. В этом случае возможное количество телефонных сообщений, передаваемых по одному каналу связи, будет определяться длительностью кодовой комбинации T_k . На практике ее выбирают так, чтобы во временном интервале, равном 125 мкс, размещалось 32 ИКМ сигнала, 30 из которых используются для передачи сообщений, а два оставшихся - для передачи служебной информации. В данной макете для удобства проведения исследований образованы четыре канала и длительность кодовой комбинации увеличена по сравнению с используемой на практике.

Объединение сигналов - мультиплексирование - осуществляется электронным способом. На выходе мультиплексора MUX образуется групповой сигнал, в котором в определенном

порядке расположены либо отсчетные импульсы (при АИМ) либо кодовые комбинации (при ИКМ).

На приемном конце происходит демультиплексирование - разделение отдельных сигналов и передача их к соответствующим абонентам. Этот процесс также как и мультиплексирование, полностью управляется электронным способом.

Практически мультиплексор MUX и демультиплексор DMUX представляют собой два коммутатора, управление которыми происходит синхронно с помощью устройства управления УУ. На время действия сигнала, на одном из входов мультиплексора, этот вход соединяется с линией связи. Затем последовательно с ней соединяются другие входы. По такому же принципу осуществляется и демультиплексирование.

В данном лабораторном макете образованы четыре телефонных канала. Поскольку частота дискретизации составляет 8 кГц, для управления коммутаторами необходимо использовать стробирующие импульсы с частотой следования $8 \times 4 = 32$ кГц. За временной интервал, равный периоду дискретизации T_d (125 мкс) коммутатор должен обеспечить четыре различных коммутации. Длительность этих импульсов определяет время, в течение которого входы коммутатора должны быть соединены с линией. В случае использования АИМ она должна соответствовать длительности отсчетного импульса, а в случае ИКМ - длительности кодовой комбинации. В данном лабораторном макете эти длительности совпадают.

Используя программируемое управляющее устройство можно осуществить соединение любого из четырех входов каналов связи с любым из четырех выходов. Для этого меняется порядок коммутации ключей мультиплексора и демультиплексора, который определяется устройством управления. Информация о необходимых соединениях входов и выходов каналов связи в данной лабораторной установке заносится в оперативную память вручную. При этом устройство управления переводится в режим программирования.

При различных преобразованиях сигнала возникают шумы. В основном это тепловые шумы элементов схемы. Их источниками могут быть и различные наводки, а также специфические преобразования сигнала - шумы квантования. Все они накладываются на полезный сигнал и приводят к ограничению длины линии передачи. Использование цифровых способов модуляции, в частности ИКМ, позволяют получить существенный выигрыш в помехозащищенности по сравнению с аналоговыми. В данном лабораторном макете реальная линия моделируется встроенным в линию генератором шума (ГШ). При использовании ИКМ на приемном конце возможно применение порогового устройства УР, которое в этом случае выполняет роль квазиоптимального приемника.

4 Подготовка к выполнению работы

1. Повторить учебный материал по способам и устройствам для временного уплотнения каналов, использующим сигналы с АИМ и ИКМ. Сравнить показатели их помехозащищенности.
2. Повторно изучить состав и структурную схему лабораторной установки, обратив особое внимание на блоки и органы управления применяемые впервые.
3. Прочитать порядок проведения работы. Ответить на все перечисленные в методических указаниях к данной работе контрольные вопросы.
4. Подготовить черновик отчета по работе, разместив на нем поля и оси координат временных диаграмм сигналов, которые будут наблюдаться при выполнении работы.

5 Порядок выполнения работы

Упражнение 1.

Исследование системы с временным уплотнением каналов, использующей амплитудно-импульсную модуляцию.

1.1. Исследовать процесс формирования группового сигнала с помощью мультиплексора при использовании АИМ сигналов. Для этого выполнить следующие операции:

1.1.1. Подсоединить проводником гнездо контрольного сигнала F1 ко входу 0 мультиплексора (вход электронного ключа);

1.1.2. Подключить вход I осциллографа ко входу 0 мультиплексора, а вход II - к его выходу КТ1, на котором формируется групповой сигнал. «Земляной вывод» кабеля осциллографа подключить к гнезду 3 мультиплексора. Проконтролировать наличие аналогового и дискретного сигналов, подобрав период развертки так, чтобы на экране укладывалось бы четыре отсчетных импульса. Включить метки времени с периодом, соответствующим длительности отсчетного импульса.

1.1.3. Подключить вход I осциллографа к клемме СИ1 мультиплексора. При этом на его экране наблюдаются последовательность стробирующих импульсов, управляющая электронным ключом на входе 0.

1.1.4. Зарисовать осциллограммы стробирующих и отсчетных импульсов, на соответствующих входах осциллографа, расположив, их друг под другом, выдержав одинаковый масштаб по временной оси и сохранив метки. В этом случае групповой сигнал на выходе мультиплексора, состоит из одного отсчетного импульса, соответствующего первому каналу.

1.1.5. Подсоединить проводником гнездо контрольного сигнала F2 ко входу 1 мультиплексора. Проконтролировать наличие аналогового и дискретного сигналов на гнездах 1 и КТ1 соответственно. Отсчетные импульсы второго дискретного сигнала должны занимать соседний временной интервал, по отношению к отсчетному импульсу первого сигнала.

1.1.6. Подключить вход I осциллографа к клемме СИ2 мультиплексора. При этом на его экране наблюдаются последовательность стробирующих импульсов, управляющая электронным ключом на входе 1. Она сдвинута относительно рассмотренной ранее последовательности первого канала на временной интервал, равный длительности отсчетного импульса.

1.1.7. Зарисовать осциллограммы стробирующих и отсчетных импульсов на соответствующих входах осциллографа, расположив их под предыдущими, снятыми в пункте 1.1.4., выдержав одинаковый масштаб по временной оси и сохранив метки. В этом случае групповой сигнал на выходе мультиплексора, состоит из двух отсчетных импульсов, соответствующих первому и второму каналу.

1.1.8. Подсоединить проводником гнездо контрольного сигнала F3 ко входу 2 мультиплексора. Проконтролировать наличие аналогового и дискретного сигналов. Отсчетные импульсы дискретного сигнала должны занимать соседний временной интервал, по отношению к отсчетному импульсу второго сигнала.

1.1.9. Подключить вход I осциллографа к клемме СИ3 мультиплексора. При этом на его экране наблюдаются последовательность стробирующих импульсов, управляющая электронным ключом на входе 2. Она сдвинута относительно рассмотренных ранее последовательностей первого и второго каналов, соответственно, на два и один временной интервал, равный длительности отсчетного импульса.

1.1.10. Зарисовать осциллограммы стробирующих и отсчетных импульсов на соответствующих входах осциллографа, расположив их под предыдущими, снятыми в пунктах 1.1.4. и 1.1.7., выдержав одинаковый масштаб по временной оси и сохранив метки. В этом случае групповой сигнал на выходе мультиплексора состоит из трех отсчетных импульсов, соответствующих первому, второму и третьему каналу. Вход 3 мультиплексора в дальнейших исследованиях остается свободным. Он используется как гнездо заземления осциллографа.

1.2. Исследовать процесс разделения каналов в системе связи с АИМ сигналами с помощью демультиплексора. Для этого выполнить следующие операции:

1.2.1. Подключить вход I осциллографа ко входу демультиплексора (контрольная точка КТ3). Проконтролировать наличие в этой точке группового сигнала.

1.2.2. Подключить последовательно вход II осциллографа к выходам демультиплексора 0...2 и убедиться в наличии на них соответствующих отсчетных импульсов.

Убедиться в синхронности управления ключами мультиплексора и демультиплексора. Для этого тумблер «32 кГц - 2 Гц» устройства управления поставить в положение «2 Гц». В этом случае управление электронными ключами осуществляется последовательностями импульсов с частотой следования 0,5 Гц. Это позволяет визуально контролировать моменты коммутации ключей по загоранию соответствующих светодиодов, которые расположены на лицевой панели установки.

Тумблер «32 кГц - 2 Гц» устройства управления вернуть в положение «32 кГц».

1.2.3. Соединить выходы 0...2 демультиплексора со входами соответствующих фильтров нижних частот и, подключая вход II осциллографа последовательно к их выходам, проконтролировать наличие восстановленных сигналов.

1.3. Оценить помехоустойчивость системы связи с АИМ сигналами. Для этого выполнить следующие операции:

1.3.1. Вход I осциллографа подключить к выходу мультиплексора - началу линии связи - (КТ1), а вход II - к ее окончанию (КТ2).

1.3.2. Вращая потенциометр «УРОВЕНЬ ШУМА» по часовой стрелке наблюдать появление шумов в групповом сигнале на приемном конце линии связи.

1.3.3. Подключить вход I осциллографа к одному из входов мультиплексора (входу канала связи), а вход II - к соответствующему выходу системы (выход ФНЧ). Наблюдая восстановленный сигнал и сравнивая его с исходным, установить с помощью потенциометра «УРОВЕНЬ ШУМА» заметные его искажения.

1.3.4. Снять все соединения, установленные ранее с помощью соединительных проводников.

1.3.5. Измерить установленное в п.1.3.4 действующее значение шума канала. Для этого подключить потенциальный штекер кабеля милливольтметра к гнезду КТ2, а «земляной» штекер - к гнезду 3, либо к любому другому входному гнезду мультиплексора. Измеренное значение занести на бланк отчета.

1.3.6. Уменьшить напряжение шума канала, повернув ручку «УРОВЕНЬ ШУМА» влево до упора.

1.4. Установить с помощью устройства управления заданную преподавателем коммутацию четырех каналов (соединение входа М мультиплексора канала с выходом N демультиплексора). Для этого:

1.4.1. Установить тумблер «ЦИКЛ-ПРОГРАМ.» устройства управления в положение «ПРОГРАМ» и кратковременно нажать кнопку «СБРОС». На цифровом индикаторе «ШАГ» высвечивается одна из цифр: 0, 1, 2, 3, которая соответствует номеру входа мультиплексора. Ей соответствует индикация с помощью светодиодов А0, А1 на мультиплексоре. Они дублируют номер коммутируемого входа в двоичной системе исчисления. Зажигание светодиода соответствует единице в соответствующем разряде. Кроме того, горит соответствующий светодиод электронного ключа мультиплексора.

1.4.2. Нажимая кратковременно кнопку «ШАГ», установить на цифровом индикаторе цифру 0 (оба светодиода А0, А1 не горят, горит светодиод электронного ключа входа 0 мультиплексора). Устройство управления готово к записи информации о номере выхода демультиплексора, с которым должен быть соединен вход 0 мультиплексора.

1.4.3. Ввести номер выхода демультиплексора, на который должен быть скоммутирован вход 0 мультиплексора. Номер вводится в двоичной системе счисления с помощью кнопок В0 (нулевой разряд) и В1 (первый разряд). Индикация осуществляется с помощью светодиодов В0 и В1 - зажигание соответствует единице в соответствующем разряде.

1.4.4. Произвести запись введенного номера выходного канала демультиплексора в память устройства управления. Для этого нажать кратковременно кнопку «ЗАПИСЬ» на

панели устройства управления. При этом номер канала в двоичной системе будет продублирован с помощью светодиодов В0, В1 на демультиплексоре. Кроме того, зажигается светодиод у электронного ключа соответствующего выхода демультиплексора.

1.4.5. Аналогичным образом установить остальные три коммутации, последовательно нажимая кратковременно кнопку «ШАГ» и выполняя аналогичные действия по записи номера выхода демультиплексора. При ошибочном вводе номера следует нажать кратковременно кнопку «СБРОС» и повторить процедуру ввода.

1.4.6. После записи последнего номера проконтролировать правильность введенной информации. Для этого установить тумблеры на устройстве управления в положение «ЦИКЛ» и «2 Гц» соответственно. По одновременности зажигания светодиодов электронных ключей мультиплексора и демультиплексора проверить правильность установленного порядка коммутации. После проверки установить тумблер «32 кГц - 2 Гц» в положение «32 кГц».

Упражнение 2.

Исследование системы с временным уплотнением каналов, использующей импульсно-кодovou модуляцию.

2.1. Исследовать процесс формирования группового сигнала и коммутации четырех каналов с помощью мультиплексора и демультиплексора при использовании ИКМ сигналов. Принцип работы мультиплексора в этом случае отличается от рассмотренного ранее (при анализе АИМ) тем, что его электронные ключи используются только для коммутации входов с линией связи. Процесс дискретизации сигнала осуществляется ключами на входе каналов связи. Выполнить следующие операции:

2.1.1. Подключить проводником гнездо контрольного сигнала F1 ко входу электронного ключа на входе первого канала.

2.1.2. Подключить проводником выход кодера первого канала ко входу 0 мультиплексора.

2.1.3. Подключить вход I осциллографа к выходу мультиплексора. При этом наблюдается кодовая комбинация, соответствующая ИКМ сигналу первого канала. «Земляной» штекер кабеля осциллографа подключить к гнезду «3» мультиплексора.

2.1.4. Подключить вход II осциллографа к клемме СИ1 и проконтролировать наличие последовательности стробирующих импульсов, управляющих электронным ключом мультиплексора, и совпадение временных интервалов, соответствующих действию кодовой комбинации и стробирующего импульса. Зарисовать осциллограммы этих сигналов, расположив, их друг под другом, сохранив масштаб по временной оси и метки. При этом отметить только длительность кодовой комбинации, не отмечая отдельных кодовых символов.

2.1.5. Подключить вход II осциллографа к клемме СИ2.

2.1.6. Подключить проводником гнездо контрольного сигнала F2 ко входу электронного ключа на входе второго канала, а выход кодера второго канала ко входу 1 мультиплексора. Проконтролировать появление на выходе мультиплексора кодовой комбинации, соответствующей второму каналу. Она должна занять соседний временной интервал по отношению к комбинации первого канала. Этот интервал должен совпадать со временем действия стробирующего импульса. Зарисовать осциллограммы этих сигналов, расположив, их друг под другом, сохранив масштаб по временной оси и метки. При этом отметить только длительность кодовой комбинации, не отмечая отдельных кодовых символов.

2.1.7. Подключить вход II осциллографа к клемме СИ3.

2.1.8. Подключить проводником гнездо контрольного сигнала F3 ко входу электронного ключа на входе третьего канала, а выход кодера третьего канала - ко входу 2 мультиплексора. Повторить все операции, описанные в пункте 2.1.6.

2.1.9. Подключить вход II осциллографа к клемме СИ4.

2.1.10. Подключить выход кодера четвертого канала ко входу 3 мультиплексора. Вход соответствующего электронного ключа при этом остается свободным. Повторить все операции, описанные в пункте 2.1.6. В итоге на выходе мультиплексора сформирован цифровой сигнал, представляющий собой объединение четырех кодовых комбинаций. Кодовая комбинация, соответствующая четвертому каналу, соответствует нулевому уровню входного сигнала.

2.1.11. Включить пороговое устройство УР на приемном конце линии связи. Для этого установить тумблер на лицевой панели установки в положение «ВКЛ».

2.1.12. Подключить вход I осциллографа ко входу демультимплексора (контрольная точка КТ3). Проконтролировать наличие в этой точке группового сигнала. В данной установке групповой сигнал в этой точке (на выходе порогового устройства) инвертирован по отношению к сигналу на выходе мультиплексора.

2.1.13. Подключить вход I осциллографа к клемме СИ1 мультиплексора. Последовательно подключая вход II осциллографа к выходам демультимплексора, найти такую кодовую комбинацию, временной интервал для которой совпадает с временем действия стробирующего импульса. Номер выхода демультимплексора должен совпадать с заданным порядком коммутации каналов. Зарисовать осциллограмму сигнала на выходе демультимплексора. При этом отметить только длительность кодовой комбинации, не отмечая отдельных кодовых символов.

2.1.14. Последовательно подключать вход I осциллографа к клеммам СИ2, СИ3, СИ4 и повторяя операции, описанные в предыдущем пункте, полностью определить установленный порядок коммутации и зарисовать осциллограммы сигналов на выходах демультимплексора.

2.1.15. Соединить проводниками входы демультимплексора со входами декодеров, а выходы декодеров – с соответствующими фильтрами. Подключая вход I осциллографа ко входам каналов, а вход II - к выходам в соответствии с установленным порядком коммутации проконтролировать совпадение входных и выходных сигналов.

2.2. Оценить помехозащищенность каналов связи при использовании сигналов с ИКМ. Для этого выполнить следующие операции:

2.2.1. Установить ручкой «УРОВЕНЬ ШУМА» среднеквадратичное (действующее) значение напряжения шума в линии связи, такое же, что было измерено при выполнении п. 1.3.5., контролируя установку милливольтметром, подключением между гнездами КТ2 и 3.

2.2.2. Подключить входы I и II осциллографа соответственно к контрольным точкам КТ1 и КТ2 и убедиться в наличии шумов в групповом сигнале на приемном конце линии связи (контрольная точка КТ2).

2.2.3. Подключить вход I осциллографа к контрольной точке КТ3 на выходе порогового устройства. Убедиться в том, что уровень шумов на его выходе существенно меньше, чем на входе.

2.2.4. Подключить входы I, II осциллографа ко входу и выходу одного из каналов связи, по которому передается испытательный сигнал (ко входу ЭК и выходу соответствующего ФНЧ). Убедиться в том, что аналоговый сигнал восстанавливается практически без искажений. Для этого уменьшить уровень шумов до минимума, повернув ручку потенциометра «УРОВЕНЬ ШУМА» против часовой стрелки до упора. Форма восстановленного сигнала при этом не должна меняться.

6 Содержание отчета

В отчете необходимо привести:

- цели работы;
- структурную схему той части установки, что применяется в работе, отметив на ней точки, в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;

- значения измеренных величин, с указанием единиц измерения;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы уплотнения каналов связи?
2. Каковы особенности и признаки временного уплотнения каналов?
3. Какова связь между частотой следования стробирующих импульсов мультиплексора и частотой дискретизации сигналов при использовании временного уплотнения каналов?
4. Как выбираются длительность стробирующих импульсов мультиплексора при временном уплотнении сигналов с АИМ и ИКМ?
5. Как изменить порядок коммутации каналов в данной лабораторной установке?
6. Каким образом создается шумовая помеха в линии связи установки?
7. Зачем нужно пороговое устройство?
8. Какая из сравниваемых в работе систем связи обладает лучшей помехоустойчивостью?
9. В какие положения необходимо установить ручки тумблеров на субпанели «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» для перехода в программируемый режим?
10. Как убедиться в том, что коммутация каналов производится в заданном порядке? Какие действия нужно предпринять для визуального контроля за процессом коммутации?

«ИЗУЧЕНИЕ ИКМ КОДЕКА»

1 Цель работы

Изучить принципы кодирования и декодирования сигналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), получить характеристики кодера и декодера, а также частотные характеристики фильтра, входящих в кодеки (или кофидеки), осуществляющие преобразования аналоговых сигналов в цифровые и обратно.

2 Применяемые приборы и оборудование

1. Учебная лабораторная установка «Изучение ИКМ кодека».
2. Осциллограф – двухканальный или одноканальный.
3. Цифровой вольтметр с режимом измерения постоянного напряжения.
4. Комплект гибких соединительных проводников – 4 шт.

3 Описание лабораторной установки

Учебная лабораторная установка «Изучение ИКМ кодека» выполнена в виде лабораторного макета, размещаемого на столе. На её передней панели размещены функциональная схема кодека, контрольные гнезда и органы управления. На задней стенке установки выведен шнур для подключения к электрической сети 220в, 50 Гц. Там же имеется плавкий предохранитель. Включение установки в сеть производится красной клавишей «ВКЛ.-СЕТЬ».

На передней панели установки приведены схемы передающего и приемного фильтров, реализованных микросхемой 1146ФП1, а также кодека 1146ПП1. Кроме того, на передней панели выделены субпанели:

– «КОНТРОЛЬНЫЙ СИГНАЛ» с ручкой «АМПЛИТУДА» - для регулирования амплитуды гармоничного сигнала с частотой 1 Гц, применяемого для проверки работоспособности фильтров и кодека;

– «ИКМ» с кнопкой «РЕЖИМ» - для установления режима ИКМ: Кнопочным переключателем «РЕЖИМ» устанавливается скважность тактовых импульсов кодека из множества {8, 16, 32} и изменяется длительность импульсов кодов, вырабатываемых декодером.

– «ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ» с ручками «ГРУБО» и «ТОЧНО» - для установки уровня входного напряжения кодера в пределах от -3 В до +3 В.

На передней панели находятся также световые индикаторы контрольного регистра, по которому определяется выходной цифровой сигнал кодера, и регистра «УСТАНОВКА ВЫХОДНОГО КОДА».

Регистрируемый и устанавливаемый коды могут быть в прямой или инверсной кодировке. Выбор типа кодирования производится тумблером «КОД», находящимся в правом верхнем углу установки.

Кодовые слова кодера можно рассмотреть, подключая вход осциллографа к гнезду КТ10 «ИНД.КОДА», а кодовые слова декодера – при подключении к гнезду КТ17.

Применяемый в лабораторной установке кодек осуществляет неравномерное квантование уровней входного аналогового сигнала по А-закону. Этот закон аппроксимируется линейно-ломаной функцией. В телефонии применяют аппроксимацию А87,6/13 тринадцатью отрезками прямых линий (сегментами) [ЦСП].

При таком кодировании цифровой код для каждого отсчета состоит из знакового бита (1 при $u_{вх} > 0$ и 0 при $u_{вх} < 0$) трехразрядного кода сегмента (8 сегментов) и четырехразрядного кода шага (16 шагов) (см. табл.5.2). Код сегмента задает напряжение в начальной точке сегмента, а код шага – смещение внутри сегмента. Как правило,

используются коды с инверсией четных битов. Так в табл.5.2 и далее вместо кода сегмента 000 используется код 101, вместо 001 код 100 и так далее. (Первый и третий разряды кода сегмента в полном цифровом коде - четные, так как первый бит знаковый). Аналогично инвертируются и четные биты кода шага смещения. Для первых двух сегментов шаг равен 1,2 мВ, для третьего 2,4 мВ. Для остальных пяти сегментов шаг удваивается при переходе от предыдущего сегмента к последующему. Таким образом, разрешение выходного сигнала примерно пропорционально уровню входного сигнала.

В процессе кодирования квантованному сигналу с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ) ставится в соответствие двоичный код, который и передается в цифровую телекоммуникационную систему. В простейшем случае в качестве кода используется номер уровня квантования. При этом для используемых в телефонии 256 уровней квантования требуется 8 разрядный двоичный код для каждого отсчета. Таким образом, передача информации в одном цифровом телефонном канале осуществляется со скоростью $8F_D = 64$ кбит/сек.

При декодировании ИКМ сигнала осуществляется обратное преобразование кода в АИМ сигнал. Для этого последовательный код преобразуется в параллельный и поступает в цифроаналоговый преобразователь. При этом сигналы, соответствующие единицам кодовой последовательности суммируются (каждый со своим весом) и на выходе возникает импульс с амплитудой $u_{кв}$, соответствующей принятому коду. Весовые коэффициенты при декодировании такие же, как и при кодировании. Исходный аналоговый сигнал $u_{вых}$ выделяется из АИМ сигнала с помощью фильтра низких частот.

4 Подготовка к выполнению работы

1. Повторить по конспекту лекций и литературе, рекомендованной преподавателем, принципы и методы кодирования и декодирования сигналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), а также характеристики кодеков.

2. Изучить структуру и состав лабораторной установки. Определить назначение блоков, органов управления и индикаторов.

3. Прочитать порядок проведения работы. Продумать необходимую последовательность действий, необходимых для выполнения работы.

4. Ответить на все перечисленные в методических указаниях к данной работе контрольные вопросы.

Начальные положения органов управления.

Лабораторная установка:

Клавиша «ВКЛ.-СЕТЬ» - в положении «0» («СЕТЬ»).

Ручка «КОНТРОЛЬНЫЙ СИГНАЛ. АМПЛИТУДА» - в крайнем левом положении.

Ручка субпанели «ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ» с названиями «ГРУБО» и «ТОЧНО» - в крайнем левом положении.

Переключатель П1 – в левом положении.

Переключатель «КОД» - в положении «ИНВ.», т.е. инверсный код.

Осциллограф:

Ручка переключателя «В/ДЕЛ.» - в положении «50mV» или «20mV».

Ручка переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» - в положении «0,1 ms».

Синхронизация – внутренняя от сети.

Цифровой вольтметр:

Переключатель «РОД РАБОТЫ» - в положении «U-» или «U $\overline{\text{---}}$ ».

Ручка переключателя «ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ» - в положении —

Измерительные приборы включены.

5 Порядок выполнения работы

Упражнение 1.

Изучение преобразования сигналов в системе связи с ИКМ

1.1. Включить установку клавишей «ВКЛ-СЕТЬ». При этом станет светиться сама клавиша, индикаторы «ИКМ» и «УСТАНОВКА ВХОДНОГО КОДА»

1.2. С помощью гибких перемычек подать контрольный сигнал с одноименных гнезд на вход передающего фильтра (КТ1).

1.3. К контрольной точке КТ1' подключить вход первого канала осциллографа. Установить амплитуду контрольного сигнала на входе передающего фильтра $U_{вх.} = 50\text{мВ}$, засинхронизировать сигнал и установить развертку таким образом, чтобы на экране наблюдался один период контрольного сигнала.

1.4. Переключить первый канал осциллографа к выходу передающего фильтра (КТ3). Замерить амплитуду контрольного сигнала на выходе передающего фильтра ($U_{вых.}$) при всех трех положениях переключателя П1. Полученные результаты записать в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Амплитуда сигнала на входе передающего фильтра	Положение переключателя П1	Амплитуда сигнала на выходе передающего фильтра $U_{вых.}$ (В)
$U_{вх.} = 50\text{ мВ}$	левое	
	среднее	
	правое	

1.5. Переключатель П2 поставить в верхнее положение. При этом положении переключателя контрольный сигнал с выхода передающего фильтра подключается на вход кодера.

1.6. Переключатель П4 поставить в верхнее положение. При этом цифровой выход кодера подключается ко входу декодера.

1.7. Подключить второй канал осциллографа к выходу декодера (КТ7). Переключатель П3 поставить в верхнее положение. Расположить изображение сигнала первого канала в верхней части экрана осциллографа, а изображение второго канала - в нижней части экрана. Развертку осциллографа выбрать такой, чтобы на экране укладывался один период контрольного сигнала. Зарисовать осциллограммы сигналов первого и второго каналов, соблюдая временные соотношения.

1.8. Снизить чувствительность осциллографа до $1...2\text{В/дел}$. Переключить вход второго канала осциллографа к контрольной точке КТ10. Зарисовать импульсы кодера F_{sx} , расположив их под рисунком осциллограмм

1.9. Вернуть прежнюю чувствительность осциллографа, равную 50 мВ/дел . Переключить вход второго канала осциллографа к выходу приемного фильтра (КТ2). Зарисовать осциллограмму сигнала на выходе приемного фильтра.

Примечание. С применением одноканального осциллографа при выполнении п.п. 1.7...1.9. необходимо переключать вход единственного канала на указанные в этих пунктах гнезда лабораторной установки.

Упражнение 2.

Снятие характеристики преобразования кодера

2.1. Установить переключатель П2 в нижнее положение. С помощью гибкой перемычки соединить выход источника постоянного напряжения с контрольной точкой КТ4'.

2.2. Подключить к контрольной точке КТ4 цифровой вольтметр. Подключить осциллограф к гнезду КТ10 «Индикатор кода».

2.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника и контролируя выходной код с помощью контрольного регистра и осциллографа, определить начальную точку характеристики, установив на контрольном регистре код 11010101 или 01010101. Этот код теоретически соответствует нулевому уровню входного напряжения. Однако на

практике, за счет технологического разброса параметров микросхем, это напряжение отличается от нуля. Измерить напряжение на входе кодера (гнездо КТ4) и занести его в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Номер сегмента	Выходной код кодера			Напряжение на входе кодера, мВ	Шаг внутри сегмента, мВ
	Знак	Код сегмента	Код шага		
+7	1	010	1010		
	1	010	0101		
+6	1	011	0101		
+5	1	000	0101		
+4	1	001	0101		
+3	1	110	0101		
+2	1	111	0101		
+1	1	100	0101		
±0	1/0	101	0101		
-1	0	100	0101		
-2	0	111	0101		
-3	0	110	0101		
-4	0	001	0101		
-5	0	000	0101		
-6	0	011	0101		
-7	0	010	0101		
	0	010	1010		

- **Примечание.** В первой и последней строках таблицы 5.2. указаны коды пятнадцатого шага. В остальных строках – коды нулевого шага.

2.4. Изменяя постоянное напряжение на входе кодера установить последовательно коды, соответствующие началам сегментов передаточной характеристики кодера, фиксируя значения этих напряжений с помощью вольтметра. Полученные результаты занести в таблицу 5.2.

2.5. Рассчитать шаг внутри сегментов, разделив разность напряжений между точками начала сегментов на 16 (число шагов внутри сегмента).

Например: коду 11000101 соответствует входное напряжение 20,1 мВ, а коду 11110101 соответствует входное напряжение 40,3 мВ, следовательно шаг внутри сегмента равен:

$$U_{\text{шаг}} = \frac{40,3 - 20,1}{16} = 1,26 \text{ мВ}$$

Результаты расчетов занести в таблицу 5.2.

2.6. Построить передаточную характеристику по результатам, полученным в результате измерений. Сравнить её с расчетной.

Упражнение 3.

Снятие характеристики преобразования декодера

3.1. Установить переключатели ПЗ и П4 в нижнее положение. Подключить цифровой вольтметр к контрольной точке КТ6, а осциллограф к гнезду КТ17.

3.2. С помощью кнопочных переключателей установки входного кода установить последовательно заданные в таблице 5.3. коды, фиксируя напряжения, соответствующие этим кодам на выходе декодера (КТ6).

Замеренные значения напряжений занести в таблицу 5.3.

Проследить по экрану правильность установленных кодов.

Таблица 5.3

Номер сегмента	Выходной код декодера			Напряжение на входе декодера, мВ	Шаг внутри сегмента, мВ
	Знак	Код сегмента	Код шага		
+7	1	010	1010		
	1	010	0101		
+6	1	011	0101		
+5	1	000	0101		
+4	1	001	0101		
+3	1	110	0101		
+2	1	111	0101		
+1	1	100	0101		
±0	1/0	101	0101		
-1	0	100	0101		
-2	0	111	0101		
-3	0	110	0101		
-4	0	001	0101		
-5	0	000	0101		
-6	0	011	0101		
-7	0	010	0101		
	0	010	1010		

- **Примечание.** Для удобства наблюдения кодовых слов установить кнопкой «РЕЖИМ» субпанели «ИКМ» наибольшую длительность кодовых импульсов. Она будет в том случае, когда на индикаторе «ИКМ» будет высвечиваться цифра «8».

3.3. Рассчитать шаг внутри сегментов аналогично п.2.5. Расчетные данные занести в таблицу 5.3.

3.4. Построить передаточную характеристику по результатам, полученным в процессе измерений. Сравнить её с расчетной.

3.5. Выключить лабораторный стенд и измерительные приборы. Результаты показать преподавателю.

6 Содержание отчета

В отчете необходимо привести:

- цель работы;
- структурную схему лабораторной установки, отметив на ней контрольные точки, в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;
- заполненную таблицу 5.1. с результатами исследования передающего фильтра;
- заполненные таблицы 5.2. и 5.3. характеристик преобразования кодера и декодера;
- графики характеристик преобразования, построенные в соответствии с данными таблиц 5.2. и 5.3. в одинаковых масштабах с результатами предварительного расчета;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое импульсно-кодовая модуляция?
2. Какова типовая последовательность операций при преобразовании аналогового сигнала в цифровой с импульсно-кодовой модуляцией?
3. Как производится преобразование сигнала с ИКМ в аналоговый сигнал?

4. Из каких соображений выбирается частота дискретизации?
5. Что такое квантование сигнала?
6. Что такое шум квантования? Каковы причины возникновения шума квантования?
7. Как уменьшить уровень шумов квантования при умеренном числе уровней квантования?
8. Какое квантование называют равномерным?
9. Какова зависимость между уровнями входного и выходного напряжения кодера при μ -законе сжатия (компандирования)?
10. Каковы особенности сжатия при квантовании по А-закону?
11. Из каких элементов состоит цифровой код при линейно-ломаной аппроксимации закона сжатия?
12. Чем отличается применяемый в лабораторной установке инверсный код от прямого?
13. Какова связь между числом уровней квантования и скоростью передачи информации в цифровом телефонном канале?
14. Как производится преобразование ИКМ сигнала в сигнал с АИМ?
15. Какие фильтры применяют при восстановлении аналоговых сигналов из ИКМ сигналов?
16. Какие способы модуляции применяют в кодеках, кроме того, что применен в лабораторной установке? Какова их эффективность?

Блок №2. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

Лабораторная работа №5.

«ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА»

1 Цель работы

Определить параметры и характеристики основных функциональных узлов электронного телефонного аппарата. Получить выходные сигналы этих узлов в различных режимах функционирования. Сравнить полученные результаты с ожидаемыми.

2. Введение.

В программу включены следующие разделы:

1. изучение структурных схем электронных телефонных аппаратов (ТА) и взаимодействия ТА с АТС;
2. изучение вызывных устройств (ВУ);
3. изучение импульсных и разговорных ключей;
4. изучение разговорных схем;
5. изучение электронных номеронабирателей.

Специализированная лабораторная установка, включает:

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

Общий вид лабораторной установки показан на рис. 1.



Рис 1.

3 Применяемые приборы и оборудование

- 1 Базовый модуль лабораторной установки - имитатор АТС - 1 шт.
- 2 Лабораторный модуль - макет телефонного аппарата с наборным полем - 1 шт.
- 3 Осциллограф С1-93 - 1 шт.
- 4 Генератор сигналов низких частот ГЗ - 111 - 1 шт.
- 5 Вольтметр универсальный В7-26 - 1 шт.
- 6 Цифровой мультиметр В7-27 - 1 шт.
- 7 Телефонный аппарат "Экон-202" со шнурами - 1 шт.
- 8 Набор соединительных проводов (перемычек):
 - длинных 4 шт

- средней длины 14 шт.
 - малой длины 12 шт.
- 9 Набор элементов для сборки и исследования функциональных узлов телефонного аппарата.
- 9.1 Резисторы сопротивлением 100 Ом; 150 Ом; 2,2 кОм; 15 кОм; 25 кОм; 33 кОм; 56 кОм; 150 кОм, 510 кОм; 1 Мом.
- 9.2 Конденсаторы ёмкостью 100 пФ; 150 пФ; 0,015 мкФ; 0,068 мкФ; 1 мкФ; 1,3 мкФ; 10 мкФ.
- 9.3 Диоды и транзисторы.
- 9.4 Интегральные микросхемы КР1085ПП1; КР1008Ж7А(Б).
10. Телефонный кабель с двумя разъемами, плоский - 1 шт.

4 Описание лабораторной установки

4.1 Имитатор сигналов АТС

Имитатор сигналов АТС обеспечивает исследуемые схемы постоянным напряжением 60В 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 запоминающее устройство (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. 2, а и рис. 2, б соответственно.

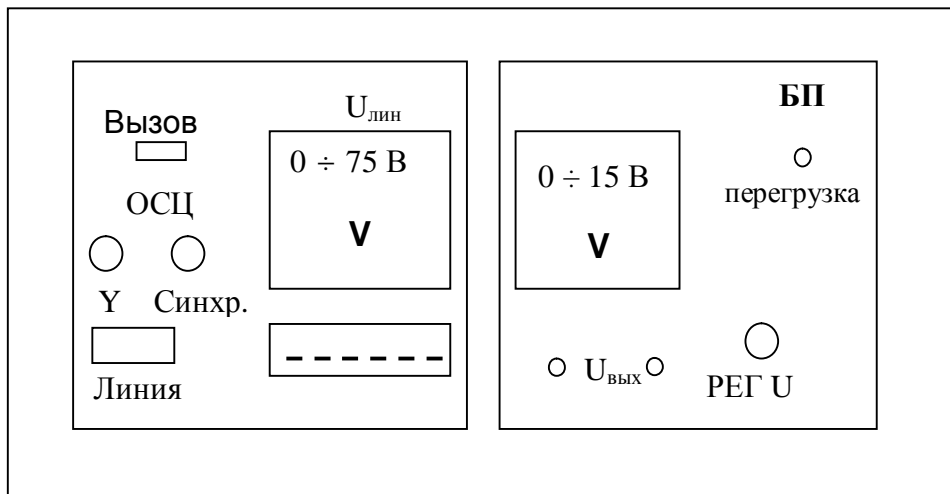


Рис. 2, а

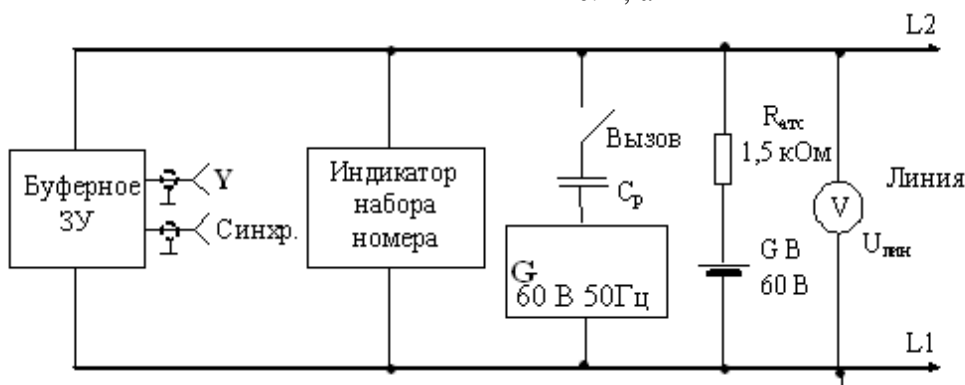


Рис. 2, б

Постоянный ток для питания ТА поступает в абонентскую линию от источника GB с постоянным напряжением (+60 В) через элементы имитатора АТС с сопротивлением для постоянного тока $R_{АТС}$. Напряжение на линии $U_{лин}$ контролируется вольтметром V.

При нажатии кнопки "Вызов" на линии возникает переменное вызывное напряжение (60В, 50Гц). При ответе абонента вызывное напряжение снимается.

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

Постоянный ток для питания ТА поступает в абонентскую линию от источника GB с постоянным напряжением (+60 В) через элементы имитатора АТС с сопротивлением для постоянного тока $R_{АТС}$. Напряжение на линии $U_{лин}$ контролируется вольтметром V.

При нажатии кнопки "Вызов" на линии возникает переменное вызывное напряжение (60В, 50Гц). При ответе абонента вызывное напряжение снимается.

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

Буферное запоминающее устройство (ЗУ) запоминает первую, набранную после "отбоя" цифру, и обеспечивает ускоренное в 1000 раз непрерывное воспроизведение сигнала в линии, соответствующего набору данной цифры. При наблюдении формы сигнала осциллографом гнезда "У" имитатора используется внешняя синхронизация осциллографа от буферного ЗУ через гнездо "СИНХР".

4.2 Коммутационное (наборное) поле с электронным ТА

Наборное поле состоит из двух половин. В левой половине размещен электронный аппарат отечественного производства (рис. 3), который может быть подключен к имитатору АТС. Наличие перемычек позволяет заменить любой узел ТА другим, собираемым из отдельных компонентов в правой части наборного поля.

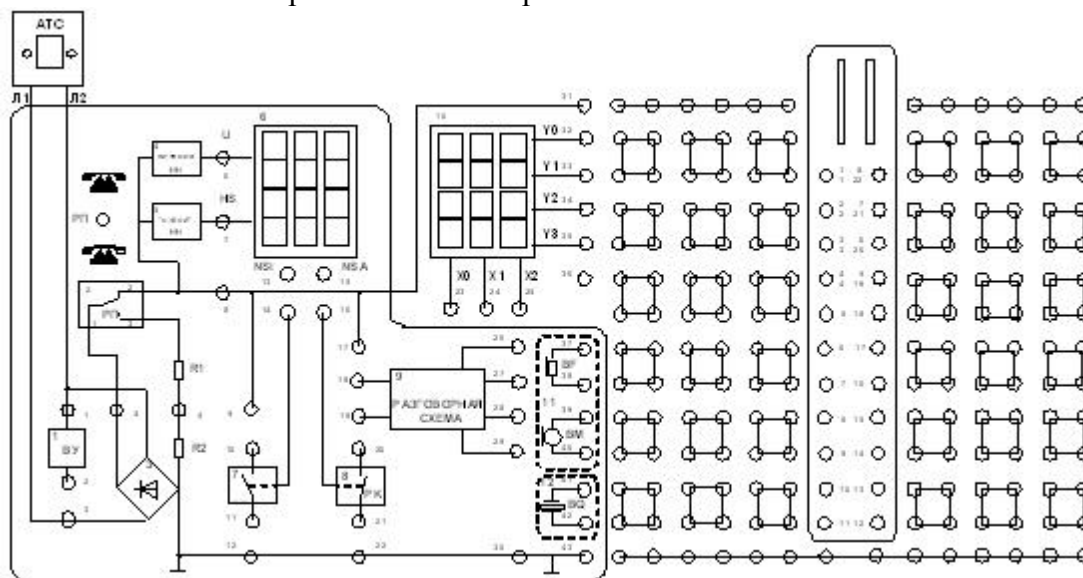


Рис. 3

Структурная схема электронного ТА, изображенная на наборном поле, отображает следующие узлы:

- 1) вызывное устройство (ВУ);
- 2) рычажный переключатель (РП);
- 3) диодный мост;
- 4) схему питания номеронабирателя;
- 5) схему «отбой» НН;
- 6) номеронабиратель (НН);
- 7) импульсный ключ (ИК);

- 8) разговорный ключ (РК);
- 9) разговорную схему;
- 10) дополнительную тастатуру;
- 11) телефонную трубку (ТЛФ трубка) с телефоном ВФ и микрофоном ВМ;
- 12) пьезоэлектрический преобразователь ВQ.

Обозначения выводов на наборном поле:

- U - напряжение питание микросхемы номеронабирателя;
- HS - начальное состояние (Head State);
- NSI - вывод управления импульсным ключом;
- NSA - вывод управления разговорным ключом;
- {X0, X1, X2} - выводы столбцов тастатуры;
- {Y0, Y1, Y2} - выводы строк тастатуры.

Роль рычажного переключателя (РП) в лабораторном ТА выполняет тумблер 2 (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 37 и 38, а микрофонный - к выводам 39 и 40. Разъём для подключения ТЛФ трубки расположен на левой боковой стенке наборного поля (справа).

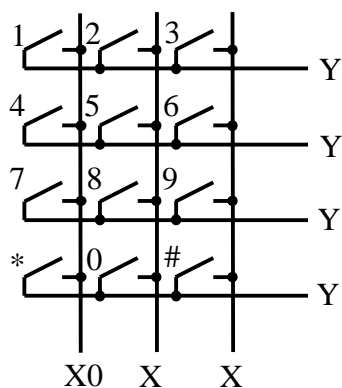


Рис. 4

Для набора номера номеронабирателем 6 используется левая (круглая) тастатура. Правая тастатура 10 предназначена для исследования схем номеронабирателей, собираемых в правой части наборного поля. Внутреннее устройство тастатур показано на рис. 4. Например при нажатии на клавишу "1" замыкаются выводы X0 и Y0.

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).

Упрощённая схема исследуемого ТА, подключённого к имитатору АТС изображена на рис. 5. В отличие от схемы рис.3 и схемы, изображённой на наборном поле в ней отсутствует диодный мост (мост позволяет подключать ТА при любой полярности постоянного напряжения линии).

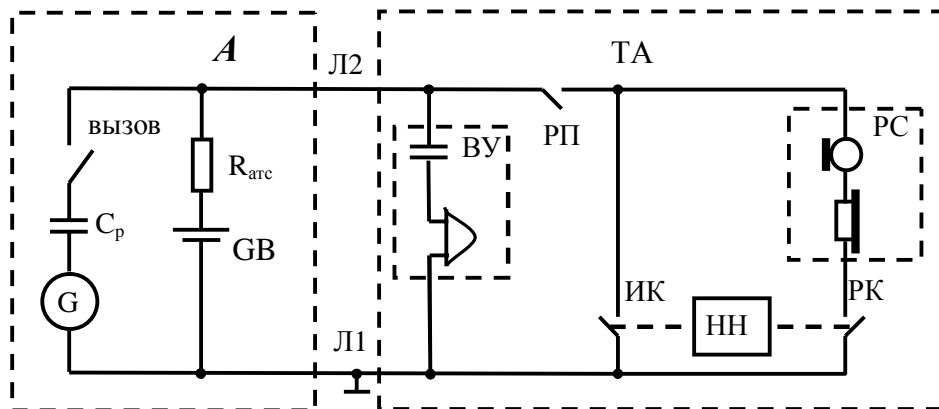


Рис. 5

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 исключая 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 $I_{л} = U_{л}/(R_{атс} + R_{pc})$ а напряжение в линии уменьшится до величины :

$$U_{та} = U_{л} (R_{pc}/(R_{атс}+R_{pc})) = 5 - 15 \text{ В}$$

Аппаратура АТС (реальной) при токе линии более 1 мА отключает сигнал вызова (если он в этот момент послан) и подаёт в линию тональный сигнал, прослушиваемый в телефоне ТА.

При наборе номера разговорный ключ размыкается на время набора, а импульсный ключ замыкает линию накоротко и размыкает её. Количество формируемых импульсов равно цифре набора. Изменение напряжения на линии во время набора номера (цифра 5) показано на **рис.6**.

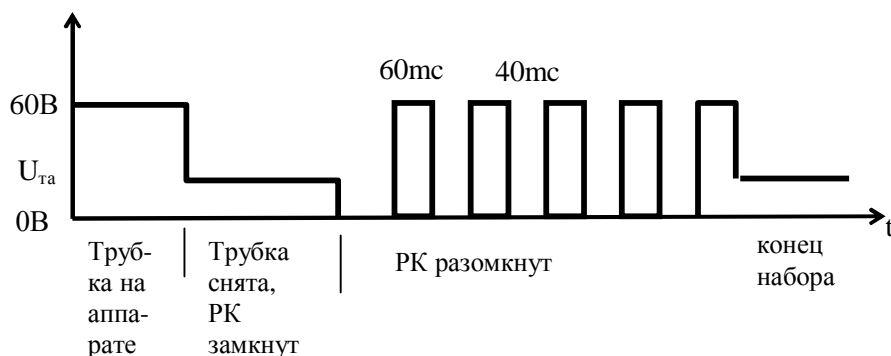


Рис. 6

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.

3.1 Исследование параметров вызывного устройства.

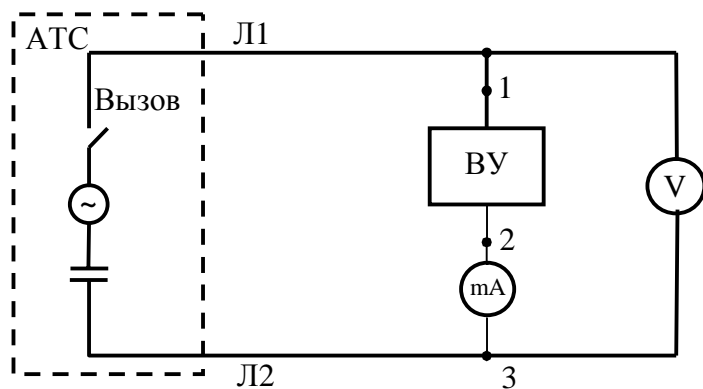


Рис. 7

3.1.1 Собрать схему исследования **рис.7** (при использовании одного мультиметра, вольтметр и миллиамперметр подключаются по очереди).

3.1.2 Нажать кнопку "вызов" и убедиться в прохождении вызывного сигнала.

3.1.3 Измерить напряжение вызывного сигнала $U_{в}$, поступающий от АТС; ток, потребляемый вызывным устройством $I_{в}$; рассчитать сопротивление вызывного устройства

по переменному току в режиме вызова $|Z|_в = U_в/I_в$. Результаты измерений и расчёты занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Основные электрические параметры ТА.

ПАРАМЕТР	Норма	Измеренная величина
Вызывное напр. $U_в$, В	90 ÷ 180	
Ток ВУ в режиме вызова $I_в$, мА	≤ 8	
Модуль входного сопротивления в режиме вызова $ Z_в $, кОм	≥ 4	
Постоянное напряжение линии в разговорном режиме $U_{лр}$, В	3 ÷ 15	
Постоянное напряжение линии в режиме холостого хода $U_{ло}$, В	56 ÷ 64	
Сопротивление ТА постоянному току в разговорном режиме $R_{та}$, Ом	150 ÷ 600	
* Усиление напряжения тракта передачи $K_{пер}$, дБ	-3 ÷ +40	
Затухание местного эффекта $a_{лэ}$, дБ	≥ 15	
* Усиление напряжения тракта $K_{пр}$, дБ	-3 ÷ +40	
Модуль входного сопротивления ТА по переменному току в разговорном режиме, Ом	450 ÷ 800	
Постоянное напряжение на линии при замыкании импульсного ключа, В	1,75	
Сопротивление постоянному току замкнутого импульсного ключа, Ом	≤ 50	
Сопротивление постоянному току разомкнутого импульсного ключа	≥ 300	
Период импульсов набора $T_{и}$, мс	100±5	
Межцифровая пауза $T_{мц}$, мс	(4-10)Ti	

* Для электронных ТА

5 Подготовка к выполнению работы

Домашнее задание

1. Проработать тему " Электронные телефонные аппараты" по конспекту лекций, учебным и справочным пособиям
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Ознакомиться с диапазонами возможных значений электрических параметров, приведенных в таблице 1 данных указаний.
4. Изобразить временную диаграмму импульсов набора номера, заданного согласно номеру бригады в таблице 2 с заданными значениями импульсного коэффициента, времени межцифровой паузы и частоты импульсов.
5. Внимательно прочитать разделы "Описание лабораторной установки" и "Последовательность выполнения работы". Ознакомиться со структурной схемой макета электронного телефонного аппарата. Выяснить возникшие вопросы у преподавателя или инженера лаборатории.
6. Подготовить заголовки необходимых таблиц и системы координат графиков в черновиках отчета.

6 Порядок выполнения работы

6.1 Начальные установки

В начале работы нужно проверить и, при необходимости, установить нужные исходные положения ручек и клавиш управления лабораторной установкой и измерительными

приборами. Подключить кабели питания всех применяемых приборов и устройств к розеткам сети " 220 В 50 Гц".

Состояние ручек макета телефонного аппарата:

Ручка имитатора рычажного переключателя - в положении "Трубка опущена", т.е. ручка переключателя - вниз.

Цифровой вольтметр, генератор сигналов и цифровой мультиметр - включены.

Ручка переключателя диапазонов вольтметра - в положении "100 В".

Ко входу 1 осциллографа подключен кабель с двумя концами.

Штепсели кабеля генератора - в гнездах "40 дБ" и "L."

Регулятор уровня выходного напряжения повернут против часовой стрелки до упора.

Частота колебаний генератора - 800 Гц.

6.2 ЧАСТЬ 1.

Измерение параметров и характеристик основных узлов телефонного аппарата

6.2.1 Измерение параметров вызывного устройства

2.1.1 Включить имитатор сигналов АТС нажатием клавиши "ВКЛ-СЕТЬ", расположенной на его передней панели.

Признаки включения имитатора: светится клавиша "ВКЛ-СЕТЬ", и на табло цифрового индикатора ИН светятся пять горизонтальных линий. Вольтметр $U_{\text{лин}}$ показывает напряжение 60 В.

2.1.2 Соединить выход имитатора "Линия" с входом телефонного аппарата "АТС" специальным двухпроводным кабелем с двумя телефонными разъемами типа ТЛ на концах. Подключить вызывное устройство ВУ к имитатору АТС. Для этого поставить гибкий проводник между узлами 2 и 3 макета телефона.

2.1.3 Убедиться в прохождении в макет вызывного сигнала, нажав кнопку "Вызов" на передней панели имитатора.

При нажатии кнопки "Вызов" из макета телефонного аппарата должен раздаваться звон, а стрелка вольтметра имитатора $U_{\text{лин}}$ станет колебаться между значениями 60 В и 20 В.

2.1.4 Присоединить вольтметр к вызывному устройству ВУ (узел 1). Для этого вставить один из концов кабеля вольтметра в гнездо 1 макета, а другим концом (земляным !) коснуться одного из штепселей гибкого проводника - перемычки между гнездами 2 и 3.

Примечание. При данном и последующих измерениях помните, что "земляной" вывод сигнальных кабелей приборов отличается большей длиной и более темным цветом.

Подключайте "земляные" выводы кабелей приборов к гнездам макета, выделенным знаком заземления "L".

2.1.5 Удерживая "земляной" конец кабеля вольтметра около штепселя перемычки и нажав кнопку "Вызов" имитатора, измерьте действующее значение напряжения вызова сигнала $U_{\text{В}}$ от АТС.

Измеренное значение занесите в таблицу 1 и сравните с отмеченным в ней нормативом.

2.1.6 Рассчитайте сопротивление вызывного устройства ВУ по переменному току в режиме вызова по формуле:

$$Z_{\text{В}} = Z_{\text{Л}} \frac{H_{\text{УВ}}}{1 - H_{\text{УВ}}},$$

где $H_{\text{УВ}} = \frac{U_{\text{В}}}{U_{\text{лин}}}$; $U_{\text{лин}}$ - показания вольтметра " $U_{\text{лин}}$ "; $Z_{\text{Л}}$ - полное сопротивление

линии передачи и АТС, равное 1,5 кОм.

Запишите результат расчета в таблицу 1 и сравните с нормативом.

2.1.7 Отключите перемычку от гнезд 2 и 3.

6.2.2 Измерение параметров и характеристик разговорной цепи

2.2.1 Собрать цепь для исследования разговорной цепи в соответствии со схемой на рис. 6.

Подключить к разъему на левой боковой стенке макета телефонную трубку с помощью витого телефонного кабеля с разъемом ТТ.

Для подключения к выходам разговорной цепи (блок 9) телефона и микрофона установите короткие перемычки между гнездами макета 26-37; 27-38; 28-39; 29-40 (см. рисунок 6).

Присоединить вход разговорной цепи к линии передачи с помощью перемычек 17-18 и 19-22.

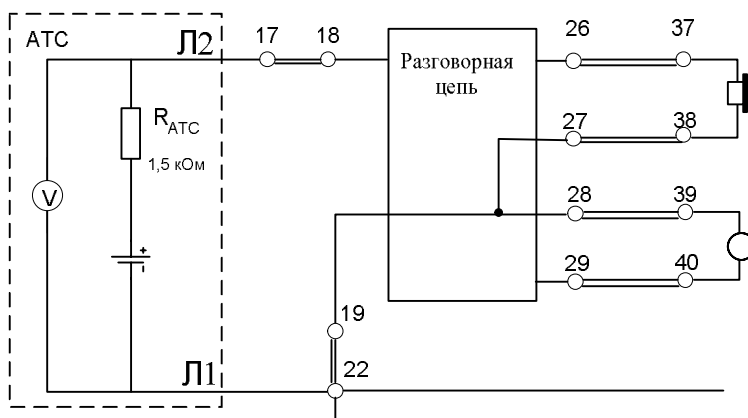


Рис. 6

2.2.2 Подключить разговорную цепь к имитатору АТС, переведя ручку рычажного переключателя РП (блок 1) в верхнее положение.

Перевести цифровой мультиметр в режим измерения постоянного напряжения. Установить предел измерения напряжения - 30 В.

Подключить мультиметр к гнездам 8 и 12 макета. Измерить напряжение линии $U_{ПР}$ в разговорном режиме. Сравнить показания мультиметра и вольтметра " $U_{лин}$ ". Если они отличаются несущественно, занести показания мультиметра в таблицу 1 и сравнить с нормативом.

2.2.3 Отключить от имитатора АТС разговорную цепь, вернув ручку переключателя РП (блок 1) в нижнее положение.

Измерить мультиметром и вольтметром " $U_{лин}$ " напряжение линии в режиме холостого хода $U_{ло}$. Сравните показания приборов между собой и нормативом. Занесите показания мультиметра в таблицу 1.

2.2.4 Вычислите сопротивление телефонного аппарата по постоянному току в разговорном режиме $R_{ТА}$ по формуле

$$R_{ТА} = R_A \cdot \frac{U_{лр}}{U_{ло} - U_{лр}},$$

в которой R_A - общее сопротивление постоянному току линии передачи и АТС, равное 1.5 кОм.

2.2.5 Для измерения коэффициента усиления тракта передачи и затухания местного эффекта внести изменения в экспериментальную цепь согласно схеме на рис. 7.

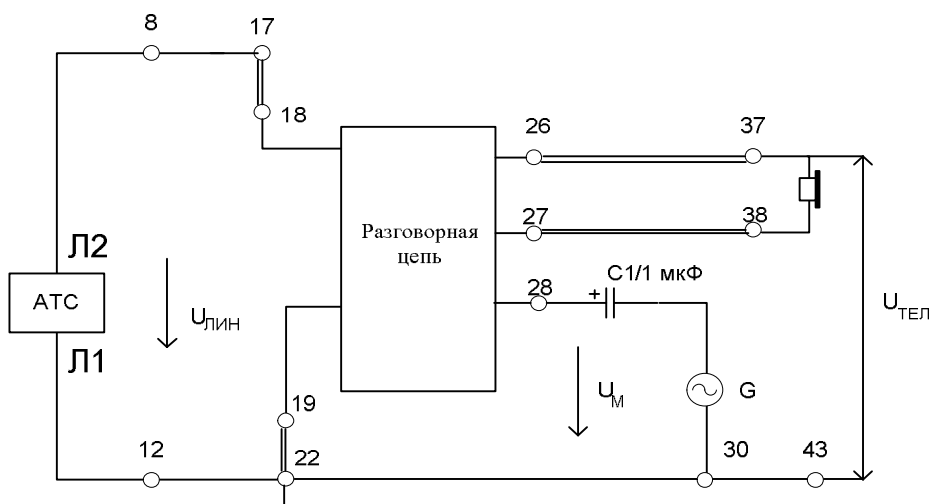


Рис. 7

Как следует из рисунка 7, необходимо подключить к микрофонному входу разговорной цепи (гнезду 28) генератор гармонического напряжения через конденсатор C_1 емкостью 1 мкФ.

Для того, чтобы иметь возможность измерить напряжение на входе 28, присоединим генератор, используя наборное поле и гибкие проводники, как показано на рис. 8.

Кроме того, для удобства измерения напряжения на микрофонном выходе 26 разговорной цепи, заменим соединение гнезд 26 и 37 согласно рис. 9.

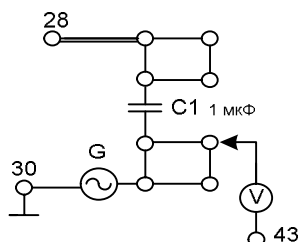


Рис. 8

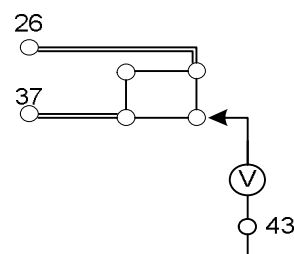


Рис. 9

2.2.6 Установить по вольтметру, показанному на рис. 8, выходное напряжение генератора входа на микрофонном входе U_m , равное 30 - 50 мВ с частотой 800 Гц.

2.2.7 Переключив вольтметр к телефонному выходу 26, как это указано на рис. 9, измерить напряжение на телефонном капсюле $U_{\text{тел}}$ как напряжение между узлами 26 и 43.

2.2.8 Подключив вольтметр ко входу разговорной цепи между гнездами 8 и 12, измерить переменное напряжение линии $U_{\text{лин}}$.

2.2.9 Рассчитать и занести в таблицу 1 значения коэффициента усиления тракта передачи

$$K_{\text{пер}} = 20 \lg \frac{U_{\text{лин}}}{U_m}, \text{ дБ},$$

и затухание местного эффекта

$$A_{\text{МЭ}} = 20 \lg \frac{U_m}{U_{\text{тел}}}, \text{ дБ}.$$

Полученные значения занести в таблицу 1 и сравнить с нормативными.

2.2.10 Снять частотную характеристику затухания местного эффекта $A_{мэ}(f)$ в диапазоне частот 20 Гц ... 20кГц. Для этого, контролируя вольтметром заданный уровень напряжения U_m и поддерживая его постоянным, произвести измерение значений напряжения $U_{тел}$ не менее, чем в 5 -6 точках заданного частотного диапазона. Затем сравнить напряжение $U_{тел}$ и $U_m = const$ и выразить их отношение в децибелах.

Построить график частотной характеристики затухания на бланке отчета.

2.2.11 Снять частотную зависимость коэффициента усиления тракта передачи $K_{пер}(f)$ разговорной цепи в диапазоне частот 20 Гц ... 20кГц. Контролируя вольтметром и поддерживая постоянным значение напряжения микрофона U_m , измерить напряжение линии $U_{лин}$ между гнездами 8 и 12 не менее, чем в 5 - 6 точках заданного частотного диапазона.

Сравнить напряжение $U_{лин}$ и $U_m = const$ и получить результаты измерений в децибелах.

Построить графики частотной характеристики коэффициента усиления $K_{пер}(f)$ на бланке отчета.

2.2.12 Измерить коэффициент передачи тракта приема разговорной цепи.

Перевести ручку переключателя РП (блок 1) в верхнее положение!

Собрать цепь для очередного эксперимента согласно схеме рис. 10.

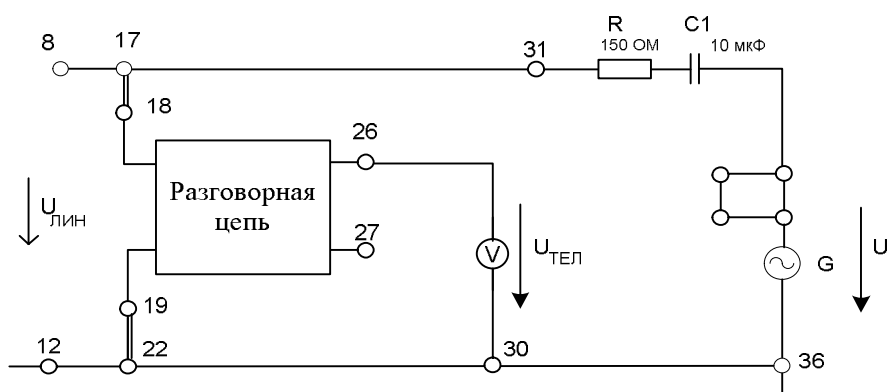


Рис. 10

При сборке цепи оставить перемычки 17-18 и 19-22 на входе разговорной цепи, а также сохранить соединения цепи с телефонным капсюлем, установленные ранее согласно рис. 7.

Подключить генератор гармонических колебаний G через последовательную цепочку R_1C_1 ко входу разговорной цепи, как это показано на рис. 10. Для этого нужно соединить гнездо 31 с ближайшим гнездом наборного поля модулем с резистором R_1 , имеющим сопротивление 150 Ом. Затем вставить в соседнее гнездо конденсатор C_1 емкостью 10 мкФ.

Между гнездом наборного поля и "земляным" гнездом 36 включить концы кабеля генератора G .

Подключить вольтметр между гнездами 8 и 12. Установить по вольтметру напряжение на входе разговорной цепи $U_{л}$ с действующим значением 50 мВ и частотой 800 Гц. Затем измерить этим вольтметром напряжение генератора $U_{Г}$, соответствующее установленному напряжению $U_{л}$.

Переключив вольтметр на телефонный выход между гнездами 26 и 30, измерить выходное напряжение $U_{тел}$.

2.2.13 Рассчитать коэффициент передачи тракта приема $K_{пр}$ и полное сопротивление телефонного аппарата (разговорной цепи) $Z_{та}$ по переменному току в разговорном режиме по формулам:

$$K_{пр} = 20 \lg \frac{U_{тел}}{U_{л}}, \text{дБ};$$

$$Z_{ТА} = \frac{U_{л}}{I_{вх}} = R_1 \frac{U_{л}}{U_{г} - U_{л}}, \text{Ом}.$$

Результаты расчета занести в таблицу 1 и сравнить с нормативами.

2.2.14 Получить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) тракта приема $K_{пр}(f)$ в диапазоне частот 20 Гц ... 20кГц.

Изменяя частоту генератора в заданном диапазоне, контролируя и выдерживая постоянным уровень напряжения генератора $U_{г}$, измерять значения выходного напряжения $U_{тел}$. Перевести полученные результаты в значения $K_{пр}$ по формуле из п. 2.2.13.

Построить график АЧХ $K_{пр}(f)$ на бланке отчета.

2.2.15 Разобрать цепь со схемой, изображенной на рис. 10.

6.2.3 Измерение параметров импульсного и разговорного ключей

2.3.1 Установить уровень постоянного напряжения источника в блоке имитатора АТС равным нулю. Для этого повернуть ручку "Рег. U" на передней панели имитатора влево до упора. Проследить по встроенному вольтметру "0 - 15 В", что нужное значение напряжения получено.

Убедиться что ручка переключателя РП (блок 1) в верхнем положении!

Перевести ручку переключателя мультиметра в положение "100 V=" для измерения постоянного напряжения. Подключить кабель мультиметра между гнездами "U=R" и "0".

2.3.2 Собрать цепь импульсного ключа ИК (блок 7) по схеме, изображенной на рис. 11.

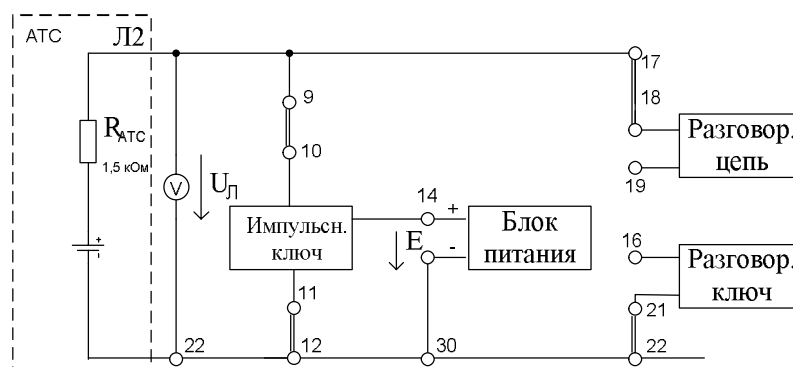


Рис. 11

При сборке цепи поставить перемычки 9-10 и 11-12. Соединить длинным проводником гнездо "-" на панели блока питания с гнездом заземления макета 30. Другим длинным проводником связать гнездо "+" с управляющим входом импульсного ключа 14.

2.3.3 Подключив мультиметр между гнездами макета 17 и 22, измерить постоянное напряжение линии $U_{ло}$.

2.3.4 Установить ручкой "Рег. U" на панели блока питания напряжение $E_{г}$, равное 3 В. Контролировать установку встроенным вольтметром "0 - 15 В".

2.3.5 Измерить мультиметром напряжение линии $U_{л}$, соответствующее управляющему напряжению E. Результат занести в таблицу 1.

2.3.6. Рассчитать сопротивление замкнутого импульсного ключа $R_{из}$ по формуле

$$R_{из} = R_{л} \frac{U_{л.ост}}{U_{л.о} - U_{л.ост}} \approx R_{л} \frac{U_{л.ост}}{U_{л.о}}, \text{ Ом.}$$

Занести вычисленное значение в таблицу 1 и сравнить с нормативом.

2.3.7 Разобрать цепь импульсного ключа. Вновь установить напряжение питания $E_1 = 0 \text{ В}$ и шкалу мультиметра "V=R" с диапазоном 100 В.

2.3.8 Собрать цепь разговорного ключа ИК (блок 8) по схеме изображенной на рис. 12.

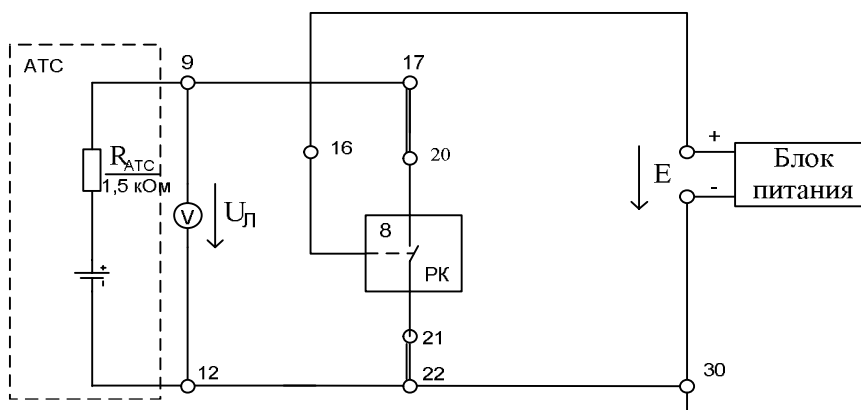


Рис. 12

При сборке цепи установить переключки 17-20 и 21-22.

Переключить мультиметр к гнездам 9 и 12 макета.

Длинный проводник от гнезда "-" блока питания подключить к "земляному" гнезду 30. Другой длинный проводник установить между гнездом "+" и управляющим входом разговорного ключа 16.

2.3.9 Повторно измерить мультиметром напряжение линии $U_{л.о}$.

2.3.10 Установить ручкой "Рег. U" блока питания напряжение E , равное 3 В. Контролировать установку встроенным вольтметром "0 - 15 В".

2.3.11 Измерить мультиметром напряжение линии $U_{л.ост}$, соответствующее установленному напряжению E . Записать результат в таблицу 1.

2.3.12 Рассчитать сопротивление замкнутого разговорного ключа $R_{рз}$ по формуле, приведенной в п. 2.3.6.

Занести вычисленное значение в таблицу 1 и сравнить с нормативом.

2.3.13 Разобрать цепь со схемой изображенной на рис. 12.

6.3 ЧАСТЬ 2.

Изучение работы основных функциональных узлов электронного телефонного аппарата

6.3.1 Изучение работы вызывного устройства

3.1.1 Краткая характеристика вызывного устройства

Вызывное устройство на базе интегральной микросхемы 1085ПП1 выполняет функцию формирования напряжений двух звуковых частот, управления пьезоэлектрическим излучателем и образования двухтонального звукового сигнала вызова абонента. Оно предназначено для замены электромеханического звонка.

Питание микросхемы осуществляется вызывным сигналом АТС. Значение тональной частоты определяется внешним резистором. Частота переключений колебаний двух звуковых частот определяется внешним конденсатором.

Частота двухтонального сигнала:

- низкая, от 600 Гц до 1830 Гц;

- высокая, от 840 Гц до 2150 Гц.

Частота переключения колебаний - от 4,6 Гц до 10 Гц.

3.1.2 Собрать схему для изучения работы двухтонального DTMF вызывного устройства на базе интегральной микросхемы КР1085ПП1, руководствуясь схемой рис. 13.

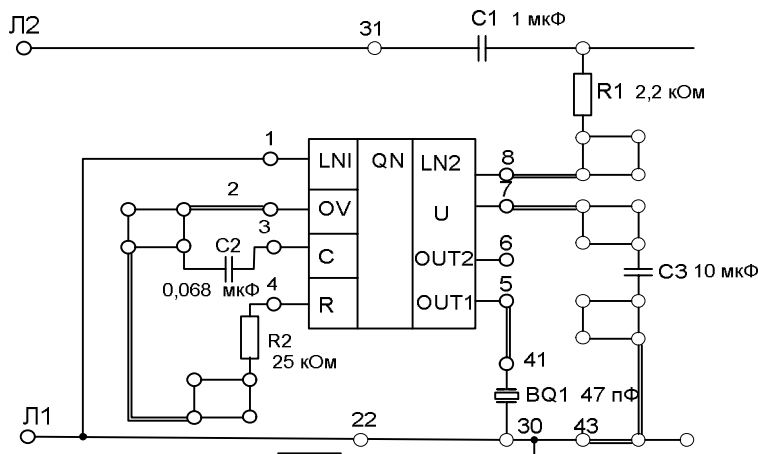


Рис. 13

Сборка цепи должна проводиться в правой части макета на наборном поле.

Интегральную схему вызывного устройства (ВУ) нужно установить в держатель ключом (уступом на корпусе) вверх, в клеммы держателя, выделенные красным цветом. При установке рычажок держателя нужно оттянуть!

Пользуясь панельками с элементами и гибкими проводниками собрать на наборном поле внешнюю часть цепи с навесными элементами.

Перевести ручки переключателя РП (блок 2) вверх.

Примечание. При сборке воспользуйтесь эквивалентом пьезоэлектрического излучателя (телефона) - конденсатором ВQ1 (блок 12) с емкостью 47 нФ, находящимися между гнездами 41 и 42.

Учтите, что верхние из пар номеров гнезд, находящихся на одной вертикали с клеммами держателя, есть номера выводов микросхемы вызывного устройства.

Назначение выводов микросхемы КР1085ПП1 следующее:

1 - **LN1** - соединение с "земляным" концом линии передачи Л1;

2 - **OV** - общий вывод;

3 - **C** - узел для подключения конденсатора, управляющего переключением частот;

4 - **R** - узел для подключения частотозадающего резистора RC - генератора основного тона;

5 - **OUT1** - основной выход двухтонального сигнала;

6 - **OUT2** - инверсный выход двухтонального сигнала;

7 - **U** - вывод внутреннего источника питания для подключения конденсатора НЧ фильтра;

8 - **LN2** - вывод соединения с потенциальным выводом линии передачи.

Он необходим для подачи на выпрямитель внутреннего источника питания микросхемы от АТС переменного напряжения вызова.

3.1.3 Убедиться в работоспособности собранной цепи, нажав кнопку "Вызов" имитатора АТС и прослушав акустический сигнал.

3.1.4 Исследовать влияние сопротивления R_2 на частоту основного тона f_1 вырабатываемого сигнала.

Отключить конденсатор C_2 , чтобы устранить переключение частоты сигнала.

Подключить вход осциллографа к основному выходу OUT1 (гнездо 5 микросхемы), нажать кнопку "Вызов" имитатора АТС и добиться устойчивого изображения на экране.

Измерить осциллографом амплитуду и частоту f_1 сигнала. Результат занести на бланк отчета.

3.1.5 Переключив вход осциллографа к выходу OUT2 (гнездо 6 микросхемы) и нажав кнопку "Вызов" наблюдать сигнал на экране. Сравнить сигналы на выходах OUT1 и OUT2. Результат занести на бланк отчета.

3.1.6 Переключить вход осциллографа на выход OUT1.

Перебирая модули с резисторами так, чтобы сопротивление R_2 изменялось в пределах примерно от 10 кОм до 60 кОм, снять зависимость частоты f_1 от R_2 .

Построить график полученной зависимости. Считая, что исследуемая зависимость может быть аппроксимирована функцией

$$f_1 = A / R_2,$$

подобрать значение A и построить график аппроксимированной функции.

3.1.7 Исследовать влияние емкости конденсатора C_2 на работу вызывного устройства.

Подключить к гнезду 4 микросхемы резистор R_2 сопротивлением 25 кОм, а к гнезду 5 - конденсатор емкостью 1, 3 мкФ.

Наблюдать процесс переключения частот сигнала на экране осциллографа, подключенного к выходу OUT1.

3.1.8 Измерить осциллографом частоту двухтонального сигнала f_1 и f_2 . Вычислить отношение f_2 / f_1 . Результаты занести на бланк отчета.

С помощью секундомера наручных часов измерить время переключения частот. Рассчитать частоту переключения $f_{\text{пер}}$.

3.1.9 Считая, что частота переключения $f_{\text{пер}}$ подчиняется зависимости

$$f_{\text{пер}} = B / C_2,$$

найти значение коэффициента B . Рассчитать по полученной формуле значение частоты переключения при емкости конденсатора, равной 0,068 мкФ.

3.1.10 Заменить конденсатор емкостью 1, 3 мкФ на конденсатор емкостью 0,068 мкФ.

Повторить выполнение п. 3.1.8. Занести результат на бланк отчета.

3.1.11 Разобрать цепь. Вынуть микросхему из держателя. Передать преподавателю (лаборанту) все применявшиеся навесные элементы.

6.3.2 Изучение работы электронного номеронабирателя

3.2.1 Краткое описание электронного импульсного номеронабирателя, реализованного микросхемой КР1008ВЖ1

Микросхема номеронабирателя КР1008ВЖ1 установлена над левой субпанеле макета.

Номеронабиратель КР1008ВЖ1 предназначен для работы в кнопочных электронных аппаратах с импульсным способом набора номера. Он выполнен по КМОП технологии. В нем предусмотрены возможности изменения длительности междуцифровой паузы и значения импульсного коэффициента. Возможен повторный набор последнего номера.

Номеронабиратель рассчитан на напряжение абонентской линии 60 В.

Напряжение питания от 2,5 В до 5,0 В.

Установившееся значение междуцифровой паузы - 640, 740, 840 мс;

Значение импульсного коэффициента - 70/30, 66/33, 50/50 мс/мс (как отношение длительности импульса в линии к расстоянию во времени между импульсами).

3.2.2 Собрать полную цепь электронного телефонного аппарата (рис. 3) на левой субпанели макета. Перевести ручку переключателя РП (блок 2) в нижнее положение.

Установить переключки 11-12, 17-18, 21-22, 26-37, 27-38, 28-39, 29-40.

Для подключения измерительных приборов необходимо соединить гнезда левой субпанели 9 и 10, 13-14, 15-16, 19-20 через контактные площадки (каре из гнезд) в правой субпанели (на наборном поле).

3.2.3 Подключить вход осциллографа к выходу "Y" буферного запоминающего устройства, расположенному на передней панели имитатора АТС.

Выход "Синхр." имитатора подключить ко входу синхронизации осциллографа. Установить соответствующей ручкой режим внешней синхронизации.

3.2.4 Перевести ручку рычажного переключателя РП в верхнее положение, подключив тем самым аппарат к телефонной линии.

Убедиться в правильной сборке цепи. Один из признаков этого - снижение показаний вольтметра "U_{лин}" до уровня примерно 6 В.

3.2.5 Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения. Для этого перевести в положение "=" переключатель и подключить концы кабеля мультиметра в гнезда "U=R" и "0".

3.2.6 Поочередно подключая к гнездам 6, 10 и 20 мультиметр, измерить напряжение питания номеронабирателя U, напряжение на импульсном ключе U_И и напряжение на разговорном ключе U_{АЛ}. Все напряжения - относительно "земли".

Нажав кнопку "Отбой" (#) на левой клавиатуре и удерживая эту кнопку, заново измерить напряжение U_{АЛ}.

Занести полученные значения на бланк отчета в таблицу 3.

3.2.7 Наблюдать импульсы набора номера и измерить их параметры.

Нажать кнопку "Отбой" (#) левой клавиатуры. Затем нажать несколько раз (от 10 до 22) одну из цифровых кнопок, соответствующую символу, указанному в таблице 2. Тогда номеронабиратель начнет набор номера. Указанные действия необходимы для обеспечения многократного набора номера и его многократного наблюдения на экране осциллографа. Для повторения всей последовательности набора достаточно будет последовательно нажимать клавиши "Отбой" (#) и "Повтор" (*).

Подключить вход осциллографа к выходу NSI (гнездо 13).

3.2.8 Нажимая клавиши "#" и "*", наблюдать и зарисовать осциллограмму напряжения. Измерить уровень и длительность импульсов набора T₁, а также расстояние между ними T₂. Измерить также длительность межцифровой паузы T_{МЦ}. Рассчитать значение импульсного коэффициента по формуле

$$K_M = T_1 / T_2.$$

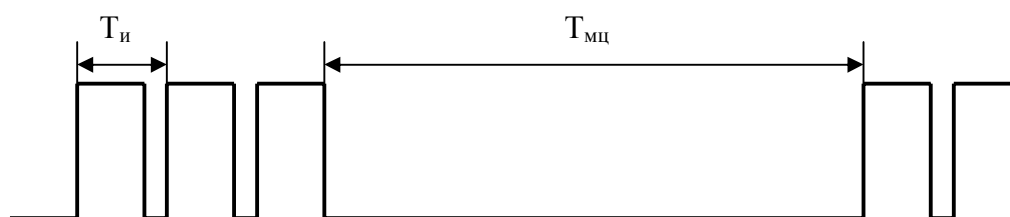


Рис. 14

Полученные результаты занести в отчет.

- Примечание. При измерении и вычислении необходимо учесть, что импульсы набора воспроизводятся буферным запоминающим устройством в 1000 раз быстрее, чем записываются. Если нужно произвести сброс неверно набранной цифры, нажмите двукратно клавишу "#" левой клавиатуры.

3.2.9 Подключить вход осциллографа к выходу NSA (гнездо 15).

Поочередно нажимая клавиши "#" и "*", наблюдать и зарисовать осциллограммы импульсов разговорного ключа. Определить уровень и длительность этих импульсов.

Результаты занести на бланк отчета.

3.2.10 Разобрать цепь исследования номеронабирателя.

6.3.3 Изучение работы тактового генератора и сигналов опроса клавиатуры

3.3.1 В задании 3.3. изучается тактовый генератор импульсного номеронабирателя, собранного на микросхеме КР1008ВЖ7А(Б).

Краткое описание номеронабирателя 1008ВЖ7А(Б) следующее:

Данный номеронабиратель – устройство для принятия информации с клавиатуры, обработки и запоминания ее. Он создает управляющие импульсы в телефонных аппаратах с кнопочной клавиатурой и импульсным способом набора номера.

Микросхема 1008ВЖ7А(Б) выполняется по КМОП технологии по двум вариантам – А и Б. Варианты отличаются допустимым диапазоном напряжения питания и диапазонами выходных напряжений.

Назначение выводов микросхемы:

- 22, 1, 2 и 5 – Y0, Y1, Y2 и Y3 – клавиатурные входы (строки);
- 3 – U – "плюсовой" вход источника питания;
- 6 – HS – вход сигнала "отбой" ("рычажный переключатель");
- 7 – R2 – вход тактового генератора для подключения внешнего резистора R2;
- 8 – C1 – выход генератора для подключения внешнего конденсатора C1;
- 9 – R1 – выход генератора для подключения внешнего резистора R1;
- 12 – NSI – выход импульсного ключа;
- 13 – M/S – вывод для задания значения импульсного коэффициента;
- 14 – IPS – вывод для задания значения межцифровой паузы;
- 15 – DRS – вывод для выбора частоты импульсов набора (10 Гц или 20 Гц);
- 17 – GND – общий вывод, "минус" источника питания;
- 18 – NSA – выход разговорного ключа;
- 19, 20, 21 – X0, X1, X2 – клавиатурные выходы (столбцы).

Схема исследования приведена на рис. 15.

3.3.2 Собрать цепь по схеме (рис. 15).

Вставить микросхему 1008ВЖ7А(Б) ключом вверх в держатель на правой подпанели макета (наборном поле).

Присоединить к выводам микросхемы, пронумерованным ниже держателя (нижние из пар цифр), внешние элементы, применяя модули элементов, гибкие проводники и гнезда наборного поля.

Поставить перемычки: гнездо 23 макета – гнездо 19 микросхемы; гнездо 24 макета – гнездо 20 макета и далее, соответственно 25 – 21; 32 – 22; 33 – 1; 34 – 2; 35 – 5.

Присоединить к "земляным гнездам" макета выводы 6, 13, 14, 15, 17 микросхемы. Включить в линию ключи перемычками 9 – 10, 11 – 12, 17 – 18, 19 – 20, 21 – 22,

Подключить к выходам 12 и 18 микросхемы входы импульсного ключа (гнездо 14) и разговорного ключа (гнездо 16).

3.3.3 Подключить напряжение питания от АТС (гнездо 31) к выводу 3 микросхемы через резистор R4 сопротивлением 100 Ом.

3.3.4 Подключить осциллограф к выходу тактового генератора C1 (вывод 8) или выходу R1 (вывод 9). Установить режим ждущей развертки.

Нажать любую кнопку тастатуры и зарисовать осциллограмму выходного сигнала. Измерить частоту следования импульсов.

3.3.5 Переключить вход осциллографа к выходу X0 (вывод 19) и зарисовать осциллограмму сигнала. Измерить скважность и частоту следования импульсов.

3.3.6 Подключая поочередно вход осциллографа к выходам X1 (вывод 20) и X2 (вывод 21), зарисовать две новые последовательности импульсов. Обратит внимание на время возникновения первых импульсов последовательностей на этих выходах.

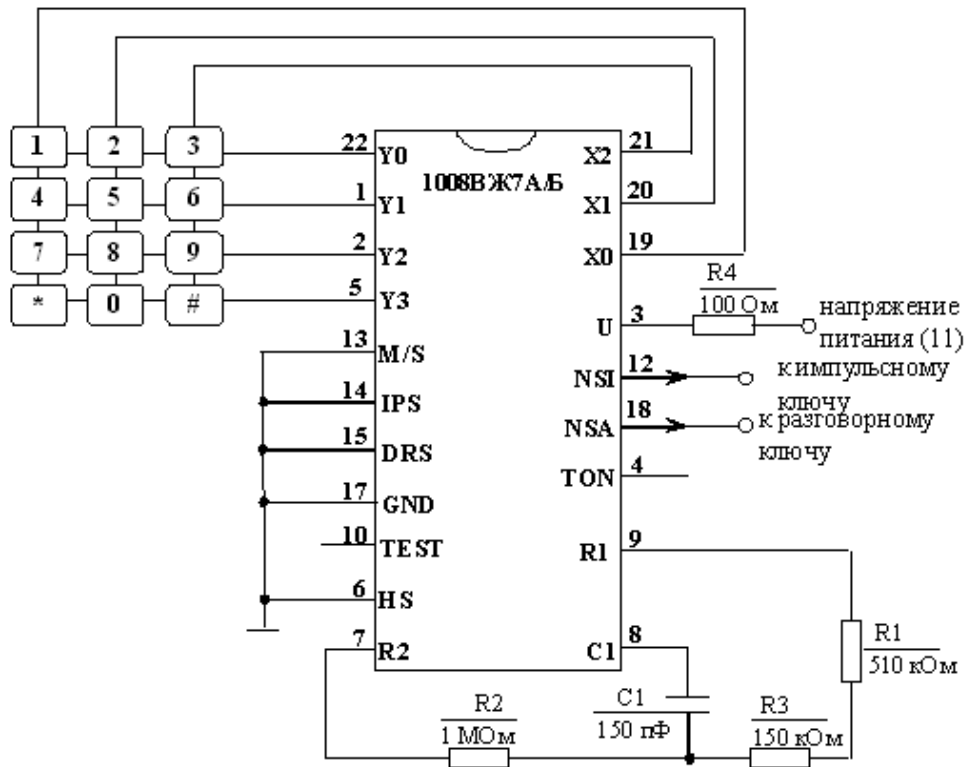


Рис. 15

3.3.7 Перенести результаты на бланк отчета.

3.3.8 Разобрать цепь. Вынуть микросхему из держателя. Передать преподавателю (лаборанту) все применявшиеся навесные элементы.

6.4 Обработка результатов измерений и оформление отчета по работе

4.1 Перенести на бланк отчета заполненную при выполнении задания 1 таблицу 1. Сравнить полученные значения с нормативами и сделать выводы о причинах их расхождения.

4.2 Изобразить в одинаковых масштабах и на одном поле чертежа пары временных диаграмм импульсов набора номера – расчетную и экспериментальную, полученные для своего варианта работы.

Сравнить расчетные и полученные экспериментально значения импульсного коэффициента, времени межцифровой паузы и частоты импульсов.

4.3 Построить графики частотной зависимости коэффициента усиления тракта передачи разговорной цепи и затухания местного эффекта.

Выделить значения коэффициента усиления и затухания на частоте 800 Гц.

4.4 Построить графики частотной зависимости коэффициента усиления тракта приема разговорной цепи. Выделить значение коэффициента усиления на частоте 800 Гц.

4.5 Построить график зависимости частоты основного тока f_1 вызывного устройства от сопротивления R_2 (схема рисунка 13). Аппроксимировать полученный график гиперболой

$$f_1 = \frac{A}{R_2},$$

подобрав и отметив в отчете значение коэффициента A .

Таблица 1

Основные электрические параметры телефонного аппарата

№ пп	Измеряемая величина	Норматив, ожидаемые значения	Измеренное (вычисленное) значение
1.	Вызывное напряжение $U_{в}$, В	90...180	
2.	Сила тока вызывного устройства $I_{в}$, мА	≤ 8	
3.	Полное входное сопротивление в режиме вызова $Z_{в}$, кОм	≥ 4	
4.	Постоянное напряжение линии в разговорном режиме $U_{др}$, В	3...15	
5.	Постоянное напряжение линии в режиме холостого хода $U_{ло}$, В	56...64	
6.	Сопротивление ТА постоянному току в разговорном режиме $R_{ТА}$, Ом	150...600	
7.	Коэффициент усиления напряжения тракта передачи $K_{пер}$, дБ	-3...+40	
8.	Затухание местного эффекта $a_{нэ}$, дБ	≥ 15	
9.	Коэффициент усиления напряжения тракта приема $K_{пр}$, дБ	-3...+40	
10.	Полное входное сопротивление ТА переменному току в разговорном режиме $Z_{вх.р.}$, Ом	450...800	
11.	Постоянное напряжение линии при замыкании импульсного ключа $U_{л.ост}$, В	1,75	
12.	Сопротивление постоянному току замкнутого импульсного ключа $R_{из}$, Ом	50	
13.	Сопротивление постоянному току замкнутого разговорного ключа $R_{рз}$, Ом	50	
14.	Период импульсов набора $T_{и}$, мс	100 ± 5	
15.	Межцифровая пауза $T_{мц}$, мс	$(4...10)T_{и}$	

4.6 Изобразить график зависимости частоты переключения тональных частот $f_{пер}$ вызывного устройства от емкости конденсатора C_2 (схема рисунка 13). Аппроксимировать полученный график гиперболой

$$f_{пер} = \frac{B}{C_2},$$

подобрав и отметив в отчете значение коэффициента B .

4.7 Заполнить таблицу 3 результатов исследования электропитания номеронабирателя, полученных при выполнении раздела 3.2. данной работы. Сравнить полученные экспериментально и ожидаемые значения результатов.

4.8 Изобразить временные диаграммы импульсов набора номера электронного номеронабирателя, а также импульсов разговорного ключа.

4.9 Изобразить временные диаграммы импульсов на выходах тактового генератора импульсного номеронабирателя. Указать частоту следования тактовых импульсов.

4.10 Изобразить временные диаграммы импульсов опроса клавиатуры на выходах X_0 , X_1 и X_2 импульсного номеронабирателя. Указать скважность и частоту следования импульсов на выходе X_0 , а также задержку во времени возникновения первых импульсов на выходах X_1 и X_2 .

4.11 Сформулировать и занести на бланк отчета нетривиальные и мотивированные выводы по работе.

Параметры импульсов набора

№ п п	Параметры серии импульсов	Номер бригады (вариант)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Символ набора номера						
2.	Импульсный коэффициент						
3.	Межцифровая пауза, с						
4.	Частота импульсов, Гц						

Таблица 3

Режим работы электронного номеронабирателя

№ пп	Измеряемые величины	Измерен- ные значения	Ожидае- мые значения
1.	Напряжение питания U , В		
2.	Напряжение импульсного ключа U_{IL} , В		
3.	Напряжение разговорного ключа U_{AL} , В		
4.	Длительность импульсов набора номера T_1 , с		
5.	Интервал времени между импульсами набора номера T_2 , с		
6.	Длительность межцифровой паузы $T_{мц}$, с		
7.	Импульсный коэффициент K_i		
8.	Амплитуда импульсов разговорного ключа, В		
9.	Длительность импульсов разговорного ключа, с		

Контрольные вопросы

1. Каковы основные функциональные узлы электронного телефонного аппарата?
2. В чем принципиальное отличие электромеханического и электронного телефонного аппарата?
3. Зачем нужен в лабораторной установке имитатор АТС? Какие сигналы он выдает?
4. Каковы параметры сигнала вызова?
5. Как измерить полное сопротивление устройства вызова с помощью вольтметра, если известно сопротивление линии передачи вместе с АТС?
6. Что такое разговорная цепь (схема)? Какие функции она выполняет?
7. Что такое "местный эффект"? Как снизить его влияние?
8. Как определить полное сопротивление телефонного аппарата по постоянному току $R_{ТА}$, если имеется вольтметр, а сопротивление линии передачи по постоянному току $R_{Л}$ известно?
9. Как измеряется и вычисляется коэффициент усиления тракта передачи разговорной цепи?
10. Как измеряется и вычисляется затухание "местного эффекта"?
11. Как измеряется и вычисляется коэффициент усиления тракта приема разговорной цепи?
12. Что такое импульсный набор номера?

13. Что такое импульсный коэффициент?
14. Что такое время межцифровой паузы?
15. Какова частота импульсов набора номера в электронных телефонных аппаратах?
16. Как меняется напряжение линии при наборе некоторой цифры при импульсном наборе номера?
17. Зачем нужен разговорный ключ?
18. Зачем нужен импульсный ключ?
19. Какие изменения происходят в структуре телефонного аппарата при замыкании или размыкании рычажного переключателя?

Лабораторная работа №6.

«ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНО - ТОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ ВЫЗОВА»

1 Цель работы

Изучить принцип формирования двухтональных сигналов вызова. Рассмотреть работу формирователя DTMF сигналов. Получить значения параметров и временные программы сигналов формирователя в тональном и импульсном режимах.

2 Теоретические данные

В настоящее время нормой в телефонных сетях становится система двухчастотного тонального набора (международный стандарт DTMF - Dual-Tone Multiple Frequency). Тональный набор в связи с внедрением цифровых АТС стал одним из стандартов и постепенно вытесняет старые импульсные наборные системы в большинстве ТА, а также устройств, связанных с телефонными сетями (например, модемах).

При тональном наборе дискретные импульсы отсутствуют. Вместо этого каждая набираемая цифра представляется комбинацией двух негармонических тональных сигналов. Негармоничность означает, что две частоты выбираются таким образом, чтобы они не имели целого общего делителя.

Для каждой цифры для большей надежности используются две частоты. Если использовать только одну частоту, система может принять случайно возникший шумовой сигнал за тональный сигнал. Вероятность же случайного кратковременного появления двух нужных частот минимальна. Во всех номерах с тональным набором используется стандартная клавиатура из двенадцати кнопок, расположенных в четыре ряда и три (или четыре) столбца. Она содержит кнопки для десяти цифр (от 0 до 9) и дополнительные кнопки для специальных функций.

Каждой строке в матрице клавиатуры соответствует определенный низкочастотный тон, каждому столбцу — высокочастотный. При нажатии кнопки эти два тона суммируются и формируется двухчастотный сигнал.

Двухгрупповой код позволяет создать максимум 16 сигналов.

Тональные частоты для горизонтальных рядов - 697, 770, 852 и 941 Гц, а для столбцов - 1209, 1336, 1477 и 1633 Гц.

Все частоты подобраны так, чтобы ни одна из них не была гармонической с другой. Это максимально увеличивает эффективность системы и уменьшает вероятность ложного срабатывания вследствие случайных шумов.

Опыт пользования кнопчным номеронабирателем показал, что на передачу одной цифры в среднем затрачивается примерно 0,75 сек, в то время как в дисковом номеронабирателе - 1,5 сек.

Схема номеронабирателя для ТА с частотным (тональным) набором номера легко исполняется на базе ИС. На рис. 1 показана схема включения простейшей ИС такого номеронабирателя. Существует множество разновидностей подобных ИС. Внутренняя структура типичной ИС номеронабирателя с частотным набором номера показан на рис. 2.

Постоянное напряжение питания для ИС обычно обеспечивается выпрямителем, расположенным на печатной плате разговорной схемы. Более сложные ИС снабжены встроенными выпрямителем и стабилизатором. Все ИС подобных номеронабирателей содержат как минимум пять функциональных узлов: декодер клавиатуры/генератор импульсов; цифро-аналоговые фильтры высших (столбцовых) частот; цифро-аналоговые фильтры низших (строковых) частот; сумматор; выходной усилитель.

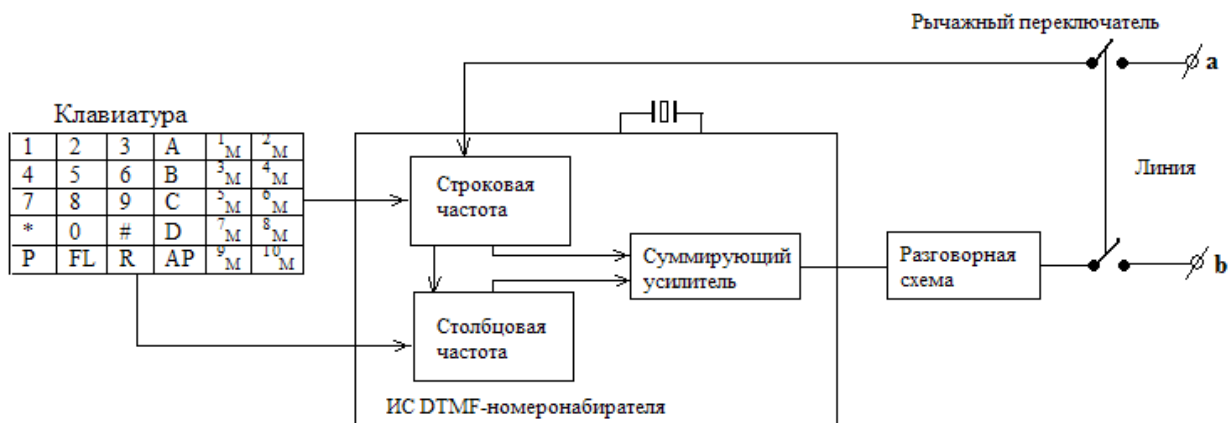


Рис. 1. Схема включения ИС DTMF-номерабираателя

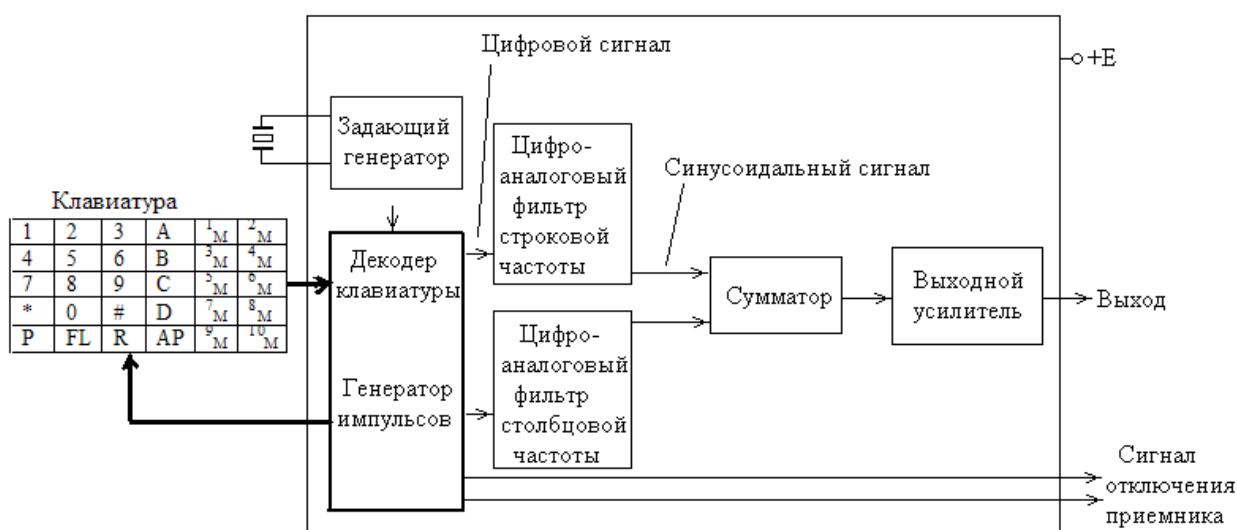


Рис. 2.2. Внутренняя структура ИС DTMF-номерабираателя

Чтобы частоты генерируемых сигналов были постоянны, необходим высокочастотный генератор, сигналом которого будет синхронизироваться схема номерабираателя. Задающий генератор вырабатывает сигналы со стабильной частотой (3,579545 МГц), которая определяется кварцевым резонатором.

Строковые и столбцовые логические сигналы поступают с клавиатуры на схему декодера клавиатуры/генератора импульсов. В нем происходит деление частоты сигнала задающего генератора и вырабатываются прямоугольные импульсы с частотами, необходимыми для синтеза тональных сигналов строк и столбцов. На этом этапе сигналы являются часто цифровыми. Для получения тональных сигналов цифровые импульсы должны быть преобразованы в аналоговую форму.

Эту задачу выполняет цифро-аналоговые фильтры, в которых сначала из цифровых сигналов формируется ступенчато-изменяющийся аналоговый сигнал. Затем полученный сигнал пропускается через полосовой фильтр, подавляющий нежелательные гармоники основного тонального сигнала. Для формирования сигналов высоких (столбцовых) и низких (строковых) частот используются отдельные цифро-аналоговые фильтры.

В сумматоре происходит объединение столбцовых и строковых сигналов, комбинация которых должна поступать на вход разговорной схемы. Выходной усилитель повышает мощность сигнала до необходимого уровня и согласует выход ИС со входом разговорной схемы. Через разговорную схему полученный разговорный сигнал поступает в абонентскую линию. Выходной управляющий сигнал отключения приемника вырабатывается при каждом нажа-

тии на клавишу клавиатуры. В противном случае при наборе частотные сигналы будут громко слышны в приемнике.

3 Применяемые приборы и оборудование

1. Учебная лабораторная установка "Изучение приемника и передатчика DTMF сигналов". – 1 шт.;
2. Осциллограф – 1 шт.;
3. Милливольтметр

4 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка "Изучение приемника и передатчика DTMF сигналов" предназначена для изучения принципа формирования двухтональных сигналов вызова, изучения работы универсального импульсно-тонального электронного формирователя, применяемого в телефонах транкинговой, сотовой связи и проводной связи, а также приемника DTMF сигналов, применяемого на квазиэлектронных и электронных АТС. Установка выполнена в одном корпусе. Она питается от сети с переменным напряжением 220 В, 50 Гц.

На передней панели установки приведена ее структурная схема (рис. 3).

На схеме слева внизу выделен формирователь сигналов DTMF, демонстрирующий принцип получения двухтонального сигнала вызова с помощью генераторов гармонических колебаний верхней и нижней групп частот.

Сигнал формирователя можно наблюдать на гнездах КТ6 и КТ7.

Выше показан формирователь входного кода для импульсно-тонального формирователя сигналов, названного в установке как "Передатчик сигналов DTMF". Формирователь входного кода имитирует совместную работу клавиатуры и шифратора входного кода, применяемых в электронных телефонных аппаратах.

Четырехразрядный параллельный двоичный код {D0, ... D3} подается на входы передатчика сигналов DTMF. Этот блок имитирует работу импульсно-тонового формирователя телефонных аппаратов и факсов, собранных на базе микросхемы отечественного производства КР1008ВЖ19 или ее иностранного аналога UM91531.

На УГО передатчика сигналов DTMF выделены выводы:

АСК – выход "Подтверждение". Сигнал логического уровня – "1" на этом выходе подтверждает готовность передатчика выдать код очередной цифры, набранной на клавиатуре телефонного аппарата, т.е. на формирователе входного кода установки. Сигнал "Подтверждение" дублируется свечением светодиода на поле АСК обозначения генератора;

DP с гнездом КТ1 – выход импульсного ключа. На нем выделяется сигнал импульсного набора номера;

TONE с гнездом КТ2 – выход тонального (DTMF) сигнала. Этот сигнал с выхода TONE подается на имитатор канала связи.

На вход LATCH ("Стробирование входных данных" или "Загрузка") через переключатель S6 подаются импульсы запуска либо от генератора импульсов управления, либо генератора импульсов однократного запуска.

Генератор импульса запуска включается нажатием кнопки S1.

Остальные входы передатчика связаны с блоком переключателей "Режимы работы передатчика".

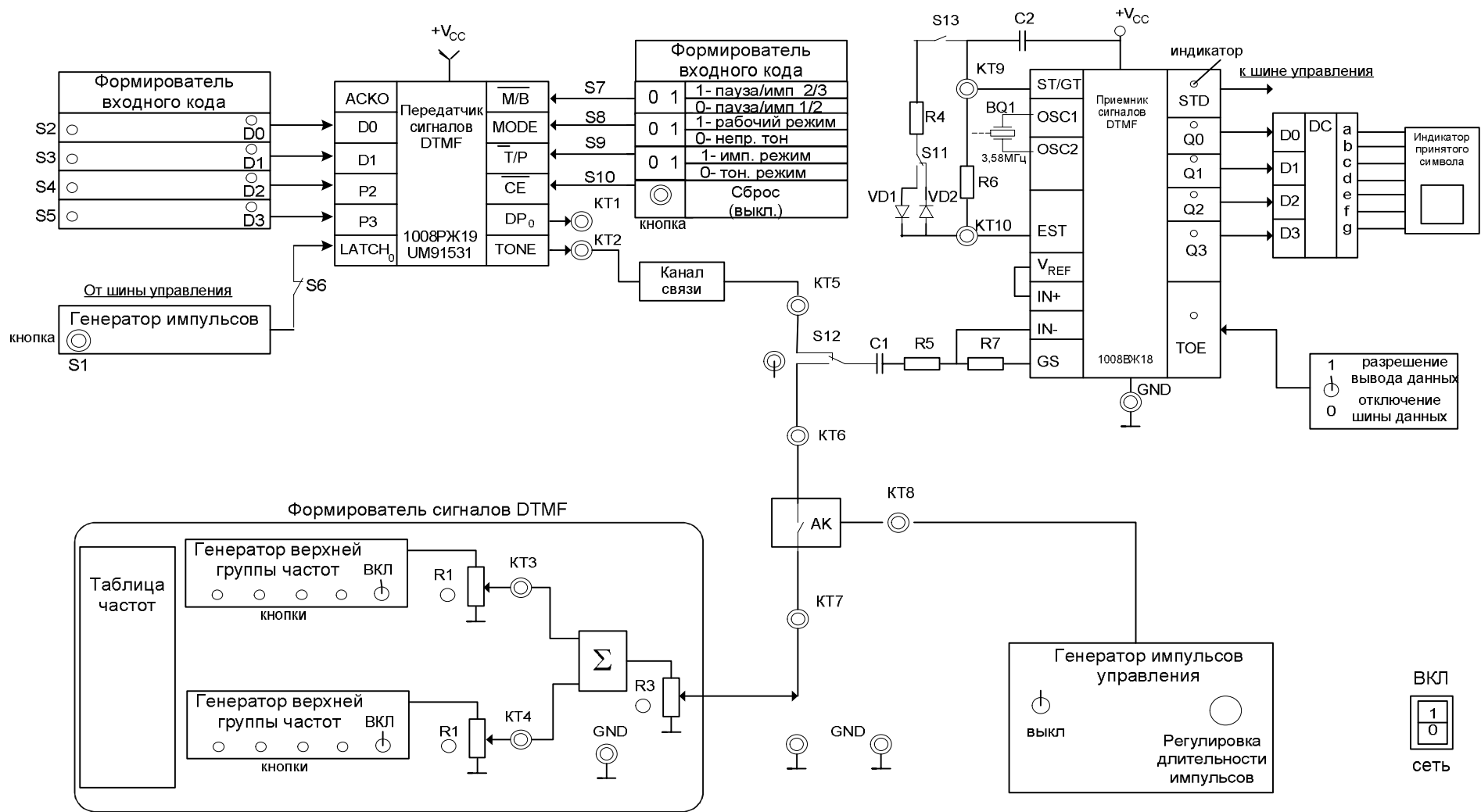


Рис.3 Структурная схема макета

Ключ S7 этого блока связан со входом М/В ("make/break или "импульс/пауза"). При установке ключом S7 на входе М/В передатчика логического уровня "1" отношение длительности паузы к длительности импульсов при импульсном наборе составляет $\frac{2}{3}$. Соответственно, при установке уровня "0" это отношение равно $\frac{1}{2}$.

Ключ S8 отвечает за выбор режима формирования тональных сигналов вызова. Если ключом S8 установить на входе "MODE" ("Вариант") передатчика уровень "1", то создается рабочий режим, когда двухтональные сигналы вызова имеют вид импульсов заданной длительности. При подаче на вход "MODE" уровня "0" передатчик переходит в режим формирования непрерывного двухтонального сигнала.

С ключом выбора тонального или импульсного набора S9 связан вход передатчика $\overline{T/P}$ (tone/pulse). Черта над символом T подчеркивает, что тональный режим выбирается при установке ключом S9 уровня "0", а не "1". При установке уровня "1" на входе $\overline{T/P}$ передатчик находится в режиме импульсного набора номера. Об этом свидетельствует свечение светодиода на поле DP.

Наконец, при нажатии кнопки S10, связанной со входом \overline{CE} ("Сброс"), происходит стирание ранее набранного кода номера. Когда кнопка S10 не нажата, передатчик находится в рабочем режиме формирования сигналов.

Как показано на структурной схеме установки, выходные сигналы с тонального выхода "TONE" передатчика, либо с выхода формирователя сигналов DTMF подаются через переключатель S12 на входы приемника сигналов DTMF "IN-" и "GS". При этом сигнал формирователя проходит через аналоговый ключ АК, связанный с генератором импульсов управления.

Приемник сигналов DTMF необходим для дешифровки регистрации кодов сигналов вызова, полученных от генератора или формирователя. Он имитирует работу соответствующих цепей АТС, собранных на микросхеме КР1008ВЖ18.

Приемник DTMF сигналов содержит блок фильтров для разделения верхней и нижней частотных составляющих входного сигнала. Это полосовые фильтры 6-го порядка с переключаемыми конденсаторами. Выделенные составляющие подвергаются цифровой обработке, определяющей наличие в принятом сигнале составляющих нужной частоты, проверяющий их длительность и выдающий двоичный код на выходную шину.

Сигналы, обнаруженные и выделенные приемником, в виде двоичного четырехразрядного кода подаются на дешифратор (декодер) DC типа КР514ИД1, нагруженный на цифровой индикатор принятого символа в десятичной системе счисления типа АЛС314А.

Ключ S14 подключен ко входу ТОЕ приемника (ТОЕ – "вход разрешения вывода данных"). С переводом ключа S14 в положение "1" выводы шины {Q0 ... Q3} подключаются к соответствующим входам D0... D3 декодера DC. Режим "Разрешение" отмечается свечением индикатора на поле ТОЕ обозначения приемника.

Выход STD приемника ("Выход сигнала позднего обнаружения" или "Выход задержанного управления") подключен к шине управления и светодиоду.

Ко входам ST/GT и EST с помощью ключей S11 и S13 может быть подключена дополнительная цепь R6, C2 для снижения нижнего порога длительности обнаруживаемых DTMF-импульсов.

Установка включается в сеть клавишей "СЕТЬ/ВКЛ".

5 Подготовка к выполнению работы

1. Проработать тему "Формирователи сигналов вызова" по конспекту лекций, учебным и справочным пособиям
2. В соответствии с номером варианта (бригады) рассчитать для заданных значений набираемых символов, указанных в табл. 5.1, закон изменения сигналов DTMF при условии, что амплитуды тонов одинаковы.

Построить временные диаграммы заданных сигналов.

Таблица 5.1

Номер бригады (варианта)	Символы
1	1, 6
2	2, 7
3	3, 8
4	4, 9
5	5, 0
6	5, 1

3. Записать двоичные коды заданных символов.
4. Представить результаты выполнения п.п. 2 и 3 на черновике отчета по работе.
5. Внимательно прочитать разделы "Описание лабораторной установки" и "Последовательность выполнения работы".
6. Ознакомиться со структурной схемой лабораторной установки. Выяснить возникшие вопросы у преподавателя или инженера лаборатории.
7. Разместить необходимые таблицы и графики на черновике отчета.

6 Порядок выполнения работы

6.1 Начальные установки

В начале работы необходимо проверить и, при необходимости, установить исходные положения ручек управления установкой и измерительными приборами.

Начальное состояние осциллографа следующее. Горизонтальная развертка – непрерывная. Синхронизация – внутренняя. Начальные масштабы по осям – 0,2 В/дел и 2 мс/дел.

Переключатель шкалы милливольтметра – в положении "1V".

Начальное положение ключей и переключателей лабораторной установки:

S6 – в положении "Генератор импульса запуска" (ручка переключателя – вниз);

S7 – в положении "1", когда отношение "импульс/пауза" равно 3/2;

S8 – положение "1" – "Рабочий режим";

S9 – положение "0" – "Тональный набор";

S11 – ручка переключателя – влево;

S12 – ручка переключателя – вниз;

S13 – положение – вверх;

S14 – в положении "1" – "Разрешение вывода данных".

Выключатель "Генератор импульсов управления" должен быть в положении "ВКЛ".

Ручки "R1", "R2" и "R3" повернуть против часовой стрелки до упора. Напротив, ручку "Регулировка длительности импульсов" следует повернуть по часовой стрелке до упора.

Выключатели генераторов колебаний верхней и нижней групп частот формирователя DTMF-сигналов нужно установить в положение "Выкл" (ручки – вниз).

Переключатель аналогового ключа АК, находящегося на подпанели "Генератор импульсов управления" следует установить в положение "Вкл".

6.2 Исследование принципа формирования сигналов DTMF

2.1 Подключить к питающей сети лабораторную установку.

2.2 Включить установку, нажав клавишу "Сеть", находящуюся в правом нижнем углу передней панели.

Признаки включения установки: загорание светового индикатора под клавишей "Сеть", высвечивание символа "0" на индикаторе принятого символа и свечение индикатора "АСК" передатчика сигналов DTMF.

2.3 Подключить вход "Y" осциллографа к контрольной точке КТЗ и гнезду "1" на передней панели установки.

Примечание. Более длинный или (и) более темный вывод кабеля осциллографа необходимо подключать к гнезду установки "⊥" – "Земля".

2.4 Включить тумблером генератор верхней группы частот. Нажатием одной из кнопок переключателя на подпанели "Генератор верхней группы частот" выбрать одну из заданных частот этой группы.

2.5 Вращая ручку "R1" регулировки выходного напряжения генератора, установить амплитуду сигнала на гнезде КТ3 равную 0,5 В.

2.6 С помощью ручки "Уровень" осциллографа добиться устойчивого изображения на экране. Убедиться, что частота наблюдаемого гармонического сигнала соответствует ожидаемой. Для этого произвести осциллографом измерение периода наблюдаемых на экране колебаний.

Полученное значение частоты занести на бланк отчета.

- **Предупреждение.** При измерении периода колебаний по делениям на экране осциллографа не забудьте проверить, что ручка плавной регулировки скорости развертки находится в крайнем правом положении.

2.7 Переключить один из выводов кабеля осциллографа на гнездо КТ4.

Повторить выполнение п.п. 2.4, 2.5, 2.6. При этом применять для установки выходного напряжения тумблер генератора нижней группы частот и ручку "R2".

- **Примечание.** При правильном выполнении перечисленных выше операций формирователь вырабатывает DTMF сигнал с равными амплитудами тонов. Далее до особого распоряжения ручки "R1" и "R2" не вращать!

2.8 Переключать вывод кабеля осциллографа на гнездо КТ7. Вращая ручку "R3" регулировки выходного напряжения формирователя и ручки синхронизации осциллографа, добиться устойчивого и разборчивого изображения сигнала на экране. Проверить, что приемник опознал сигнал формирователя.

Признак приема и опознания DTMF сигнала – непрерывное свечение светодиода на выходе STD приемника.

Сравнить наблюдаемый сигнал с соответствующей временной диаграммой двухтонального сигнала, полученной при предварительном расчете. Кроме того, сравнить показание индикатора принятого символа и его двоичный код с ожидавшимися значениями.

В случае расхождения показания индикатора с тем, что планировалось, проверить положение кнопок переключателей верхней и нижней групп частот формирователя.

- **Примечание.** Если показания индикатора принятого символа не изменяются при наборе новой комбинации частот, вращением ручки "Регулировка длительности импульсов" сигнала влево и, затем, вправо до упора добейтесь смены прежнего символа на новый.

2.9 Отключить кабель осциллографа от гнезда КТ7. Подключить к этому гнезду и одному из гнезд "⊥" милливольтметр.

Следя за показаниями милливольтметра, с помощью ручки "R3" добиться того, чтобы действующее значение DTMF сигнала приняло значения 0,3 В. Отключить милливольтметр от гнезда КТ7.

2.10 Заново выполнить пункты 2.3...2.9 для каждой заданной для бригады пары из верхней и нижней групп частот.

6.3 Нахождение предельно допустимого сочетания параметров сигнала DTMF

3.1 Подключить вход "Y" к контрольной точке КТ3. Регулятором выходного напряжения генератора верхней группы частот R1 уменьшить это напряжение до уровня, при котором сигнал DTMF перестанет обнаруживаться приемником (светодиод на выходе STD приемника погаснет).

Измерить уровень минимально воспринимаемого (порогового) сигнала генератора верхней группы частот $U_{вп}$ осциллографом.

3.2 Подключить к гнезду КТ3 милливольтметр. Измерить действующее значение напряжения $U_{вп}$. Сравнить показания милливольтметра с результатом измерения

осциллографом.

3.3 Вычислить пороговое отношение амплитуд (или действующих значений) сигналов верхней и нижней группы частот по формуле

$$K_{ВН} = \frac{U_{ВП}}{U_{Н}},$$

где $U_{Н}$ – напряжение колебания из нижней группы частот с амплитудой 0,5 В.

3.4 Переключить милливольтметр к гнезду КТ4. Ручкой R2 восстановить амплитуду напряжения верхней группы до 0,5 В.

3.5 Регулятором выходного напряжения генератора нижней группы частот R2 уменьшать это напряжение до тех пор, пока светодиод на выходе STD приемника не погаснет.

Измерить милливольтметром пороговый уровень сигнала генератора нижней группы частот $U_{НП}$.

3.6 Вычислить пороговое отношение амплитуд (или действующих значений) сигналов нижней и верхней групп частот по формуле

$$K_{НВ} = \frac{U_{НП}}{U_{В}},$$

где $U_{В}$ – напряжение колебания из верхней группы частот с амплитудой 0,5 В.

3.7 Сравнить значения показателей $K_{ВН}$ и $K_{НВ}$. Записать полученные значения на бланк отчета по работе.

3.8 Определить минимальную длительность импульсов сигнала DTMF, при которых он еще воспринимается приемником.

Для этого восстановить ручкой R2 амплитуду напряжения генератора нижней группы частот равной 0,5 В, контролируя уровень милливольтметром, подключенным к гнезду КТ4.

3.9 Проверить милливольтметром уровень DTMF сигнала на гнезде КТ7. В случае необходимости установить ручкой R3 действующее значение сигнала, равное 0,3 В.

3.10 Переключить вход "Y" осциллографа к гнезду КТ6. Засинхронизировать изображение импульса сигнала DTMF на экране.

3.11 Подключить осциллограф ко входу аналогового ключа – гнезду КТ8. Убедиться, что переключатель работы аналогового ключа S12 переведен в режим импульсного управления (ручка – вниз). Проследить, чтобы ручка плавного регулирования импульсов находилась в крайнем правом положении.

Снизить чувствительность осциллографа до 1 В/дел. Выбрать масштаб развертки 2 мс/дел или 5 мс/дел.

Наблюдать на экране импульсы управления.

3.12 Наблюдая за индикатором на выходе STD приемника, уменьшить длительность положительных импульсов управления соответствующей ручкой до тех пор, пока приемник не перестанет обнаруживать входной сигнал. (При этом индикатор на выходе STD перестанет светиться).

3.13 Измерить минимально допустимую (критическую) длительность импульсов управления, а, значит, импульсов сигнала DTMF τ_{\min} , пользуясь масштабом развертки осциллографа "ВРЕМЯ/ДЕЛ" в диапазоне 10 мс/дел.

Записать значение τ_{\min} на бланк отчета.

- Примечание. Если изображения импульсов на экране осциллографа неустойчивы, можно перейти в ждущий режим развертки.

6.4. Изучение тонального режима передатчика DTMF сигналов

4.1 Перейти к режиму формирования сигнала вызова передатчиком DTMF сигналов. Для этого подключить выход формирователя и имитатора канала связи к приемнику сигналов, переведя ручку переключателя S12 вверх. Тогда индикатор STD приемника выключается.

4.2 Перевести передатчик в режим тонального набора, т.е. подать на вход \bar{T}/P

передатчика переключателем S9 сигнал с логическим уровнем "0". Установить рабочий импульсный режим тонального набора, переведя переключатель S8 в положение "1".

4.3 Подключить вход запуска LATCH передатчика к шине управления. Для этого перевести ручку переключателя S6 вверх. При этом станут мигать светодиоды "LATCH", "АСК" и "STD".

4.4 С помощью формирователя входного кода набрать двоичный код цифры "9".

- **Примечание.** При наборе кода необходимо учитывать, что нумерация разрядов идет сверху вниз. Кнопка и индикатор старшего разряда – самые нижние!

Убедитесь по индикатору принятия символа и индикаторам Q0 ...Q3, что набран код именно цифры "9".

4.5 Подключить вход осциллографа к тональному выходу передатчика (гнездо КТ2). Перейти в режим ждущей развертки "Z". Наблюдать сигнал на экране. Измерить длительность импульсов тонального набора τ_n .

- **Примечание.** Обратите внимание, что сигнал тонального набора дискретизирован и квантован, его изображение состоит из точек.

4.6 Пронаблюдать вид сигнала DTMF при наборе других заданных цифр.

Набрать на формирователе кодов новое значение кода. В случае необходимости сделать сброс ранее набранного кода кнопкой S10. Признаком срабатывания кнопки сброса является включение индикатора АСК на время нажатия.

Убедиться по индикатору принятого символа и индикаторам приемника, что новый код воспринят, а символ принят правильно.

4.7 Перейти в режим однократного запуска импульсов набора номера. Для этого перевести ручку переключателя S6 в нижнее положение. При подключении ко входу передатчика LATCH генератора запуска светодиода индикатора " LATCH" и "STD" погаснут.

4.8 Вернуть осциллограф в режим непрерывной развертки "Z". Нажимая на кнопку S1, наблюдать импульсы тонового набора. Измерить длительности импульсов. Занести результаты на бланк отчета.

4.9 Перевести передатчик в режим непрерывного генерирования тонального сигнала, для чего подать ключом "S8" на вход "MODE" передатчика сигнал с логическим уровнем "0".

4.10 Нажать кнопку генератора импульса запуска передатчика S1. Засинхронизировать изображение тонального сигнала на экране осциллографа. Зарисовать осциллограмму тонального сигнала.

4.11 Включить тональный непрерывный сигнал нажатием кнопки S10 "Сброс" и переводом переключателя S8 в положение "1".

4.12 Для наблюдения сигналов при наборе новой цифры, повторите выполнение п.п 4.6...4.11.

6.5 Изучение режимов импульсного набора генератора

5.1 Перейти в режим импульсного набора. Это произойдет при подаче на вход \bar{T}/P передатчика переключателем S9 сигнала с логическим уровнем "1". При этом станет мигать индикатор "DP" на схеме передатчика и выключается индикатор "STD" приемника.

5.2 Снова отключиться от генератора запуска, переведя ручку переключателя S6 в верхнее положение. При этом снова будут мигать светодиоды "LATCH", "АСК" и "STD".

5.3 С помощью формирователя входного кода повторно набрать двоичный код цифры "9".

Убедиться по индикатору принятия символа и индикаторам Q0...Q3, что набран код цифры "9".

5.4 Перевести вход осциллографа на гнездо входа импульсного набора передатчика КТ1. Наблюдать импульсы набора.

5.5 Посмотреть вид сигналов импульсного набора для других заданных цифр в режиме однократного запуска.

Кнопкой S10 сделать сброс ранее набранного символа. При нажатии кнопки индикатор "АСК" временно выключится.

Набрать на формирователе новое значение символа. Убедиться по индикатору принятого символа и индикаторам Q0...Q3 приемника, что новый код воспринят, а символ набран правильно.

Подключить к передатчику генератор импульсов запуска, переведя ручку переключателя S6 вниз. Тогда выключатся светодиодные индикаторы "LATCH" и "STD".

5.6 Перейти в режим ждущей развертки. Нажимая кнопку S1, наблюдайте сигналы импульсного набора. Сосчитайте число импульсов и сравните с ожидаемым значением. Занесите результат на бланк отчета.

5.7 При наборе нового символа для наблюдения сигналов набора повторите выполнение п.п. 5.5 ...5.6.

5.8 Наблюдать сигналы импульсного набора при изменении отношения "импульс/пауза" М/В.

Проверить, что переключатель S7 находится в положении "1". В режиме ждущей развертки измерить отношение длительностей положительных импульсов и пауз между ними. Сравнить измеренное отношение с ожидаемым. Занести эти значения на бланк отчета.

5.9 Перевести переключатель S7 в положение "0". Измерить отношение длительностей импульсов набора и пауз между ними. Сравнить измеренное отношение с ожидаемым. Занести эти значения на бланк отчета.

7. Обработка результатов измерений

1 Оформить совместно заданные и полученные экспериментально значения частот DTMF сигнала в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Заданный символ						
	Двоичный код символа		Верхняя		Нижняя	
Заданная частота, Гц	Верхняя	Нижняя	Верхняя	Нижняя	Верхняя	Нижняя
Измеренный период, с						
Измеренная частота, Гц						

2 Привести на едином поле чертежа и в единых масштабах пары из расчетной и экспериментально полученной временных диаграмм двухтонального сигнала, сформированного для всех заданных символов.

3 Занести в таблицу 6.2 экспериментально найденные предельно допустимые значения и сочетания параметров DTMF сигнала от формирователя.

Таблица 6.2

Параметр	Пороговая амплитуда $U_{ВП}$, мВ		Пороговая амплитуда $U_{НП}$, мВ		$K_{ВН}$	$K_{НВ}$	τ_{min} , мс
	Осциллограф	Вольтметр	Осциллограф	Вольтметр			
Способ измерения или расчета					$U_{ВП}/U_{Н}$	$U_{НП}/U_{В}$	Осциллограф
Значение							

Принять $U_{Н} = U_{В} = 0,5$ В.

4 Перенести в таблицу 6.3 и таблицу 6.4 результаты исследования передатчика сигналов набора.

Таблица 6.3

Символ				
Длительность импульса τ_n , мс				

Таблица 6.4

Символ				
Число импульсов				

5 Изобразить осциллограммы двух тональных непрерывных сигналов для всех заданных символов.

6 Указать полученные отношения длительностей "импульс - пауза" при импульсном наборе (два значения).

7 Сформулировать нетривиальные мотивированные выводы по работе.

8. Контрольные вопросы

1. Что такое номеронабиратель? Каков типовой состав и функции номеронабирателя электронных телефонных аппаратов?
2. Какие способы набора номера Вы знаете?
3. Какие существуют типы номеронабирателей по конструкции и способу набора?
4. Как осуществляется импульсный набор номера в электронных номеронабирателях?
5. Что такое кодовая посылка?
6. Что такое межцифровая пауза?
7. Каков основной принцип метода тонального набора номера?
8. При работе с какими типами АТС применяют тональный набор номера?
9. Каковы преимущества тонального набора перед импульсным?
10. Какова функциональная схема генератора частотного номеронабирателя с кнопочной клавиатурой и резонансными цепями?
11. Каковы типовой состав и структура электронных номеронабирателей?
12. Какова в общих чертах структурная схема импульсных кнопочных электронных номеронабирателей?
13. Объясните работу типового импульсного кнопочного электронного номеронабирателя?
14. Каковы параметры кодовых посылок, вырабатываемых импульсными электронными номеронабирателями (длительности и амплитуды импульсов, длительности и амплитуды пауз, длительность межцифровых пауз)?
15. Каковы особенности требований к импульсным ключам электронных номеронабирателей?
16. Каковы особенности структурных схем современных цифровых формирователей DTMF сигналов?
17. Какова типовая структурная схема формирователей сигналов современных цифровых импульсно-тональных номеронабирателей?
18. Каковы временные диаграммы процессов на основных входах и импульсном выходе универсальных импульсно-тональных номеронабирателей при импульсном наборе номера?
19. Каковы временные диаграммы процессов на основных входах и тональном выходе универсальных импульсно-тоновых номеронабирателей при тональном наборе номера?
20. Как перейти из режима тонального набора в режим импульсного набора и обратно?
21. Возможен ли такой режим, при котором тональный сигнал номеронабирателя состоит из импульсов? Если возможен, то каковы особенности и параметры этих импульсов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллами Дж. Цифровая телефония.-М.: Радио и связь.1986.-544с.
2. Крук Б.И., Попантопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети. Т.1,Новосибирск: Сиб.предприятие “Наука” РАН,1999.-536с.
3. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети. -М.: Финансы и статистика,1996 г.
4. Многоканальные системы передачи./Под ред. Н.Н.Баевой и В.Н.Гордиенко.М.-«Радио и связь».1977.-560с.
5. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы. -М.: финансы и статистика,1996.
6. Боккер П. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. -М.: Радио и связь,1991.
7. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Теория электрической связи". Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. – СПб,2006г.
8. Винокуров В.М. Цифровые системы передачи: учебное пособие /Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – 159 с.
9. Винокуров В.М. Сети связи и системы коммутации: учеб. пособие /Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, ISBN 5-86889-215-1, 2006. – 304 с.

Учебное издание

В.М. Винокуров

Лабораторный практикум "Телекоммуникационные системы"

**Раздел 1. Изучение основополагающих принципов и устройств
электронной ТФОП**

Руководство к лабораторным работам по курсам учебного направления
"Телекоммуникации" на радиотехническом факультете

Формат 60x84 1/8. Усл. печ. л. .

Тираж 150 экз. Заказ .

Отпечатано в Томском государственном университете
систем управления и радиоэлектроники.
634050, Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.