

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему УСИЛИТЕЛЬ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО  
СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ ПОДСЛУШИВАНИЯ ТЕЛЕФОННЫХ РАЗГОВО-  
РОВ

Студент

И.А. Алешин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.В. Прядилов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## **Аннотация**

Объем 48 с., 35 рис., 2 табл., 27 источников  
**УСИЛИТЕЛЬ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО  
ИЗУЧЕНИЮ ПОДСЛУШИВАНИЯ ТЕЛЕФОННЫХ РАЗГОВОРОВ.**

В данной работе рассматриваются вопросы, относящиеся к подслушиванию телефонных переговоров. Целью работы являлось разработка лабораторного стенда для проведения лабораторных работ по подслушиванию телефонных переговоров. Прежде всего, рассмотрены уже известные устройства, являющиеся аналогами разрабатываемого лабораторного стенда, их параметры, характеристики, режимы работы, достоинства и недостатки. Так же в данной работе рассмотрены различные методы подключения к телефонной линии.

Значительную часть выпускной квалификационной работы занимает разработка и расчёт усилителя сигналов звуковых частот, который необходим для прослушивания разговора при малом уровне снимаемого сигнала. Сначала разработана его структурная схема, чтобы понять, из каких основных структурных элементов он будет состоять, описывается принцип работы и характеристики. Затем разработана и рассчитана принципиальная схема, после сборки которой усилитель можно использовать для усиления сигналов звуковой частоты.

## **Abstract**

The title of the graduation work is «Audio frequency amplifier for a laboratory stand for the study of wiretapping».

The senior paper consists of an introduction, 5 parts, a conclusion, 31 figures, 6 tables, list of references including 5 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

This paper discusses issues related to eavesdropping on telephone conversations. The goal of the project was to create a laboratory stand for experimental work on eavesdropping on telephone conversations. First of all, already known devices are considered, which are analogs of the created laboratory stand, their parameters, characteristics, operating modes, advantages and disadvantages. Also in this thesis project, various methods of connecting to a telephone line are considered.

A significant part of the qualification work is concentrated on the development and calculation of an audio frequency signal amplifier, which is necessary for listening to a conversation with a low level of the received signal. First, its structural diagram is developed in order to understand what basic structural elements it will consist of, the principle of operation and characteristics are described. Then a schematic diagram is designed and calculated, after the assembly of which the amplifier can be used to amplify audio signals.

The work is of interest for narrow circle of readers.

## Содержание

Введение.....	3
1 Состояние вопроса .....	15
2 Разработка электрической принципиальной схемы.....	16
3 Анализ исходных данных и известных решений .....	17
4 Разработка структурной схемы усилителя звуковых частот.....	24
5 Разработка и расчёт принципиальной схемы усилителя звуковых частот.....	32
5.1 Разработка принципиальной схемы фильтра частот.....	33
5.2 Расчет полосового фильтра частот.....	35
5.3 Коррекция усилителя.....	36
Заключение .....	38
Список используемой литературы .....	45

## Введение

Телефонная связь является частным случаем электросвязи. «Из различных видов связи электросвязь занимает доминирующее положение. Она позволяет доставлять информацию любого рода в любой форме (речь, музыка, подвижное или неподвижное изображение, письменный или печатный документ, сигналы управления и т.п.）」[1]

«Любая сеть связи строится с использованием следующих принципов. Связь между абонентскими устройствами осуществляется с помощью узлов коммутации. В них информация концентрируется, а затем направляется по определенным путям.»[1]

«Действующие средства связи в нашей стране объединены в Единую автоматизированную сеть связи (ЕАСС). ЕАСС включает первичную и вторичную сети. Первичная сеть представляет собой совокупность всех типовых каналов связи и групповых трактов без подразделения по назначению и видам, охватывает всю территорию страны и по территориальному признаку подразделяется на магистральные, внутризональные и местные первичные сети. Вторичная сеть состоит из каналов определенного назначения (телефонных, телеграфных, вещания телевидения, передачи газет и др.).»[2]

Ток питания каждого микрофона проходит через соответствующие дроссели - катушки индуктивности. Так как дроссель имеет малое сопротивление на постоянном токе и большое — на переменном, при отсутствии речевого сигнала в цепи (трубка снята, импульсный ключ разомкнут) будет протекать только постоянный ток по контуру: плюс GB, L2, первичная обмотка T1, BM1, PK1, L1, минус GB. Аналогичный контур образуется в цепи микрофона BM2.»[3]

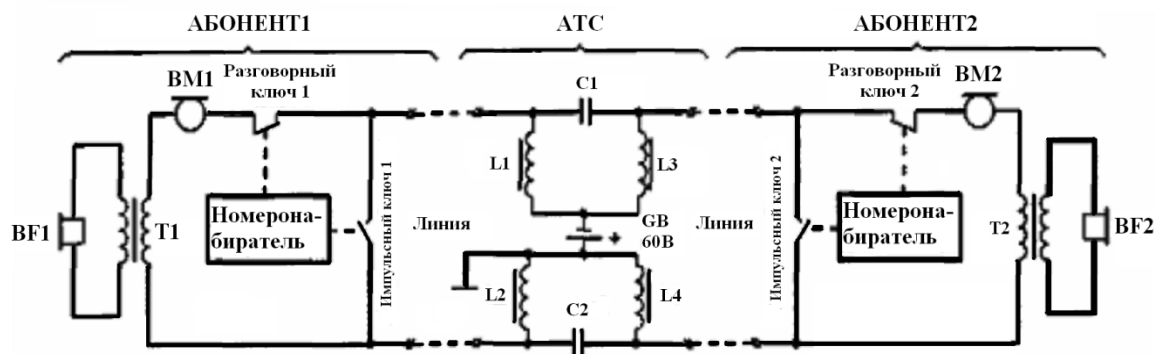


Рисунок 1 - Телефонная передача с центральной батареей питания

«При появлении звуков образуется переменный (разговорный) ток, который будет протекать по другому контуру: VM1, РК1, C1, РК2, VM2, первичная обмотка T2, C2, первичная обмотка T1, VM1. Этот ток, проходя по первичным обмоткам T1 и T2, наводит во вторичных обмотках этих трансформаторов переменную ЭДС, которая, в свою очередь, индуцирует переменный ток, приводящий в колебательное движение мембраны телефонов BF1 и BF2. Аналогичный контур возникает при поступлении речевого сигнала на VM2. В результате в телефонах будет слышно то, что сказали в микрофонах соответствующие абоненты. При этом переменный (разговорный) ток не замыкается через центральную батарею, так как индуктивность и сопротивление дросселей для этого тока велики. На АТС в качестве дросселей часто используются двухобмоточные реле, служащие одновременно для получения сигнала о вызове станции абонентом и сигнала окончания разговора (отбоя).»[3]

Напряжение батареи GB в отечественных телефонных сетях составляет 60 В (за рубежом 48 В). При снятой телефонной трубке к линии АТС в качестве нагрузки подключается микротелефонная пара трубки, в результате чего напряжение на линейных зажимах ТА падает до 5-15 В (за рубежом до 5-7 В) в зависимости от класса ТА. Это происходит вследствие образования делителя напряжения, который состоит из сопротивления ТА —  $R_{ТА}$  и сопротивлений АТС —  $R_{АТС}$  и линии ( $R_{LN1}$  и  $R_{LN2}$ ).  $R_{АТС}$  включает сопротивления

обмоток реле  $R_{L1}R_{L2}$  (рисунок 2). Сопротивление линии в большинстве случаев невелико, но иногда, при длинной линии, может достигать 1000 Ом и более.»[3]

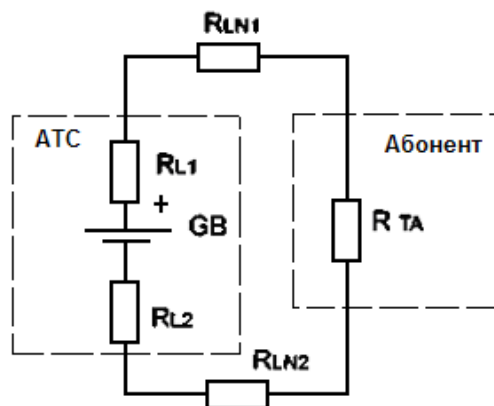


Рисунок 2 - Распределение нагрузок в телефонной линии

Сопротивления ( $R_{LN1}$  и  $R_{LN2}$ ) должны быть одинаковыми. Это необходимо для того, чтобы «нейтрализовать действие тока линии на соседние провода, в которых могут наводиться помехи в виде постороннего разговора. Разговорный ток в прямом проводе создает падение напряжения с одним знаком, а в обратном проводе - с противоположным, и, следовательно, действия этих напряжений на соседние цепи нейтрализуются. Сопротивление центральной батареи GB можно не учитывать, так как его величина незначительна по сравнению с  $R_{ТА}$  и  $R_{АТС}$ . В зависимости от типа станции  $R_{АТС}$  составляет: для АТС-54 до 1500 Ом, для АТСК до 1200 Ом, для АТСКЭ до 700 Ом. Электрическое сопротивление ТА постоянному току при рабочем токе 35 мА в зависимости от класса ТА должно быть в пределах 160-600 Ом.»[1]

На временной диаграмме работы дискового НН (рисунок 3) наглядно виден принцип формирования импульсной последовательности, управляющей работой АТС при наборе, например, номера 31. Значение импульсного коэффициента (отношение  $t_p/t_3$ ) обычно равно 1,5; частота импульсов внутри кодовой посылки  $f$  - 10 Гц; значение межцифровой паузы не нормируется и

меняется в зависимости от скорости вращения диска и значения цифры номера.»[3]



Рисунок 3 - Временные диаграммы напряжений на линейных зажимах ТА с дисковым НН при наборе номера 31

«Набор номера происходит аналогично дисковому НН»[1], с той лишь разницей, что «частота импульсов кодовой посылки и междифровые паузы нормированы и близки к оптимальным. При этом возможен режим с "ожиданием обработки предыдущей цифры", то есть следующая цифра набирается на клавиатуре после того, как в линию уйдет кодовая посылка, соответствующая предыдущей цифре. Но чаще используется режим "без ожидания обработки предыдущей цифры", то есть когда цифры вводятся с клавиатуры быстрее, чем формируется и обрабатывается кодовая посылка (рисунок 4). На время набора РК будет непрерывно находиться в разомкнутом состоянии. В этом режиме значение междифровой паузы будет определяться не моментом следующего нажатия клавиши; а режимом работы номеронабирателя.»[1]



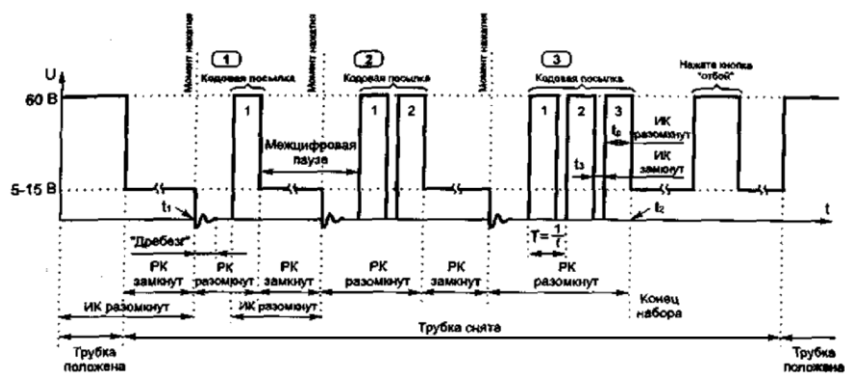


Рисунок 4 - Диаграмма напряжений на зажимах ТА с электронным НН при наборе номера 123

«Следует отметить, что на этом рисунке показан "дребезг" — переходной процесс, обусловленный коммутационными эффектами при нажатии клавиши, причем форма "дребезга" показана условно. "Дребезг", возникающий в других местах диаграммы, не имеет существенного значения и не показан. Значение импульсного коэффициента для АТС-54 составляет от 1,6 до 1,66, а для АТСКЭ и АТСК — от 1,3 до 1,9. Межцифровая (межсерийная) пауза может программироваться и находиться в пределах от 0,650 с до 10 с.

Желание увеличить скорость набора номера привело к разработке нового способа набора. Вместо длинной серии импульсов тока нужные цифры представляются уникальными комбинациями звуковых тонов. Этот метод получил название двухтонального многочастотного набора (dual-tonemultifrequencydialing или DTMF) или просто частотного (тонального) набора. Телефонные аппараты, использующие этот способ, применяются в основном при работе с квазиэлектронными и электронными АТС. Однако в ряде стран традиционные АТС дорабатываются для работы с ТА, применяющими частотный способ набора номера.»[2]

«Передача каждой цифры при частотном наборе номера осуществляется за время >40 мс двухчастотным кодом 2 из 8 (стандарт DTMF). При этом пауза не менее 25 мс, а стабильность частот не хуже  $\pm 1,5\%$ . Этот код обеспечивает 16 комбинаций сигнальных частот, 10 из которых используются для

набора цифр номера. Остальные кнопки (#, \* и др.) используются при наборе кодов дополнительных видов обслуживания.»[4]

«Направляющие системы (НС) представляют собой устройства, предназначенные для передачи электромагнитной энергии в заданном направлении. Направляющими свойствами обладают границы раздела сред с различными электрическими характеристиками (например, металл-диэлектрик, диэлектрик с  $\varepsilon_1$  - диэлектрик с  $\varepsilon_2$ ), поэтому роль направляющей системы могут выполнять металлически изолированные проводники - воздушная линия связи, симметричный и коаксиальный кабель или тонкая двухслойная нить круглого сечения - оптическое волокно.»[4]

«Направляющие системы передачи электромагнитной энергии классифицируют по ряду признаков: назначению, области применения, спектру передаваемых частот, условиям прокладки и эксплуатации. В соответствии с построением ЕАСС в зависимости от области применения НС подразделяют на магистральные, зональные и местные (городские и сельские). По спектру передаваемых частот НС делят на низкочастотные (до 10 кГц) и высокочастотные (выше 10 кГц), в зависимости с условий прокладки и эксплуатации - на воздушные, подземные и подводные. Воздушные линии связи состоят из совокупности симметричных металлически проводов, подвешенных на опорах с помощью изоляторов и специальной арматуры. Они позволяют организовать связь на значительные расстояния в диапазоне рабочих частот до 150 кГц. Однако из-за подверженности этих линий различны: видам помех предпочтение отдается кабельным линиям связи.»[2]

«Кабелем связи называют изделие, содержащее одну или несколько цепей, заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки накладывают соответствующий защитный покров.

Кабели с металлической оболочкой (оплеткой) называют экранированными. Экран предотвращает потери энергии передаваемых по кабелю

сигналов, возникающие из-за излучения в свободное пространство. Экранированные кабели дороги и материалоемки, но зато обеспечивают практическое отсутствие помех (как от внешних источников, так и взаимных).

Важным параметром линий связи является волновое сопротивление  $Z_{\Pi} = \sqrt{\frac{L}{C}} Z$ , где  $L$  и  $C$  — погонная индуктивность и ёмкость линии (на единицу длины). Оно зависит от конструктивного выполнения и геометрических размеров линии. Другим важным параметром является ослабление сигнала на единицу длины (в Дб на м или км).

Основой электрических кабелей являются металлические проводники (жилы), изготавливаемые преимущественно из меди. Поэтому часто электрические кабели именуют медно-жильными или просто медными. Кроме меди могут использоваться и другие материалы, например алюминий. Жилы оптических кабелей (оптические волокна) изготавливаются из кварцевого стекла. По этим волокнам передаются электромагнитные сигналы оптического диапазона.»[2]

«"Витая пара" медных проводов (жил), часто используемая для подключения абонентов и АТС, является, по сути, *симметричным* кабелем и имеет в своей основе пару абсолютно одинаковых проводов, скрученных между собой (рисунок 5, а). В зависимости от шага скрутки эти кабели подразделяются на разные категории. При малом шаге скрутки кабель приобретает удивительные свойства - резко повышается помехозащищенность и он способен обслуживать высокоскоростные соединения (до 100 Мбит/с).

Для получения звездной скрутки четыре различные по цвету изоляции жилы скручивают вместе - (рисунок 5, б).

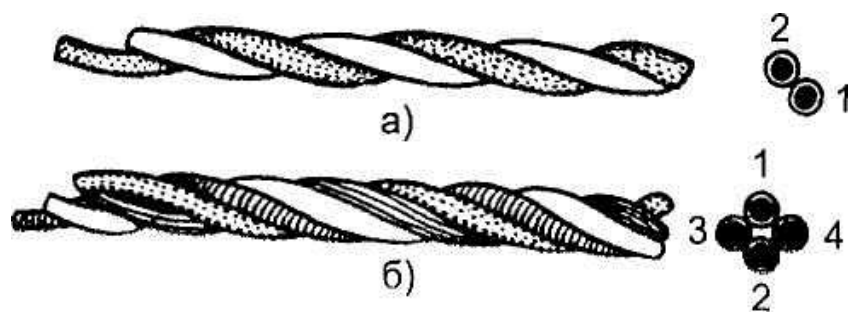


Рисунок 5 - Витая пара (а) и звездная скрутка (б)

Коаксиальные кабели в отличие от "витой пары" — несимметричные (рисунок 6). Один проводник (центральная жила) размещается внутри другого (оплетка или трубка). Главным достоинством коаксиальных кабелей является их высокая помехозащищенность, которая тем больше, чем выше частота передаваемых сигналов. Это объясняется тем, что центральная жила такого кабеля находится в, окружении диэлектрика, а оплетка служит для нее экраном. Поэтому коаксиальный кабель способен передавать в десятки раз больше телефонных разговоров, чем симметричный. Для этого сопротивление генератора сигнала и сопротивление нагрузки должны быть равны волновому сопротивлению кабеля. Данное условие называют «согласованием». Волновые сопротивления кабелей; находятся в пределах от 50 до 300 Ом.

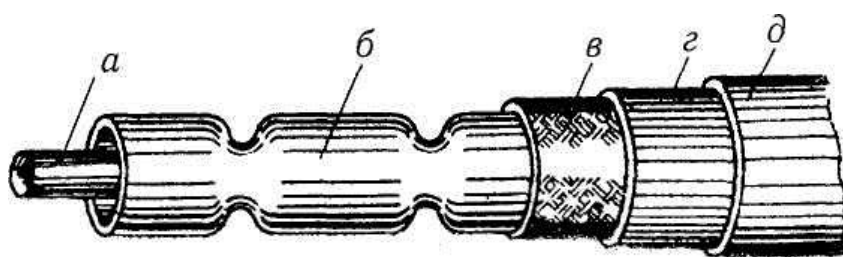


Рисунок 6 - Конструкция коаксиального телефонного кабеля: а — внутренний проводник; б — баллонно - полиэтиленовая изоляция; в — внешний проводник; г — экран, д.— полиэтиленовая изоляция

«Наш телефонный аппарат (модем или факс-аппарат) подсоединен к коммутационному оборудованию районной АТС с помощью одной витой па-

ры проводов многопарного кабеля — соединение называется абонентской линией. Остальные пары кабеля отданы другим абонентам вашего или соседнего дома. Когда вы набираете номер и, как говорят связисты, устанавливаете с кем-нибудь соединение, сигнал от коммутационного оборудования вашей станции к АТС собеседника проходит по другой витой паре проводов, называемой соединительной линией.

Число соединительных линий между двумя АТС значительно меньше числа абонентов каждой из них — ведь не все абоненты одной АТС (а их обычно несколько тысяч) хотят одновременно связаться со всеми абонентами другой. Соединительные линии между АТС — это групповые элементы сети, и само оборудование АТС в большей степени также является групповым, поскольку используется абонентами сети совместно. Если групповое оборудование занято, вы получите отказ в текущем вызове в виде сигнала "занято". На АТС есть индивидуальное оборудование, которое непосредственно связано с каждой абонентской линией и, в частности, реагирует на поднятие абонентом трубки.

Число пар соединительного кабеля между двумя АТС зависит от величины предполагаемого трафика, то есть от вероятного числа совпадающих соединений средней продолжительности за определенный интервал времени. Обычно число, таких пар равно трем, шести и более десяткам. Подобный многопарный кабель прокладывается лишь между АТС, расположенными на расстоянии нескольких километров одна от другой. Если же расстояние между ними больше, тогда используют аппаратуру многоканального уплотнения, с помощью которой организуют несколько десятков телефонных соединительных каналов по каждой паре соединительного кабеля. В разных странах число таких каналов неодинаково, например, в США их 24, а в Европе и России - 30.»[2]

«Под классическими телефонами будем подразумевать электромеханические приборы, в которых, однако, могут использоваться полупроводни-

ковые элементы вплоть до транзисторов. Устройства, которые содержат хотя бы одну интегральную схему, будем называть электронными телефонами.

Телефонный аппарат представляет собой как начальную, так и конечную точку автоматизированной телефонной сети. При этом каждый ТА должен выполнять по крайней мере семь обязательных функций:

- посылать запрос своей телефонной станции;
- информировать о статусе связи (с помощью специальной комбинации токов);
- сообщать телефонной станции вызываемый номер;
- информировать о поступлении вызова;
- передавать вашу речь в сеть и принимать из сети речь вашего собеседника;
- освободить занимаемые ресурсы сети после завершения разговора;
- обеспечивать все названное при огромном разнообразии уровней мощности сигналов и физических длин телефонных линий.

В классическом ТА можно выделить пять основных функциональных блоков (рисунок 7): звонок, рычажный переключатель, номеронабиратель, разговорная схема, микротелефонная трубка, содержащая передатчик (микрофон) и приемник (телефон) [7]. Каждый из этих блоков в том или ином виде присутствует в любых ТА, в том числе и в электронных, бесшнуровых и сотовых, но их схемотехника намного сложнее и для построения этих узлов используется другая элементная база.»[2]

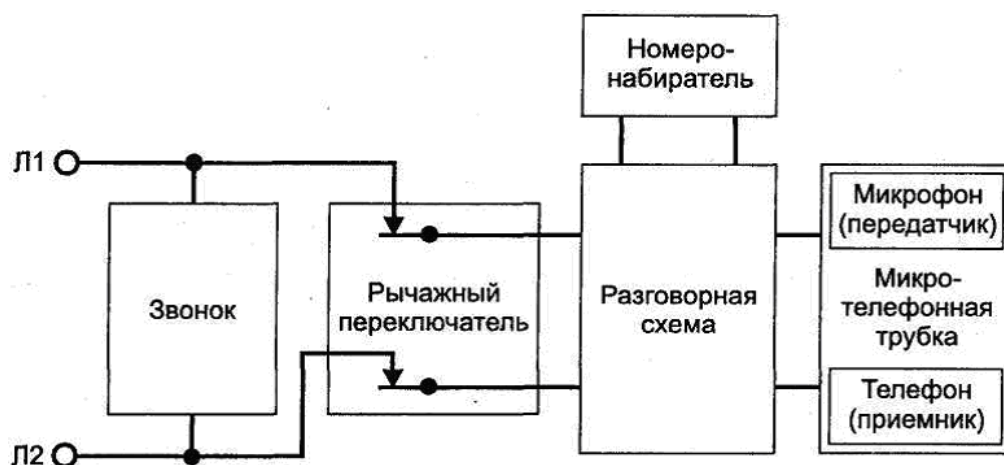


Рисунок 7 - Функциональная схема классического ГА

«На фоне быстрого развития электронной техники и микроэлектроники значительным изменениям подверглись и классические телефонные аппараты. И хотя принцип действия в целом остался неизменным, технический прогресс дал начало развитию нового поколения ГА, называемых электронными телефонами.

По сравнению с классическими, электронные телефоны обладают рядом дополнительных функциональных возможностей, которые было невозможно реализовать в классических ГА. Например: разнообразные варианты звучания сигнала вызова и возможность регулирования в широких пределах его громкости, выбор импульсного или частотного режима набора номера, запоминание нескольких часто набираемых телефонных номеров, повторный набор последнего набранного номера.

Широкое использование в электронных телефонах интегральных микросхем обусловлено тем, что они меньше по размерам, дешевле и технологичнее, чем их электромеханические аналоги, а их надежность и долговечность их намного выше. На сегодня ИС являются неотъемлемыми компонентами практически любого телефона, они улучшают его традиционные свойства и придают ему новые качества.

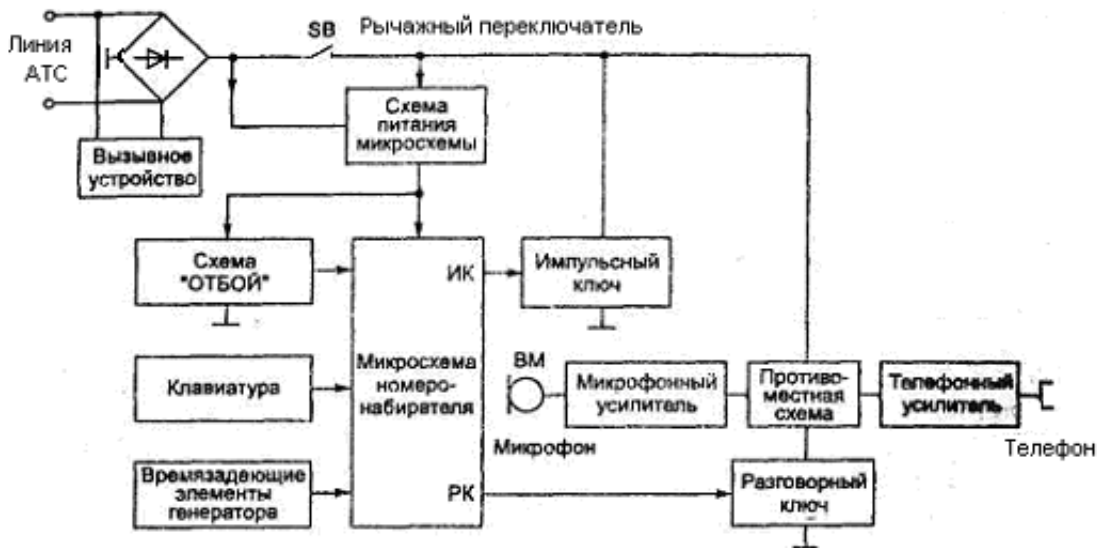


Рисунок 8 - Функциональная схема электронного ТА

При разработке электронных телефонов отказались от использования старомодного диска и перешли к кнопочной наборной клавиатуре, которая позволяет использовать как импульсный, так и тональный (многочастотный) набор номера. Функциональная схема электронного телефона»[5] приведена на рисунке 8.

Клавиатура является источником сигнала для ИСНН. Она построена по координатной схеме (рисунок 9), где X — координата столбца, Y — координата строки. При нажатии клавиши, соответствующие столбцы и строки замыкаются между собой или на общий провод. Наиболее часто используются клавиатуры со следующей организацией: 3x4, 2x7.»[4]

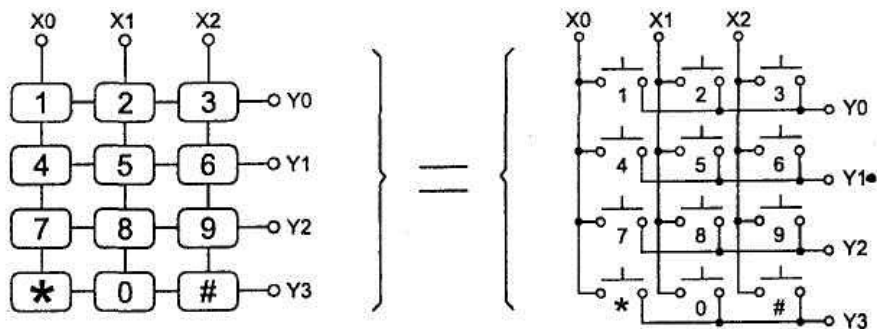


Рисунок 9 - Кнопочная клавиатура типа 3x4



## **1 Состояние вопроса**

Владение информацией является важнейшим элементом ведения любого бизнеса и предприятия. Чем быстрее владелец фирмы узнает нужную информацию, тем быстрее сможет отреагировать, приняв нужные меры, и извлечь при этом максимальную прибыль. Для борьбы с конкурентами иногда прибегают к методам незаконного завладения конфиденциальной информацией, которой располагает и распоряжается владелец другой фирмы для успешного ведения дел.

Одним из наиболее распространённых методов кражи конфиденциальной информации с применением технических средств является установка аудио-, видео-жучков и подслушивание телефонных переговоров путём подключения к телефонной линии.

Время не стоит на месте, постоянно появляются новые технические, в том числе электронные, средства, которые двигают прогресс вперёд или совершают революцию в технике. Особенно большими скачками движется электроника. Поэтому, чтобы идти в ногу со временем, необходимо давать студентам знания не только об электронике «старой школы», но и о новинках. Как правило, в высших учебных заведениях редко обновляют лабораторные стенды, что сказывается на уровне знаний студентов.

### **Вывод**

В самом деле, для того, чтобы можно было предотвратить подслушивание телефонного разговора, необходимо знать, как его можно подслушать. С этой целью разрабатывается лабораторный стенд для проведения лабораторных работ, то есть, чтобы ознакомить студентов с основными методами подслушивания телефонных переговоров. Освоив и проанализировав данные методы, их достоинства и недостатки, можно будет с уверенностью сказать, какие меры нужно предпринять, чтобы предотвратить подслушивание.

## **2 Разработка электрической принципиальной схемы**

Основными задачами бакалаврской работы являются:

- разработка и расчёт усилителя звуковых частот (УЗЧ) для лабораторного стенда;
- оценка качества подслушиваемого телефонного разговора для каждого режима работы лабораторного стенда.

Разработка лабораторного стенда включает в себя разработку его структурной схемы, рационализацию расположения кнопок, регуляторов и разъёмов на лицевой части стенда, составление электрической принципиальной схемы, расчёт значений её основных элементов, проверка работоспособности, разметка, вырезка и сборка корпуса лабораторного стенда, установка на лицевой стороне кнопок, регуляторов и разъёмов, скрепление корпуса, повторная проверка работоспособности и прикрепление к лицевой стороне стенда поясняющих материалов (стрелочки, подписи, цифры и т.д.)

Разработка УЗЧ для лабораторного стенда включает в себя следующие этапы работы: составление технического задания для разработки УЗЧ, составление структурной, а затем и принципиальной электрической схемы, расчёт значений её элементов.

### **Вывод**

Оценка качества подслушиваемого телефонного разговора подразумевает выполнение следующих этапов: проверка работоспособности всех режимов работы и, при необходимости, ремонт лабораторного стенда, составление таблицы, в которой будет выставлена оценка (10(максимум)-отличное качество звучания подслушиваемого разговора; 0(минимум)-подслушиваемый разговор вообще не различим) качества подслушиваемого разговора для каждого режима работы лабораторного стенда.

### **3 Анализ исходных данных и известных решений**

На сегодняшний день существует большое количество разнообразных подслушивающих устройств, которые позволяют получить доступ к конфиденциальному разговору по телефонному аппарату (ТА) путём подключения к телефонной линии (ТЛ). Причём это подключение может быть зафиксировано с помощью специального оборудования, некоторые виды которого могут привести в негодность оборудование для подслушивания.

Для ознакомления студентов с методами подслушивания телефонных переговоров появилась необходимость в разработке такого универсального лабораторного стенда, который позволял бы проводить лабораторные работы с каждым из возможных режимов подключения к телефонной линии. Таким образом, необходимо проанализировать какие режимы работы стоит включить в лабораторный стенд и лабораторные работы, а так же каким образом их можно реализовать.

Стенд должен быть компактным, чтобы его легко можно было переносить, и чтобы не занимал много пространства за рабочим местом. Для удобства работы, необходимо сделать кнопки переключения режимов подключения к телефонной линии. Разрабатываемый лабораторный стенд подключается к источнику (блоку) питания, поэтому требуется оснастить стенд разъёмом для его подключения. Кроме того, необходимо предусмотреть клеммы для подключения дополнительного двухполярного источника питания напряжением 3В, который требуется для работы усилителя звуковых частот. Их должно быть 3: первый разъём – «+3В», второй – «-3В», третий – «Общий».

Подслушиваемый разговор может быть плохо слышим или наоборот, слишком громким, поэтому целесообразно оснастить разрабатываемый стенд регулятором громкости, который позволит подстроить звучание на нужный приятный для уха уровень.

Корпус лучше всего сделать из пластмассовой прямоугольной коробки с отверстиями для разъёмов, кнопок и регулятора громкости. На верхней лицевой панели около соответствующих кнопок, разъёмов и регулятора надо разместить поясняющие надписи, чтобы легко было разобраться в управлении. Сверху лицевую панель лучше закрыть прозрачным оргстеклом, которое не даст надписям стереться или запачкаться. Стенки корпуса будут прикручены к подпоркам саморезами, что придаст конструкции прочности

При работе лабораторного стенда будет использоваться следующее оборудование:

- источник питания постоянного тока Б5-44 (рис.3.1);



Рисунок 3.1 – Источник питания для лабораторного стенда

- генератор сигналов низкочастотный ГЗ-100 (рис.3.2);



Рисунок 3.2 – Генератор сигналов для лабораторного стенда

- осциллограф цифровой GOS-6030 (рис.3.3);

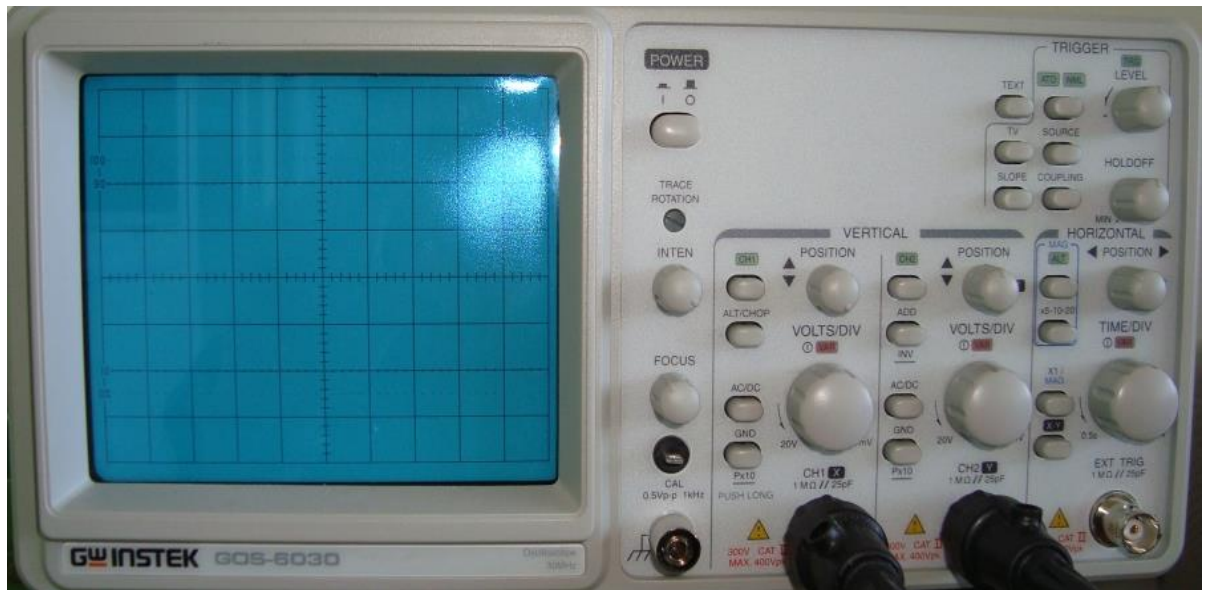


Рисунок 3.3 – Цифровой осциллограф для лабораторного стенда

- 2 аналоговых телефонных аппарата, подключённых к одной телефонной станции (рис.3.4);



Рисунок 3.4 – Аналоговый телефонный аппарат

Подключение к телефонной линии (рис.3.5) будет осуществляться с помощью телефонной розетки и вилки (рис.3.6), а прослушивание телефонного переговора будет происходить через динамик, подключаемый к лабораторному стенду (рис.3.7).



Рисунок 3.5 – Подключение к телефонной линии

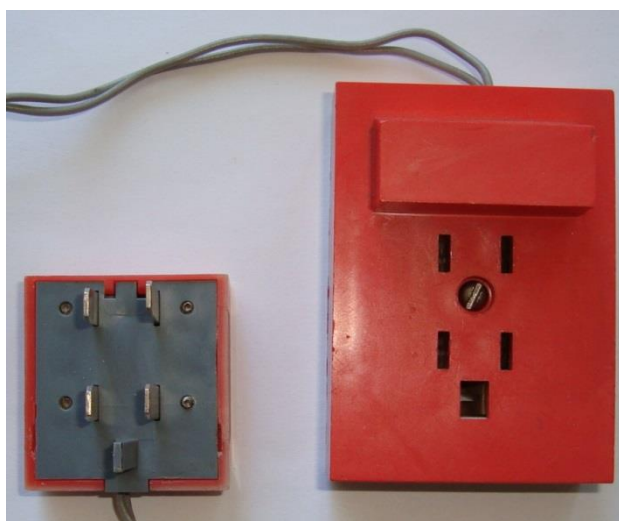


Рисунок 3.6 – Телефонная розетка и вилка



Рисунок 3.7 – Динамик для прослушивания телефонного разговора

Удобнее всего разговоры не только прослушивать, но и записывать, создавая базу данных, чтобы в любой момент можно было найти необходимую запись и прослушать её ещё раз или предоставить в качестве доказательства. Поэтому всё большее применение находят системы записи разговоров. Их построение простое: «необходим IBM-PC компьютер, источник звукового сигнала и устройство, сопрягающее источник сигнала с компьютером.

Системы записи разговоров по архитектуре можно разделить на два вида. Первые основываются на звуковых платах и согласующих адаптерах телефонных линий, вторые - на устройствах, подключаемых к компьютеру через порты (PCI, USB). Оба типа управляются посредством программного обеспечения.

Как правило, системы записи разговоров не ограничиваются телефонными линиями как единственным объектом "внимания". Ко входам системы звукозаписи могут подключаться всевозможные источники звука: микрофоны, радиостанции, прослушивающие устройства, звуковые выходы аппаратуры, в том числе "телефонные жучки".

Системы записи разговоров, как правило, неприхотливы к аппаратным возможностям компьютера: для работы достаточно среднего компьюте-



ра, стандартной звуковой платы, соответствующей спецификации»[7]  
SoundBlasterc «обычным линейным стереовходом.

Системы контроля и прослушивания телефонных разговоров созданы в том числе и для определения номера звонивших абонентов, определения местоположения и фиксации всех звонков и наборов номера. Непрерывная связь с компьютером позволяет создавать эффективную базу данных, которая будет анализироваться специалистами и профессионалами. Компьютерные системы, осуществляющие учет, контроль и запись телефонных переговоров, имеют широкие возможности для реагирования на любые заданные оператором словосочетания, тембр голоса и интонацию.

Сегодня телефон доступен каждому. Во время длительных телефонных разговоров нить беседы теряется, а сама суть переговоров уходит в сторону. Системы записи телефонных разговоров позволяют проанализировать спор после его окончания и скорректировать тактику его ведения в дальнейшем.

Зачем нужны устройства записи телефонных разговоров? Приведем следующие примеры, подтверждающие необходимость применения системы записи телефонных переговоров.

1. Ситуация, когда из памяти стерлись некоторые важные детали телефонных переговоров с деловым партнером, нигде не задокументированные. Восстановить беседу до мельчайших подробностей помогают системы записи телефонных разговоров.

2. Разговор прекрасно сохранился в памяти, но для принятия ответственного, судьбоносного решения хотелось бы еще раз послушать беседу. Сохранившаяся запись разговора в такой ситуации может оказать неоценимую услугу и помощь при анализе сложившейся обстановки.

3. Ваш собеседник забыл о своих обещаниях и обязательствах. Это особенно актуально, когда речь заходит о финансовой стороне вопроса. Чтобы разобраться в проблеме и доказать правоту, достаточно в нужный момент



включить прослушивание телефонного разговора, а затем показать запись должнику или использовать в суде.

4. Вас просят погасить несуществующие долги. Вы ничего не должны, но вам угрожают и требуют денег. Прослушивание телефонных разговоров окажет неоценимую услугу при обращении в правоохранительные органы в качестве неоспоримого доказательства вины вымогателей и шантажистов. Цифровая запись телефонных разговоров может храниться в компьютере неограниченный период времени.

5. Когда деловые переговоры в ваше отсутствие вели сотрудники. Доклад и общее содержание разговора было получено, но подробности узнать можно только одним способом. Восстановить картину полностью поможет микро устройство записи, установленное в кабинете.

Запись телефонных разговоров незаменима, если произошла утечка информации, и возникло подозрение, что на конкурентов работает кто-то из сотрудников.

### **Выводы**

Среди аналогов разрабатываемого стенда можно выделить устройства, подключаемые как к обычным аналоговым телефонным линиям, так и к сотовой телефонной связи.

## 4 Разработка структурной схемы усилителя звуковых частот

Прежде всего, стоит разобраться в точном определении усилителя его разновидностях.

Усилитель –это устройство, предназначенное для увеличения мощности входного сигнала за счет потребления энергии от источника питания.

Электронные усилители обычно состоят из двух и более каскадов, соединяемых так, что выход одного каскада соединяется со входом следующего каскада.

Структурная схема усилителя состоит из:

- входного каскада;
- каскада предварительного усиления;
- каскада усиления по мощности.

Любой усилитель является промежуточным звеном между источником сигнала, который необходимо усилить, и нагрузкой, для которой данный сигнал и усиливается. При этом усилитель должен питаться от отдельного источника питания.

Упрощенная схема усилителя приведена на рис.4.1.

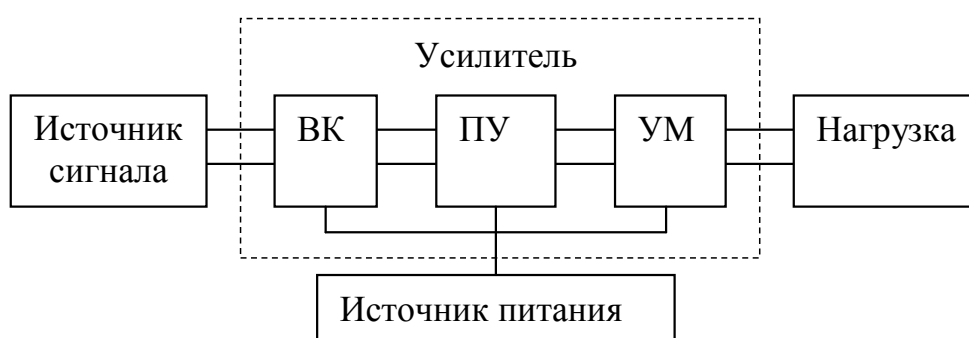


Рисунок 4.1 - Упрощенная схема усилителя. ВК – входной каскад; ПУ - предварительный усилитель; УМ – усилитель мощности

Расчёт усилителя всегда начинают с выходного каскада (каскада усиления по мощности), так как от него зависят параметры и характеристики предшествующих каскадов.

Усилители мощности служат для обеспечения в нагрузке заданной мощности. При этом предъявляются определенные требования к коэффициенту полезного действия, уровню нелинейных искажений и полосе пропускания усилителя мощности.

Усилители мощности могут быть одноктактными и двухтактными, трансформаторными и бестрансформаторными. Принципиальные схемы усилителей мощности приведены на рис. 4.2а,б, 4.3, 4.4, 4.5а,б.

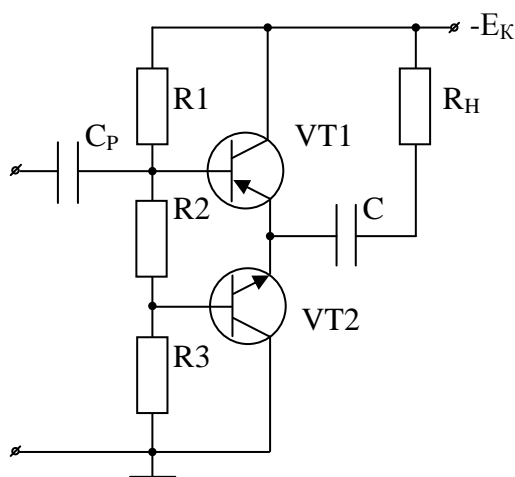


Рисунок 4.2,а - Двухтактный бестрансформаторный каскад БОК (тип 1)

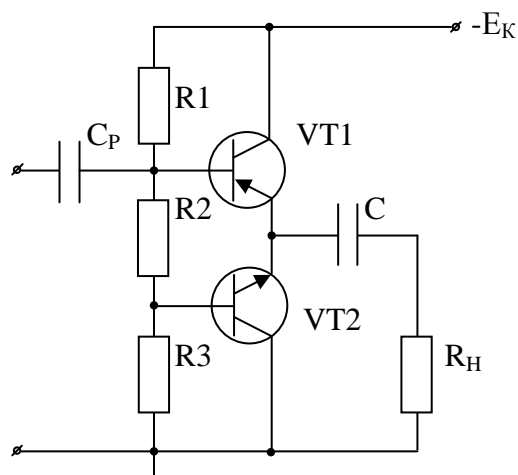


Рисунок 4.2,б - Двухтактный бестрансформаторный каскад (тип 2)

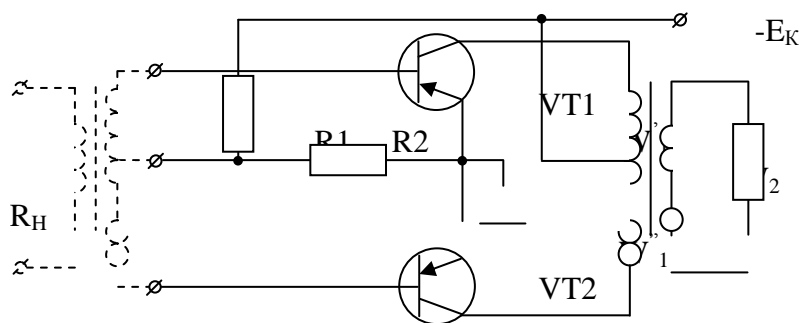


Рисунок 4.3 - Двухтактный трансформаторный каскад с ОЭ (ТОЭ)

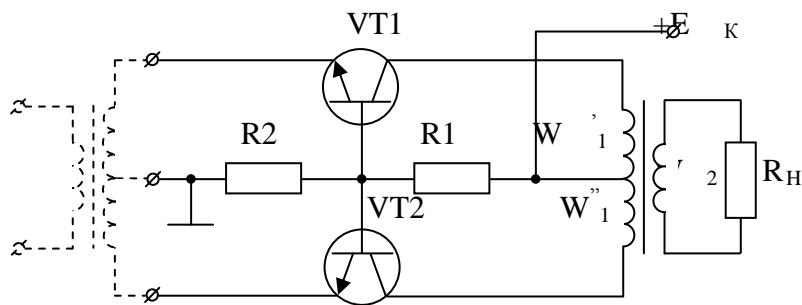


Рисунок 4.4 - Двухтактный трансформаторный каскад с ОБ (ТОБ)

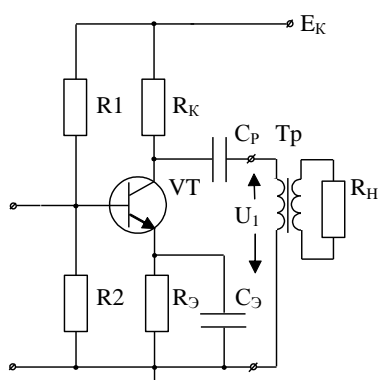


Рисунок 4.5,б - Однотактный трансформаторный каскад (тип 2)

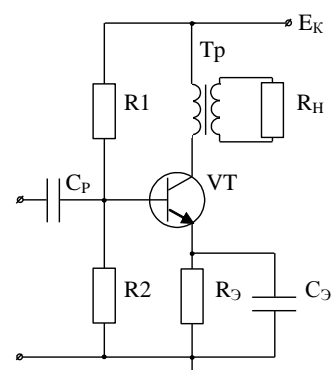


Рисунок 4.5,а - Однотактный трансформаторный каскад (тип 1)

Однотактные усилительные каскады применяются при относительно малых выходных мощностях (менее 1 Вт) и в них, как правило, транзистор работает в режиме А. Очень часто данные каскады используются в качестве предоконечных усилителей мощности и служат для согласования по току предварительного усилителя и выходного усилителя мощности.

Двухтактные каскады применяются при мощностях более 1 Вт. Они обладают более высоким КПД, т.к. транзисторы в них работают в режимах АВ или В. В двухтактных каскадах отсутствует постоянное подмагничивание сердечника выходного трансформатора, а также осуществляется подавление четных гармоник, вносимых транзистором. Недостатками подобных схем яв-

ляются более сложные схемы и необходимость применения одинаковых по параметрам транзисторов.

Трансформаторные каскады имеют следующие достоинства: высокий КПД, не требуют выходного устройства для согласования с нагрузкой (согласование осуществляется подбором коэффициента трансформации). Недостатки: более узкая полоса усиливаемых частот, больше масса, габариты и стоимость.

Бестрансформаторные каскады (двухтактные) имеют следующие достоинства: высокий КПД (до 75%), меньшие частотные искажения, малые масса, габариты, стоимость. Недостаток: данные схемы используются только в том случае, если  $U_{nm} \leq \frac{E_K}{2}$ , где  $U_{nm}$  - амплитуда напряжения на нагрузке, в противном случае ухудшается использование транзисторов.

Выбирая способ включения транзисторов следует помнить, что:

- разные схемы включения имеют разные коэффициенты гармоник; наибольший у схемы с ОЭ ( $k_r \approx 5 \div 8$ ), наименьший у схемы с ОБ ( $k_r \approx 2 \div 4$ ); у схемы с ОК  $k_r \approx 3 \div 6$ .

- от способа включения транзистора зависит усилительная способность каскада: схема с ОЭ усиливает по мощности, току и напряжению; схема с ОБ – по мощности и напряжению; схема с ОК – по мощности и току.

- при использовании схем с ОЭ и ОБ предоконечный каскад также оказывается усилителем мощности (однотактный усилитель мощности, с транзистором включенным по схеме с ОЭ).

Основным каскадом предварительного усиления является RC-каскад выполненный на биполярном или полевом транзисторе (рис. 4.6, 4.7), включенном по схеме с ОЭ (ОИ). Для уменьшения нелинейных искажений транзисторы в этих каскадах работают в режиме А. Для уменьшения числа каскадов предварительного усиления в них стараются использовать транзисторы с высоким коэффициентом передачи тока. Для сокращения расходов энергии пи-

тания целесообразно применять маломощные транзисторы.

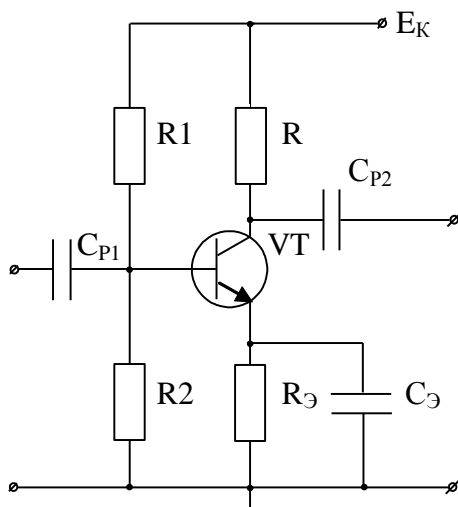


Рисунок 4.6 - RC-каскад на биполярном транзисторе

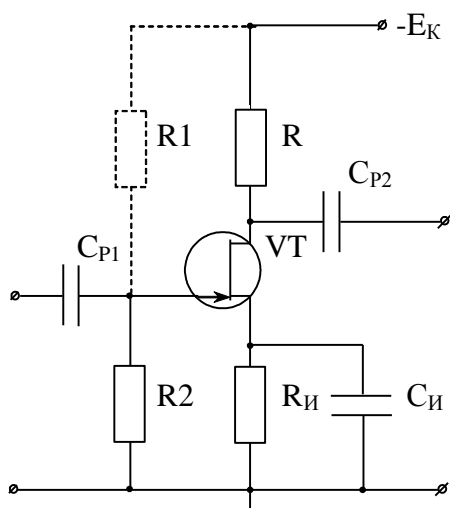


Рисунок 4.7 - RC-каскад на полевом транзисторе

Каскады на полевом транзисторе используют при необходимости получения очень высокого входного сопротивления (выше нескольких десятков кОм). Однако не следует забывать, что из-за малой крутизны передаточной характеристики полевой транзистор дает неплохое усиление только при работе на следующий каскад с достаточно большим входным сопротивлением (не ниже нескольких кОм).

Входной каскад используется для согласования большого внутреннего сопротивления источника входного сигнала со входным сопротивлением каскада предварительного усиления. В качестве входных каскадов обычно используются повторители на биполярном или полевом транзисторе, характеризующиеся большим входным и малым выходным сопротивлениями (рис. 4.8, 4.9).

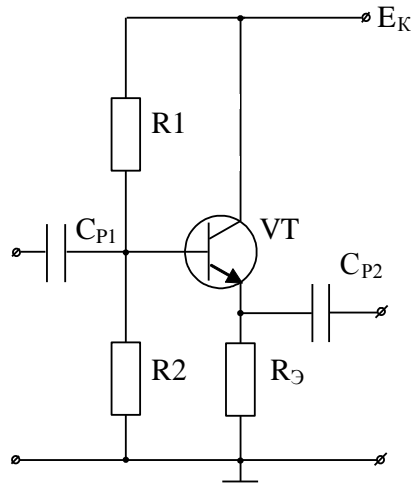


Рисунок 4.8 - Эмиттерный повторитель

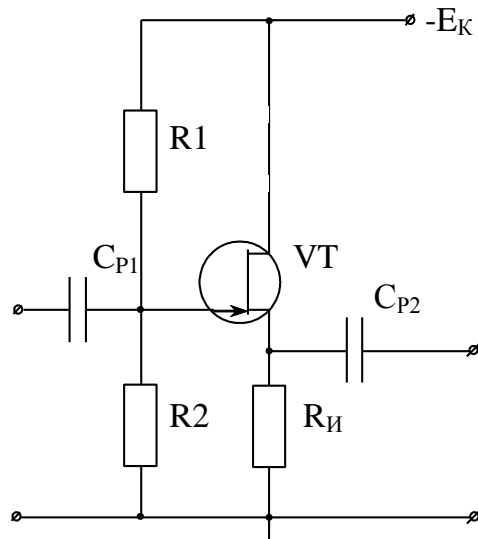


Рисунок 4.9 - Истоковый повторитель

При работе на источник сигнала с внутренним сопротивлением до  $10 \div 20 \text{ кОм}$  целесообразно использовать эмиттерный повторитель; при более

высоком – истоковый повторитель.

Следует помнить, что повторители не усиливают сигнал по напряжению.

Число каскадов должно быть таким, чтобы достигался заданный коэффициент усиления по напряжению. Общий коэффициент усиления по напряжению усилителя равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов и вычисляется по формуле (4.1):

$$K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i} . \quad (4.1)$$

Точно определить заранее требуемое число каскадов невозможно, т.к. усилительные свойства определяются схемой каскада, параметрами его нагрузки и источника входного сигнала. Число каскадов можно грубо оценить, если принять средний коэффициент усиления по напряжению отдельного каскада равным  $30 \div 40$ . Тогда число каскадов  $n$  будет рассчитываться по формуле (4.2):

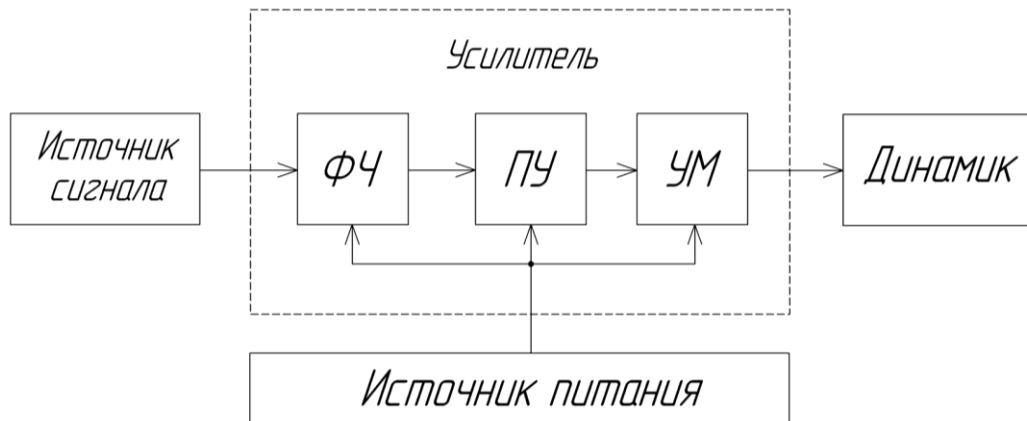
$$n \approx \frac{\lg K_U}{\lg(30 \div 40)} . \quad (4.2)$$

Действительное число каскадов определяется в ходе расчета.

Часто на вход схемы ставится ПФ для формирования амплитудно-частотной характеристики ; его коэффициент усиления по напряжению незначителен ( $K=1$ ). Тогда структурная схема УЗЧ будет выглядеть согласно



рис.



*ФЧ – фильтр частот;  
ПУ – предварительный усилитель;  
УМ – усилитель мощности.*

Рисунок 4.10 - Структурная схема усилителя

Тогда коэффициент усиления усилителя  $K$  будет равен отношению выходного сигнала ко входному и вычисляться по формуле (4.3):

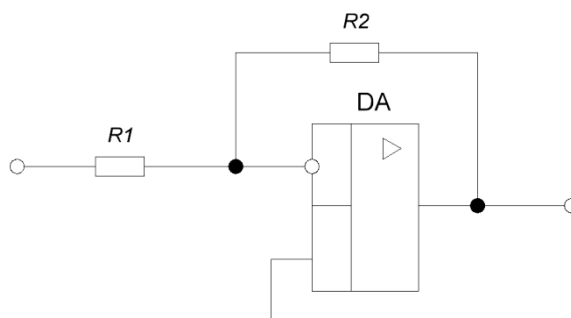
$$K = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}} = 6\text{В} / 30\text{мВ} = 200. \quad (4.3)$$

### **Выводы**

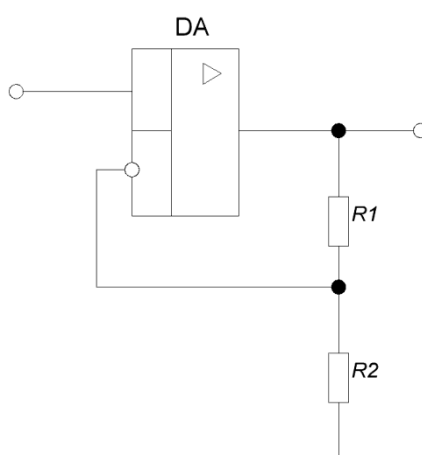
В разрабатываемом лабораторном стенде выходной сигнал может достигать 6В. Усилитель рассчитан на питание 6В (двухполярное напряжение  $\pm 3\text{В}$ ). Условно примем за входной сигнал усилителя 30мВ. Коэффициент усиления по напряжению равен произведению коэффициентов усиления входящих в него каскадов. Тогда коэффициент усиления по напряжению  $УН1K1=10$ , для  $УН2 K2=20$ .

## 5 Разработка и расчёт принципиальной схемы усилителя звуковых частот

Разработка и расчёт принципиальной схемы сводится к выбору схемы включения каскадов усиления, выбору операционных усилителей, расчёту значений резисторов и коэффициентов усиления, а так же к расчёту фильтра частот. Выбраны масштабные усилители – инвертирующий (рисунок 5.1, а) в качестве каскада УН1 и неинвертирующий (рисунок 5.1, б) в качестве каскада УН2 – построенные на ОУ 140УД6А с использованием отрицательной обратной связи (ООС).



а)



б)

Рисунок 5.1 – Принципиальные схемы усилителей напряжения с ООС

а) инвертирующий, б) неинвертирующий

## 5.1 Разработка принципиальной схемы фильтра частот

Для выделения определенного диапазона частот можно использовать фильтр высоких частот (ФВЧ) и фильтр низких частот (ФНЧ), либо полосовой фильтр (ПФЧ), объединяющий в себе функции первых двух. Вышеперечисленные частотные фильтры представлены на рисунке 5.2. При выборе окончательного варианта руководствовались [2].

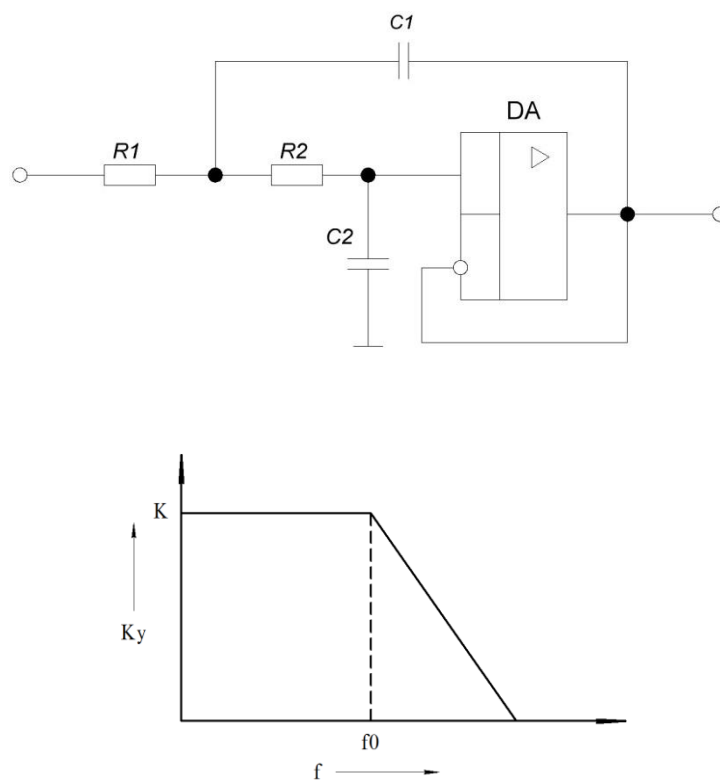
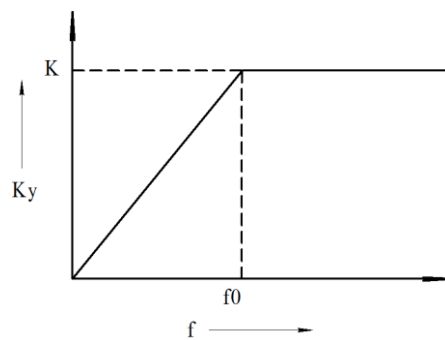
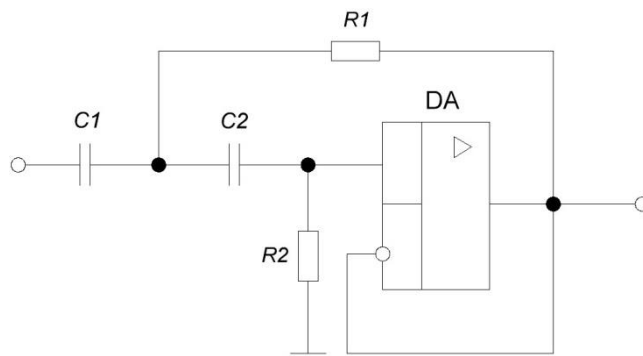
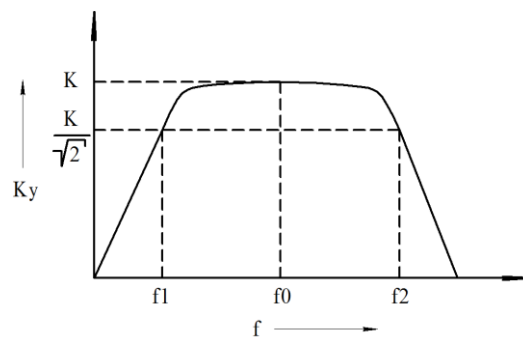
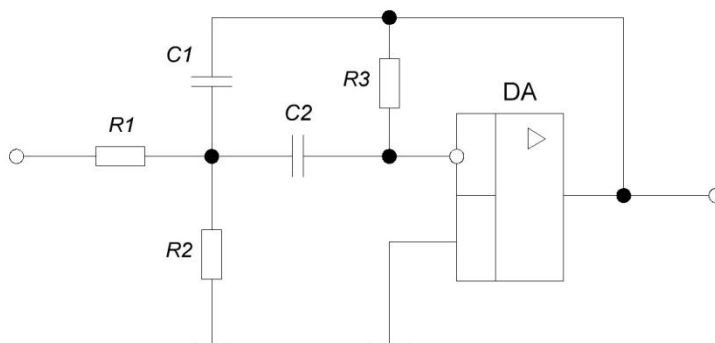


Рисунок 5.2 (а)



б)



в)

Рисунок 5.2 (б-в) – Принципиальные схемы частотных фильтров с соответствующими АЧХ а) ФНЧ, б) ФВЧ, в) ПФ

Решено использовать полосовой фильтр ОУ 140УД6А с  $K_u=1$ . Его расчёт представлен далее.

## 5.2 Расчет полосового фильтра частот

Произведем расчет выбранного фильтра частот, руководствуясь [3]; основные формулы для расчета:

$$C1 = C2 = \frac{k}{2 \cdot \pi \cdot f_0} = C, \quad (5.1)$$

где  $f_0=1.4$  кГц,  $k$ -определяемый коэффициент.

$$H = |A_0| / Q, \quad (5.2)$$

где  $A_0$  – коэффициент усиления каскада,  $Q$  – добротность (согласно [1]  $Q \leq 10$ ).

$$R1 = \frac{1}{H \cdot k}, \quad (5.3)$$

$$R2 = \frac{1}{(2 \cdot Q - H) \cdot k}, \quad (5.4)$$

$$R3 = \frac{2 \cdot Q}{k}, \quad (5.5)$$

где  $H$  определяется по (5.2),  $k$  определяется по (5.1).

Для проведения расчетов зададимся значениями центральной частоты  $f_0=1.4$  кГц, добротности  $Q=1$ , коэффициента усиления  $A_0=1$ . Выбираем  $C=5.1$  нФ, согласно (5.1):

$$k = C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 5.1 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 1400 = 4.48 \cdot 10^{-5}.$$

По формуле (5.2)  $H=1$ .

По формулам (5.3), (5.4) и (5.5) найдем  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$  соответственно.

$$R1 = \frac{1}{H \cdot k} = \frac{1}{1 \cdot 4.48 \cdot 10^{-5}} = 22.3 \text{ кОм},$$

$$R2 = \frac{1}{(2 \cdot Q - H) \cdot k} = \frac{1}{(2 - 1) \cdot 4.48 \cdot 10^{-5}} = 22.3 \text{ кОм},$$

$$R3 = \frac{2 \cdot Q}{k} = \frac{2 \cdot 1}{4.48 \cdot 10^{-5}} = 44.6 \text{ кОм}.$$

Из ряда E24 выберем  $R1=R2=24 \text{ кОм}$ ,  $R3=51 \text{ кОм}$ .

Выбрали ОУ 140УД6А, т.к. он был в наличии, соответствовал по характеристикам требуемым значениям параметров.

### 5.3 Коррекция усилителя

Во избежание смещения уровня сигнала относительно уровня земли, согласно [5], для связи усилительных каскадов решено использовать блокирующий конденсатор С3. Резистор R6 служит для разряда конденсаторов на землю.

Упрощенная принципиальная схема усилителя звуковых частот представлена на рисунке 5.3. Полная электрическая принципиальная схема приведена на рисунке 5.4.

### Выводы

Разработана и рассчитана принципиальная схема усилителя звуковых частот, была проведена разработка принципиальной схемы фильтра частот.

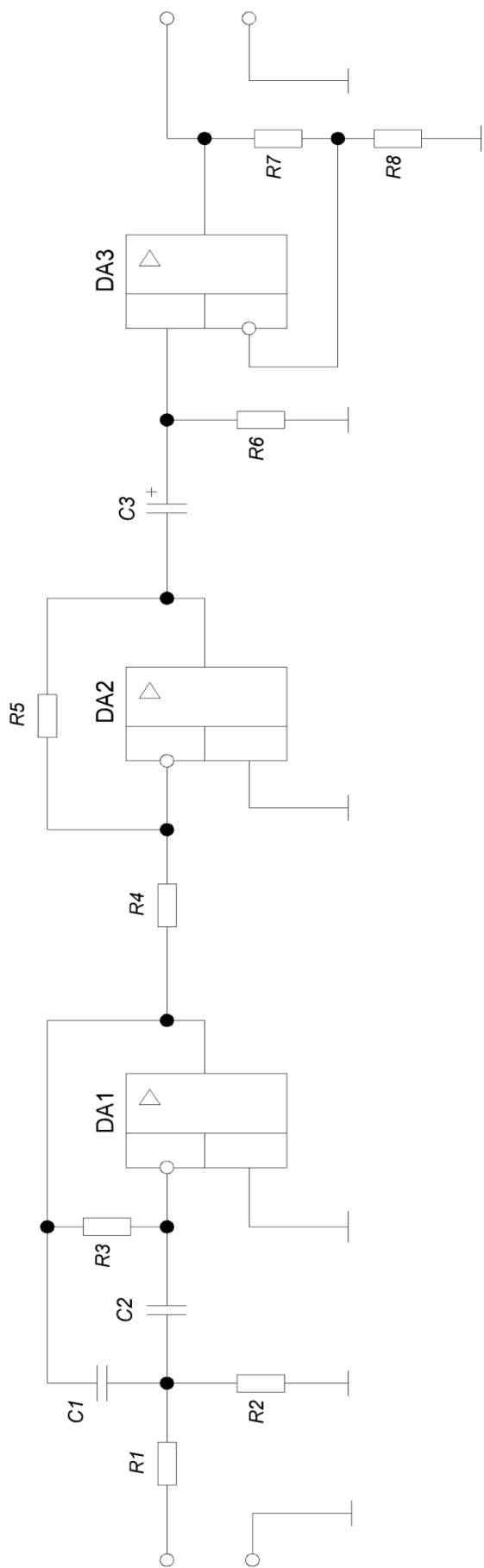
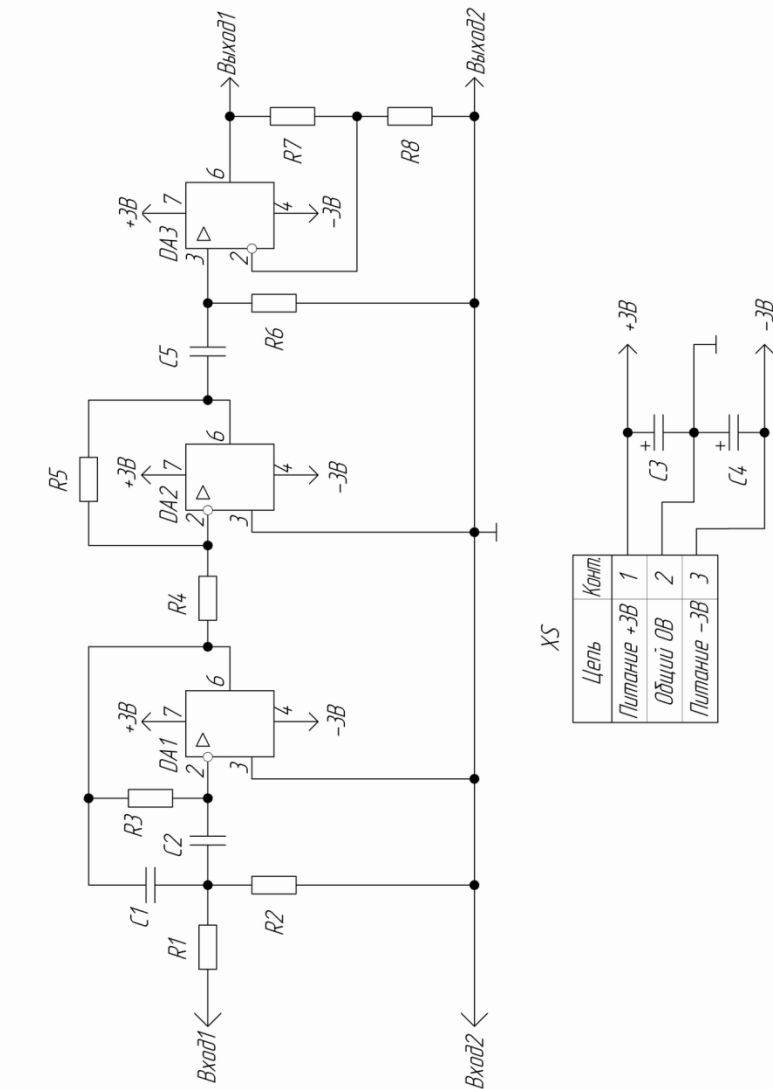


Рисунок 5.3 – Принципиальная схема УЗЧ

## Электрическая принципиальная схема усилителя звуковых частот



### Перечень элементов

Поз.об.	Наименование	Кол.	Примечание
<b>Конденсаторы</b>			
C1, C2	К10-17-25-6,8 нФ	2	
C3, C4	К50-29-25-4,7 мкФ	2	
C5	К10-17А-10-15 мкФ	1	
<b>Микросхемы</b>			
DA1, DA2, DA3	К140УД6А	3	
<b>Резисторы</b>			
R1	С1-4-0,25-10кОм	1	
R2	С1-4-0,25-51кОм	1	
R3	С1-4-0,25-33кОм	1	
R4	С1-4-0,25-1кОм	1	
R5	С1-4-0,25-10кОм	1	
R6	С1-4-0,25-200кОм	1	
R7	С1-4-0,25-10кОм	1	
R8	С1-4-0,25-1кОм	1	
<b>Клемма</b>			
XS	340-021-12	1	

Рисунок 5.4 - полная электрическая схема усилителя.



## **6. Использование устройства в лабораторном стенде**

Разработанное устройство предполагается использовать в составе лабораторного стенда. Детальная разработка самого стенда не является задачей данной ВКР. В данной главе приводятся предложения по его созданию.

Предлагаемая электрическая принципиальная схема стенда изображена на рис.6.1.

Предлагаемый внешний вид – на рис. 6.2.

Подключение стенда к линии возможно производить способами, изображенными на рис. 6.3.

Для выполнения лабораторных работ необходимо методическое пособие, которое может быть создано согласно структуре, изображенной на рисунке 6.4.

### **Вывод**

В данном разделе приведены предложения по созданию лабораторного стенда.



## Внешний вид лабораторного стенда

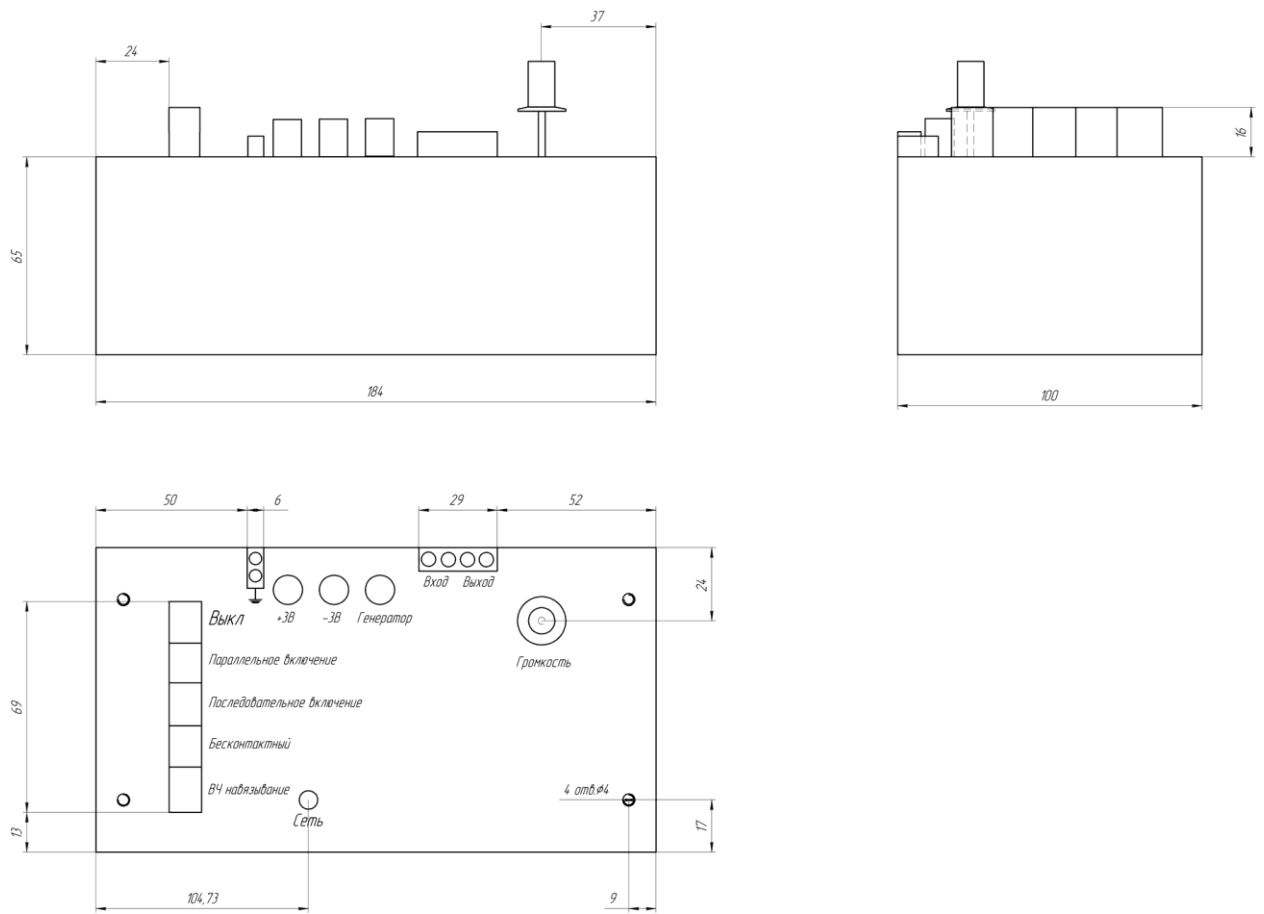
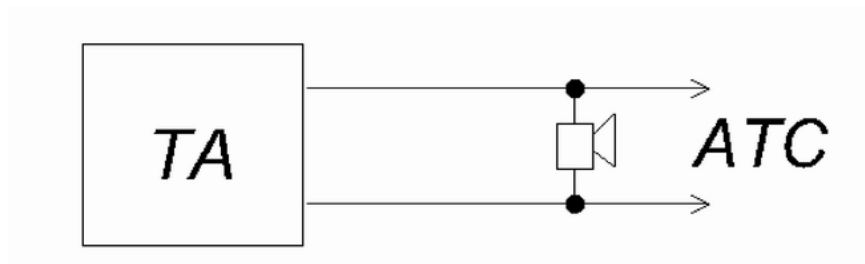
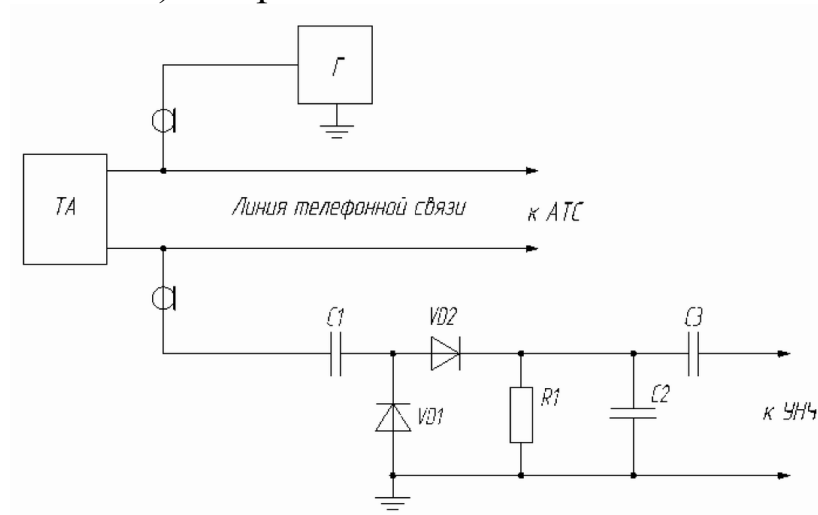


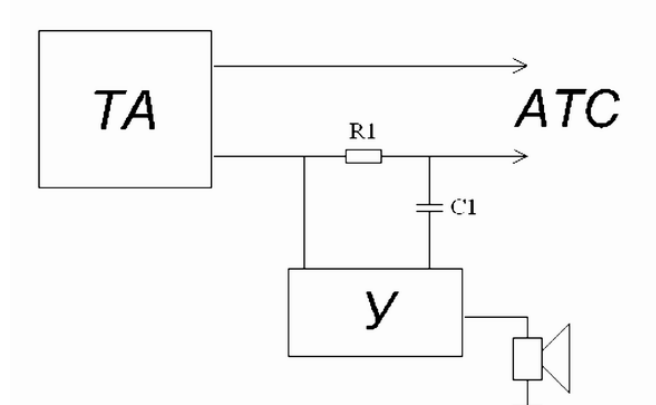
Рисунок 6.2 – Внешний вид лабораторного стенда.



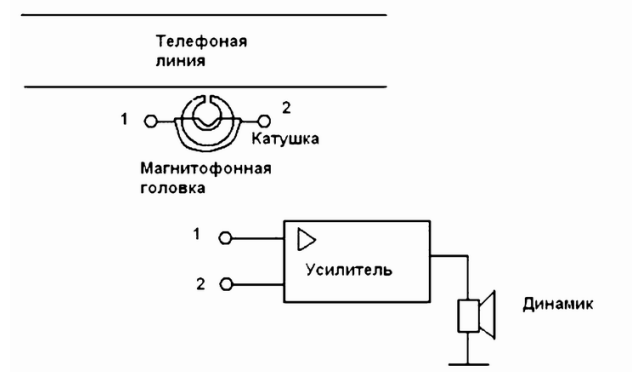
а) – параллельное подключение



б) схема высокочастотного навязывания



в) последовательное подключение



г) бесконтактная схема

Рисунок 6.3 – Способы подключения стенда к телефонной линии

*Структура методического пособия по лабораторным работам*

1. Цель работы;
2. Теоретический материал;
  - 1) Контактное подключение;
    - последовательное;
    - параллельное;
  - 2) Метод ВЧ-навязывания;
  - 3) Бесконтактное подключение;
3. Программа практической части работы;
4. Указания к выполнению работы;
5. Содержание отчёта;
6. Вопросы для самоконтроля.

*Оценка качества подслушиваемого разговора при разных видах подключения к телефонной линии*

Эксперименты	Последовательное подключение	Параллельное подключение	Метод ВЧ-навязывания	Бесконтактное подключение
Эксперимент 1	80%	90%	70%	50%
Эксперимент 2	100%	100%	80%	40%
Эксперимент 3	90%	100%	60%	50%
Итого	90%	100%	70%	50%

Рисунок 6.4 – Структура методического пособия.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была проведена значительная работа по исследованию рассматриваемого вопроса о методах подслушивания телефонных переговоров. Широкое использование в электронных телефонах интегральных микросхем обусловлено тем, что они меньше по размерам, дешевле и технологичнее, чем их электромеханические аналоги, а их надежность и долговечность их намного выше. Поэтому на сегодня ИС являются неотъемлемыми компонентами практически любого телефона, они улучшают его традиционные свойства и придают ему новые качества.

Были проанализированы аналоги разрабатываемого устройства и их характеристики, успешно разработана структурная, а затем и принципиальная схема усилителя звуковых частот, необходимая для полноценной работы стенда. Были рассчитаны значения элементов усилителя.

Значительную часть выпускной квалификационной работы занимает разработка и расчёт усилителя сигналов звуковых частот, который необходим для прослушивания разговора при малом уровне снимаемого сигнала. Сначала разработана его структурная схема, чтобы понять, из каких основных структурных элементов он будет состоять, описывается принцип работы и характеристики. Затем разработана и рассчитана принципиальная схема, после сборки которой усилитель можно использовать для усиления сигналов звуковой частоты.

Разработанное устройство работает с применением малых токов и напряжений, не выделяет вредных веществ, поэтому оно безопасно для человека и окружающей среды.

Разработанное устройство предполагается использовать в составе лабораторного стенда.

## Список используемой литературы

1. Активные RC-фильтры на операционных усилителях : [пер. с англ.] / под ред. Г.Н. Алексакова. – М., «Энергия», 1974.
2. AT89S8252 Primer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.shrubbery.net/~heas/willem/PDF/ATMEL%20Flash%20Microcontroller/8051-Architecture/Application%20Notes/AT89S8252%20Primer.pdf> (дата обращения: 27.05.2021)
3. AT89S8252 Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation [Электронный-ресурс]. URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/175000/ATMEL/AT89S8252.html> (дата обращения: 27.05.2021)
4. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. Пособие для приборостроит. Спец. Вузов. –М.: Высш. шк.1991.- 622 с.
5. ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила
6. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. –М: Высш. школа, 1982. -496 с.: ил.
7. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов : Учебное пособие / Л.Н. Горина, В.Е. Ульянова, М.И. Фесина. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 194 с.
8. Информационная безопасность: Учебник для студентов вузов / В.И. Ярочкин. – 2-е изд. – М.: Академический Проект, Гаудеамус, – 2004.
9. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл.; пер. с англ. под ред. М.В. Гальперина. – М.: Мир, 1986.
10. Масленников М.Ю. Справочник разработчика и конструктора РЭА. –М.: Радио и связь, 1988.-300с.: ил.
11. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: <https://yadi.sk/d/Fs->

12. Мощные полупроводниковые приборы : Диоды : Справочник / Б.А. Бородин, Б.В. Кондратьев, В.М. Ломакин; под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1985. – 400с.
13. Мощные полупроводниковые приборы : Транзисторы : Справочник / Б.А. Бородин, В.М. Ломакин, В.В. Мокряков и др.; под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1985. – 560 с.
14. Полупроводниковые приборы: Справочник / Гитцевич А.Б.-М.: Радио и связь, 1988.-528с.:ил.
15. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен.учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts\\_VInrE3Q/BKP\\_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.02.2021)
16. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts\\_VInrE3Q/BKP\\_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.02.2021)
17. Резисторы: Справочник / В.В. Дубровский, Д.М. Иванов, Н.Я. Пратусевич и др. Под ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова. -2-е изд., перераб. И доп. – М.: Радио и связь, 1991.-528 с.:ил.
18. Сидоров И.Н. Малогабаритные трансформаторы и дроссели : Справочник / И.Н. Сидоров, В.В. Мукосеев, А.А. Христинин. – М.: Радио и связь, 1985 – 416с.
19. Сидоров И.Н. и др. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник / И.Н. Сидоров, В.В. Мукосеев.-М.: Радио и связь, 1985. – 416с., ил.
20. Справочник по активным фильтрам : [пер. с англ.] / Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. – М.: Энергоатомиздат, 1983.



21. Электроника и нанoeлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. - Тольятти: ТГУ, 2019. - 41 с.
22. 9ts\_VInrE3Q/ВКР\_(Diplom) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.02.2021)
23. LM78XX / LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator [Электронныйресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/164/DOC001164647.pdf> (дата обращения: 17.05.2021)
24. S. A. Prasad, B. S. Kariyappa, R. Nagary, S. K. Thakur, Microcontroller Based AC Power Controller, Wireless Sensor Network, Vol. 1, Issue 2, Jul 2009, pp. 76-81.
25. ElectronicComponentsDatasheets [Электронный ресурс] URL: <http://www.datasheets.ru> (дата обращения: 17.02.2021)
26. Electrical resistance and conductance [Электронныйресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_resistance\\_and\\_conductance](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistance_and_conductance) (дата обращения: 17.05.2021)