



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

Энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной бакалаврской работы**

Студент Джафаров Р.А.

1. Тема «Стенд для изучения УКВ приемников и передатчиков»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 24.05.2017г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе учебная литература, периодические издания, интернет-ресурсы, отчетная документация
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Аннотация

Содержание

1. Состояние вопроса. Обзор конструкций учебных стендов
2. Цель работы. Выбор конструкции стенда
3. Выбор типов и параметров измерительной аппаратуры и источников питания
4. Выбор структуры стенда, разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника
5. Безопасность и экологичность проекта
6. Эффективность работы
7. Заключение.
8. Список литературы
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала 6 чертежей формата А1 – 1) Структурная схема передатчика и приёмника; 2) Электрическая принципиальная схема приёмника и передатчика; 3) Осциллограммы работы передатчика; 4) Осциллограммы работы приёмника; 5) Графики зависимости и избирательности приёмника; 6) Экономический лист
6. Консультанты по разделам \_\_\_\_\_
7. Дата выдачи задания «24» января 2017 г.

*Заказчик (указывается должность,  
место работы, ученая степень, ученое звание)*

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И О Фамилия)

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И О Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И О Фамилия)

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

Энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

**выполнения выпускной бакалаврской работы**

Студента Джафарова Р.А.

по теме «Стенд для изучения УКВ приемников и передатчиков»

| Наименование раздела работы   | Плановый срок выполнения | Фактический срок выполнения раздела | Отметка о выполнении | Подпись руководителя |
|---|--------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Получение задания на ВКР  | 24.01.2017               | 24.01.2017                          |                      |                      |
| Подготовка и утверждение предварительного плана работы                                    | 01.02.2017               | 01.02.2017                          |                      |                      |
| Подбор, изучение и анализ основных источников информации                                  | 18.02.2017               | 17.02.2017                          |                      |                      |
| Разработка первого, второго и третьего раздела работы                                     | 6.03.2017                | 02.03.2017                          |                      |                      |
| Корректировка первого, второго и третьего раздела по замечаниям руководителя              | 12.03.2017               | 10.03.2017                          |                      |                      |
| Разработка четвертого раздела работы  | 20.03.2017               | 17.03.2017                          |                      |                      |
| Корректировка четвертого раздела по замечаниям руководителя                               | 27.03.2017               | 24.03.2017                          |                      |                      |
| Разработка пятого раздела работы  | 01.04.2017               | 01.04.2017                          |                      |                      |
| Корректировка пятого раздела по замечаниям руководителя                                   | 08.04.2017               | 05.04.2017                          |                      |                      |
| Разработка шестого раздела работы   | 30.04.2017               | 28.04.2017                          |                      |                      |
| Корректировка шестого раздела по замечаниям руководителя                                  | 12.05.2017               | 12.05.2017                          |                      |                      |
| Разработка введения и заключения, уточнение плана работы, согласование состава приложений | 20.05.2017               | 18.05.2017                          |                      |                      |
| Представление ВКР научному руководителю   | 24.05.2017               | 20.05.2017                          |                      |                      |

**Руководитель выпускной квалификационной работы**

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И. О. Фамилия)

**Задание принял к исполнению**

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И. О. Фамилия)

## Аннотация

Объем 55 с., 17 рис., 3 табл.

В данной бакалаврской работе было предложено разработать проект стенда, для изучения студентами кафедры «Промышленная электроника» основ приёма и передачи информации по радиоканалу. В соответствии с заданием на бакалаврскую работу разработан проект стенда для изучения темы «Структура приёмно-передающих радиоустройств в диапазоне УКВ» на котором в последствии будут выполняться лабораторные работы. Данный стенд позволит расширить знания студентов кафедры в области радиоэлектроники.

Разработаны схемы приёмника и передатчика, испытаны, затем приведены результаты их макетирования. Спроектированы наборные поля стендов: передатчика и приёмника.

Приведены методические указания для проведения лабораторных работ по исследованию радиопередатчика и радиоприёмника.

Произведен расчет освещения в лаборатории, в которой планируется установить спроектированные стенды, а также проведено организационное и экономическое обоснование научно-исследовательской деятельности.

Бакалаврская работа состоит из расчетно-пояснительной записки (55с., 17 рисунков) и шести листов формата А1 графического материала.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение   | 6  |
| 1 Состояние вопроса. Обзор конструкций учебных стендов.  | 10 |
| 2 Цель работы. Выбор конструкции стенда.   | 13 |
| 3 Выбор типов и параметров измерительной аппаратуры и источников питания.  | 14 |
| 4 Выбор структуры стенда, разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника   | 15 |
| 4.1 Выбор структуры стенда.  | 15 |
| 4.2 Разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника.  | 15 |
| 4.3 Выбор устройств коммутации и проектирование стенда.  | 25 |
| 4.4 Разработка изучаемых устройств, расчет элементов, выбор типов и номиналов элементов.   | 28 |
| 4.5 Результаты исследования схем и устройств радиопередатчика и радиоприёмника.  | 28 |
| 4.6 Расчет потребляемых мощностей, тепловой расчет.  | 31 |
| 4.7 Методические указания для выполнения лабораторных работ с применением стенда.  | 31 |
| 4.7.1 Лабораторная работа «Настройка передатчика на рабочую частоту. Проверка стабильности несущей частоты от стабильности питающего напряжения».                  | 31 |
| 4.7.2 Лабораторная работа «Настройка входного контура приёмника и генератора промежуточной частоты на рабочую частоту. Измерение важнейших показателей приёмника». | 34 |
| 5 Безопасность и экологичность проекта.  | 40 |
| 5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций.   | 40 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2 Опасные и вредные производственные факторы.  | 42 |
| 5.3 Воздействие производственных факторов на организм человека.  | 43 |
| 5.4 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда.   | 46 |
| 5.5 Расчет искусственного освещения в помещении  | 47 |
| 5.6 Безопасность объекта при чрезвычайных и аварийных ситуациях  | 49 |
| 6 Эффективность работы.  | 51 |
| 6.1 Расчет затрат НИОКР на разработку и создание лабораторного стенда для изучения темы «Структура приёмно-передающих радиоустройств» в диапазоне УКВ. | 51 |
| 7 Заключение.  | 53 |
| 8 Список литературы  | 54 |

## Введение

Электроника это универсальное и эффективное средство решения различных проблем в таких областях, как сбор и преобразование информации, автоматическое и автоматизированное управление, выработка и преобразование энергии. Знания в этой области электроники с каждым годом становятся все более востребованы в различных профессиях.

Область применимости электроники очень быстро расширяется. На данный момент почти каждая сложная техническая система стала оснащаться электронными устройствами. Почти не осталось технологических процессов, управлять которыми можно было бы без использования электроники. Устройство электроники и ее функционал становятся все более разнообразными.

Обратим внимание на идеализированную систему управления некоторым объектом (рисунок 1). Электрические сигналы вырабатываются определенными датчиками, которые содержат информацию о контролируемых величинах. Эти сигналы сначала фильтруются, затем усиливаются, переводятся в цифровую форму при помощи АЦП (аналого-цифровых преобразователей) с последующей обработкой. Сигналы управления, которые формируются микропроцессором, преобразуются в аналоговую форму при помощи цифро-аналоговых преобразователей. После этого сигналы усиливаются и подаются непосредственно на силовые электронные устройства.

Вся эта система имеет электронные устройства, которые работают с аналоговыми сигналами, цифровыми сигналами и устройствами, которые преобразуют сигналы из аналоговой формы в цифровую и обратно.

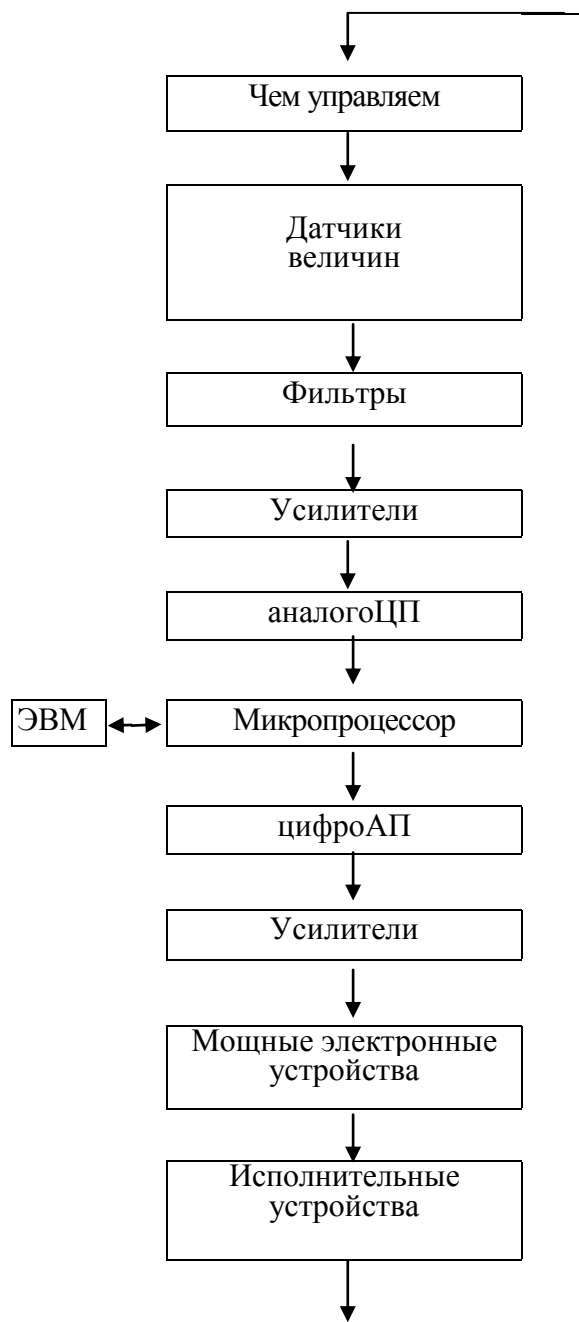


Рисунок 1 - Идеализированная система управления некоторым объектом.

На сегодняшний день наверное все имеют представление об электронных устройствах: телевизоры, калькуляторы, радиоприемники, магнитофоны – все они состоят в основном из электронных элементов. Их характеристики определяются, в первую очередь, характеристиками составляющих их элементов.



Роль электроники в наше время сильно возрастает в связи с большим применением микропроцессоров для обработки сигналов и полупроводниковых приборов для преобразования электрической энергии.

Революционные изменения в передаче, обработке, защите и использовании информации на сегодняшний день существенно влияют на все стороны жизни общества. Благодаря успехам в развитии радиоэлектроники, все это стало возможным.

В настоящее время радиосвязь представляет собой большое количество разнообразных технологических решений. Эти решения позволяют принимать и передавать различную информацию путем свободного распространения радиоволн в среде. Кроме привычного эфирного телевизионного и радиовещания используется целый ряд технологий, которые предназначены для установления стабильной связи между объектами, которые находятся в любой точке планеты (спутниковая связь, морская связь, специальная радиосвязь). Все современные средства связи, начиная от стационарной телефонии и заканчивая обменом информацией через сеть Интернет, не были бы изобретены без открытия основ радиосвязи. Благодаря постоянному развитию технологий передачи сигналов, появляются новые решения, которые обеспечивают надежную и качественную связь для частного, государственного и коммерческого использования во всех отраслях быта, науки и производства.

На сегодняшний день *радиоэлектроника* — общий термин который объединяет области науки и техники, связанный с передачей и преобразованием информации основываясь на радиочастотных электромагнитных колебаний и волн.

Главной задачей *радиотехники* является передача информации на расстоянии при помощи энергии электромагнитных колебаний. Радиотехника это наука, которая занимается изучение физических основ радиотехники.

Эволюция в радиотехнике связана с построением элементной базы и разработкой электронных элементов. Дальнейшая ее эволюция привела к образованию самостоятельному ответвлению науки - электроники.

*Электроника* — это наука о методах создания электронных и полупроводниковых приборов и устройств.

Разработка микросхем резко снизила массу и размеры радиотехнической аппаратуры. В связи с этим электроника разделилась на энергетическую и микроэлектронику.

*Микроэлектроника* - это раздел электроники, связанный с созданием интегральных схем — неделимых изделий, способных выполнить определенные функции по преобразованию и обработке сигналов и имеющих высокую плотность упаковки электрически соединённых элементов. Функциональные возможности современных больших аналоговых интегральных схем и цифровых микропроцессоров могут заменить в некоторых случаях целые блоки и устройства радиоэлектронной аппаратуры на одном кристалле. Кстати, сейчас многие методы, используемые в радиотехнике, рассматриваются с точки зрения применения их в микроэлектронике.

## 1. Состояние вопроса. Обзор конструкций учебных стендов.

В настоящее время существует несколько, различающихся по степени универсальности, конструкций лабораторных стендов. Как правило, стенды для изучения темы "Электроника" являются модулем, на лицевую сторону которого, выведены разъемы.

Учебно-лабораторные комплексы, позволяющие выполнять большое количество лабораторных работ, отличаются большими габаритными размерами и высокой стоимостью. К таким комплексам относится, например, лабораторный стенд "Электроника". Внешний вид стенда приведен на рисунке 2. Напряжение питания стенда 220В, 50Гц.; мощность, потребляемая стендом от сети не превышает 100 Вт; габариты стенда равняются: 1470x1320x600 мм; масса стенда не больше 60 кг. Конструкция стенда состоит из стола с жестко соединенной с ним лицевой панелью.

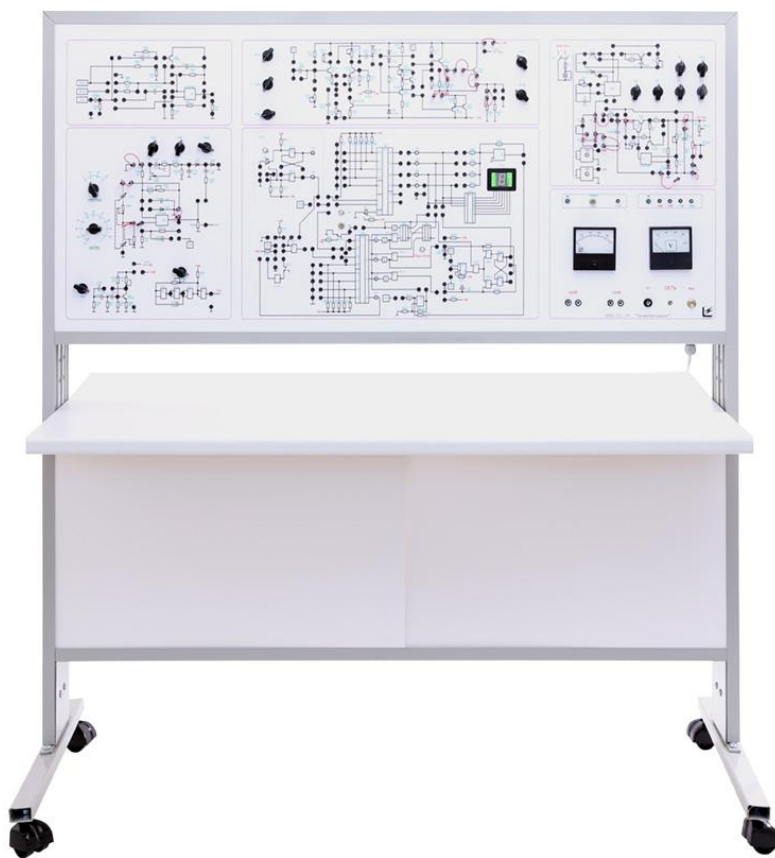


Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного стенда "Электроника"

Так же можно рассмотреть вариант другого универсального учебно-лабораторного комплекса, которым является лабораторный стенд 87Л-01 "ЛУЧ". Внешний вид стенда приведен на рисунке 3. Габаритные размеры стенда 965x450x190мм. Стенд содержит модули генераторов, измерительных приборов, блок монтажных полей (БМП) со сменными панелями, пенал оперативного набора со съемными элементами и соединительными проводами.

Модуль генераторов содержит:

- генератор прямоугольных импульсов;
- генератор звуковой частоты;
- генератор радиочастоты;
- блок питания и коммутации.

Модуль измерительных приборов содержит:

- ампервольтметр;
- ампервольтметр;
- милливольтметр;
- частотомер;
- измеритель выхода;
- осциллограф.

Монтажное поле предназначено для установки одной из выбранных сменных панелей и состоит из 2 параллельно соединенных гетинаксовых плат, на которых расположены контактные гнезда, электрически соединенные между собой по порядку. Этот блок соединен с корпусом стенда над блоком питания между приборными стойками. Каждое монтажное поле имеет штыри для точного ориентирования относительно него сменных панелей при установке их в рабочее положение. На фронтальных поверхностях сменных панелей изображены исследуемые электрические схемы. Каждая сменная панель устанавливается только на то монтажное поле, ориентирующие штыри которого совпадают с

отверстиями в ней. Правильность выбора рабочей стороны блока монтажных полей определяют также по маркировке сменной панели.

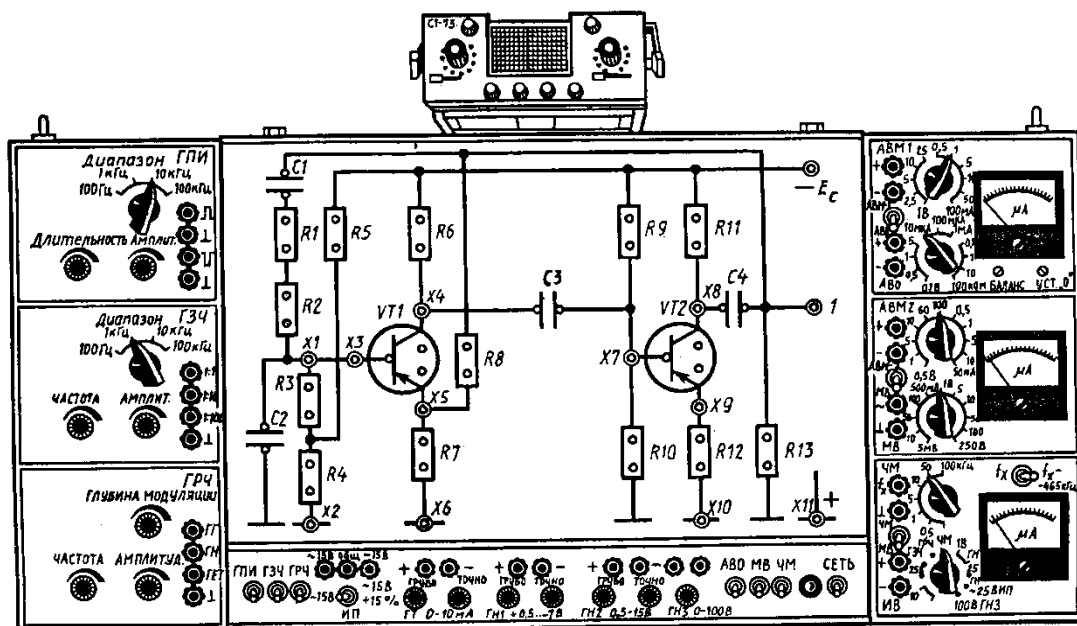


Рисунок 3 – Внешний вид лабораторного стенда 87Л-01 «ЛУЧ»

Большинство лабораторных стендов, используемых в процессе обучения на кафедре "Промышленная электроника", имеют на лицевой панели изображение исследуемой схемы. Это сильно упрощает выполнение лабораторной работы и остается лишь снять заданные характеристики готовой схемы.

Также недостатками универсальных стендов, рассчитанных на выполнение большого числа лабораторных работ, является их сложность и большие размеры; а недостатками стендов для небольшого числа лабораторных работ – узкая специализация и необходимость дополнительного использования измерительных приборов. Помимо того, при использовании лабораторных стендов в учебном процессе необходимо учитывать возможность одновременного обеспечения стендами наибольшего числа студентов, что затруднительно при использовании универсальных стендов, так как число выполняемых на одном занятии лабораторных работ ограничено.

## **2. Цель работы. Выбор конструкции стенда.**

Целью работы является разработка стенда для проведения лабораторных работ по изучению темы «Структура приёмно-передающих радиоустройств» в диапазоне УКВ», в частности, радиоприёмника и радиопередатчика. Габаритные размеры стенда не более 250x150x70 мм; напряжение питания +15В.

Так как количество выполняемых работ небольшое, а также имеется ограничение по габаритным размерам, рациональнее всего выбрать конструкцию, соответствующую технологии обучения "ЭЛИК". В этом случае питание стенда осуществляется от сетевого адаптера со стабилизацией выходного напряжения.

Коммутация осуществляется с помощью стандартных коммутационных элементов (провода со штекерами), расстояние между гнездами равно 10мм. Элементы изображены в соответствии с ГОСТ 2.702-2011 для наглядности и простоты сборки. Для регулировки величины сопротивления переменных резисторов и конденсаторов на лицевую панель выведены ручки регулирования положения двигателя. На стенде имеются выключатель и индикаторы питания.

### **3. Выбор параметров измерительной аппаратуры и подбор источников питания.**

Для изучения радиопередатчика и радиоприёмника необходимо измерять величину и форму входного и выходного напряжений, для чего требуются вольтметр и осциллограф, а также величину входного и выходного тока с помощью миллиамперметра. В составе дополнительного оборудования также необходим генератор сигналов специальной формы Г6-28. Осциллограф для проведения лабораторных работ может использоваться С1-83 или ему подобный.

В соответствии с заданием на бакалаврскую работу входное напряжение для радиопередатчика и радиоприёмника составляет 15В. В качестве источника питания будет использоваться источник питания постоянного тока Б5-44. Он имеет защиту от токовой перегрузки, размер которой можно варьировать в пределах 0-999 мА, с точностью 1мА, диапазон напряжений 0-30В или аналогичный ему. Но питание приёмника может осуществляться и от батареи типа «крона» или малогабаритного аккумулятора напряжением 9В.

## 4. Выбор структуры стенда, разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника.

### 4.1 Выбор структуры стенда.

Структура стенда будет представлять собой два основных, независимых друг от друга блока – приёмник и передатчик (рисунок 4), каждый со своей антенной, и источник питания передатчика. Питание приёмника, как уже говорилось ранее, осуществляется от портативного источника питания, и поэтому на рисунке его нет.

Низкочастотный сигнал, подаваемый с генератора, преобразовывается радиопередатчиком в высокочастотный (ВЧ) сигнал 27 МГц, и передаётся по радиоканалу радиоприёмнику. Полученный сигнал приёмник преобразует в сигнал низкой частоты той же частоты и формы, что и генератор.

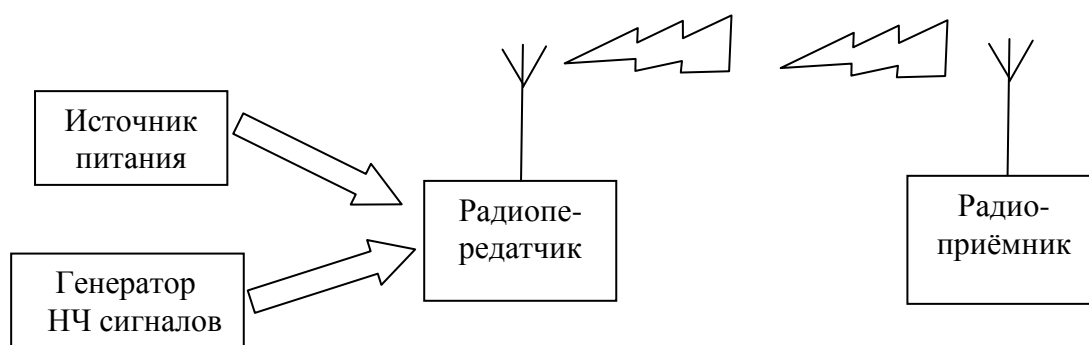


Рисунок 4 - Структурная схема стенда

### 4.2 Разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника.

Радиопередатчик с небольшой мощностью, порядка 0,5 Вт, можно построить следующим образом. Структурная схема радиопередатчика [1] приведена на рисунке 5. Сигнал с генератора через делитель подаётся на первый каскад, выполненный на транзисторе, он является предварительным усилителем модулирующего сигнала генератора. Затем, пройдя через фильтр, поступает на второй каскад – на транзисторе – который является



LC-генератором колебаний высокой (несущей) частоты, равной 27 МГц, а также смесителем несущей и модулирующей частоты. Схема электрическая принципиальная [2] изображена на рисунке 6.

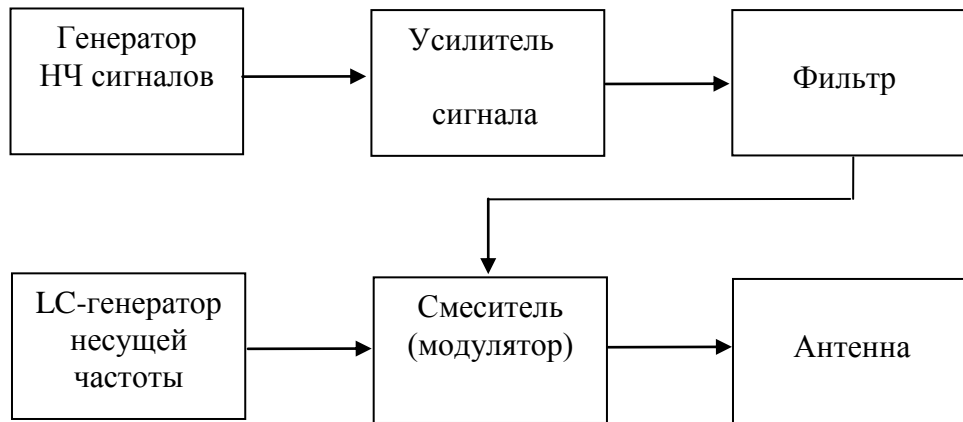


Рисунок 5 - Структурная схема радиопередатчика

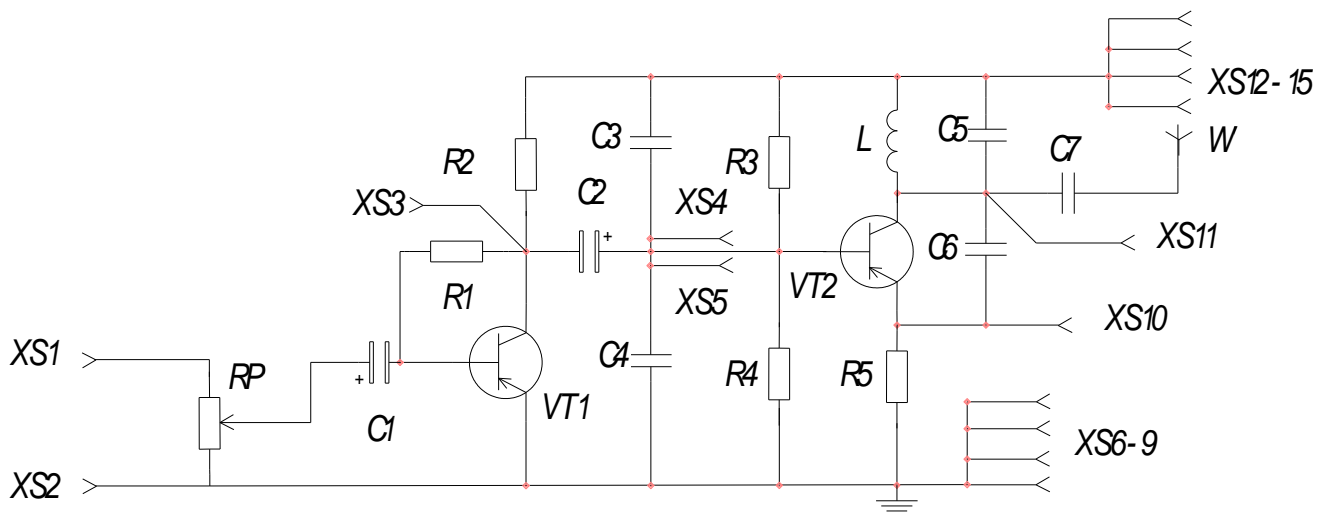


Рисунок 6 - Принципиальная электрическая схема радиопередатчика

Радиоприёмник может быть выполнен по двум основным вариантам:

- 1) Приёмник прямого усиления
- 2) Супергетеродинный приёмник

Термин «приемник прямого усиления» означает, что усиление сигнала производится на несущей частоте принимаемого радиосигнала, рисунок 7. У

приемника прямого усиления есть ряд недостатков. Поэтому, для обеспечения высокой избирательности увеличивается число высокочастотных резонансных контуров, из-за этого усложняется перестройка приемника по диапазону. По этой причине приемники прямого усиления находят ограниченное применение.

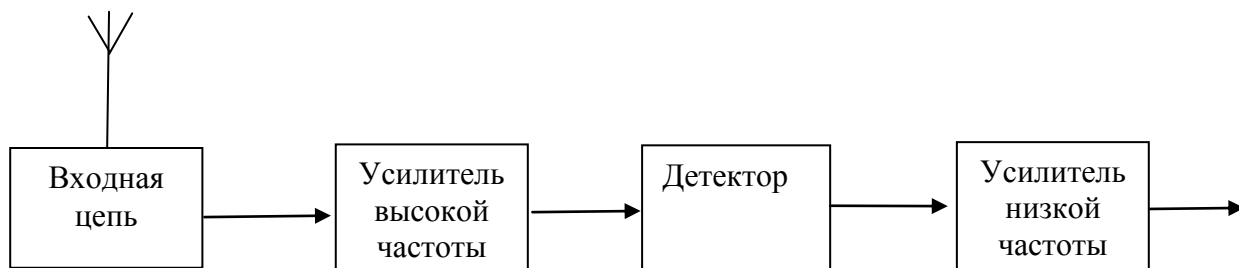


Рисунок 7 – Структурная схема приемника прямого усиления

Супергетеродинный приемник обеспечивает очень высокую избирательность во всех диапазонах волн, и равномерное усиление в высокочастотном тракте. Это достигается путем введения в главный тракт приемника (рисунок 8) преобразователя частоты, состоящего из смесителя частот, гетеродина ( $\Gamma$ ) и усилителя промежуточной частоты (УПЧ).

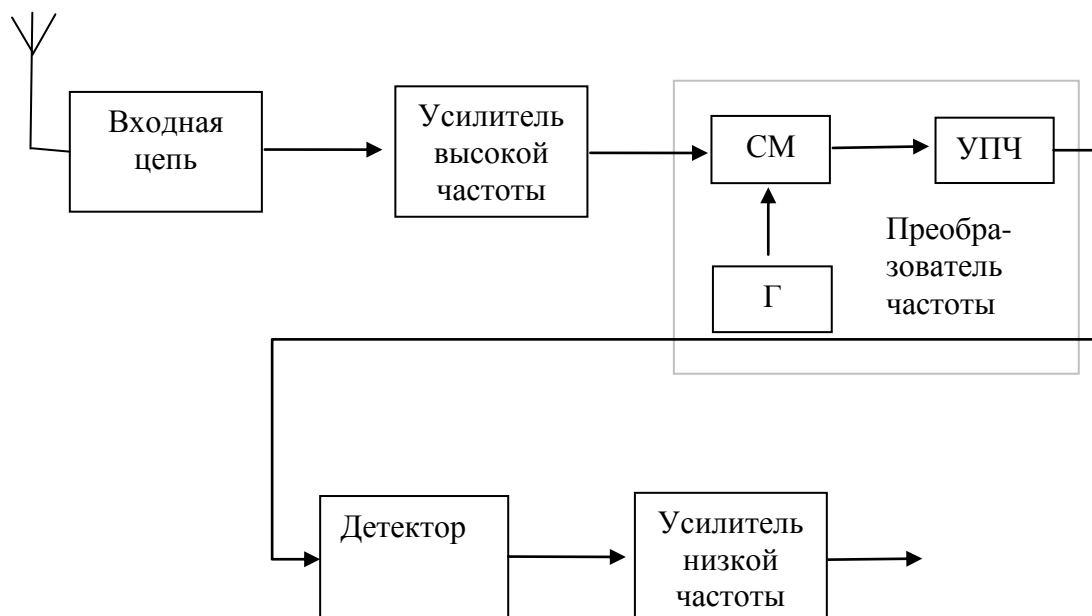


Рисунок 8 – Структурная схема супергетеродинного приемника

Подобрали компоненты для компоновки микросхемы до готового приёмника. Его схема электрическая принципиальная приведена на рисунке 9.

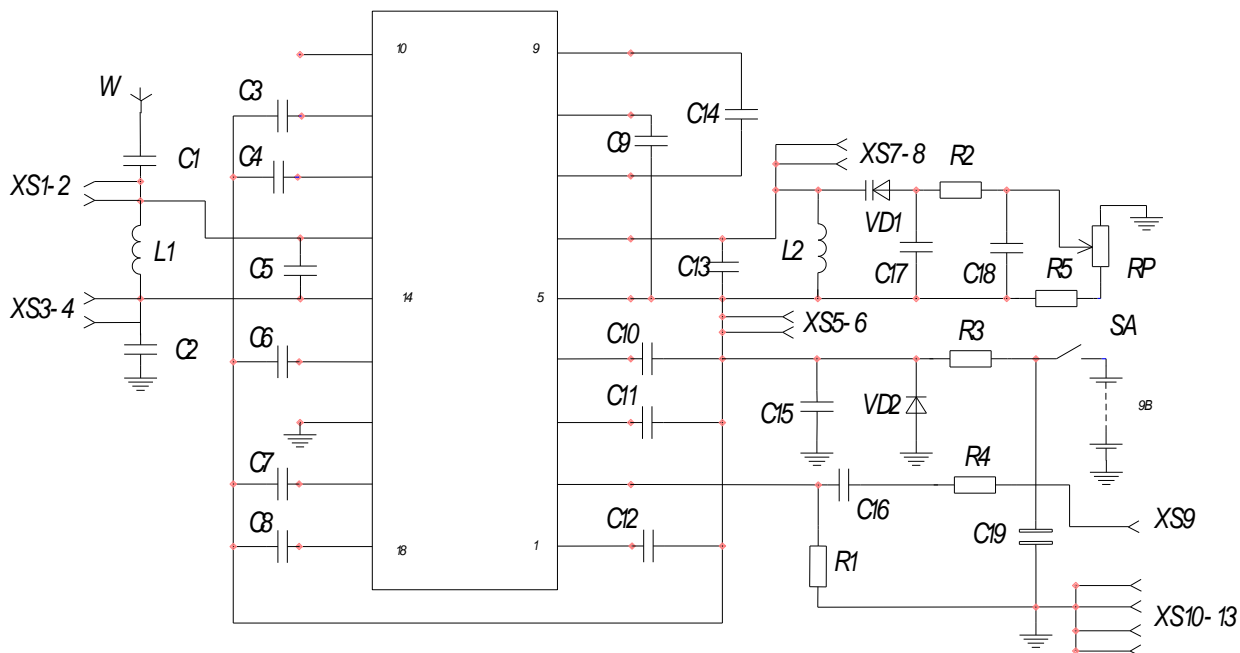


Рисунок 9 - Схема электрическая принципиальная приёмника

Рассмотрим принцип работы этого однокристалльного приемника. Он представляет собой супергетеродин с одним преобразованием частоты и очень низким (около 70 кГц) значением промежуточной частоты (ПЧ). Такое схемотехническое решение позволило отказаться от катушек индуктивности в тракте ПЧ, заменив их активными RC-фильтрами, и получить большое усиление при достаточной стабильности, повысить экономичность по питанию.

В результате оказалось возможным строить очень простые и миниатюрные УКВ приемники, которые могут размещаться в игрушках, калькуляторах и даже наручных часах.

Собственно сам принцип построения приемников с низкой ПЧ был известен задолго до описываемой разработки. В частности, в свое время

были запатентованы интересные схемотехнические решения таких устройств.

Это, однако, не уменьшает заслуги разработчиков микросхемы TDA7000, сумевших создать совершенно новое и действительно массовое изделие, на базе которого легко реализовать чм – ам –приемник.

Сигнал, примятый антенной WA1, выделяется входным контуром L1-C11-C13 и поступает на балансный смеситель микросхемы U1. Контур по диапазону не перестраивается и для его перекрытия должен иметь низкую добротность.

Для приема сигналов в диапазоне 88...108 МГц индуктивность катушки L1 должна составлять 130 нГн, Конденсатор C9 блокировочный. Напряжение смещения (+1,4 В) подается на транзисторы балансного смесителя через встроенные резисторы сопротивлением 700 Ом от внутреннего стабилизатора микросхемы. Эти же резисторы шунтируют входной контур, понижая его добротность.

На другой вход смесителя U1 подается сигнал гетеродина G1, частота которого отличается от частоты входного сигнала на величину ПЧ (около 70 кГц). Контур гетеродина образован внешней катушкой L2 (индуктивностью 50 нГн) и конденсаторами C10, C12. По диапазону гетеродин перестраивается конденсатором C10. Его максимальная емкость не должна превышать 20,...25 пФ. При большей емкости последовательно с этим конденсатором следует включить дополнительный «растягивающий» конденсатор, снижающий суммарную емкость до указанных пределов. В контур гетеродина входят также два встроенных варикапа, изменяющих в небольших пределах частоту гетеродина по сигналу, поступающему на них с выхода ЧМ детектора. Таким образом, реализуется АПЧ и отрицательная обратная связь по частоте (ОСЧ), о чем будет сказано ниже. При желании вместо конденсатора C5 для настройки приемника можно применить и внешние варикапы.

Главный недостаток приемников с низкой ПЧ — наличие зеркального канала приема, который из-за близости по частоте к основному не может быть подавлен входными контурами. Разработчики микросхемы обошли эту проблему следующим образом. Во избежание взаимных помех и у нас (в диапазонах 65,8...74 кГц. и 97...108 МГц), и на Западе (в диапазоне 88,.. 108 МГц) стараются выдержать довольно большой интервал частот между радиостанциями (300...500 кГц). Тогда при ПЧ, равной 70 кГц, и при настройке основного канала на частоту радиостанции зеркальный канал, отстоящий от основного на 140 кГц, попадает как раз в промежуток между частотами радиостанций и помех от них в этом канале не наблюдается. Разумеется, шум, индустриальные и им подобные помехи принимаются по зеркальному каналу ничуть не хуже, чем по основному, и с этим недостатком приемников с низкой ПЧ, к сожалению, приходится мириться.

Сигнал ПЧ с выхода смесителя селектируется тремя разными фильтрами. Первый представляет собой активный ФНЧ Саллена-Ки и выполнен на усилителе с единичным усилением А1, внешних конденсаторах С15, С16 и встроенных резисторах, сопротивлением 2,2 кОм. Это фильтр второго порядка со спадом АЧХ 12 дБ/на октаву при повышении частоты относительно частоты среза, равной 94 кГц. Добротность его  $Q=2,1$ , т. е. АЧХ фильтра имеет некоторый подъем на частотах перед частотой среза.

Второй фильтр — активный полосовой первого порядка. Его функции выполняет усилитель А2. Нижняя граничная частота полосы пропускания фильтра 10,3 кГц определяется встроенным резистором сопротивлением 4,7 кОм и внешним конденсатором С17, а верхняя 103 кГц — вторым встроенным резистором сопротивлением 4,7 кОм и внешним конденсатором С18. И, наконец, третий фильтр — это пассивный ФНЧ, образованный внутренним резистором сопротивлением 12 кОм и внешним конденсатором С14. Его частота среза выбрана равной 88,4 кГц. АЧХ пассивного фильтра имеет плавный спад вблизи частоты его среза, который

компенсирует подъем, имеющийся на АЧХ первого фильтра. Суммарная АЧХ всех трех фильтров имеет вид кривой с плоской вершиной и достаточно крутыми спадами.

Смеситель усиливает сигнал лишь незначительно. Основное усиление обеспечивается усилителем А2 и усилителем-ограничителем А3 тракта ПЧ. Подключенный к усилителю А3 конденсатор С7 выполняет функции блокировочного. Общее усиление микросхемы таково, что позволяет получить предельную чувствительность приемника около 1,5 мкВ. Ограничение сигнала в тракте ПЧ начинается при уровне входного сигнала 2...3 мкВ. Выходной же сигнал остается неизменным до уровня 200 мВ.

Усиленный и ограниченный сигнал ПЧ поступает на ЧМ демодулятор. Обычно в ЧМ приемниках с низкой ПЧ используют счетный детектор, выходное напряжение которого пропорционально частоте импульсов постоянной амплитуды и длительности, сформированных из сигнала ПЧ. Такие детекторы обладают высокой линейностью, но их выходное напряжение однополярно, что не позволяет построить эффективную систему АПЧ.

Разработчики микросхемы применили ЧМ модулятор, состоящий из активного фазовращателя А4 с внешним конденсатором С4 и первомножителя У2. Фазовращатель имеет единичное усиление. Его фазовый сдвиг равен 0° на низких частотах, 90° на частоте 70 кГц и при дальнейшем увеличении частоты приближается к 180°. Сигналы с входа и выхода фазовращателя подаются на перемножитель У2. При номинальном значении ПЧ модуляций отсутствует и выходное напряжение перемножителя, а следовательно, и всего демодулятора равно нулю, поскольку входные сигналы перемножителя квадратурны.

При модуляции, когда частота сигнала становится меньше ПЧ, сдвиг фаз уменьшается, входные сигналы приближаются к синфазным и на выходе появляется положительное демодулированное напряжение. При

частоте сигнала большей ПЧ сдвиг фаз увеличивается, входные сигналы приближаются к противофазным и выходное напряжение становится отрицательным. Таким образом, формируется типичная для ЧМ детекторов S-образная дискриминационная характеристика.

Описанный квадратурный демодулятор с RC-фазовращателем имеет неплохую линейность и стабильный "нуль" дискриминационной кривой, частота которого определяется емкостью внешнего конденсатора С4.

С выхода демодулятора через буферные усилители А6-А8 и ключевое устройство бесшумной настройки (БШН) U4 звуковой сигнал подается на выход микросхемы (вывод 2). Внутренний выходной транзистор тракта ЗЧ микросхемы работает в режиме генератора тока, поэтому во избежание искажений внешнее сопротивление его нагрузки R1 не должно превышать 22 кОм. Цепь R1C3 корректирует предискажения, вводимые в ЧМ сигнал при передаче.

Очень оригинально решена в приемнике система подавления шумов и ложных настроек (БШН). В нее входят фазовращатель, собранный на усилителе А5 с соответствующими встроенными резисторами и внешним конденсатором С1, и перемножитель U3. На последний подаются сигналы с входа и выхода цепи фазовращателей А4, А5. При номинальном значении ПЧ общий фазовый сдвиг составляет  $2 \times 90^\circ = 180^\circ$ , сигналы на входах перемножителя U3 противофазны, а его выходное напряжение отрицательно и максимально. Ключевое устройство U4 при этом открывает тракт ЗЧ. При отклонении ПЧ вниз или вверх от номинального значения фазовый сдвиг на входах перемножителя U3 приближается к 90 или 180° (сигналы становятся квадратурными), выходное напряжение коррелятора (так называется данное устройство в соответствии с принципом его работы) стремится к нулю и тракт ЗЧ закрывается. При еще больших расстройках выходное напряжение коррелятора становится положительным, но тракт ЗЧ будет по-прежнему закрыт.

В микросхеме TDA7000 есть еще один оригинальный элемент - встроенный генератор шума G2. Этот генератор имитирует шум эфира и подключается к тракту ЗЧ, когда устройство БШН отключает от него выход демодулятора.

Если бы этого не было сделано, то при отсутствии сигнала приемник полностью "безмолвствовал", что для радиослушателя непривычно. Громкость шума регулируется подбором емкости подключенной к выводу 3 микросхемы конденсатора С5. При отключении конденсатора выключается и генератор шума, тогда БШН становится, действительно, бесшумной.

Следующей проблемой, которую приходится решать в ЧМ приемниках с низкой ПЧ, являются искажения сигнала из-за фазочастотной нелинейности тракта ПЧ, особенно проявляющейся при большой относительной девиации частоты. Действительно, девиация  $\pm 75$  кГц, принятая в «верхнем» диапазоне УКВ вещания, при среднем значении ПЧ 70 кГц представляется чрезмерной. Уменьшение искажений при одновременном устранении зеркальной настройки достигается введением отрицательной обратной связи по частоте (ОСЧ), как бы "размодулирующей" сигнал и уменьшающей девиацию частоты в тракте ПЧ.

В цепь ОСЧ входит фильтр, образованный встроенным резистором 13,6 кОм и внешним конденсатором С6, усилитель-ограничитель А9 и варикапы, включенные в контур гетеродина. Если приемник настроен точно на основной канал (рисунок 4.8) и частота сигнала вследствие модуляции увеличилась, на выходе демодулятора появляется отрицательное напряжение, которое, воздействуя на варикапы, увеличивает также частоту гетеродина, в результате чего остаточное отклонение частоты в тракте ПЧ уменьшается с 75 кГц (максимальное значение) до 15 кГц. Иными словами, здесь реализуется рекомендованный разработчиками коэффициент "размодуляции", равный 5.



Коэффициент нелинейных искажений, демодулированного звукового сигнала по третьей гармонике в результате действия ОСЧ не превосходит 0,7 % при стандартизованной для измерений девиации частоты  $\pm 22,5$  кГц и возрастает до 2,3 % при полной девиации  $\pm 75$  кГц. Одновременно с "размодуляцией" сигнала реализуется и автоматическая подстройка частоты (АПЧ) гетеродина; при неточной настройке цепь ОСЧ частично компенсирует расстройку, улучшая прием. Полоса удержания АПЧ лимитируется усилителем-ограничителем А9 в пределах не более нескольких сотен килогерц.

Если на частотах основной настройки ( $f_1 \dots f_2$ ) действует отрицательная ОСЧ, то на частотах зеркальной настройки ( $-f_1, \dots, -f_2$ ) направление наклона дискриминационной кривой меняется и отрицательная ОСЧ превращается в положительную. В итоге приемник будет не "удерживать" частоту станции, а как бы "сталкиваться" с нее. Таким образом, при плавной перестройке гетеродин приемника будет захватываться на частотах основной настройки, и "перепрыгивать" частоты зеркальной настройки, не задерживаясь на них, В результате устраняется возможность зеркальной настройки на радиостанции.

Индуктивность катушки индуктивности рассчитали исходя из формулы:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (4.1)$$

где  $f$  – рабочая частота LC-контура Гц, L- индуктивность катушки, C- ёмкость конденсатора.

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot C \cdot f^2} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 6,8 \cdot 10^{-12} \cdot (27 \cdot 10^6)^2} = 5,109 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \quad (4.2)$$

Для основания печатной платы выбран [4] фольгированный электротехнический гетинакс марки Вв, толщиной 1,5 мм, ГОСТ Р 53429-2009.

Таблица 4.1- Параметры монтажной платы.

| Марка | Электрические параметры основания для монтажа |                     |  |  |
|-------|---|---------------------|--|--|
|       | Толщина основания d, мм                       | Толщина фольги, мкм | Максимальная плотность тока J, А/мм <sup>2</sup> | Объемное удельное сопротивление ρ, Ом/см |
| Вв    | 1.5   | 35                  | 4  | 1·10 <sup>10</sup>                       |

Вид печатных плат приёмника и передатчика представлен на рисунке 10.

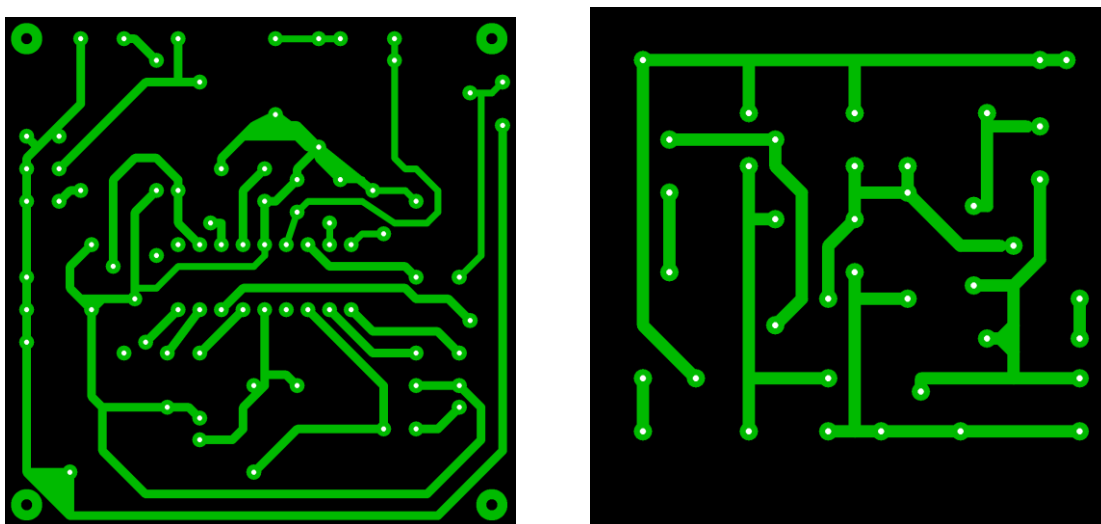


Рисунок 10 - Вид печатных плат приёмника и передатчика

#### 4.3 Выбор устройств коммутации и проектирование стенда.

Для коммутации стенда с внешними приборами: источником питания, генератором сигналов и осциллографом потребуются разъёмы (1-контактные розетки и вилки). Выбираем разъём «мама» HFDD 1.25-185/5 и разъём «папа» HNDD 1.25-185/5. Для включения и выключения питания приёмника используем выключатель нормально разомкнутый типа PSW-4016.

Наборное поле стенда должно быть наглядным, практичным и удобным для выполнения лабораторных работ. На лицевую панель нанесена схема электрическая принципиальная, в соответствии с которой на панели закреплены разъёмы для подключения приборов и внешних элементов

схемы, переменные резисторы и выключатели. Вид передней панели блоков стенда показан на рисунках 11 и 12.

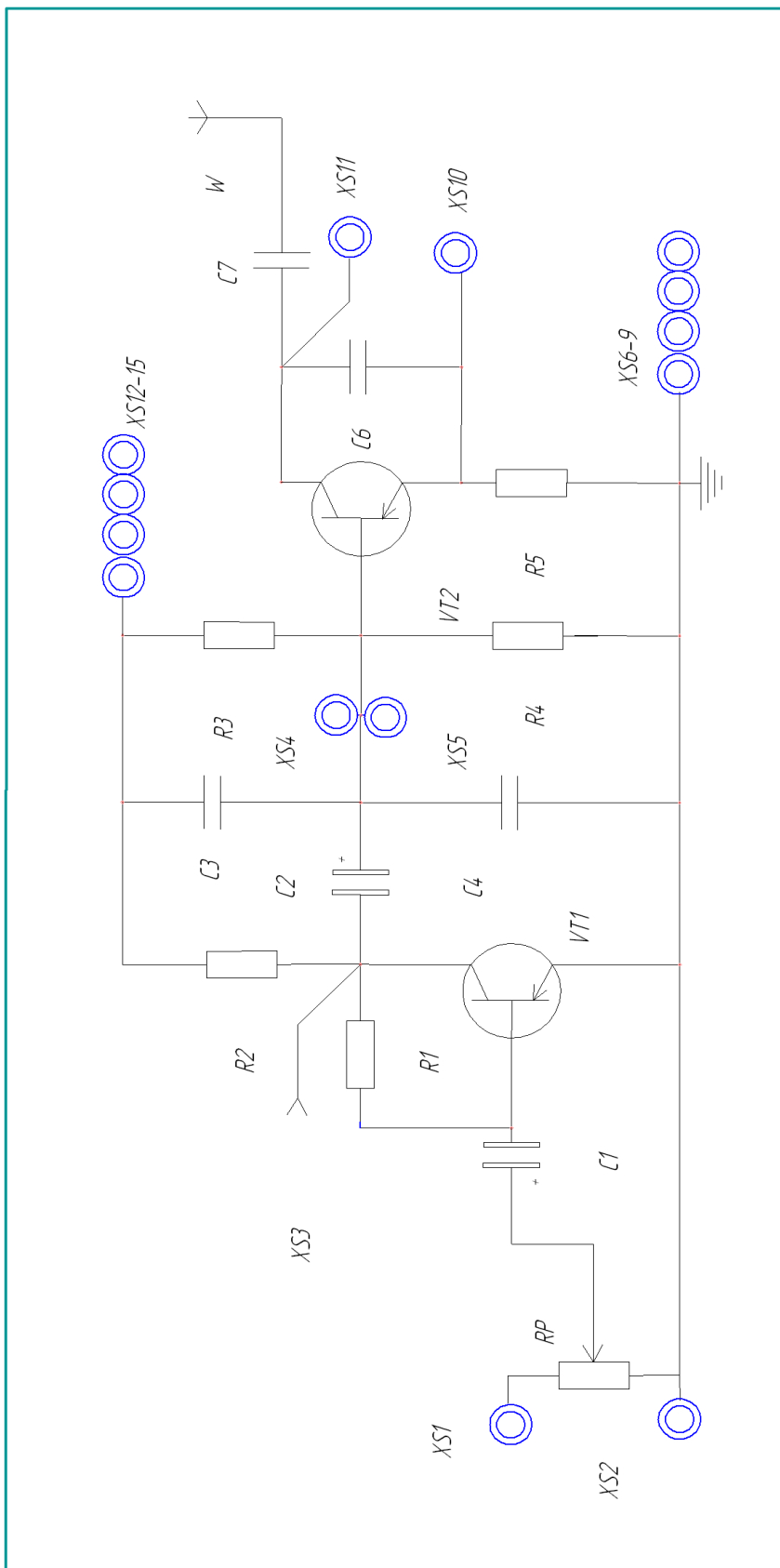


Рисунок 11 – Передняя панель блоков стенда

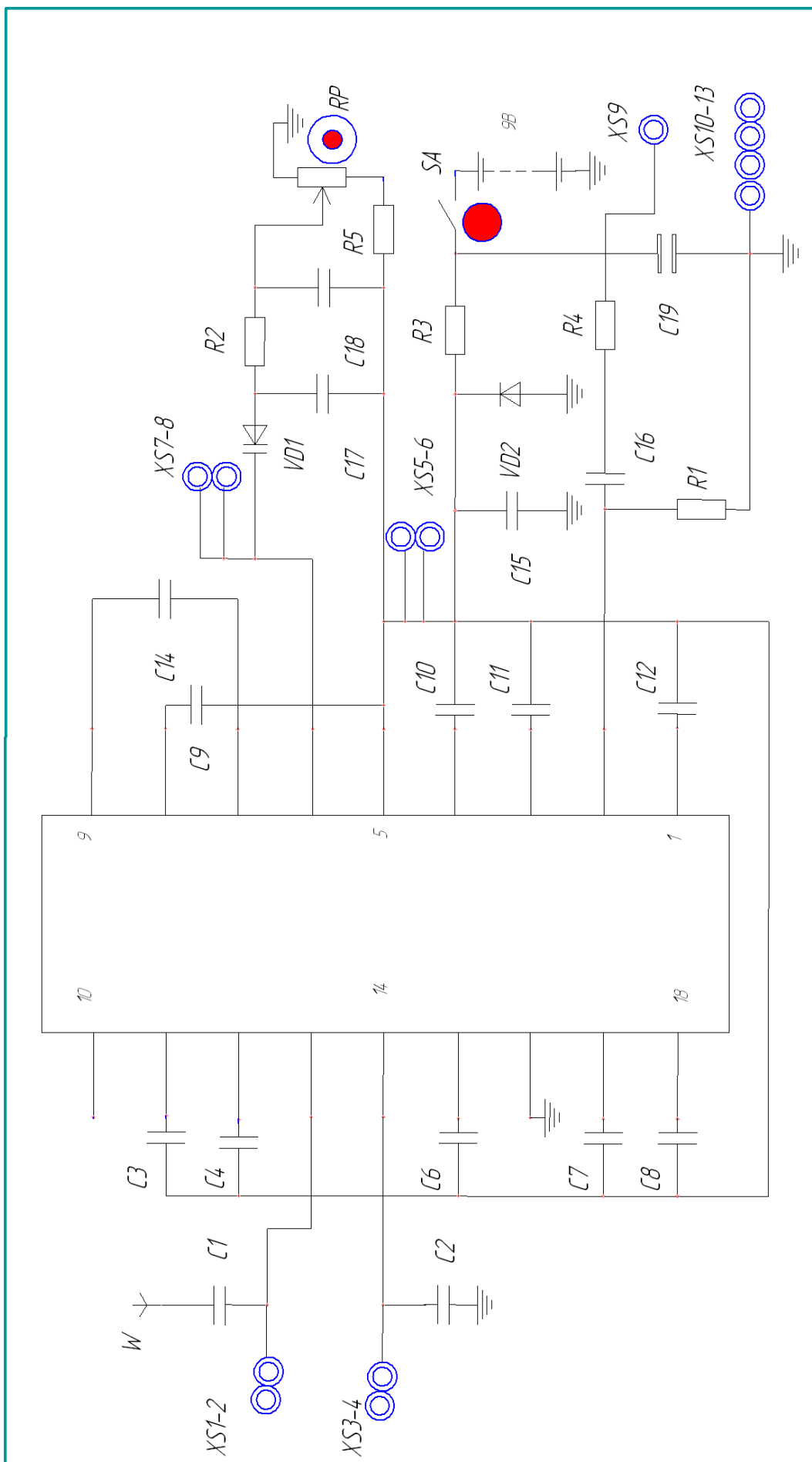


Рисунок 12 – Передняя панель блоков стенда

#### **4.4 Разработка Электронных схем, расчет элементов и выбор номиналов.**

Лабораторный комплекс по изучению темы «Структура приёмно-передающих радиоустройств в диапазоне УКВ» в соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 1.4, позволяет изучать все перечисленные блоки радиоустройств. Таким образом, в курсе лабораторных работ будут рассмотрены: LC-генераторы несущей частоты, смесители, генераторы промежуточной частоты, детекторы и фильтры.

Для передатчика и приёмника выбрали потенциометр марки S20K20- 22кОм. Переменный конденсатор для настройки приёмника взяли МСС - NPO-20в -51пф. Остальные элементы указаны в спецификациях к приёмнику и передатчику.

#### **4.5 Результаты исследования схем и устройств радиопередатчика и радиоприёмника.**

При помощи программы Mathcad, по полученным параметрам, симитировали снятие осциллограммы с передатчика при частоте 27 МГц, которая изображена на рисунке 13 а. Затем симитировали подачу на вход передатчика модулирующего сигнала частотой 1 кГц, рисунок 13 б. После этого сняли амплитудно – и частотно - модулированный сигнал с выхода передатчика представленный на рисунках 13 в и 13 г. Проведя аналогичные действия с приёмником получили осциллограммы его работы, представленные на рисунке 14.

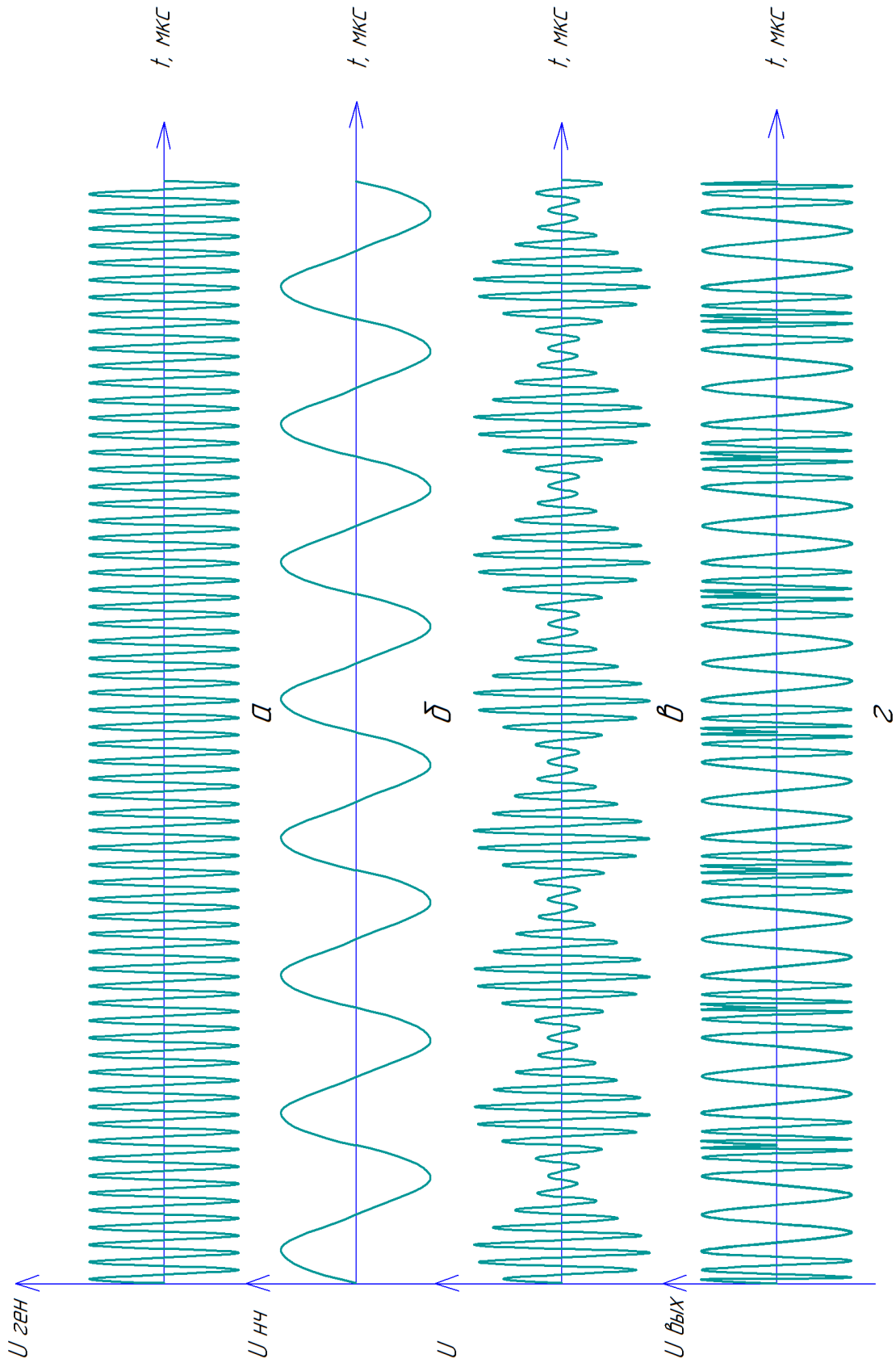


Рисунок 13 – Осциллограммы работы передатчика

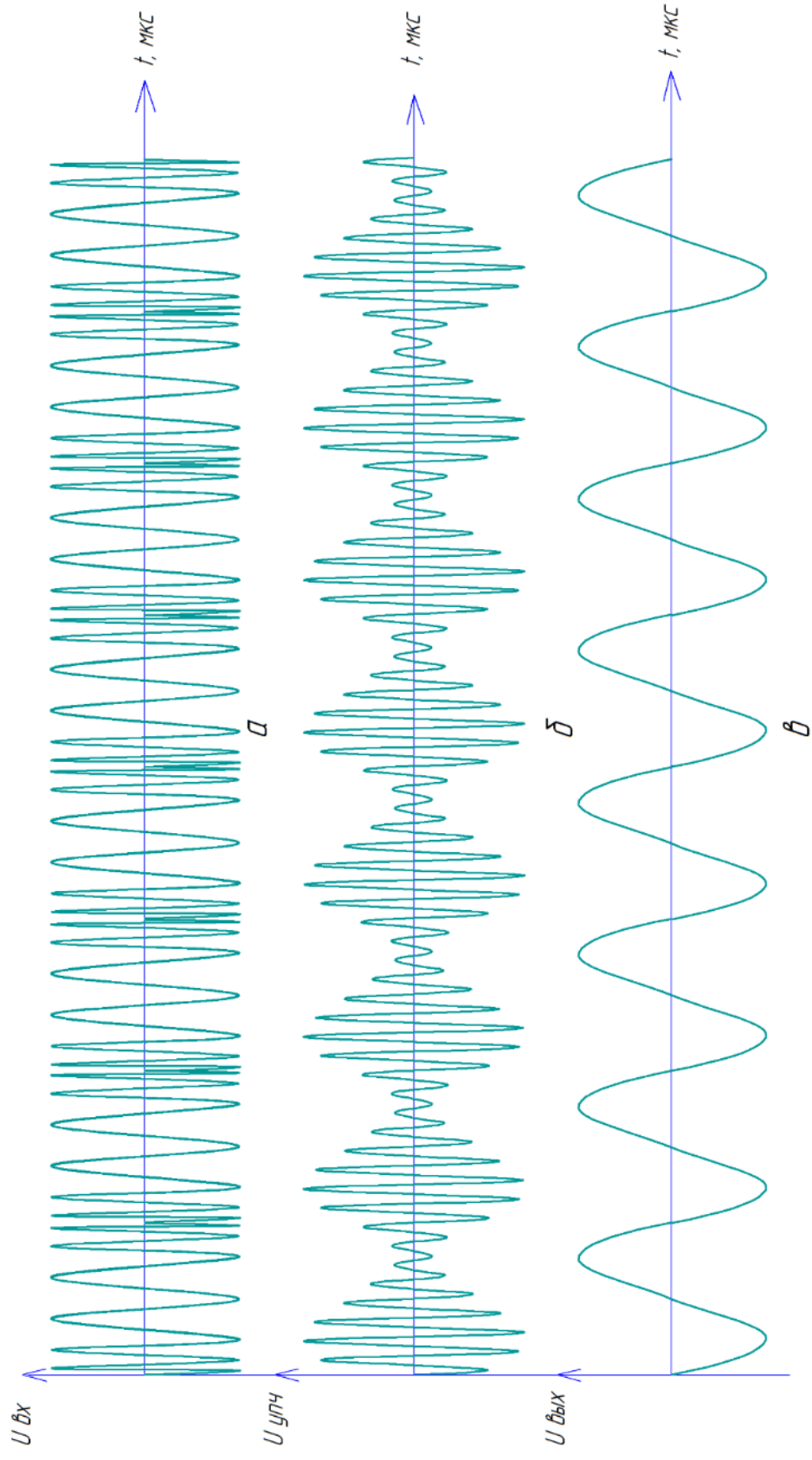


Рисунок 14 – Осциллограммы работы приёмника

#### **4.6 Расчет потребляемых мощностей, тепловой расчет.**

Максимальная мощность рассеиваемая транзистором Т1 передатчика не должна превышать 0,5Вт. Следовательно, по закону Ома максимальный ток не должен превышать:

$$I=P/U=0,5/9=0,0555A;$$

а транзистора Т2:

$$I=P/U=3,7/9=0,4A.$$

Следовательно суммарный ток потребляемый передатчиком не должен превышать значения 450 мА. Для надёжной работы и предотвращения теплового пробоя передатчика его следует ограничить 300 мА.

#### **4.7 Методические указания для выполнения лабораторных работ с применением стенда.**

##### **4.7.1 Лабораторная работа «Настройка передатчика на рабочую частоту. Проверка стабильности несущей частоты от стабильности питающего напряжения».**

###### Цель работы:

Изучение принципов работы радиопередающих устройств.

###### Краткие теоретические сведения:

В радиопередатчике энергия постоянного тока или переменного тока промышленной частоты (50 Гц) преобразуется в энергию токов высокой частоты, которая с помощью антенны излучается в пространство в виде электромагнитных волн.

Токи высокой частоты создаются (генерируются) с помощью ламповых или транзисторных генераторов, которые являются преобразователями электрической энергии постоянного тока в электрическую



энергию переменного тока. Основными деталями генераторов являются электронные лампы или транзисторы и колебательные контуры. Мощности генераторов могут быть от долей ватта до тысяч киловатт.

На рисунке. 4.2 изображена структурная схема радиопередатчика. В нее входят следующие элементы: задающий генератор (возбудитель), который служит для генерирования токов высокой частоты; усилитель мощности, предназначенный для усиления генерируемых задающим генератором колебаний (получения заданной мощности высокой частоты); антенное устройство, предназначенное для излучения радиоволн; устройство, управляющее колебаниями высокой частоты (манипулятор, например, телеграфный ключ — при передаче телеграфных знаков, модулятор при передаче речи или музыки); источники питания.

Основные электрические показатели, характеризующие передатчик, следующие:

диапазон волн, в пределах которого должен работать передатчик (и зависимости от его назначения); мощность передатчика — мощность колебаний в антенне, от которой зависит дальность и надежность радиосвязи;

коэффициент полезного действия  $\eta$  — отношение мощности передатчика ( $P_{\text{ант}}$ ) ко всей потребляемой мощности от источников питания ( $P_{\text{потр}}$ ) [5]:

$$\eta = \frac{P_{\text{ант}}}{P_{\text{потр}}} \quad (4.7.1.1)$$

стабильность и точность установки частоты, определяющие в значительной мере надежность связи;

отсутствие заметных искажений при передаче сигнала.

В передатчиках используются транзисторные или ламповые генераторы с самовозбуждением, в которых высокочастотные колебания генерируются автоматически (без всякого воздействия со стороны), и генераторы с независимым (посторонним) возбуждением, в которых генерирование колебаний высокой частоты происходит в результате воздействия постороннего возбудителя (генератора с самовозбуждением).

Частота колебаний генератора с самовозбуждением зависит от индуктивности и ёмкости его колебательного контура и определяется по формуле[5]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}} \quad (4.7.1.2)$$

где  $f_0$  - частота собственных колебаний контура;

$L_k$  - индуктивность контура;

$C_k$  - ёмкость контура.

#### Программа работы:

а) Рассчитать параметры LC – контура по формуле 4.7.1.2, а также параметры катушки индуктивности [5];

б) собрать схему передатчика, настроить его на частоту 27 МГц;

в) построить зависимость  $f_{нес} = F(U_{пит})$ ;

г) установить диапазон рабочих частот передатчика.

Описание лабораторной установки:

Изображение наборного поля лабораторного стенда приведено на рисунке 4.12. Объектом исследования является радиопередатчик, в частности LC-генератор несущей частоты.

#### Указания по выполнению лабораторной работы:

*Все переключения в схеме производить только при отключенном питании стенда. Перед включением питания правильность сборки схемы должна быть проверена преподавателем. Ручки регулирования переменных резисторов должны быть установлены в крайнее левое положение (против часовой стрелки).*

Питание исследуемой схемы осуществляется от лабораторного источника питания. Собранный LC – контур подключают к клеммам XS11и XS12, питание подаётся на клеммы: + на XS6-9 а – на XS12-15. Осциллограф подключают к клеммам XS11и XS6-9. Плавно вращая рукоятку подстроечного конденсатора настроить гетеродин на рабочую

частоту 27МГц, полученную синусоиду зарисовать в отчёт. Выключить питание стенда.

Для снятия зависимости  $f_{нес} = F(U_{пит})$  необходимо установить минимальное напряжение питания 3В. Затем, плавно повышая его до 12В, наблюдать за изменением частоты сигнала на выходе передатчика. Полученные результаты оформить в виде графика. Выключить питание стенда.

Для определения рабочей полосы частот необходимо вывернуть рукоятку подстроечного конденсатора в крайнее левое положение, что будет соответствовать максимальной ёмкости подстроечного конденсатора С5 LC-контра. Включить стенд, зафиксировать минимальную рабочую частоту передатчика. Затем, повернув ручку в крайнее правое положение зафиксировать максимальную рабочую частоту. Выключить питание стенда.

#### Содержание отчета по лабораторной работе:

- цель и программа работы;
- структурная схема лабораторной установки и принципиальная схема исследуемого передатчика;
- результаты измерений, оформленные в виде графиков, осциллограммы;
- анализ результатов, оформленный в виде кратких выводов.

### **4.7.2 Лабораторная работа «Настройка входного контура приёмника и генератора промежуточной частоты на рабочую частоту. Измерение важнейших показателей приёмника».**

#### Цель работы:

Изучение принципов работы радиоприёмных устройств, а также достижение понимания основных процессов, происходящих при обработке входного сигнала.

### Теоретические сведения:

Радиоволны, излучаемые антеннами радиопередатчиков, распространяются в пространстве, пересекают встречающиеся на их пути приемные антенны и наводят в них переменные ЭДС. По фидеру (или непосредственно) ток из антенны поступает в приемник. Так как в приемной антенне наводится очень небольшая ЭДС (миллионные доли вольта), то в приемнике сигналы, на частоту которых он настроен, необходимо усилить. Затем в приемнике происходит процесс, обратный модуляции, — детектирование.

Детектирование — это преобразование модулированных колебаний высокой частоты в колебания с частотой модуляции (например, в колебания звуковой частоты при радиотелефонном приеме).

Детектирование осуществляется с помощью устройства, которое пропускает ток только в одном направлении. Это устройство называется детектором. Электрические колебания, которые подводятся к детектору, превращаются в ряд импульсов тока одного направления. Если амплитуда детектируемых колебаний не изменяется, постоянная составляющая этих импульсов имеет неизменную величину. Если же детектируются модулированные колебания, то амплитуда импульсов (а значит, и постоянная составляющая этих импульсов) соответственно изменяется, т. е. возникает переменная составляющая тока, повторяющая изменения амплитуды подводимых колебаний. Таким образом, в составе тока детектора получаются постоянная составляющая и колебания с частотой модуляции, которые подвергаются после детектирования дополнительному усилению и подаются на воспроизводящее устройство (телефон или громкоговоритель), преобразующее подводимый ток в звуковые колебания.

Для приема немодулированных телеграфных сигналов в приемнике применяют гетеродин — маломощный генератор, создающий колебания с постоянной частотой. Эта частота отличается от частоты колебаний сигналов

или промежуточной частоты (фиксированных по частоте колебаний, получаемых после преобразования частоты принимаемых сигналов) примерно на 1000 Гц в большую или меньшую сторону. Колебания от гетеродина подаются на детектор. От их сложения с колебаниями сигнала образуются биения с разностной частотой 1000 Гц, которые после детектирования дают колебания низкой частоты 1000 Гц.

#### Параметры радиоприемника:

Важнейшими параметрами радиоприемника, характеризующими его качество, являются избирательность, чувствительность, выходная номинальная мощность и качество воспроизведения сигнала.

*Избирательность радиоприемника* — его способность выделять из всех различных по частоте сигналов только те, на частоту которых он настроен. Требуемая избирательность достигается путем усиления в приемнике принятого сигнала в пределах узкой полосы частот (полосы пропускания приемника) и ослабления во много раз сигналов тех мешающих станций, которые работают на частоте, близкой к принимаемой. Для этого в высокочастотной части приемника (входной цепи, УВЧ и УПЧ) используются резонансные свойства колебательных контуров. Графическое изображение зависимости коэффициента усиления высокочастотной части радиоприемника, от частоты усиливаемых колебаний показано на рисунке. 4.7.2.1 в виде резонансных кривых.

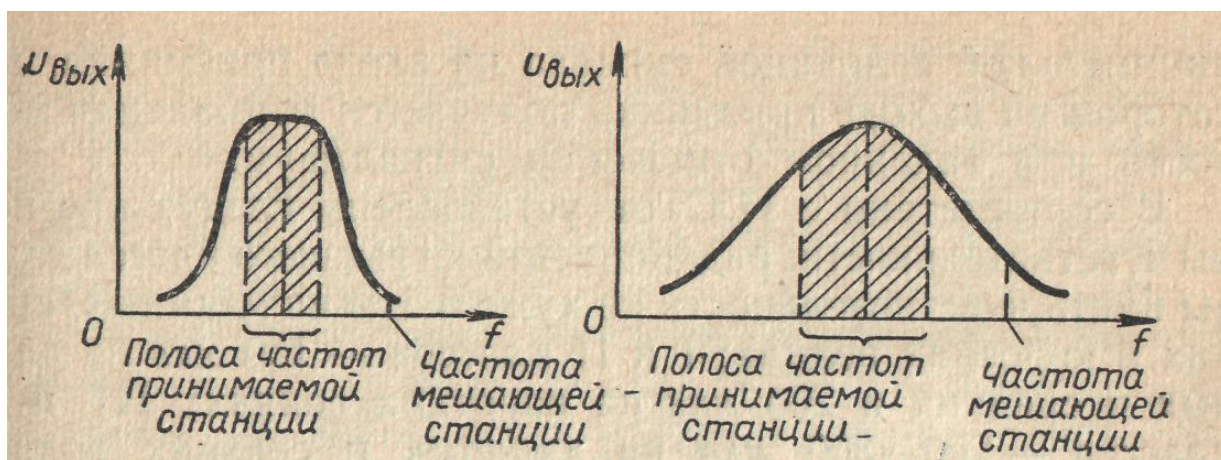


Рисунок 4.7.2.1- Зависимость коэффициента усиления высокочастотной части радиоприемника, от частоты усиливаемых колебаний

Чтобы не было частотных искажений принимаемых сигналов, полоса пропускания высокочастотной части приёмника выбирается в пределах 6—10 кГц приёме АМ сигналов и 100—120 кГц при приеме ЧМ сигналов.

Ослабление радиосигналов соседней по частоте радиостанции у приемников высшего класса должно быть не менее 60 дб (в тысячу раз), I класса — 46 дб, II класса —34 дб, III класса —26 дб, IV класса — 16 дб.

*Чувствительностью* радиоприемника называют его способность принимать слабые радиосигналы. Чувствительность приемника оценивается минимальной величиной напряжения (или мощности) радиосигнала, подведенного к входу приемника, при которой на выходе приемника получается напряжение (выходная мощность), необходимое для нормального воспроизведения приходящего сигнала в телефонах, громкоговорителе или записывающем устройстве.

Через цепи приемника проходят не только полезные сигналы, но и мешающие сигналы (помехи), которые усиливаются наравне с полезными. Способность приемника принимать слабые сигналы, одновременно выделяя их из помех, оценивается реальной чувствительностью. Количественно реальная чувствительность выражается такой минимальной величиной сигнала на входе приемника, при котором на выходе приемника получается нормальная мощность при заданном отношении сигнал/шум.

В соответствии с ГОСТом установлены следующие нормы чувствительности: радиоприемники высшего класса должны иметь чувствительность не хуже 5 мкв на длинных, средних и коротких волнах; I и II классов — 150 мкв на длинных и средних и 200 мкв на коротких волнах; III и IV классов — 200—300 мкв на длинных и средних волнах.

*Заноминальную выходную мощность* принимают такое ее значение, при котором искажения сигналов не превышают допустимых.

Номинальная выходная мощность приемника находится в пределах от десятых долей ватта до нескольких ватт и зависит от целевого назначения приемника.

Величина номинальной выходной мощности зависит от коэффициента амплитудной модуляции, поэтому, говоря о номинальной выходной мощности, имеют в виду, что коэффициент амплитудной модуляции равен 1.

Параметр *качества воспроизведения* сигнала показывает, в какой степени принимаемый сигнал искажается в трактах радиоприемника. Чем меньше искажения, тем выше качество воспроизведения.

#### Программа работы:

а) Рассчитать параметры входного LC – контура и контура генератора промежуточной частоты приёмника по формуле 4.7.1.2.

б) Собрать схему приёмника, настроить его на частоту приёма 27 МГц;

в) Измерить избирательность приёмника;

г) Измерить чувствительность приёмника;

д) Измерить качество воспроизведения сигнала

---

\* Децибел (дб) — одна десятая бела, единицы логарифмической шкалы для измерения усиления или ослабления напряжений, токов и мощностей.

$$N_{дб} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}, \quad N_{дб} = 20 \lg \frac{I_2}{I_1}, \quad N_{дб} = 20 \lg \frac{P_2}{P_1},$$

где  $U_1, I_1, P_1$  и  $U_2, I_2, P_2$  – соответственно, напряжения токи и мощности до и после усиления

#### *Описание лабораторной установки:*

Изображение наборного поля лабораторного стенда приведено на рисунке 4.12. Объектом исследования является радиоприёмник.

#### Указания по выполнению лабораторной работы:

*Все переключения в схеме производить только при отключенном питании стенда. Перед включением питания правильность сборки схемы должна быть проверена преподавателем. Ручки регулирования переменных*

*резисторов должны быть установлены в крайнее левое положение (против часовой стрелки).*

Питание исследуемой схемы осуществляется от встроенного источника питания (батареи). После сборки всех компонентов схемы проверить правильность монтажа.

Собранный входной колебательный контур приёмника и генератор модулированных ВЧ сигналов подключить к клеммам XS1-2 и XS3-4. К клеммам XS5-6 и XS7-8 подключить колебательный контур генератора промежуточной частоты. Включить стенд. Подключить к клеммам XS9 и XS10-13 осциллограф. Плавно изменяя частоту генератора в пределах 100кГц наблюдать за изменением амплитуды выходного сигнала приемника. Полученную зависимость оформить в виде графика.

Далее установить частоту генератора на 27 МГц, и плавно увеличивая коэффициент ослабления выходного сигнала наблюдать в какой момент пропадёт выходной сигнал приёмника. Полученную зависимость оформить в виде графика.

Для определения качества воспроизведения сигнала необходимо сравнить формы модулирующего напряжения генератора и напряжения на выходе приёмника. Полученные осциллограммы зарисовать.

Содержание отчета по лабораторной работе:

- цель и программа работы;
- структурная схема лабораторной установки и принципиальная схема исследуемого приемника;
- результаты измерений, оформленные в виде графиков, осциллограммы;
- анализ результатов, оформленный в виде кратких выводов.



## **5. Безопасность и экология при реализации проекта**

### **5.1 Описание рабочих мест, а так же оборудования**

Рабочее место для проведения лабораторных работ со стендом «Структура приёмно-передающих радиоустройств» в диапазоне УКВ находится в помещении лаборатории корпуса Э, Тольяттинского государственного университета. Схема лаборатории приведен на рисунке 15.

Лабораторную работу за 12 стендами должно выполнять не более 24 человек. За одним стендом могут работать 2 человека. Стенд питается от сети блока +15В.

Приведенная выше лаборатория для лабораторных работ по электронике является помещением не имеет повышенной опасности и она соответствует требованиям СН 245-71 и СНиП 11-90-81.

В лаборатории имеется естественное и искусственное освещение в соответствии с СНиП 11-4-95. Отопление и вентиляция выполнены в соответствии с ГОСТ 21.602-2003.

На рабочем столе размещен стенд, который содержит четыре модуля: для питания, передатчика, приёмника, измерительных приборов а так же цифровой осциллограф.

В таблице 5.1 приведен перечень оборудования.

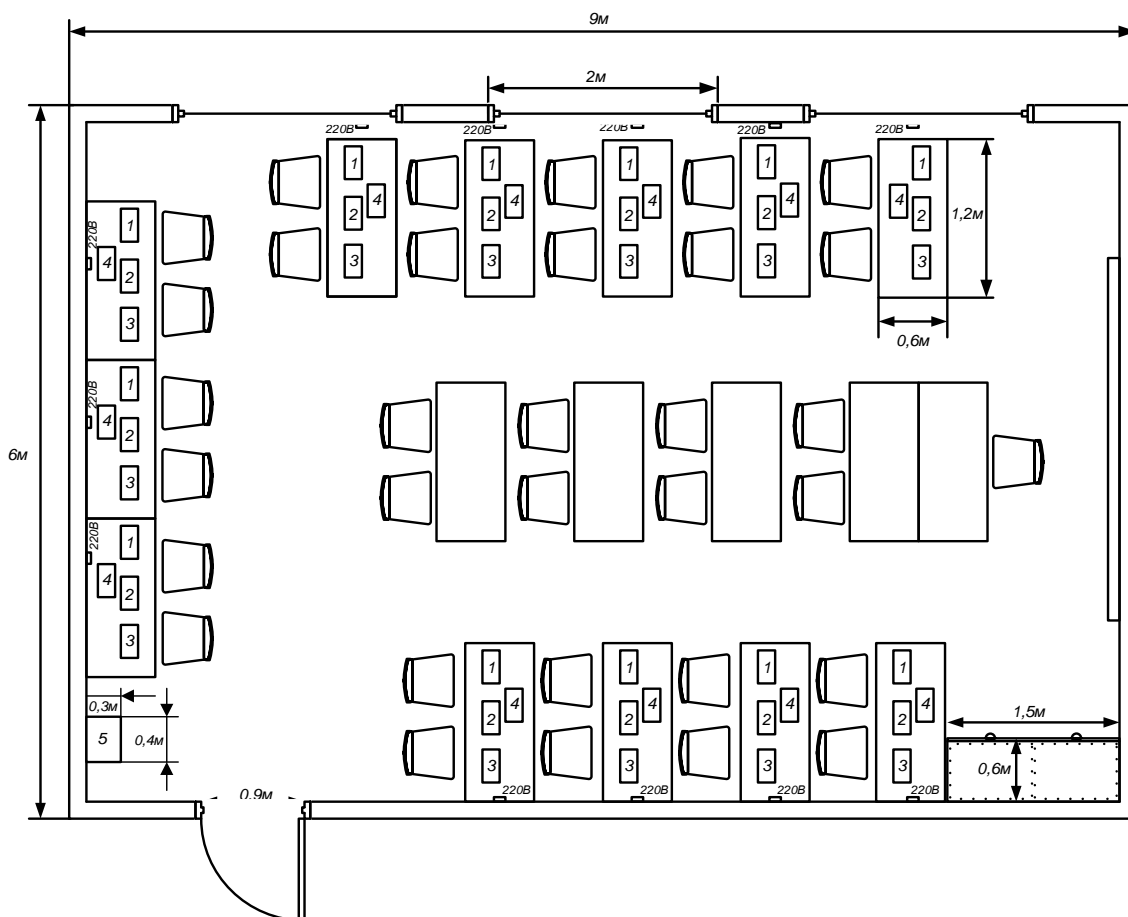


Рисунок 15 – Эскиз лаборатории

Таблица 5.1 Перечень оборудования

| № позиции на схеме рабочего места | Наименование                              | Работы и операции   |
|-----------------------------------|---|---|
| 1                                 | Блок питания - ФМЗ-3Ф2                    | Выполнение лабораторных работ по изучению приёмно-передающих радиоустройств |
| 2                                 | Передатчик                                | Выполнение лабораторных работ по изучению приёмно-передающих радиоустройств |
| 3                                 | Приёмник                                  | Определение напряжения в цепи   |
| 4                                 | Блок измерительных приборов и осциллограф | Измерение величин, формы токов и напряжений цепей исследуемых схем          |

## 5.2 Опасные и вредные производственные факторы

При выполнении работ, приведенные в таблице 5.1 есть опасность воздействия электрического тока. Может оказаться недостаточной освещенность рабочего места.

Причины поражения электрическим током:

1. Случайное касание к токоведущим частям, которые оказались под напряжением в результате:

- ненормированных действий при проведении работ;
- неисправности защитных заземлений.

2. Напряжение сетевой частоты на металлических частях электрооборудования может быть результатом:

- нарушенной изоляции;
- замыкания одной или нескольких фаз на землю;
- касания провода с напряжением с металлическими частями электрооборудования.

3. Появление напряжения на отключенных от сети металлических частях в результате:

- несанкционированного включения ранее отключенной установки;
- аварийного замыкания между неиспользуемыми металлическими конструктивными частями и находящимися под напряжением;

- разряда грозовой молнии.

4. Возникновение шагового напряжения на участке почвы в результате:

- аварийного попадания фазы на землю;
- попаданием сетевого напряжения на длинный токопроводящий предмет, например, забор;
- неисправность защитного заземления.

Причиной неприемлемой освещенности может быть перегорание ламп или поломка светильников. Эту проблему легко устранить заменой ламп, ремонтом или заменой светильника.

В таблице 5.2 отображены виды работ, выполняя которые студент может быть травмирован.

Таблица 5.2- Виды травмоопасных работ

| № п/п | Наименование опасных производственного фактора | Виды работ                    |
|-------|--|-------------------------------|
| 1     | Электрическое напряжение                       | Выполнение лабораторных работ |
| 2     | Неприемлемая освещенность                      |                               |
| 3     | Ненормированные электромагнитные поля          |                               |
| 4     | Психофизические нагрузки                       |                               |

### **5.3 Воздействие производственных факторов на организм человека**

Электрический разряд между частями под напряжением и телом человека является очень серьезным поражением организма человека. Разряд вызывает возбуждение тканей тела электрическим током, что проявляется в судорожному сокращении мышц.

Поражение электрическим током можно разделить на три категории:

- пороговый осязаемый ток – наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего при прохождении через организм человека осязаемые раздражения;

- пороговый неотпускающий ток – наименьшее значение силы электрического тока (10-15 мА при 50 Гц и 50-80 мА при постоянном токе), при котором человек не в состоянии преодолеть судороги мышц и не может разжать руку, в которой зажат проводник;

- пороговый фибрилляционный ток – вызывающий фибрилляцию мышц сердца (бессистемные сокращения) и смерть.

Для человека опаснее всего переменный ток с частотой 50 Гц. Постоянный ток менее опасен. Переменный ток, проходящий через тело человека при небольшом напряжении вызывает неприятные ощущения. Но

только для напряжений ниже 300 В. Опасность постоянного тока проявляется заметно при увеличении напряжения до 400 – 600 В. Это практически равно опасности переменного тока с частотой 50 Гц. При повышении напряжения выше 600В, то постоянный ток становится наиболее опасен, чем переменный.

Опасное значение электрического тока так же зависит от сопротивления тела человека. Оно определяется, в первую очередь, сопротивлением кожи. У сухой неповрежденной кожи сопротивление около 100 кОм. Сопротивление у внутренних органов и сосудов выше - 800 Ом. Собственные свойства человека заметно влияют на тяжесть поражения. Установлено, что сопротивление тела у женщин, как правило, меньше.

Важное влияние на величину поражения оказывает длительность прохождения тока на тело человека. Остановку сердца ток может вызвать только в состоянии полного покоя тела, когда человек расслаблен. При недлительном прохождении тока его воздействие может не попасть в ритм с фазой полного расслабления и тогда остановки сердца не произойдет. Опасность представляет прохождение тока через человека в течении такого времени, которое будет равно или превышать длительность кардиоцикла в 0,75-1 с.

При небрежном выполнении работ по силовой части возможно поражение электрическим током в пределах 10-20 мА при 50 Гц. Человек при таком поражении будет не в силах преодолеть судорожное сокращение мышц. Он не сможет разжать руку, в которой зажат проводник, и не сможет нарушить контакт с токоведущей частью.

Недостаток освещения или смещение спектра к красному диапазону приводит к снижению работоспособности, повышенной утомляемости и увеличению вероятности ошибочных действий – это все может привести к травматизму.

Психофизические особенности восприятия света и его влияние на организм человека. Качество освещения повышается, если:

- по спектральному составу света приближен к солнечному;
- достаточный уровень освещенности;
- равномерность освещено все рабочее место;
- отсутствие мест повышенной яркости освещения.

Электромагнитные поля по воздействию на человека отличаются, что поглощаемая тканями тела энергия превращается в теплоту, может вызвать опасное повышение температуры. Органы человека, имеющие слабую терморегуляцию это мозг, глаза, почки. Действие электромагнитных полей может вызывать помутнение хрусталика глаза, понижение кровяного давления, замедление сердечного ритма, торможение рефлексов центральной нервной системы, изменение состава крови.

Побочные эффекты – боль в голове, быстрая утомляемость, раздражительность, слабость, ухудшение зрения.

На местах работы оператора или в местах пребывания персонала плотность электромагнитных полей не должно превышать  $10 \text{ Вт/м}^2$  при нормальных условиях. Это не относится к тому оборудованию, на котором электромагнитное излучение получается преднамеренно. Нежелательное излучение частот колеблется от 300 МГц до 300 ГГц.

Для лабораторного стенда используются частоты от 5 Гц до 400 кГц и от 60 кГц до 300 МГц.

При выполнении лабораторной работы на студента могут воздействовать такие факторы как:

- физические перегрузки статического и динамического действия;
- нервно-психические перегрузки.

Вышеуказанные факторы приводят к снижению работоспособности. Утомление развивается в связи с изменениями, которые возникают в центральной нервной системе.

## **5.4 Организационные и технические мероприятия по созданию безопасных условий труда**

Чтобы работа в лаборатории была безопасна, существуют следующие требования:

1) К лабораторной работе допускаются только студенты прошедшие инструктаж по охране труда и пожаробезопасности.

2) Студент должен расписаться в журнале инструктажа.

3) За одним стендом должно работать минимум 2 человека.

4) Прежде чем начинать работу, нужно проверить и убедиться, что все переключатели на стенде располагаются в положении «Выключено».

5) Стенд ни в коем случае нельзя включать без прямого указания ответственного за лабораторию.

6) Студент должен знать технику безопасности на месте проведения лабораторных работ, так как в помещении много элементов находящихся под напряжением.

7) Лабораторная работа должна выполняться на исправном стенде. Если обнаружена какая либо неисправность, необходимо сообщить об этом персоналу лаборатории.

8) Изменять схему при помощи соединительных проводов можно только в обесточенном состоянии, при этом выключатели обязательно должны быть переведены в положение «Выключено».

9) Все действия которые производятся с элементами под напряжением, должны производиться одной рукой.

Если человека поразило электрическим током необходимо немедленно обесточить стенд. Если это не представляется сделать быстро, то нужно изолировать пострадавшего от элементов, которые находятся под напряжением. Необходимо воспользоваться резиновыми перчатками или применить другие подручные средства, например, сухую одежду, сухие деревянные элементы или любые изоляторы. Если пострадавший потерял

дыхание, его необходимо освободить от тесной одежды и делать дыхание «рот в рот» до тех пор, пока не прибудет бригада скорой помощи.

Обязательно соответствие лаборатории СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Вентиляция помещения осуществляется путем проветривания и инфильтрации.

### 5.5 Расчет искусственного освещения в помещении лаборатории

Количество светильников определяется по известной формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot P_{л}} \quad (5.7.1)$$

где  $E$  – норма минимума освещенности, лм;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент запаса на старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

$z$  – неравномерность - отношение средней освещенности к минимальной;

$\Phi$  – световой поток одной лампы, лм;

$\eta$  – коэффициент использования светильников, %;

$P_{л}$  – количество люминесцентных ламп в светильнике.

Минимальную нормируемую освещенность  $E = 75$  лм выбирается по [17].

Площадь помещения равна:  $S = l \cdot b$

где  $l$  – длина помещения;  $b$  – ширина помещения.

$$S = 9\text{м} \times 6\text{м} = 54 \text{ м}^2,$$

Коэффициент запаса  $k$ , выбрали по таблице 13 [17].

$$k = 1,5$$

Неравномерность освещенности  $z$  выбираем из рекомендаций  $z = 1,1 \dots 1,5$ .

$$z = 1,3$$



Световой поток одной лампы  $\Phi = 820$  лм выбрали по таблице 14 [17] для лампы ЛДЦ 20-4.

Коэффициент использования светильников  $\eta$  рассчитали по формуле:

$$i = \frac{b \cdot l}{h \cdot (b+1)} = \frac{6 \cdot 9}{2 \cdot (6+9)} = 1,8,$$

где  $h$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

По рекомендациям таблицы 18 [17] выбрали коэффициент использования светового потока  $\eta = 54$  %. Коэффициенты отражения  $\rho_n$ ,  $\rho_c$ ,  $\rho_p$  приняли при цвете поверхности темной равными 10%; светло-желтой 50%; белой – 70%.

Количество люминесцентных ламп в выбранном светильнике равно двум.

Количество светильников равно:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot \Pi_d} = \frac{75 \cdot 54 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{820 \cdot 0,54 \cdot 2} = 12.$$

Разработали проектировочную схему расположения светильников (рисунок 16). На проектировочной схеме показаны 12 светильников. Сверили количество светильников на рисунке 16 с расчетным количеством светильников. В результате сравнения коррекции расчета количества светильников не требуется.

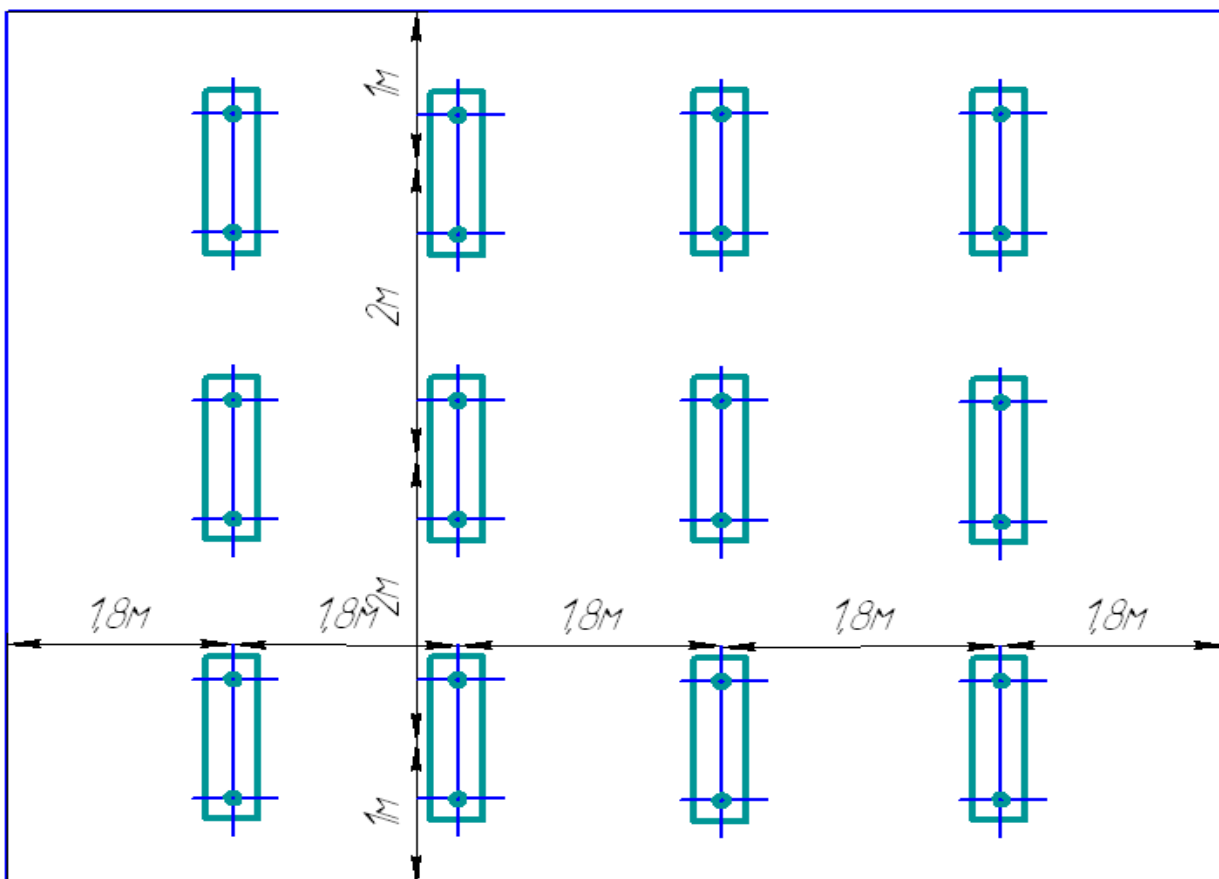


Рисунок 16 - Проектировочная схема размещения светильников в помещении лаборатории

## 5.6 Безопасность объекта при чрезвычайных и аварийных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, появившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия. ЧС могут повлечь или повлекли человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Спроектированный стенд в аварийных ситуациях может оказаться источником возгорания. Например при коротком замыкании.

Корпус «Э» ТГУ является общественным зданием, поэтому пожаробезопасность в нем обеспечена согласно СНиП 2.08.02-89\* (1999).

Это говорит о том, что учебная аудитория Э512 имеет автоматическую пожарную сигнализацию.

План эвакуации персонала с пятого этажа электротехнического корпуса ТГУ, где расположена лаборатория Э512, приведен на рисунке 17.

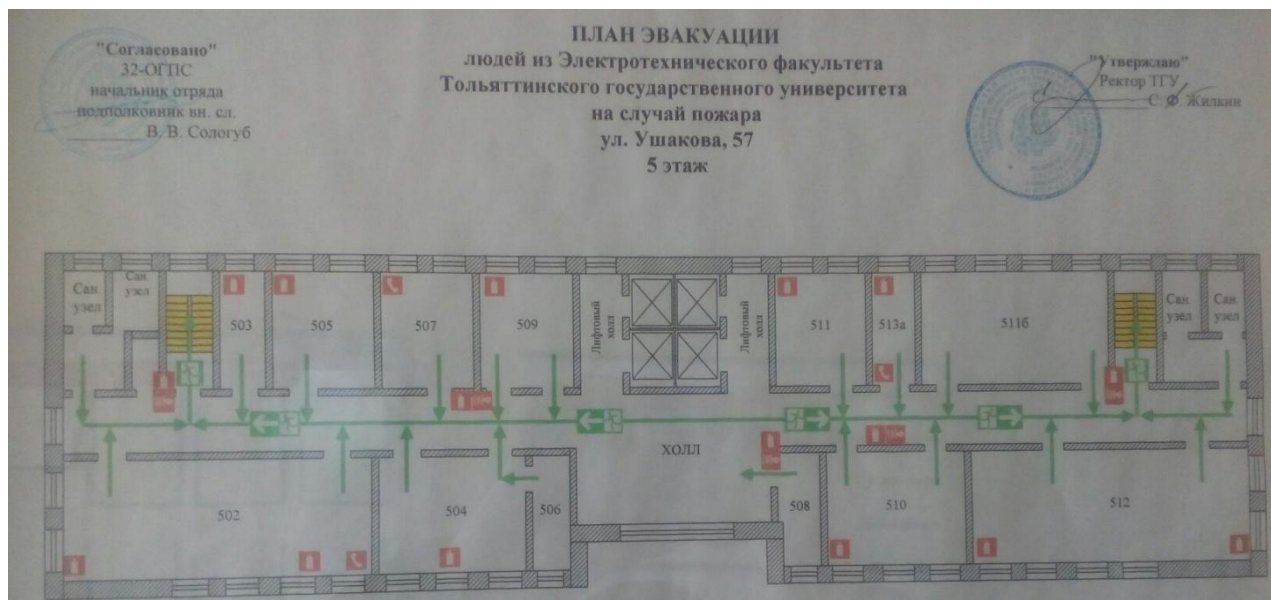


Рисунок 17 – План эвакуации людей из корпуса «Э» ТГУ, 5 этаж

## 6 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

### 6.1 Расчет затрат НИОКР на разработку и создание лабораторного стенда для изучения темы «Структура приёмно-передающих радиоустройств» в диапазоне УКВ.

Создание разработанного в проекте устройства состоит из расходов на НИР и на лабораторный образец, расходов на материалы и компоненты, :

#### Основные стадии НИОКР

1. Исследования рынка выполняет маркетолог, один человек. Он же выполняет прогнозирование конъюнктуры, а также эффективность и результативность работы

#### 2. Конструкторская проработка проекта

##### 2.1 Техзадание на лабораторный стенд, ведущий инженер:

- формулирование задач в которых используется стенд;
- формирование основных характеристик,
- описание условий эксплуатационных, а также и технических требований.

##### 2.2 Эскизное проектирование:

- разработка структурной схемы; Инженер электронщик: 1
- разработка принципиальной схемы; Инженер электронщик: 1
- расчет основных параметров схемы; Ведущий инженер: 4
- предварительный расчет технико-экономических показателей; Ведущий инженер: 2
- проверка патентной чистоты; Ведущий инженер: 2

##### 2.3 Техническое проектирование:

- разработка чертежа принципиальной схемы; Инженер электронщик: 1
- расчет на надежность; Ведущий инженер: 1

##### Рабочее проектирование:

- подготовка документации для монтажа и эксплуатации системы; Ведущий Инженер: 1

- составление спецификаций и тех. условий на покупные детали; Ведущий Инженер: 1

### 3. Технологическая подготовка

#### 3.1 Разработка технологического процесса сборки схемы:

- изготовление печатной платы;
- сборка радиоэлементов на плату;
- монтаж узлов в корпус ;
- настройка

#### 3.2 Проектирование изготовления технологической оснастки;

#### 3.3 Оснащение и наладка технологического процесса:

- испытание опытного образца
- составление отчета по результатам испытаний;
- технико-экономическая оценка результатов НИОКР и составление отчета по НИОКР;

В результате проведенных расчетов затрат на НИР на созданию лабораторного стенда УКВ приемо – передатчиков следующая, рубли 2017 года:

|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| Заработная плата исполнителей;  | 32274,94        |
| Отчисления на социальные нужды; | 9682,48         |
| Затраты на основные материалы;  | 305,00          |
| Затраты на комплектующие;       | 945,00          |
| Затраты на электроэнергию;      | 397,40          |
| Амортизационные отчисления;     | 462,95          |
| Накладные расходы;              | 19364,4         |
|                                 | Итого: 61956,61 |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проектирования был разработан проект лабораторного стенда для проведения лабораторных работ по изучению приёмо-передающей аппаратуры диапазона УКВ в рамках темы “Радиоэлектроника” предназначенный для практического использования в учебных заведениях при изучении указанных тем.

Лабораторный стенд состоит из двух функциональных модулей: приёмника и передатчика для изучения передачи и приёма информации по радиоканалу, габаритные размеры модулей 100x100x50 мм. Напряжение питания модуля передатчика составляет 9-15В, питание модуля приёмника осуществляется непосредственно от батареи 9В.

В разделе "Безопасность и экологичность проекта" приведена методика испытаний безопасности лабораторного оборудования применительно к спроектированному стенду.

В разделе экономической эффективности рассмотрены расчёты по затрате на НИОКР.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амплитудная модуляция и автомодуляция транзисторных генераторов, М., «Энергия», 1969, 392с.
2. Методические рекомендации по выполнению квалификационной работы / сост. Бар В.И., Позднов М.В., Чуркин И.М.- Тольятти: ТГУ, 2008. - 22 с.
3. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. – Учебное пособие. – Тольятти: ТолПи, Горина Л. Н., 2000, 68с
4. Организация производства: Учебник: М.: ИНФРА –М, Фатхутдинов Р.А., 2001.-672 с.
5. Основы полупроводниковой электроники, Игумнов Д.В., Костюнина Г.П., 2011.
6. Основы электроники, радиотехники и связи; Гуменюк А.Д., Журавлев В.И., Мартюшев Ю.Ю., 2008 г.
7. Практикум по радиоэлектронике, Б.А.Рябов, С.М.Малахов, Ю.Л. Хотунцев; МГПУ, 2011 г.
8. Проектирование радиоприёмных устройств, Аржанов В.А., Науменко А.П., 2008.
9. Расчёт и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для радиотехнич. спец. техникумов. – 5-е изд., Высш. шк., 1989.-463с.:ил.
10. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. Р. А, Валитова, И. А. Попова. М., «Сов. радио», 1973.
11. Радиосистемы передачи информации, Васин В.А., Калмыков В.В., Себекин Ю.Н., Сенин А.И., Федоров И.Б., 2005.
12. Радиотехнические цепи и сигналы, Иванов М.Т., Сергиенко А.Б., Ушаков В.Н., 2014.

13.Справочник разработчика и конструктора РЭА Элементарная база, книга Масленников М.Ю. Соболев Е.А.

14.Статья из журнала радиолюбитель «Однокристалльный АМ-ЧМ приёмник» выпуск №6 за 2003г.

15.Теоретические основы радиотехники: Учеб. пособие / М.Т.Иванов, А.Б.Сергиенко, В.Н.Ушаков; Под ред. В.Н.Ушакова. - М.: Высш. шк., 2002. - 306 с: ил.

16. Физические основы электронной техники. Толмачёв В. 2009 г.

17. Электротехника и электроника, Афанасьева Н.А., Булат Л.П., 2010.

18. Data sheet BC161/6, [Электронный ресурс], URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/44292/SIEMENS/BC161-6.html> (05.04.2017)

19. Data sheet BC307B, [Электронный ресурс], URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/2883/MOTOROLA/BC307B.html> (05.04.2017)

20. Data sheet TDA 7000, [Электронный ресурс], URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/19411/PHILIPS/TDA7000.html> (05.04.2017)