

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

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ  
(наименование института)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование кафедры)  
11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)  
Промышленная электроника  
(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Студент(ка)	<u>И.А. Ширококов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.П. Певчев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Парфенова О.А.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент А.А. Шевцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## **Аннотация**

В данной бакалаврской работе разработан макет стенда для изучения студентами кафедры «Промышленная электроника» основ приёма и передачи информации по радиоканалу. В соответствии с заданием разработан макет стенда «Структура приёмно-передающих радиоустройств в диапазоне УКВ», предназначенный для выполнения лабораторных работ. Стенд позволит расширить знания студентов в области радиоэлектроники, бурно развивающейся в последнее время.

Разработаны схемы приёмника и передатчика, проведены испытания, приведены полученные в результате макетирования и испытаний данные. Спроектированы наборные поля стендов передатчика и приёмника, а также разработаны печатные платы для них.

Предложены простейшие варианты методических указания для лабораторных работ по теме работы.

Рассчитано освещение лаборатории, оснащенной разработанными стендами, проведено организационное и обоснование научно-исследовательской деятельности.

Бакалаврская работа состоит из расчетно-пояснительной записки (49с., 21 рисунка) и 7 листов формата А1 графического материала.

## Abstract

**KEYWORDS: RADIO ELECTRONICS, STAND, VHF**

Length: 49 pages, 21 figures and graphic part on 7 A1 sheets.

The title of the bachelor's thesis is Stand for the study of radio electronics.

The object of the bachelor's thesis is the stand prototype developed for students of Industrial electronics department of Togliatti State University. Stand will give the opportunity to study the basics of receiving and transmitting information by radio channel.

The aim of the bachelor's thesis is the prototype development of stand named «The structure of radio transmitters in the VHF band» and intended for laboratory work. The stand will allow students to expand knowledge in the field of radio electronics, which has been booming in recent times.

The problems of the bachelor's thesis are the development of receiver and transmitter circuit diagrams, testing, processing the data obtained as a result of prototyping and testing, designing the plug-board of the transmitter and receiver stands, and developing printed-component boards for them.

The simplest versions of the guidelines for laboratory work on the topic of work are proposed.

In the special part of the bachelor's thesis the coverage of the laboratory equipped with the developed stands was calculated and the organizational and substantiation of the research activity was carried out.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ УЧЕБНЫХ СТЕНДОВ. ....	9
2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА. ....	13
3. ВЫБОР ТИПОВ И ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ.....	14
4 ВЫБОР СТРУКТУРЫ СТЕНДА. ....	15
4.1 Разработка и проектирование схем радиопередатчика и радиоприёмника. .....	15
4.2. Выбор типа коммутирующих устройств и проектирование наборного поля стенда.....	24
4.3. Разработка перечня изучаемых устройств, расчет схем, выбор активных и пассивных элементов.....	27
4.4. Результаты макетирования и исследования схем и устройств радиопередатчика радиоприёмника. ....	27
4.4. Расчет потребляемых мощностей, тепловой расчет.....	30
4.5. Методические указания для выполнения лабораторных работ с применением стенда.....	31
4.5.1 Лабораторная работа «Настройка передатчика на рабочую частоту. Проверка стабильности несущей частоты от стабильности питающего напряжения». ....	31
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.....	36
5.1 Описание рабочего места и оборудования. ....	36
5.2 Опасные и вредные факторы в учебной аудитории.....	37
5.3 Воздействие производственных факторов на организм человека.....	39
5.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда:.....	41
5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте.....	42
5.6 Обеспечение пожаробезопасности на рабочем месте.....	43
5.7 Инженерные расчеты.....	44

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	47

## **Введение**

Электроника способна решить множество задач и проблем в области сбора и передачи информации. Без знаний из области электроники и особенно с области коммуникации сейчас невозможно успешно работать все более широкому кругу специалистов.

Любая система управления современным производственным объектом (см. рис.1), содержит в структуре обязательный набор узлов. Это набор датчиков, блоки обработки и фильтрации сигналов, усилители и согласователи (интерфейс) для работы на приемники информации. Сигналы датчиков и до передачи и после нее фильтруются, усиливаются, часто преобразуются в цифровую форму с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и передаются по информационным каналам в приемники, где вновь преобразуются в удобную форму и поступают в устройства анализа и управления объектом. Затем они обрабатываются вычислительными устройствами по специализированным программам и вновь передаются по каналам связи в объект управления, где воздействуют на исполнительные устройства, непосредственно воздействующие на производственный объект.

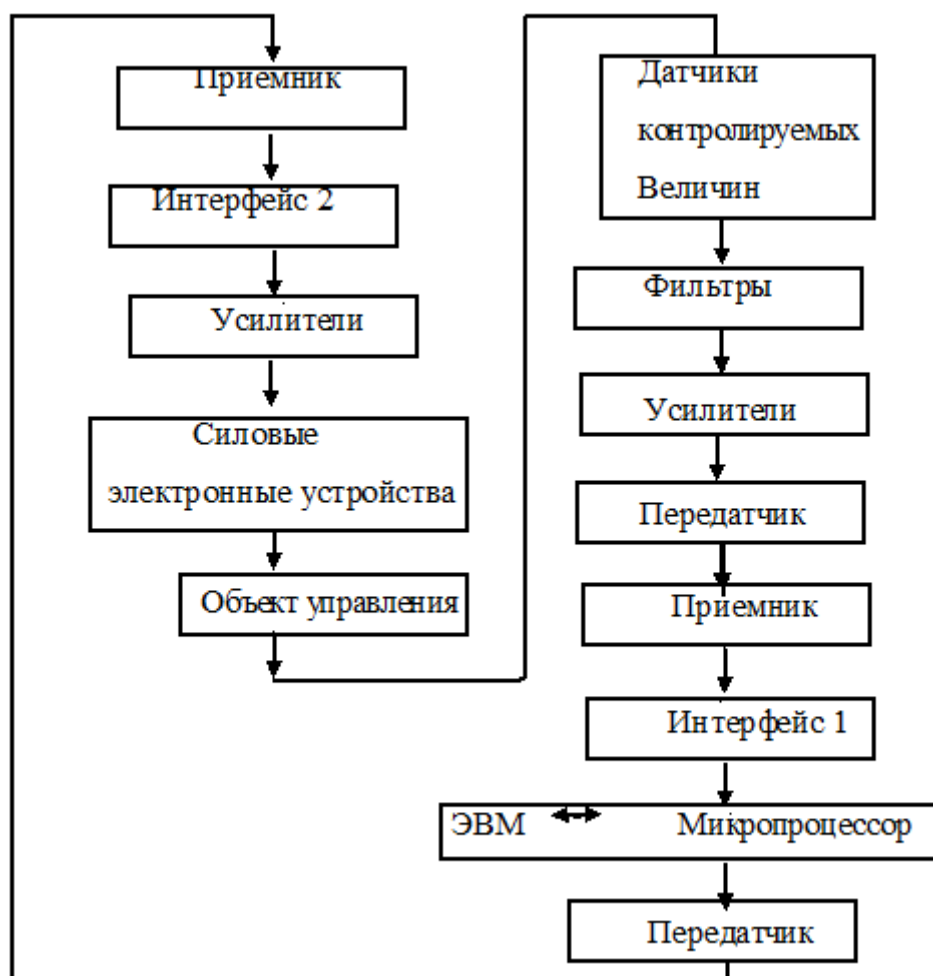


Рис.1.- Идеализированная система управления некоторым объектом.

Объект управления включает устройства, обрабатывающие с аналоговыми сигналами (фильтры, усилители, силовые электронные устройства), и с цифровыми сигналами (микропроцессор, ЭВМ), в структуру также входят устройства, осуществляющие преобразование сигналов из аналоговой формы в цифровую и обратно.

На схеме легко найти устройства, соответствующие теме бакалаврской работы. Это каналы связи, на концах которых находятся передатчики информации и ее приемники. При этом структура не зависит от типа канала связи. Это может быть проводной канал, или радио. Нас интересует радиосвязь, в том числе для работы в производстве и радиовещании.

Радиоэлектроника - результат слияния радиотехники (радио — radio — испускаю лучи) и электроники. Термин «радиоэлектроника» появился не более 50 лет назад.

*Радиоэлектроника в настоящее время* область науки и техники, ориентирована на передачу, прием и преобразование информации, в которой носителем информации являются электромагнитные колебания и волны.

Современная радиотехника — область науки и техники, связанная с генерацией, усилением, преобразованием, обработкой, хранением, излучением и приёмом электромагнитных колебаний.

Современный уровень радиоэлектроники полностью определяется уровнем современной элементной базы, а дальнейшее развитие радиоэлектроники в старых и новых областях непредсказуемо, внедрение новых электронных элементов настолько ускорилось, что каждый день появляются все новые электронные чудеса.

История развития радиоэлектроник коротка, но стремительна. Появление в начале 50-х годов полупроводниковых приборов, а в 60-х годах интегральных микросхем резко снизило массу и габариты радиотехнической аппаратуры, а надежность при этом возросла в разы, а энергопотребление очень сильно упало.

*Микроэлектроника* - это раздел электроники, сделавший возможным стремительный рост радиоэлектроники. Возможности современных больших интегральных схем и одно - и много - кристалльных микропроцессоров настолько велики, что заменяют целые блоки и устройства радиоэлектронной аппаратуры.



## **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" представляют собой объемную конструкцию с рабочей лицевой панелью, к которой крепятся съемные панели и устанавливаются компоненты.

Учебно-лабораторные комплексы, позволяющие выполнять большое количество лабораторных работ, отличаются большими габаритными размерами и высокой стоимостью. К таким комплексам относится, например, лабораторный стенд "Электроника", предлагаемый предприятием "Центр", г. Могилёв. Панель стенда показана на рисунке 1.1. На стенде проводят лабораторные работы по дисциплинам электроники, разделы транзисторная технология, электроника цепей и микро схемотехника.

Напряжение питания стенда 220В, 50Гц.; мощность, потребляемая стендом от сети не более 100 Вт; габаритные размеры стенда не более: 1470x1320x600 мм; масса стенда не более 60 кг.

На лицевой панели стенда размещены сетевой выключатель и сетевой индикатор, гнезда для включения компонентов, переключатели и кнопки, индикаторы.

Лицевая панель разбита на пять блоков:

- 1) Блок питания.
- 2) Ряд схем на биполярных транзисторах.
- 3) Набор схем на основе операционного усилителя (ОУ).
- 4) Блок генераторов сигналов.
- 5) Блок цифровой техники.

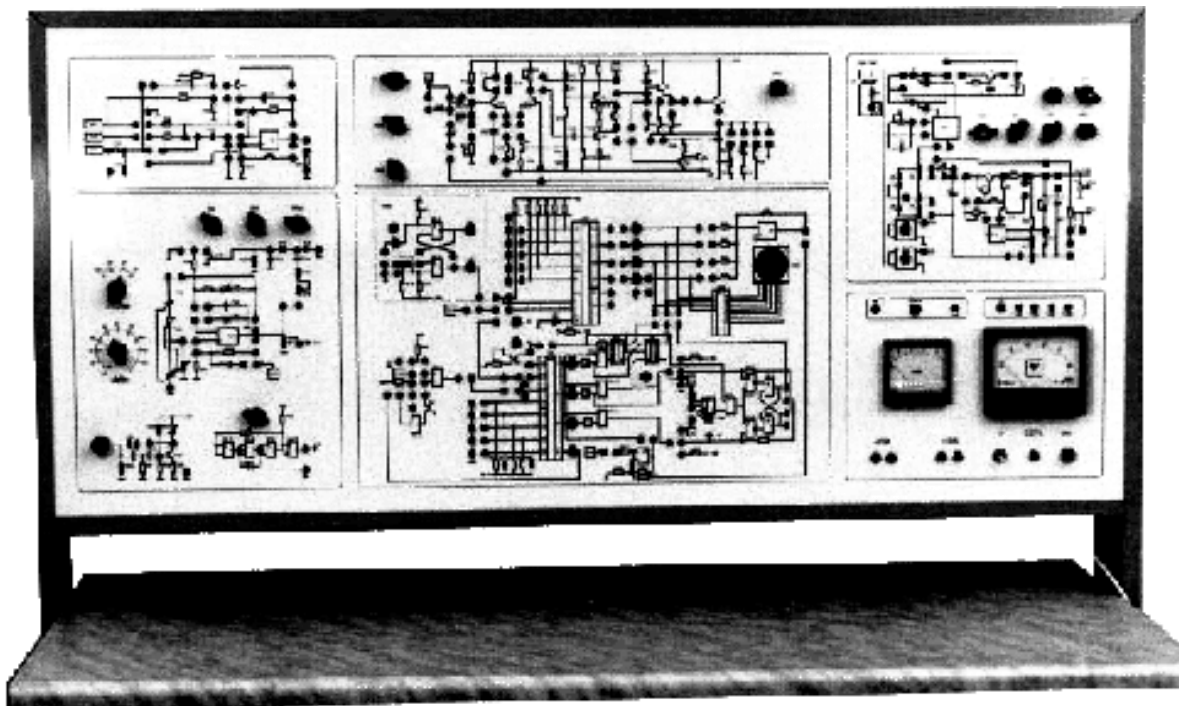


Рисунок 1.1 – Стенд «Электроника»

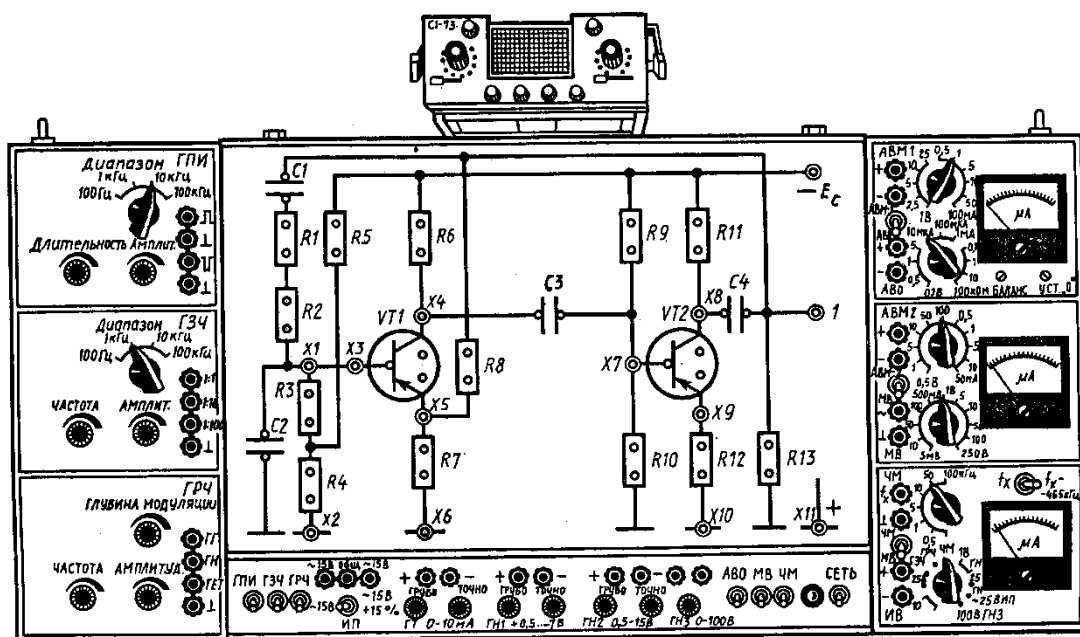


Рисунок 1.2 – Внешний вид лабораторного стенда 87Л-01 «ЛУЧ»

Создание схем производится с помощью стандартных проводников, расстояние между гнездами коммутируемых элементов схем равно 20мм.

Стенд комплектуется так же измерительными приборами, входящими в состав стенда.

В ТГУ используется стенд 87Л-01 "ЛУЧ", Внешний вид стенда приведен на рисунке 1.2. Габаритные размеры стенда 965x450x190мм. Стенд содержит модули генераторов, измерительных приборов, блок монтажных полей (БМП) со сменными панелями, панель 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.

Блок монтажных полей предназначен для сборки исследуемой схемы после установки соответствующей сменной панели. Навесные элементы устанавливаются на переднюю панель в отверстия в нарисованных изображениях графических элементов. Подключение источников питания, различных приборов происходит проводниками.

Достоинство упомянутых стендов 87Л-01 "ЛУЧ» заключается в том, что они, имеют на лицевой панели изображение готовой исследуемой схемы, что упрощает выполнение лабораторной работы. В этом случае необходимо просто снимать характеристики заранее известной и опробованной схемы.

Недостатками универсальных стендов является их сложность и большие размеры.

Вторым часто применяемым решением можно считать стенды, предназначенные для проведения небольшого числа лабораторных работ, даже часто для одной.

Стенды, разработанные в процессе выполнения данной бакалаврской работы компактны, имеют небольшие размеры и предназначены для выполнения небольшого числа лабораторных работ, но строго по теме «Связь».

С другой стороны, есть и недостатки малых стендов это – узкая специализация и необходимость использования измерительных приборов, размещаемых на пространстве вокруг основного стенда.

При использовании малых лабораторных стендов необходимо одновременно обеспечить стендами большое число студентов, причем каждый получает возможность поучаствовать, если число их равно количеству обучаемых, в реальном случае на один комплект два студента.

При использовании таких универсальных стендов число реально работающих студентов ограничено числом их, при нехватке обычно один – два человека работают, остальные просто наблюдают.

## **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 заданы, 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. Изображение элементов на панели выполнено в соответствии с ГОСТ 2.721-74.

Для регулировки величины сопротивления переменных резисторов и конденсаторов на лицевую панель выведены ручки регулирования положения движка. На наборном поле стенда расположен выделенный ярким цветом выключатель питания и светодиодные индикаторы включения питания и индикации аварийного режима.

### **3. Выбор типов и параметров измерительной аппаратуры и 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 с параметрами, аналогичными Г6-28. Осциллограф для проведения лабораторных работ может использоваться С1-83 или ему подобный.

В соответствии с заданием на бакалаврскую работу напряжение питания 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.

Структура стенда предлагается следующей. Это будут два основных, независимых друг от друга блока – приёмник и передатчик (см. рисунок 4.1), 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.

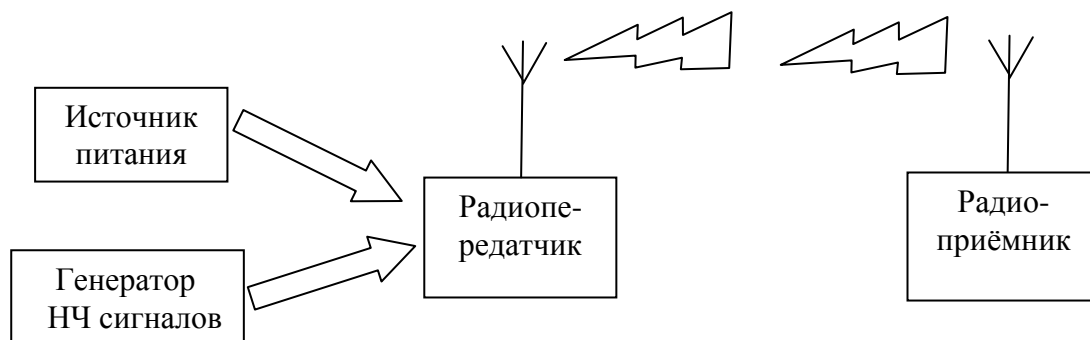


Рисунок 4.1- Структурная схема

Низкочастотный сигнал, подаваемый с генератора, преобразуется 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.

4.1 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 4.2. Сигнал с генератора через делитель подаётся на входной транзисторный каскад - предварительный усилитель. После полосовой фильтрации сигнал поступает на второй каскад – на транзисторе – LC-генератор высокой (несущей) частоты, заданной равной 27 МГц, а также смесителем несущей и модулирующей частоты. Схема электрическая принципиальная [2] изображена на рисунке 4.3.

Схема радиоприёмника может быть выполнена либо как приемник прямого усиления, либо по супергетеродинной схеме.

Приемник прямого усиления выбор волны приема и усиление сигнала производит на несущей частоте принимаемого радиосигнала без преобразования частот, см. рисунок 4.4.

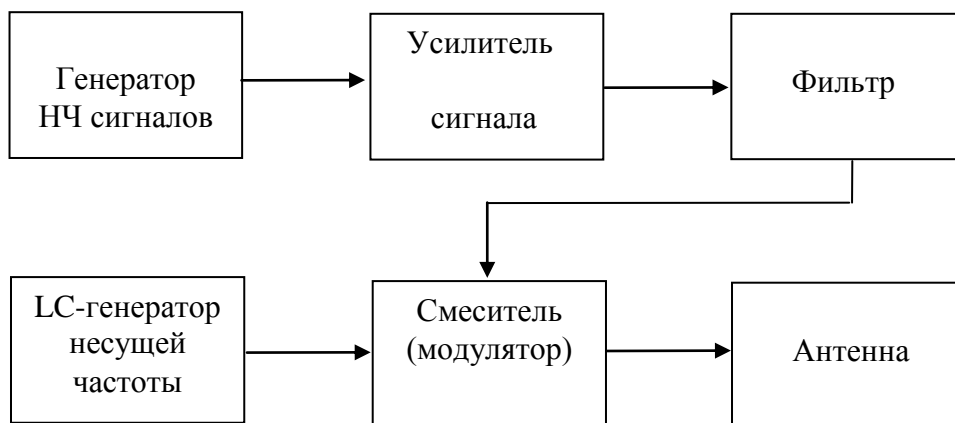


Рисунок 4.2 - Структурная схема радиопередатчика

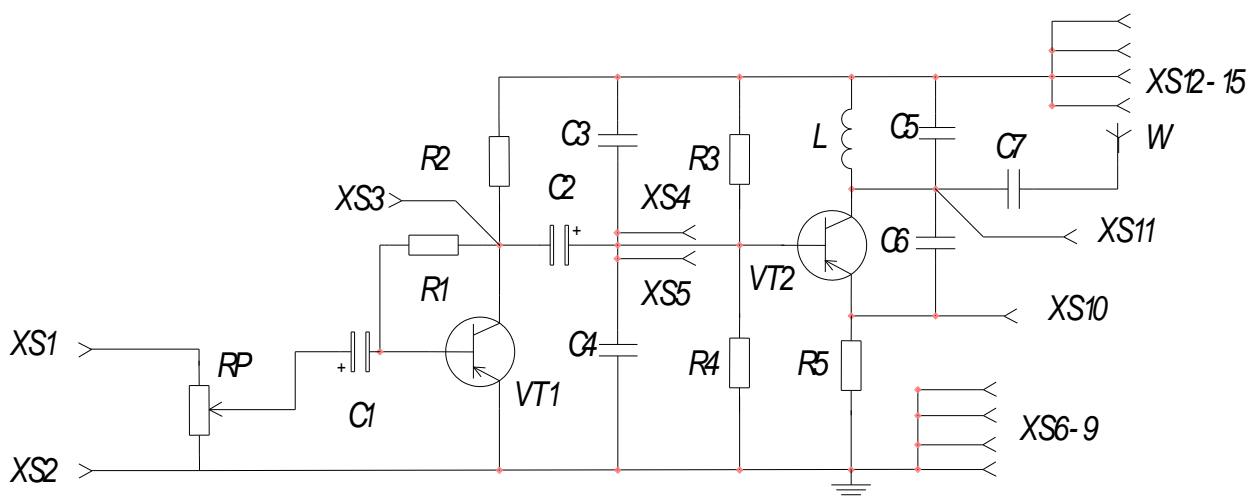


Рисунок 4.3 - Схема электрическая принципиальная радиопередатчика



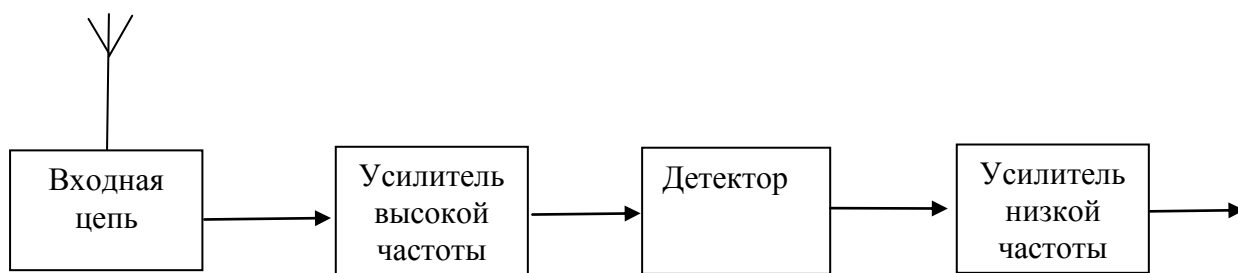


Рисунок 4.4 - Приемник прямолинейного усиления

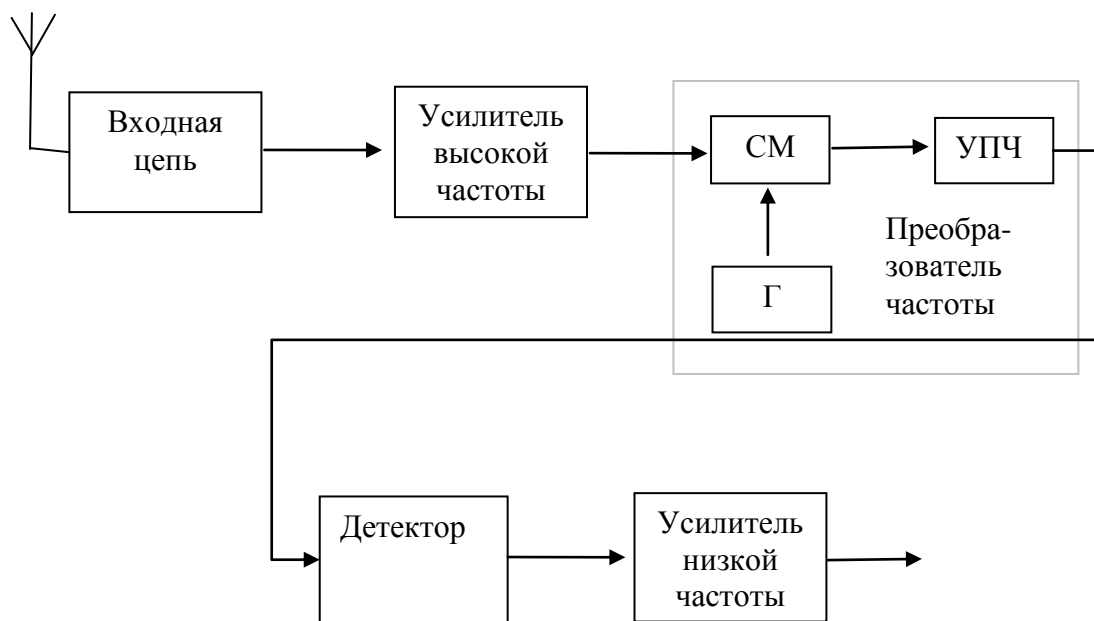


Рисунок 4.5. – Блок - схема супергетеродинного приемника

Схема приемника простого усиления не распространилась широко, несмотря на простоту. В устройстве для обеспечения высокой избирательности (чтобы радиостанции можно было принимать отдельно) приходится увеличивать число резонансных контуров, высокодобротных и сложных, что усложняет настройку на станцию и увеличивает стоимость.

Супергетеродинный приемник, схема которого была предложена Э. Армстронгом в 1918 г., позволяет получить высокую избирательность в различных диапазонах волн и одинаковый коэффициент усиления в тракте усиления высоких частот. Для этого в схему приемника введен (на рисунке 4.5 выделен рамкой) преобразователь частоты ПЧ, состоящий из смесителя СМ, гетеродина Г и усилителя промежуточной частоты - УПЧ.

В приёмнике такого типа частота принимаемого сигнала с помощью ПЧ сдвигается с несущей частоты  $f_0$  на промежуточную, чаще более низкую, промежуточную  $f_{пч}$

$$f_{пч} = | f_0 - f_r | = | f_r - f_0 |, \quad (4.1)$$

где  $f_r$  – гетеродина частота.

Контуры каскада УПЧ настраиваются на эту промежуточную частоту. При перестройке приемника на другую радиостанцию колебательные контура тракта высокой частоты перестраиваются настройкой частоты гетеродина таким образом, что промежуточная частота остается постоянной, т. е. каскады УПЧ не перестраиваются и усиливают всегда одну частоту. Параметры и технические характеристики приемника определяются характеристиками и параметрами УПЧ, поэтому удается получить высокую чувствительность, точную настройку на станцию и одинаковое усиление во всем диапазоне принимаемых частот.

При этом супергетеродинный приемник имеет несколько недостатков. Главный — наличие кроме основного нескольких дополнительных каналов приема, самый мощный из них - зеркальный.

Второй, в том, что исходя из принципа работы, при изменении частоты принимаемой волны, что производится перестройкой высокочастотного тракта, необходимо одновременно перестраивать и частоту гетеродина. Конструкцию привода для настройки приемника на станцию проектируют и изготавливают так, чтобы ручка настройки высокочастотного тракта и гетеродина находились на одной оси, в приемнике в этом случае имеется единственная ручка настройки. Одновременное изменение резонансной частоты высокочастотного тракта и частоты колебаний гетеродина позволяет получать неизменной промежуточную частоту.

Супергетеродинный приемник так же способен принимать из эфира помехи с частотой, близкой или равной его промежуточной частоте. В этом случае прием осуществляется независимо от частоты гетеродина, аналогично приемнику прямого усиления.

Для борьбы с подобными помехами во входную цепь включают режекторный (заградительный) фильтр промежуточной частоты и кратных ей частот.

Учитывая достоинства описанной микросхемы, выбираем в качестве приемника интегральную микросхему TDA7000 производства фирмы Philips semiconductors. Её блок схема изображена на рисунке 4.6.

«... принцип работы этого однокристалльного приемника. Он представляют собой супергетеродины 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.»[2]

Микросхема TDA7000 выпускается огромными тиражами, на ее базе сконструировано и выпускается несметное количество разнообразных радиоприемных устройств, чаще всего это ЧМ и АМ –приемники.

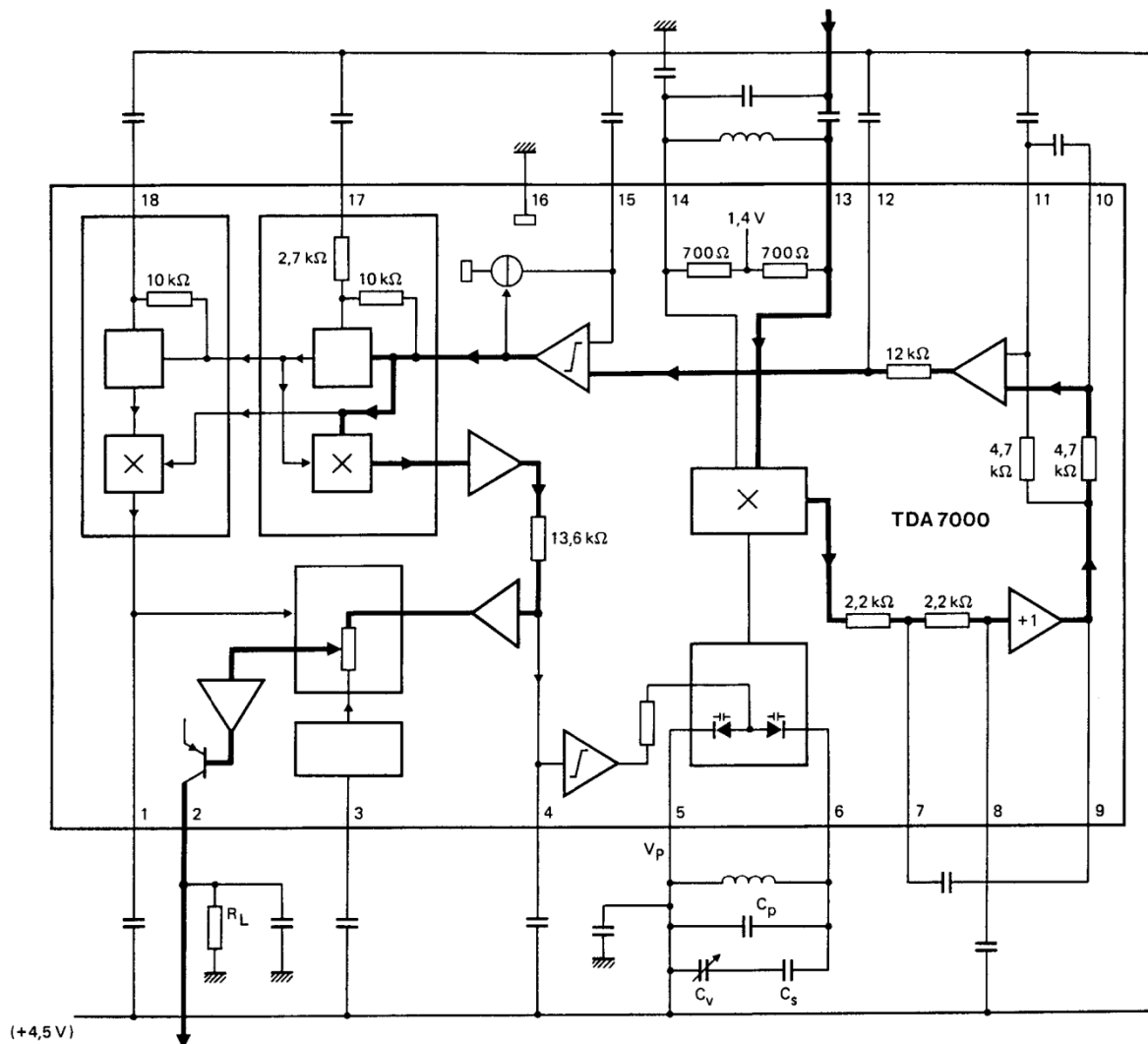


Рисунок 4.6- Блок схема микросхемы TDA7000

ЭЗ схемы микросхемы TDA7000 и показана на рисунке 4.7. Радиоволны, поступающие на антенну WA1, фильтруются контуром L1-C11-C13 подаются на балансный смеситель микросхемы U1. Контур широкополосный, не перестраиваемый, имеет низкую добротность.

Учитывая всё вышесказанное, подобрали компоненты для компоновки микросхемы до готового приёмника. Его схема электрическая принципиальная приведена на рисунке 4.7.

Индуктивность катушки индуктивности рассчитали исходя из формулы [3]:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.2)$$

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

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C f^2} = \frac{1}{4\pi^2 [6,8 \cdot 10^{-12}] (27 \cdot 10^6)^2} = 5,109 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \quad (4.3)$$

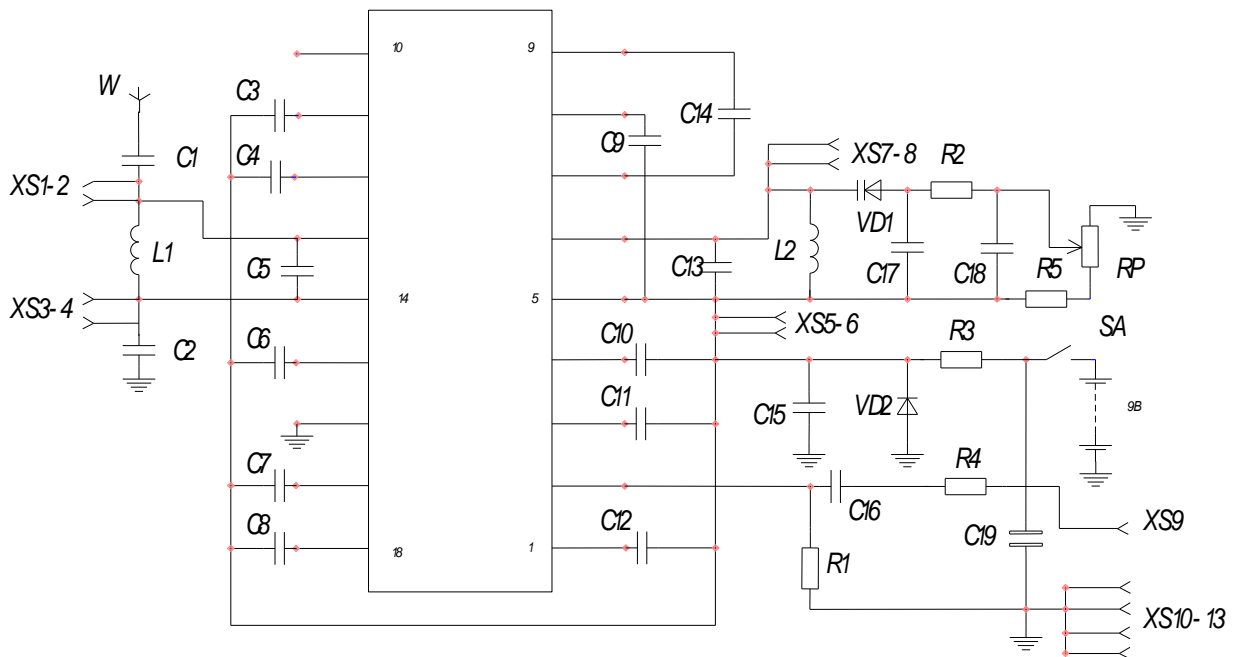


Рисунок 4.7 - Схема электрическая принципиальная приёмника

Для основания печатной платы выбран [4] фольгированный электротехнический гетинакс марки Вв, толщиной 1,5 мм, ГОСТ 2718-66.

Таблица 4.1-Парметры выбранного текстолита

Марка	Электрические параметры основания для монтажа			
	Толщина основания мм	Толщина фольги Н, 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 4.8.

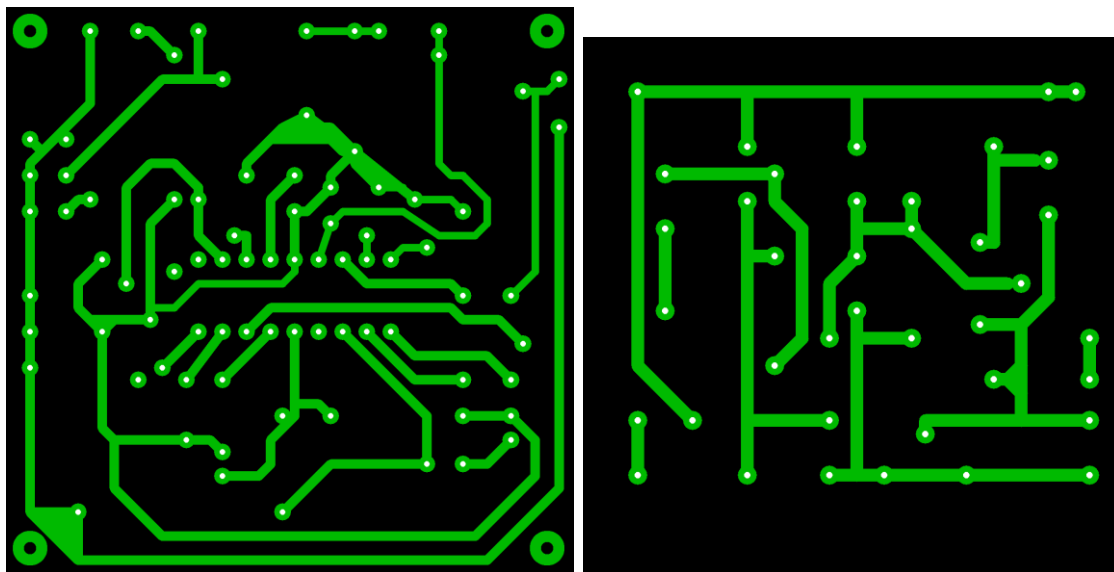


Рисунок 4.8 - Вид печатных плат приёмника и передатчика

На рисунках 4.9 и 4.10 изображены передатчик и приёмник уже в собранном виде со стороны монтажа и пайки.

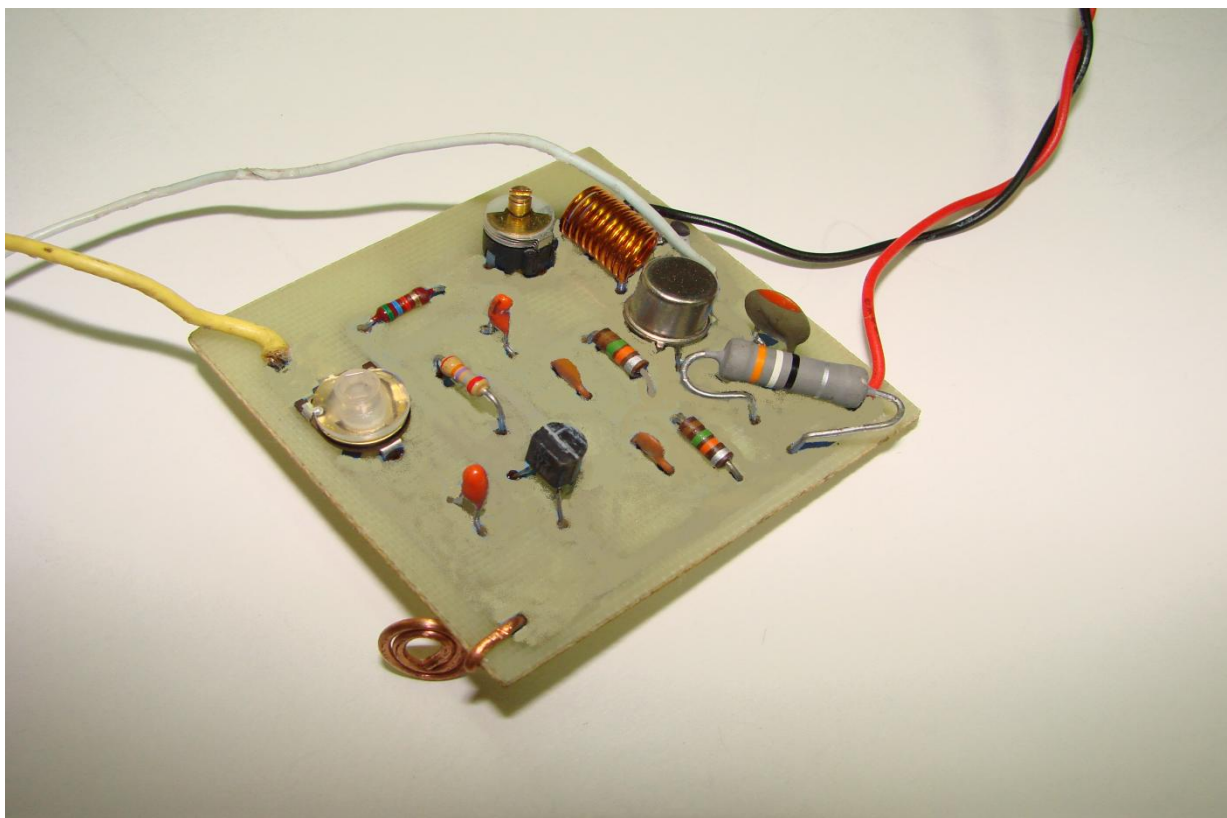


Рисунок 4.9 - передатчик в собранном виде.

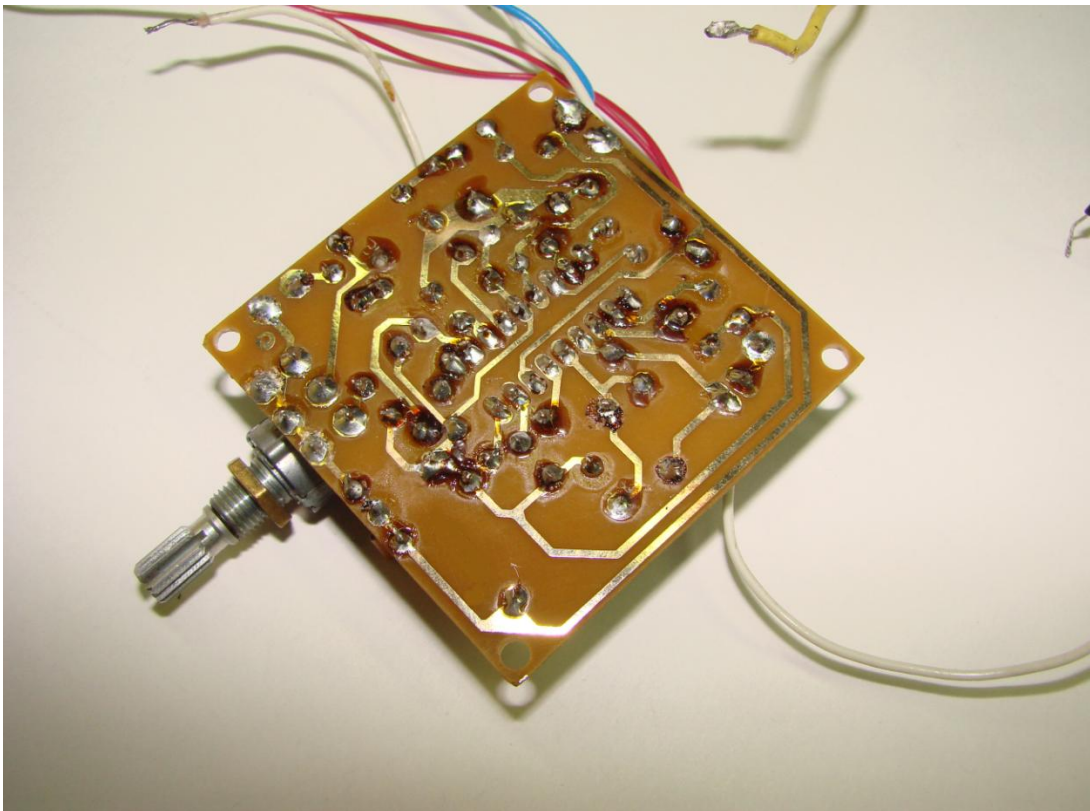
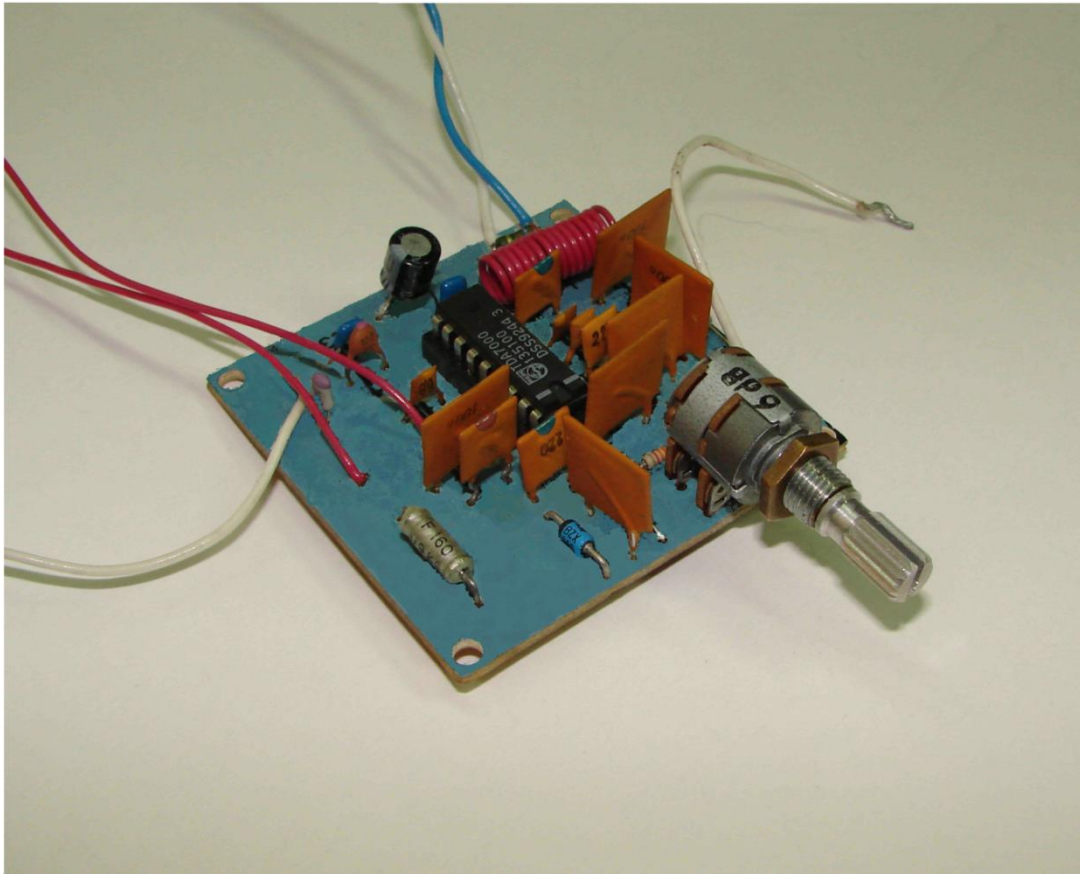


Рисунок 4.10- Приёмник в собранном виде.

4.2. Выбор типа коммутирующих устройств и проектирование наборного поля 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 4.11 и 4.12.



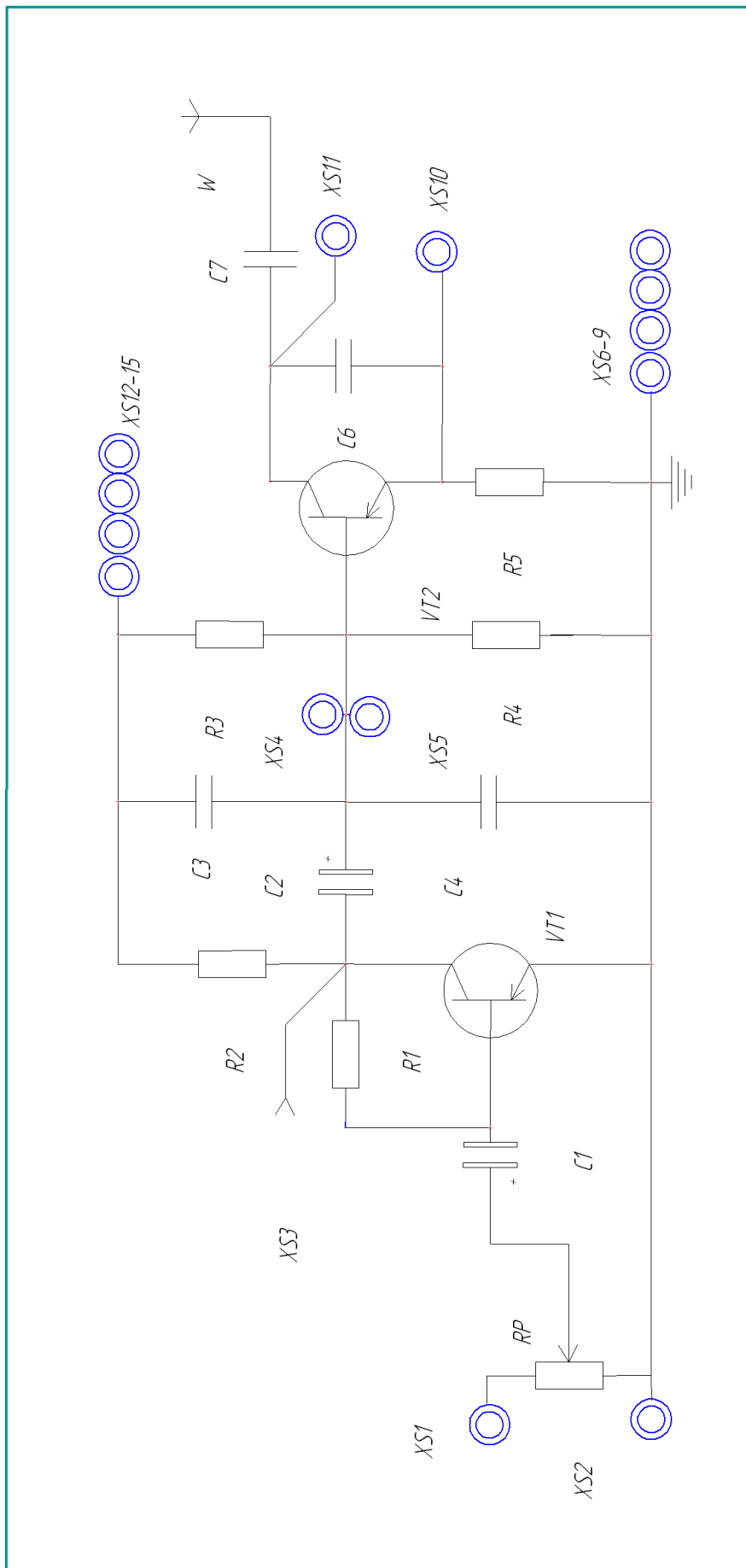


Рисунок 4.11 – Вид передней панели передатчика

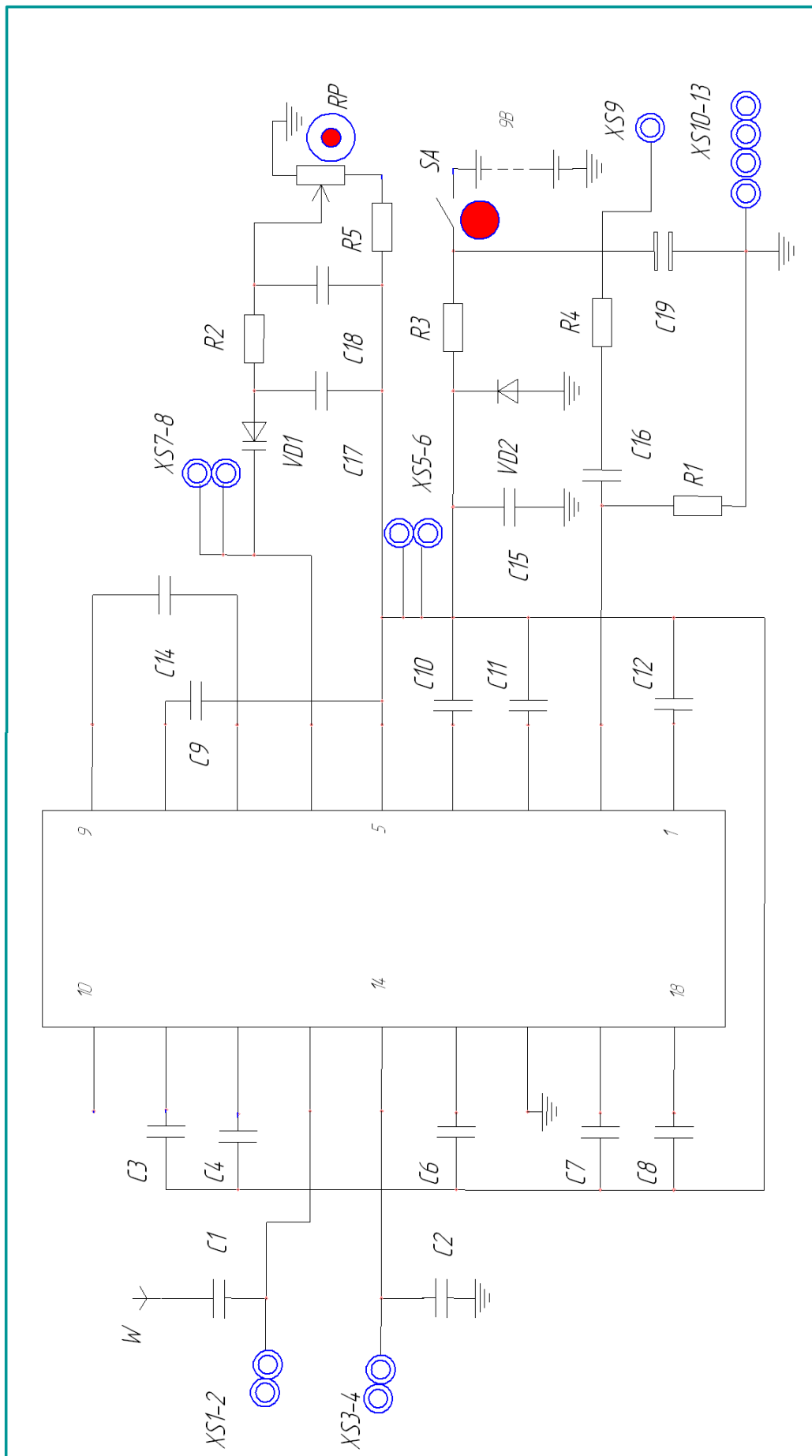


Рисунок 4.12 – Вид передней панели приемника

4.3. Разработка перечня изучаемых устройств, расчет схем, выбор активных и пассивных элементов

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, для приёмника. Переменный конденсатор для настройки приёмника взяли МСС - NPO-20в -51пф, остальные элементы указаны в рекомендациях к микросхеме (приложение А). Остальные элементы указаны в спецификациях к приёмнику и передатчику.

4.4. Результаты макетирования и исследования схем и устройств радиопередатчика радиоприёмника.

После сборки и наладки передатчика, подключили к нему питание. Затем подключили к разъёмам XS11и XS6 осциллограф и сняли осциллограмму несущей частоты передатчика, предварительно настроив его на частоту 27МГц, которая изображена на рисунке 4.13.а. Затем подали на вход передатчика модулирующий сигнал частотой в 1кГц (рисунок 4.13.б). После этого сняли амплитудно – и частотно модулированный сигнал с выхода передатчика представленный на рисунках 4.13.в и 4.13.г. Прделав аналогичные действия с приёмником получили осциллограммы его работы, представленные на рисунке 4.14.

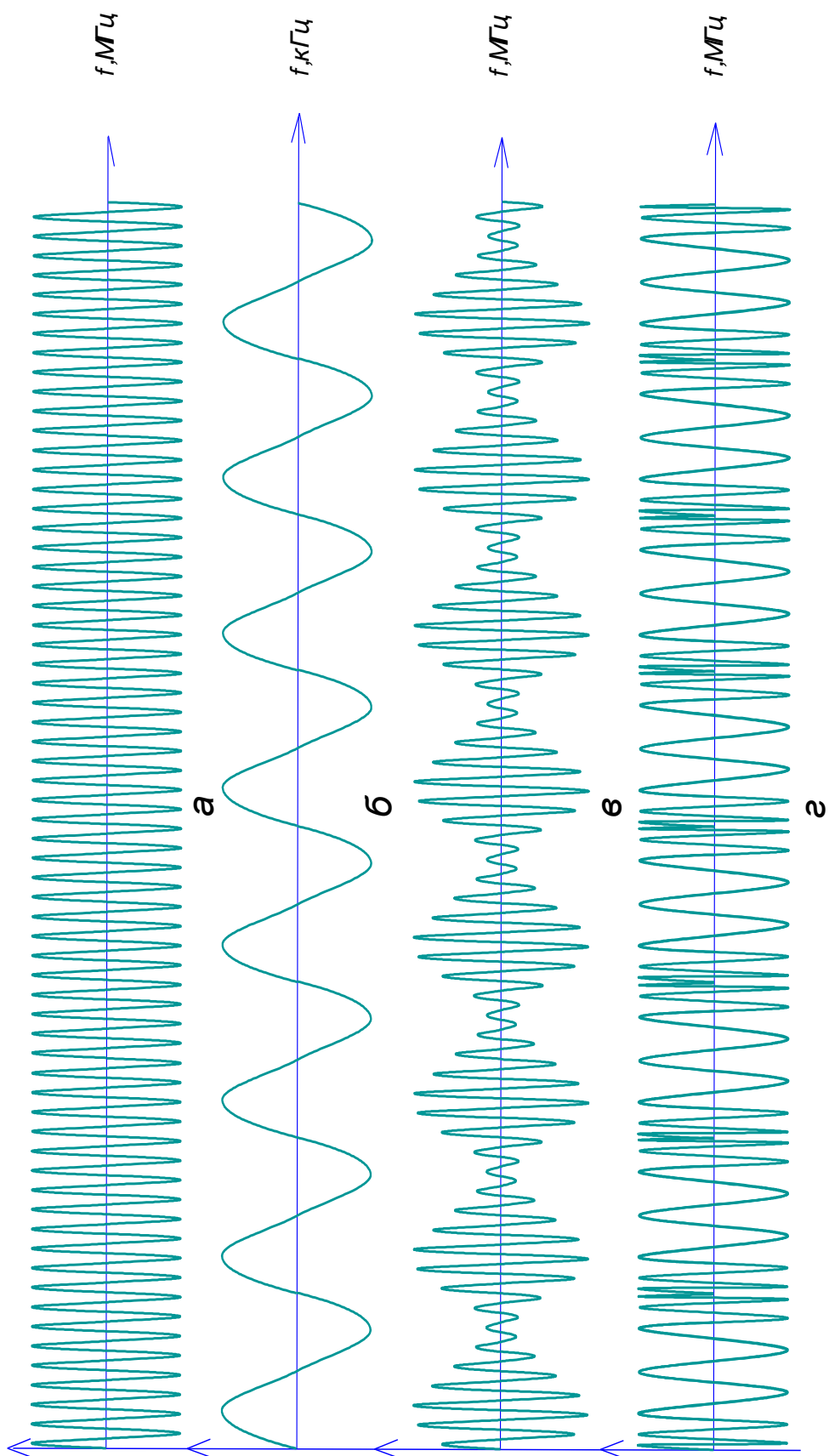


Рисунок 4.13 – Работа передатчика

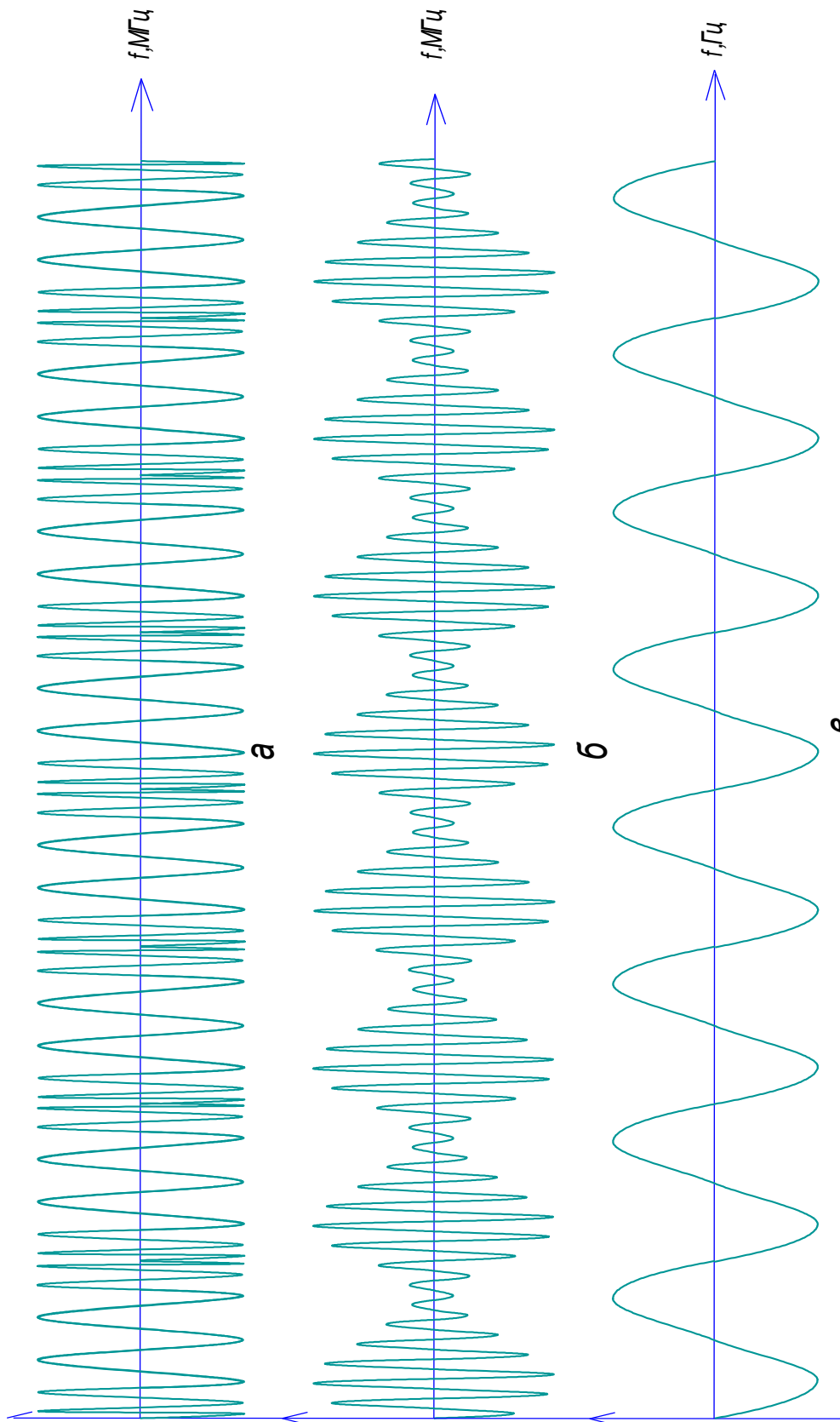


Рисунок 4.14 – Работа приемника

#### 4.4. 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 450mA. Для надёжной работы и предотвращения теплового пробоя передатчика его следует ограничить 300mA.

#### 4.5. Методические указания для выполнения лабораторных работ с применением стенда.

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

##### 4.5.1.1 Цель работы

Целью работы является изучение принципов работы радиопередающих устройств.

##### 4.5.1.2 Краткие теоретические сведения

В предложенном радиопередающем устройстве сигнал от электронного устройства поступает во входной каскад и преобразуется в энергию токов высокой частоты, эта энергия с помощью антенны излучается в эфир в виде электромагнитных волн.

Токи радио частоты генерируются в предложенной схеме транзисторным генератором, а значение несущей частоты задается с колебательным контуром  $L C5C6$ . Мощность генератора в данной работе не должна превышать 50 мВт.

На рис. 4.5.1 изображена принципиальная схема радиопередатчика.

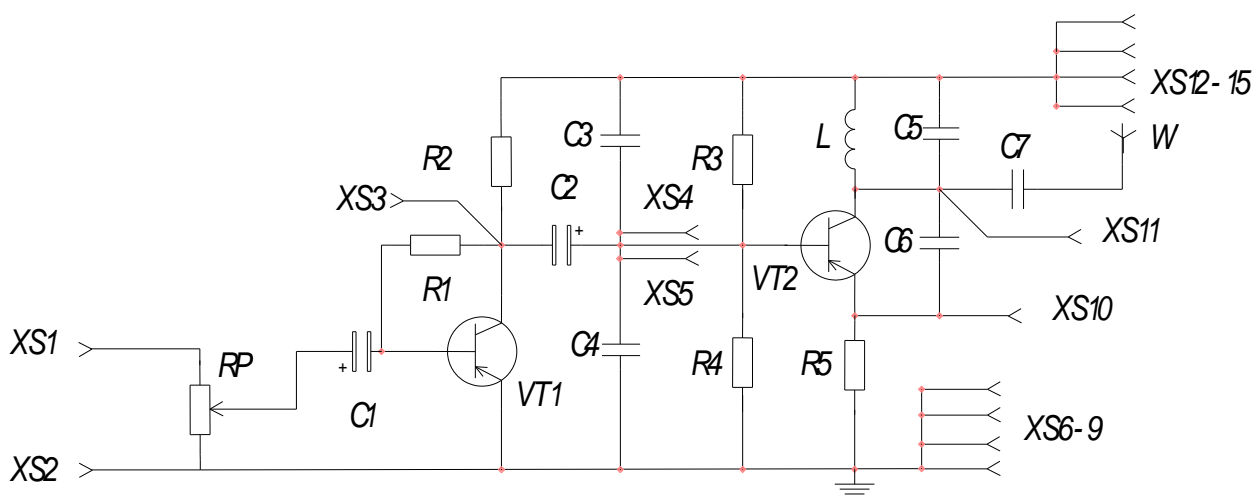


Рис. 4.5.1 – Принципиальная схема радиопередатчика

В схеме , как упомянуто выше, имеются следующие элементы: входной усилитель сигналов на транзисторе VT1, задающий генератор на транзисторе VT2, который служит для генерации радиочастоты, к тому же он же является и усилителем мощности, и антенное устройство, предназначенное для излучения радиоволн.

Основные характеристики любого передающего устройства:

- длина излучаемой волны,
- мощность передатчика, т. е. мощность высокочастотных колебаний в антенне, от нее зависит дальность (радиус) радиосвязи;
- коэффициент полезного действия  $\eta$ , показывает, какая часть полученной от источника питания энергии ( $P_{\text{потр}}$ ) излучается из антенны ( $P_{\text{ант}}$ ) [5]:

$$\eta = \frac{P_{\text{ант}}}{P_{\text{потр}}} \quad (4.5.2.1)$$

- стабильность излучаемой частоты;
- отсутствие заметных искажений при передаче сигнала.

Частота колебаний генератора передатчика определяется величинами индуктивности и ёмкости колебательного контура [5]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}} \quad (4.5.2.2)$$

где  $f_0$  - частота собственных колебаний контура;

$L_k$  - индуктивность контура;

$C_k$  - ёмкость контура.

#### 4.5.1.3 Программа работы

- а) Рассчитать параметры LC – контура по формуле 4.5.2.2, а также параметры катушки индуктивности[5];
- б) собрать схему передатчика, настроить его на частоту 27МГц;
- в) построить зависимость  $f_{\text{нес}} = F(U_{\text{нм}})$ ;
- г) установить диапазон рабочих частот передатчика.

#### 4.5.1.4 Описание лабораторной установки



Изображение наборного поля лабораторного стенда приведено на рисунке 4.5.2. Объектом исследования является радиопередатчик, в частности LC-генератор несущей частоты.

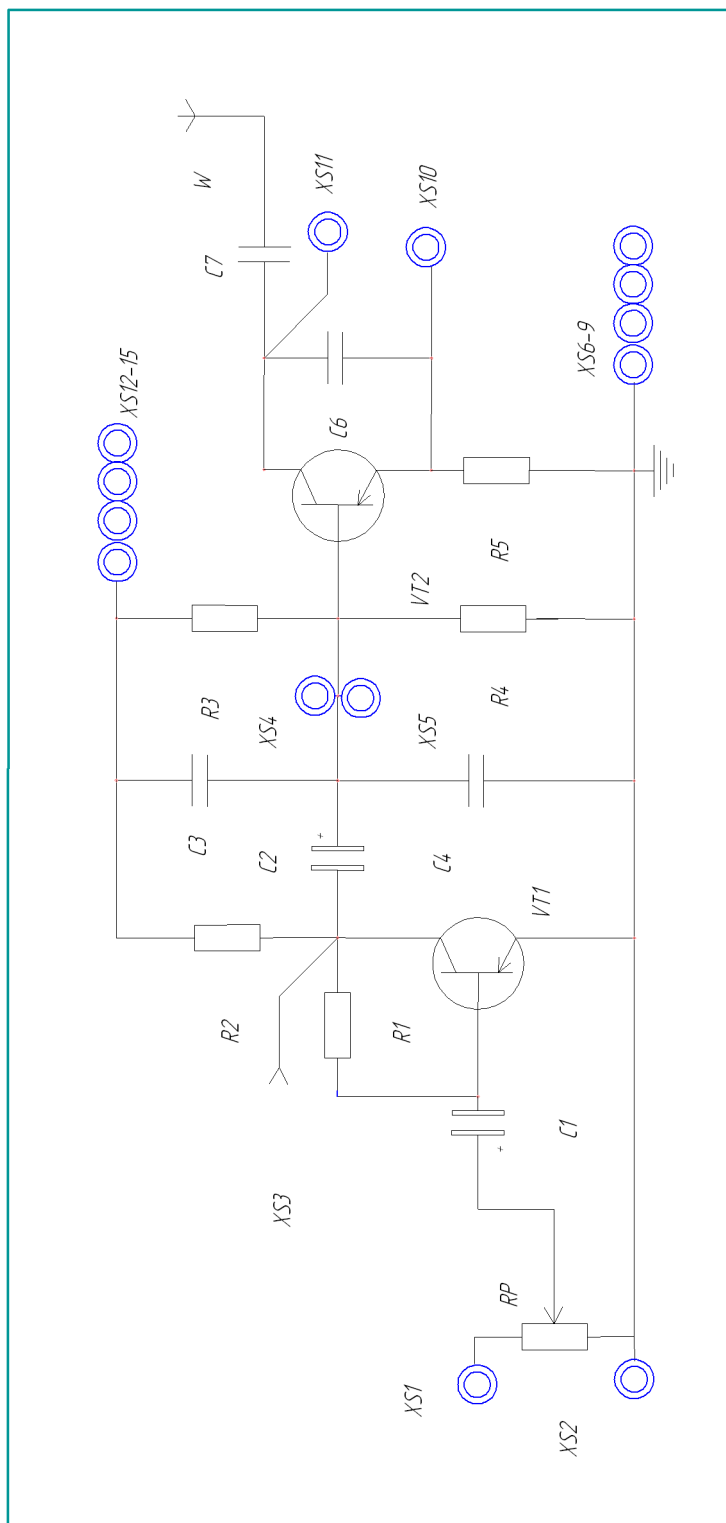


Рисунок 4.5.2 – Панель передатчика

#### 4.5.1.5 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  $f_{нес} = F(U_{num})$  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.

#### 4.5.1.6 Содержание отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать:

- цель и программу работы;
- структурную схему лабораторной установки и принципиальную схему исследуемого передатчика;

- результаты измерений, оформленные в виде графиков, осциллограммы;
- анализ результатов, оформленный в виде кратких выводов.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 5.1 Описание рабочего места и оборудования.

Лабораторные работы на стенде «Структура приёмно-передающих радиоустройств» в диапазоне УКВ находятся в помещении лаборатории Э512 Электротехнического факультета ТГУ, расположение оборудования показано на рисунке 5.1.

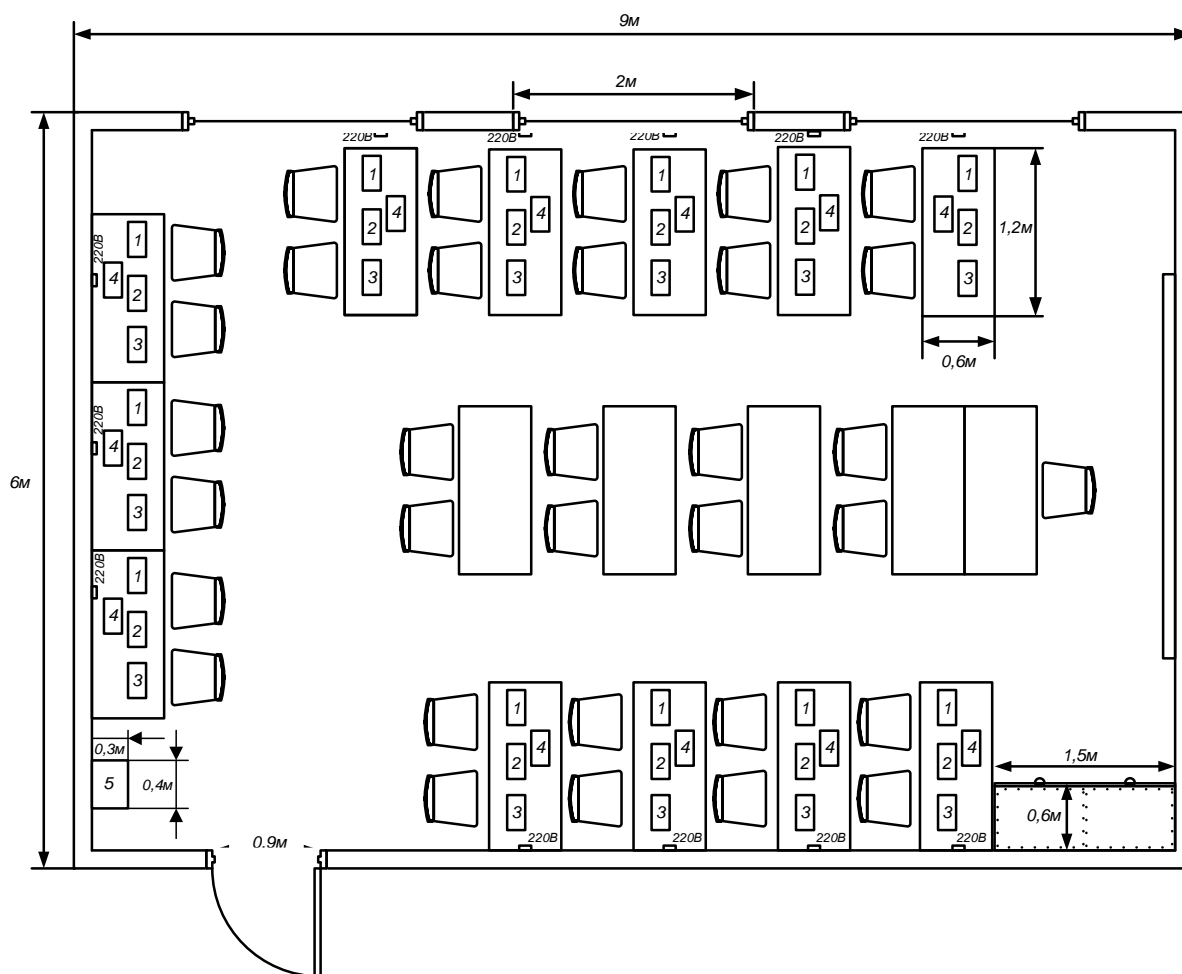


Рисунок 5.1 – Эскиз лаборатории

Аудиторию предполагается оснастить 12 стендами, при этом работать смогут не более 24 студентов, каждая бригада формируется из 2 студентов.

Лаборатория Э512 относится к помещениям, в которых нет повышенной опасности, она полностью соответствует требованиям СН 245-71 и СНиП 11-90-81.

В освещение помещения лаборатории смешанное, естественно - искусственное освещение, в соответствии с СНиП 11-4-95, отопление водяными батареями, вентиляция в соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 и 12.4.021-75.

В состав одного рабочего места входят четыре модуля:

- модуль питания,
- модуль передатчика,
- модуль приёмника,
- модуль измерительных приборов,
- цифровой осциллограф.

Перечень оборудования и его назначение приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Спецификация оборудования, инструмента рабочего места

№ позиции	Наименование	Назначение единицы
1	Блок питания - ФМЗ-3Ф2	Обеспечение электропитанием
2	Передатчик	Изучению особенностей передачи
3	Приёмник	Изучение сигналов
4	Блок измерительных приборов и осциллограф	Измерение и фиксация форм напряжений и токов в цепях

## 5.2 Опасные и вредные факторы в учебной аудитории

При выполнении работ, указанных в таблице 5.1 теоретически известны негативные факторы:

- удары электрическим током,
- недостаточная освещенность места для работы,
- высокий уровень электромагнитного излучения;
- большие психические нагрузки.

Причины удара электрическим током могут быть [17]:

1. Внезапное касание человеком токоведущих частей стенда или оборудования, находящегося под напряжением:

- ошибочные действия при проведении лабораторных работ;
- неисправности средств изоляции оборудования или инструмента при работе на токоведущих частях.

2. Высокое напряжение может оказаться на металлических конструкциях электрооборудования в результате:

- разрушения изоляции частей с током;
- замыкание фазы 1-фазной или 3-х фазной сети на корпус;
- обрыв проводов с напряжением и падением на металлические части оборудования.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в можно представить, как можно представить, может случиться в результате:

- ошибочного включения отключенной установки, выведенной из эксплуатации для ремонта;
- случайное замыкание между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями вследствие падения металлических предметов.

4. Возникновение напряжения шага на участке влажной земли, на которой находится человек может произойти в результате:

- замыкание фазы вследствие обрыва провода с падением на землю;
- экспорт высокого напряжения за границы подстанции протяженным токопроводящим предметом, например, трубопроводом;
- неисправности защитного заземления.

Причиной малой освещенности в аудитории является перегорание или поломка осветительных ламп. Устраняется легко заменой неисправных ламп и установкой современных светильников.

В таблице 5.2 приведены виды работ, при выполнении которых студент реально, выполняя лабораторную работу, в сухом проветриваемом помещении, может получить травму.

Таблица 5.2- Виды работ

№ п/п	Вредный фактор	Тип работы
1	Напряжение	Выполнение лабораторных работ по изучению приёмно-передающих радио устройств модулях стенда
2	Освещенность	
3	Сильные поля	
4	Психические нагрузки	

### 5.3 Воздействие производственных факторов на организм человека

Удар электрическим током это серьезное испытание для организма человека.

Воздействие электрического тока вызывает судорожное сокращение мышц, через которые проходит ток. Причина этого кроется в том, что сигналы, подаваемые мозгом человека для управления всеми процессами в теле и мозгу, имеют электрическую природу. Исполнительные органы (мышцы, в том числе сердечные) принимают поступающий от электрооборудования ток как управляющие сигналы. Величина деформации мышц целиком зависит от величины этого тока и меняется от легкого содрогания до полного сокращения даже с возможностью разрыва мышечных тканей.

В практике воздействие электрического тока на человека делят на три критерия по величине и силе реакции:

- пороговый ощутимый ток;
- пороговый неотпускающий ток, при котором человек не в состоянии преодолеть судорожное сокращение мышц и не может преодолеть спазм;

- пороговый фибрилляционный ток – вызывающий фибрилляцию мышц сердца и смерть.

При очень большой силе тока происходит сгорание мышечных тканей с обугливанием.

Сила воздействия зависит так же от рода тока – постоянный или переменный. В зависимости от величины напряжения опасность поражения организма так же изменяется.

Тяжесть поражения электричеством зависит от многих факторов. Во первых это состояние кожных покровов. Именно оно определяет легкость попадания тока в тело. От сухости или, наоборот, влажности кожи зависит сопротивление кожных покровов.

Второй важный фактор – это время воздействия. Опасно для организма человека представляет время прохождения тока, превышающее длительность кардиоцикла (0,75-1 с.)

При выполнении лабораторных работ по теме бакалаврской работы возможно поражение электрическим током ограниченной величины, не более 10-20 мА, что обеспечивается включением в силовую питающую сеть устройства защитного отключения (УЗО). При такие значениях тока возможно в худшем случае легкий спазм мышц, без труда преодолеваемый здоровым человеком. Все блоки питания стенда выполнены с двойной изоляцией, имеют малые напряжения и токи на шинах питания, что подтверждено соответствующими сертификатами, и не представляют опасности поражения током.

Обеспечение освещенности в помещении лаборатории. Недостаточное освещение или смещение спектра от привычного, моргание ламп дневного света приводит к падению результативности работы, повышает утомляемость, что может стать причиной травматизма на рабочем месте.

Психофизические особенности человека, выполняющего работы с использованием рассматриваемых стендов, сводятся к спокойному восприятию человеком света и окружающей обстановки. Особенно влияют:



- спектральный состав света, близость его к солнечному, привычному для человека;

- достаточный уровень освещения;

- более яркое освещение рабочей зоны;

- отсутствие бликов от поверхностей, попадающих в глаза.

Действие электромагнитных полей, особенно высокочастотных, заключается в том, что они вызывают нагрев наружных и внутренних тканей человека. При этом естественное распределение температур в организме нарушается, происходит нагрев органов, которые при нормальном радиационном фоне холоднее, это вызывает нарушение естественных процессов в организме, может вызвать образование опухолей и прочим нежелательным последствиям. Действием электромагнитных полей больших интенсивностей можно объяснить торможение рефлексов центральной нервной системы (ЦНС), что может влиять на рабочие процессы, но на работу на стендах это вряд ли повлияет.

В нормальных условиях плотность потока энергии электромагнитных полей не должна превышать  $10 \text{ Вт/м}^2$ .

Допустимые уровни электромагнитных полей лабораторного стенда не превышают допустимых значений по ГОСТ 12.1.006, ГОСТ Р 50948 и СанПин 2.2.4.723-98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50Гц) в производственных условиях».

#### 5.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда:

1) Студенты допускаются к выполнению лабораторной работы после проведения инструктажа по охране труда, по правилам ГО и ЧС, и инструктажа по действиям в случае пожара в конкретной лаборатории Э512 и сопровождаются росписью студентов в соответствующих журналах

2) К выполнению лабораторной работы в лаборатории допускается бригада минимум из двух человек.

3) Перед началом работы на стенде установить все выключатели стенда в положении «Выключено».

4) Включать стенды и измерительную аппаратуру без разрешения преподавателя или заведующего лабораторией нельзя.

5) Оценка величины неисправности стендов и определение возможности использования оборудования производится преподавателем.

6) Рекомендуется все изменения в схемах производить при отключенном питании.

В случае если появились признаки поражения человека электрическим током, необходимо немедленно выключить питание стенда, выдернув вилку сетевого шнура из розетки.

Дальнейшие действия выполняются в соответствии с инструкциями, имеющимися в лаборатории. При необходимости преподаватель должен проводить восстанавливающие мероприятия до прибытия врача.

Вентиляция помещения – естественная неорганизованная, осуществляется путем проветривания с помощью окон, в аудитории имеется встроенная вентиляция специальными каналами.

#### 5.5 Обеспечение безопасности на рабочем месте

Электробезопасность на рабочем месте имеется в виду защита человека от случайного прикосновения к шинам или проводникам под напряжением, обеспечивается:

- соответствующей конструкцией оборудования (стенда) ;
- применением технических способов защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Аудитория Э512 относится к помещению без повышенной опасности.

В аудитории установленное стационарно оборудование выполнено так, чтобы все металлические элементы были соединены вместе и подключены к шине заземления, размещенной на стене. Кроме того, эта же шина соединена с нулевым проводом трехфазной системы электропитания, введенной в данное помещение. На вводе в электрическом щитке установлено УЗО,

отключающее всю сеть при появлении токов утечки, превышающих 15 мА при напряжении 220 В.

В данном лабораторном стенде используется для питания модулей применено малое напряжение, 15 В - 20 В, что не может представлять опасность при любых сочетаниях случайностей.

Измерительная техника для исследования процессов в стендах представляет собой мультиметры с батарейным питанием с напряжением 9 В и совершенно электробезопасна. Осциллографы, которые применяются при проведении работ имеют двойную изоляцию от напряжений сети.

Аппаратура подключается к сети промышленной частоты с помощью штепсельных вилок, имеющих специальный контакт заземления и конструкцию, исключающую случайное прикосновение к токоведущим штырям.

#### 5.6 Обеспечение пожаробезопасности на рабочем месте

Помещение соответствует требованиям ГОСТ 12.1.004-76 по обеспечению пожарной безопасности. Относится к классу пожаробезопасности В1 согласно НПБ-105-95. Помещение, в котором проводятся лабораторные работы относится к помещению категории В.

В данной учебной аудитории ответственным за пожарную безопасность во время занятий является преподаватель. Во время первого занятия проводится со студентами инструктаж с разъяснением порядка действий во время пожара.

В аудитории есть огнетушители, число которых соответствует нормативам и ящик с песком, размещенные вблизи входной двери. Лаборатория оборудована датчиками автоматической противопожарной сигнализации, а план эвакуации размещен в коридоре вблизи лестницы.

Все средства пожаротушения должны находиться в легкодоступных местах. Для тушения возгораний в помещении лаборатории применяются только порошковые огнетушители, и песок.

## 5.7 Инженерные расчеты

Расчет электрического освещения в помещении.

Количество светильников определяется по известной формуле (5.1), где все определяется размерами помещения и нормами, утвержденными еще при недоразвитом социализме

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot \Pi_{\text{л}}} \quad (5.1)$$

Эдесь  $E$  – минимальная освещенность по СНИП, лм;

$S$  – площадь аудитории,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коэффициент запаса на старение ламп, запыление;

$z$  – допустимое соотношение средней освещенности к минимальной;

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

$\Pi_{\text{л}}$  – количество люминесцентных ламп в каждом светильном агрегате.

Минимальная освещенность по СНИП принимаем  $E = 75$  лм, чтобы буквы различать как при свете лучины выбрали по таблице 11 [17].

Площадь помещения, измеренная примерно,  $S = 9\text{м} \times 6\text{м} = 54 \text{ м}^2$ ,

Коэффициент запаса  $k = 1,5$  выбран по таблице 13 [17].

Световой поток одной лампы  $\Phi = 820$  лм комплектуя светильники газоразрядными люминесцентными лампами ЛДЦ 20-4, правда таких уже не купишь.

Учитывая состав воздуха в помещении, выбрали по таблице 16 [17] марку ВЛО люминесцентного светильника для сухого нормального помещения.

Количество люминесцентных ламп в светильнике равно двум.

Итого количество светильников

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

Количество по две лампы в люстре.

Схему расположения светильников приведена на рисунке 5.2, разместили равномерно.

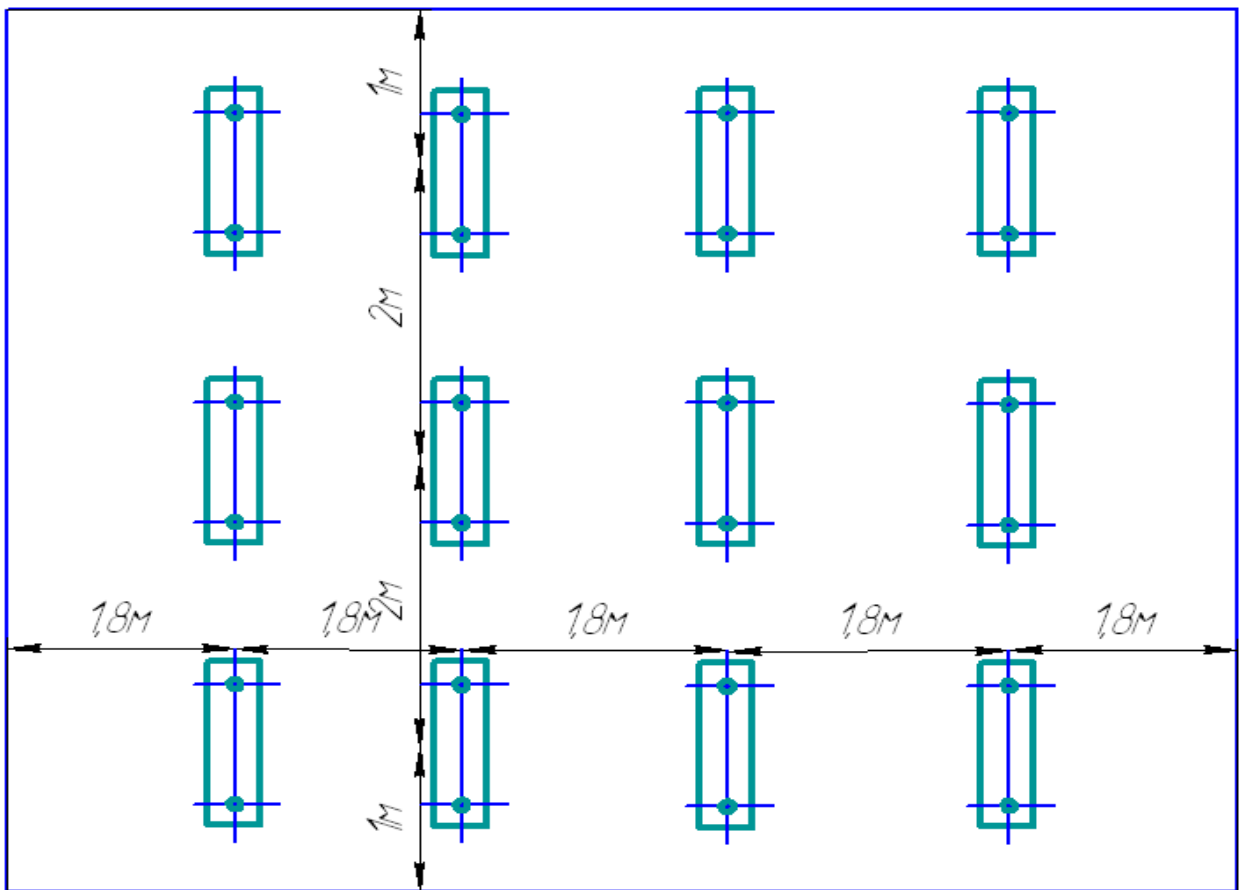


Рисунок 5.2 - Проектная схема размещения светильников в помещении

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проектирования был разработан макет лабораторного стенда по изучению структуры приёмно-передающей аппаратуры 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.

Приведены методические указания по проведению лабораторных работ с использованием стенда

Исследуемые схемы были отмакетированы и исследованы.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. McDonald, A. J. VHF signal power suppression in stratiform and convective precipitation [Text] / A. J. McDonald, K. P. Monahan, D. A. Hooper, C. Gaffard // *Annales Geophysicae*. Vol. 24(1). – 2016. – PP. 23-35. ISSN: 1432-0576
2. Kishore Kumar, K. VHF/UHF radar observations of tropical mesoscale convective systems over southern India [Text] / K. Kishore Kumar, A. R. Jain, D. Narayana Rao // *Annales Geophysicae*. Vol. 23. – 2005. – PP. 1673-1683. ISSN: 1432-0576
3. Nozaki, K. VHF/HF radio telecommunications between Syowa Station and Mizuho Station, Antarctica [Text] / K. Nozaki // *Antarctic Record*. Vol. 78. – 1983. – PP. 25-36. ISSN: 2432-079X
4. Men, S. Wideband signal detection for cognitive radio applications with limited resources [Text] / S. Men, P. Charge, Y. Wang, J. Li // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. Vol. 2019(1). – 2019. – PP. 1-10. ISSN: 1687-6180
5. Wu, H. VHF radio signal modulation classification based on convolution neural networks [Text] / H. Wu, Q. Wang, L. Zhou, J. Meng // *MATEC Web of Conferences*. Vol. 246. – 2018. – PP. 1-5. ISSN: 2261-236X
6. Desrochers, A. Estimating Wildlife Tag Location Errors from a VHF Receiver Mounted on a Drone [Text] / J. A. Tremblay, Y. Aubry, D. Chabot, P. Pace, D. M. Bird // *Drones*. Vol. 2(4). – 2018. – PP. 1-9. ISSN: 2504-446X
7. Garbanzo-Salas, M. Estimating Characterization of atmospheric structures observed by a VHF MST-type radar in the troposphere over Santa Cruz, Costa Rica [Text] / M. Garbanzo-Salas, W. Hocking // *Earth, Planets and Space*. Vol. 71(1). – 2019. – PP. 1-10. ISSN: 1880-5981
8. Дулич, А.П. Сравнительный анализ УКВ – радиостанций / А.П. Дулич, М.С. Брежнев, Д.Е. Матвеев // *Символ науки*. №7. – 2015. – с. 21-23. ISSN: 2410-700X

9. Басюк, М. Проектирование и экспериментальное исследование параметров модуля приемопередатчика цифровой информации УКВ-диапазона / М. Басюк, С.А. Чубаров // Компоненты и технологии. №3. – 2002. – с. 60-62.
10. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника: учебник для вузов. / Ю.С. Забродин. – М.: Высш. школа, 1982. – 496 с., ил.
11. Гусев, В.Г. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высш. шк., 1991. – 622 с.: ил.
12. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк : пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008.
13. Семенов, Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. // Семенов, Б.Ю. – Москва.: СОЛОН-Р, 2001. – 417 с.
14. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника. // Мелешин, В.И. – Москва : Техносфера, 2005. – 632 с.
15. Водовозов А. М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. М. Водовозов. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 130 с. : ил. - ISBN 978-5-9729-0137-1.
16. Александров А.А. Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.- М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288с.
17. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
18. Миленина С. А. Электротехника, электроника и схемотехника : учеб. и практикум для акад. бакалавриата / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. - Гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 398, [1] с. : ил. - (Бакалавр. Академический курс). - Библиогр.: с. 3398-399. - ISBN 978-5-9916-7353-2 (ч. 1). - ISBN 978-5-9916-7354-9 : 952-15.5.
19. Воробьев, Н.И. Проектирование электронных устройств : учеб. Пособие / Н.И. Воробьев. - М. : Высш. шк., 1989. - 223 с.



- 20.Халоян, А. Радиоприемники / А. Халоян. – Москва : РадиоСофт, 2006. – 240 с. : ил. – ISBN: 5-93037-143-1
- 21.Интернет магазин электронных компонентов «Импульс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.impulsi.ru>