

ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра систем информационной безопасности

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторной работы  
«Исследование электрических характеристик передатчика  
с аналоговыми и дискретными видами модуляции»  
по дисциплине «Устройства генерирования и формирования  
сигналов» для студентов направлений 11.04.01 «Радиотехника»  
(программа магистерской подготовки «Радиотехнические  
средства обработки и защиты информации в каналах связи»)  
и 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»;  
по дисциплине «Устройства передачи и приёма сигналов  
в СПЦС» для студентов направления 10.05.02  
«Информационная безопасность телекоммуникационных  
систем» очной формы обучения

Воронеж 2016

Составитель канд. техн. наук М.И. Бочаров  
УДК 621.396.61

Формирование радиосигналов: методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование электрических характеристик передатчика с аналоговыми и дискретными видами модуляции» по дисциплине «Устройства генерирования и формирования сигналов» для студентов направлений 11.04.01 «Радиотехника» (программа магистерской подготовки «Радиотехнические средства обработки и защиты информации в каналах связи») и 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»; по дисциплине «Устройства передачи и приёма сигналов в СПЦС» для студентов направления 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М.И. Бочаров. Воронеж, 2016. 24 с.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения, домашнее и лабораторное задания, а также справочный материал для выполнения домашнего задания и контрольные вопросы для допуска к работе и её защиты.

Предназначены для магистров первого курса и специалистов третьего и четвертого курсов.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле «РПДУ-мод.pdf».

Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. А.В. Останков

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.Г. Остапенко

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный технический  
университет», 2016

## **1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ**

Цель работы:

ознакомиться с методикой лабораторных испытаний передатчиков с аналоговыми и дискретными видами модуляции;  
приобрести практические навыки по экспериментальному определению электрических характеристик передатчиков в соответствии с требованиями .

При выполнении работы используются следующие измерительные приборы и оборудование:

лабораторные установки (передатчики);  
измерители частотной модуляции;  
генераторы колебаний звуковых частот;  
высокочастотные вольтметры;  
частотомеры электронно-счетные;  
селективный микро вольтметр (анализатор спектра).

В качестве лабораторной установки используются передатчики РС «Маяк» и Р-168-5-КВ или других типов с аналогичными характеристиками, нагруженные на эквивалент антенны. Технические характеристики РС « Маяк» приведены в приложении 1 и приложении 2, а принцип работы и технические характеристики РС Р-165-5-КВ приведены в приложении 3.

## **2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ**

2.1. Ознакомиться с принципами построения радиопередатчиков подвижной связи.

2.2. Ознакомиться с техническими требованиями на передатчики подвижной радиосвязи, методами измерения и аппаратурой для измерения их технических параметров в соответствии с требованиями ГОСТ.

2.3. Изучить назначение блоков, органов управления и принцип работы передатчика РС «Маяк» и принципами фор-

мирования радиосигналов с дискретными видами модуляции в передатчике РС Р-168-5 КВ.

2.4. Изучить принципы построения современных радиопередатчиков.

2.5. Изучить методику измерения основных параметров радиосигналов с аналоговыми и дискретными видами модуляции.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ**

3.1. При выполнении п.2.1 необходимо изучить принцип построения и основные структурные схемы радиопередатчиков подвижной связи [1...3].

3.2. При выполнении п.2.2 необходимо изучить технические характеристики передатчиков подвижной связи [1], методику измерения их параметров [4...6], а также технические характеристики передатчика РС «Маяк» (приложение 1). Основные технические характеристики записать в отчёт.

3.3. При выполнении п.2.3 необходимо изучить принцип построения передатчика РС «Маяк» (приложение 2). При этом необходимо обратить внимание на назначение органов управления и разъёмов для соединения блоков РС и подключения измерительной аппаратуры, а РС Р-168-5 КВ (приложение 3).

3.4. При выполнении п.2.4 необходимо изучить материал, приведённый в [2,3].

3.5. При выполнении пункта 2.5 необходимо изучить материал, приведённый в [4...7].

### **4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ**

4.1. Привести перечень необходимых измерительных приборов для экспериментального исследования электрических характеристик передатчика. Затем ознакомиться с типом изме-

нительной аппаратуры на рабочем месте, изучить её технические характеристики. В отчёте привести необходимые для измерений приборы.

4.2. Измерить уровень мощности несущей частоты передатчика.

Подключить высокочастотный вольтметр к гнезду переходного тройника, соединяющего гнездо «Ант» блока ПП с эквивалентом нагрузки. Включить радиостанцию, нажатием тангенты на снятой микротелефонной трубке перевести в режим ПЕРЕДАЧА. Измерить величину напряжения на эквиваленте нагрузки (50 Ом).

Мощность несущей частоты передатчика на нагрузке определить по формуле

$$P_H = U_H^2 / R_H, \quad (1)$$

где  $U_H$  – действующее значение амплитуды напряжения, измеренное на эквиваленте нагрузки.

4.3. Определить чувствительность модуляционного входа передатчика.

К гнездам «Модул. вход» подключить генератор звуковых частот, установив при этом ручку выходного напряжения в крайнее левое положение, а частоту на лимбе 1000 Гц (нормальный модулирующий сигнал передатчика). К гнезду «Эквивалент нагрузки» подключить измеритель девиации. Увеличить уровень выходного сигнала генератора до величины, при которой девиация частоты составляет  $0,6\Delta f_{gm}$  ( $\Delta f_{gm} = 5$  кГц – максимальная девиация частоты передатчика). Показания индикатора уровня выходного сигнала составят чувствительность модуляционного входа передатчика.

4.4. Измерение отклонения амплитудно-частотной модуляционной характеристики (АЧМХ) передатчика от характеристики с предкоррекцией **6 дБ/октава**.

Измерительные приборы подключить согласно п.4.3. На вход передатчика подать нормальный модулирующий сигнал с уровнем, при котором девиация частоты составляет  $0,2\Delta f_{gm}$ .

Поддерживая постоянным уровень входного сигнала и, изменяя частоту сигнала в пределах от **300** до **3400 Гц**, изменить девиацию частоты  $\Delta f_g$ .

Результаты измерений выразить в децибелах относительно девиации  $\Delta f_g'$  на частоте **1000 Гц** по формуле

$$N = 20 \lg (\Delta f_g / \Delta f_g') \quad (2)$$

Отклонение измеренной АЧМХ от характеристики с предкоррекцией бДБ/ октава определить как разность между полученным значением  $N$  и величиной  $N'$ , приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Частоты модулирующего сигнала, Гц	300	500	1000	2000	3400
$N'$ , дБ	-10,4	-8,0	0	6,0	10,6
$N - N'$ , дБ					

Эту разность также занести в табл. 1.

4.5. Измерить максимальную девиацию частоты передатчика.

На вход передатчика подать нормальный модулирующий сигнал и определить его уровень, при котором девиация частоты равна  $0,64\Delta f_{gm}$ .

Увеличить полученный уровень звукового сигнала на 12 дБ (в четыре раза). Поддерживая уровень модулирующего сигнала постоянным, определить девиацию частоты в полосе зву-

ковых частот от 300 до 3400 Гц. Полученное максимальное значение девиации частоты будет искомой величиной.

4.6. Определить уровень паразитной амплитудной модуляции (ПАМ) передатчика.

На вход передатчика подать нормальный модулирующий сигнал с уровнем, равным чувствительности модуляционного передатчика (п.4.3). Измеритель модуляции поставить в положении «АМ» (индикатор высвечивает «%»). Радиостанцию перевести в режим «ПЕРЕДАЧА». Показания индикатора измерителя модуляции являются уровнем ПАМ передатчика, выраженной в процентах.

4.7. Измерить отклонение частоты передатчика от номинального значения.

Подключить частотомер к РЧ гнезду эквивалента нагрузки. Радиостанцию перевести в положение ПЕРЕДАЧА. Измерить частоту передатчика при отсутствии модулирующего сигнала.

Точность установки частоты  $\varepsilon$  определить по формуле

$$\varepsilon = f_{\text{П}} - f_0, \quad (3)$$

где  $f_{\text{П}}$  – измеренное значение частоты, Гц;  $f_0$  – паспортное значение частоты канала радиостанции.

Полученное значение  $\varepsilon$  занести в отчет.

4.8. Определить уровень паразитной частотной модуляции (ПЧМ).

Приборы подключить к передатчику в соответствии с п.4.3. На вход передатчика подать нормальный модулирующий сигнал, равный чувствительности модуляционного входа. Измерить девиацию частоты  $\Delta f'_g$ . Отключить модулирующий сигнал и измерить уровень девиации частоты  $\Delta f''_g$ .

Уровень ПЧМ определить по формуле

$$D = 20 \lg (\Delta f''_g / \Delta f'_g). \quad (4)$$

4.9. Определить параметры радиосигнала с частотной телеграфией.

На вход передатчика РС с выхода генератора импульсов подать сигнал частоты 500 Гц со скважностью 2. К выходу передатчика подключить селективный вольтметр (анализатор спектра). Определить спектр сигнала на выходной частоте передатчика.

С использованием расчетных соотношений, приведенных в [1] определить спектр выходного сигнала.

Результаты занести в отчет.

4.10. Измерить уровень побочного излучения, возникающего в процессе формирования несущей частоты.

Подключить к эквиваленту антенны передатчика селективный микровольтметр (анализатор спектра).

Измерить уровень побочных спектральных составляющих около несущей частоты передатчика.

Уровень побочных составляющих определить по отношению к уровню несущей частоты.

Аналогичным образом измеряются и другие частоты побочного излучения.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

5.1. Краткая техническая характеристика передатчика.

5.2. Перечень используемой в работе измерительной аппаратуры с обоснованием необходимости её применения.

5.3. Структурная схема передатчика.

5.4. Результаты измерений и расчётов, полученные в процессе выполнения работы.

5.5. Краткие выводы по работе, содержащие анализ полученных результатов и их сравнительную оценку с техническими характеристиками передатчиков РС «Маяк» и Р-168 5 КВ.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких блоков (узлов) состоит РС «Маяк»? Укажите их назначение.
2. Поясните, как формируется несущая частота передатчика?
3. Какой режим работы реализован в каскадах УМ передатчика РС «Маяк»?
4. Поясните принцип работы автоматической регулировки мощности передатчика РС «Маяк».
5. Приведите схемы подачи смещения на базы транзисторов УМ. Поясните, каким образом создаётся при этом напряжение смещения.
6. Нарисуйте схемы межкаскадных согласующих цепей УМ. Какова особенность этих цепей по сравнению с аналогичными цепями более низкочастотных УМ?
7. Назовите частоты побочного излучения РС «Маяк». Радиостанции Р168-5 КВ.
8. Чем обусловлена паразитная амплитудная модуляция передатчика с угловой модуляцией?
9. Почему возникает паразитная частотная модуляция передатчика с ЧМ?
10. Как измерить уровень ПАМ передатчика с ЧМ?
11. Как и в каком режиме измеряют ПЧМ?
12. Почему дальность связи между стационарными РС больше, чем между возимыми?
13. Какие достоинства блока питания с высокочастотным преобразованием напряжения?
14. Какие достоинства СЧ с использованием частотно-фазового детектора?
15. Назовите пути улучшения электромагнитной совместимости передатчиков подвижной радиосвязи.
16. В чём состоит отличие принципа построения радиостанции Р-168-5 КВ от РС «Маяк»?

17. Назовите основные технические характеристики радиостанции Р -168-5 КВ.
18. Укажите варианты увеличения дальности связи при использовании систем подвижной связи?
19. Чем ограничена скорость перехода с одной частоты на другую в РС «Маяк»?
20. Назовите способы улучшения технических характеристик передатчиков подвижной радиосвязи?
21. Назовите частоты побочного излучения передатчика, используемого в лабораторной установке, обусловленные способом формирования несущей частоты.
22. Почему требования к стабильности частоты передатчика при угловой модуляции ниже, чем при однополосной модуляции?
23. Какие преимущества имеет схема автогенератора с общим управляющим электродом?
24. Почему в качестве АЭ в схемах ГУН преимущества имеют полевые транзисторы?
25. Для какой цели в схеме СЧ между ГУН и ДПКД включён двухкаскадный буферный усилитель?
26. Каким образом в СЧ достигается установка требуемого значения несущей частоты?
27. Почему опорные генераторы СЧ выполняются на биполярных транзисторах (логических элементах)?
28. Какие типы антенн, кроме штыревых, целесообразно использовать для организации радиосвязи в диапазоне УКВ? В диапазоне ВЧ?
29. Чем обусловлена высокая долговременная стабильность частоты исследуемых передатчиков?

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАТЧИКА РС «МАЯК»

Радиостанции «Маяк» предназначены для организации беспойсковой и бесподстроечной радиотелефонной связи. Радиостанция выпускается в двух вариантах: для работы на подвижных объектах (16Р22В-1) и в стационарных условиях (16Р22С-1). Питание возимого варианта осуществляется от аккумуляторов с номинальным напряжением в пределах от 10,8 до 15,6 В с заземлённым минусом. Питание стационарной РС осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В.

РС предназначена для работы при температуре окружающей среды от  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

РС, в зависимости от исполнения, могут быть одноканальными и многоканальными и работают в диапазоне частот от 146 до 174 МГц. Количество оперативно устанавливаемых каналов многоканального варианта – от 2 до 8. Разнос частот между соседними каналами не менее 25 кГц.

Радиостанции предназначены для работы при соотношении ПРИЁМ / ПЕРЕДАЧА 1:1; максимальная продолжительность работы в режиме ПЕРЕДАЧА – составляет 15 минут.

Мощность несущей частоты передатчика равна  $12\pm 3$  Вт.

Чувствительность модуляционного входа передатчика –  $50\pm 15$  мВ.

Максимальная девиация частоты в диапазоне модулируемых частот от 300 до 3400 Гц – не более 5 кГц.

Девиация частоты передатчика при посылке вызова – не более 3 кГц.

Коэффициент нелинейных искажений передатчика – не более 5 %.

Отклонение частоты передатчика от номинального значения – не более  $5 \cdot 10^{-6}$ .

Мощность, потребляемая радиостанцией от сети переменного тока напряжением 220 В в режиме ПЕРЕДАЧА – 220 Вт; при питании от аккумуляторной батареи – 36 Вт.

Коэффициент стоячей волны антенного устройства не более 1,54.

Дальность связи между двумя стационарными радиостанциями составляет 15 ... 30 км; между стационарной и возимой радиостанциями – 15 ... 20 км; между двумя возимыми радиостанциями – 8 ... 15 км.

**КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПЕРЕДАТЧИКА РС «МАЯК»**

РС 15P22C1 состоит из следующих блоков: приёмопередатчика (ПП), пульта управления (ПУ), антенно-фидерного устройства (АФУ), блока питания (БП), громкоговорителя (ГГ) и комплекта кабелей. Схема соединений блоков приведена на рис.П.2.1.

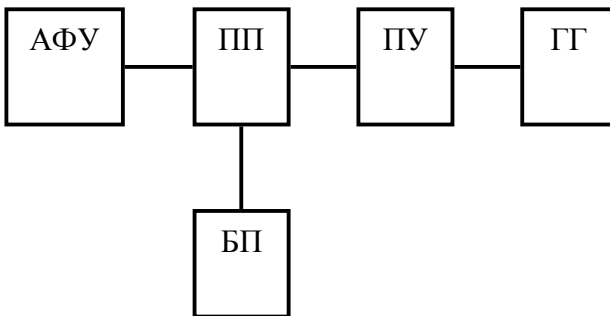


Рис. П.2.1. Схема соединений блоков РС

ПП конструктивно выполнен в едином каркасе в виде функционально законченных блоков: приёмника, усилителя мощности, синтезатора частот (СЧ), дешифратора рабочих частот (для многоканальных РС). На корпусе ПП расположены разъёмы для подключения источника питания, ПУ и АФУ. Конструкция ПП обеспечивает отвод тепла от транзисторов выходных каскадов УМ.

Органы оперативного управления работой РС расположены на передней панели ПУ и содержат: индикатор мощности; индикатор включения РС; регулятор громкости ГГ, совмещённый с выключателем РВ; кнопки набора канала (для многоканального варианта); 1 – кнопку включения генератора тонального вызова абонентской РС (1400 или

2100 Гц); 2 – кнопку включения генератора тонального вызова диспетчерской РС (1000 или 1450 Гц); ПШ – кнопку отключения подавителя шума; фиксатор трубокдержателя; микрофонную трубку (МК).

На задней панели ПУ расположены: разъём ПРМД – для подключения к ПП и контрольно-измерительной аппаратуре; разъём ГР – для подключения громкоговорителя; отверстия, обеспечивающие доступ к регуляторам неоперативной установки порога срабатывания ПШ и уровней НЧ приёмника и передатчика; кнопка переключения частоты приёмника вызова.

БП выполнен в литом каркасе, на передней панели которого расположены следующие органы управления: сетевые предохранители; индикатор сигнализации включения и работы БП; тумблер включения БП.

На задней стенке блока находятся: разъёмы выходного напряжения ВЫХОД; зажимы для заземления блока; шнур питания с вилкой и обозначением на стенке 220 В.

Блок ГГ выполнен в корпусе из ударопрочного полистирола и имеет два для подключения к ПУ.

Приёмопередатчик содержит: приёмник, усилитель мощности (УМ), синтезатор частот (СЧ), дешифратор частот (для многоканальных станций).

УМ предназначен для усиления мощности частотно-модулированных колебаний диапазона 146 ... 174 МГц до уровня  $12 \pm 3$  Вт.

УМ (рис. 2) содержит четырёхкратный усилитель, выполненный на транзисторах VT1 ... VT4, стабилизатор напряжения (VT6 ... VT9), схему автоматической регулировки мощности (АРМ) при изменении напряжения питания и климатических воздействиях (VT11 ... VT13, VD7), схему индикации мощности (VT14), схему управления и защиты (VT6, VT7, VT10, VT15 ... VT17), фильтр нижних частот (ФНЧ) и переключатель антенны.

Каскады УМ построены по схеме с общим эмиттером. Для увеличения коэффициента усиления первый каскад работает в классе АВ, остальные каскады для повышения КПД и устойчивости УМ работают в режиме класса С (угол отсечки  $\theta < 90^\circ$ ).

Межкаскадные цепи согласования УМ выполнены на Т-контурах и обеспечивают фильтрацию гармонических составляющих усиливаемого сигнала. Конструктивно они реализованы на индуктивностях и переходных конденсаторах печатным монтажом.

Напряжение смещения на транзисторах задаётся с помощью элементов R4 ... R6, L5, L8, L10, L14, L15.

Для развязки по питанию в каждом каскаде применены LC-фильтры L3, C5, C6; L11, C12 и конденсаторы C8, C9, C17.

В качестве выходной согласующей цепи оконечного каскада УМ используется фильтр, выполненный на элементах L16 ... L20, C10 ... C22, обеспечивающий предварительную фильтрацию гармоник усиливаемого сигнала и преобразование эквивалентного сопротивления оконечного каскада ( $VT_4$ ) в сопротивлении 50 Ом.

ФНЧ, выполненный на элементах L21 ... L23, L25, C23, C24, C26, C28, обеспечивает фильтрацию выходного сигнала до необходимого уровня.

Схема АРМ состоит из кольца отрицательной обратной связи по напряжению питания, включающего амплитудный детектор (элементы C33, VD7, R30), усилитель постоянного тока (транзисторы VT11 ... VT13) и регулируемый каскад УМ на транзисторе VT1. Необходимая термостабилизация обеспечивается с помощью терморезистора R28, включённого в делитель напряжения R26 ... R29. Конденсатор C34 служит для устранения самовозбуждения цепи АРМ на низкой частоте.

Схема индикации мощности, выполненная по схеме с общим эмиттером, усиливает выходное напряжение детектора АРМ и передаёт его на контакт 7 индикатора мощности. Пита-

ние на транзисторе VT14 поступает через светодиод индикации мощности пульта управления.

Схема управления и защиты состоит из схемы коммутации питания первого каскада УМ (транзисторы VT15 ... VT17), порогового устройства отключения стабилизатора напряжения, выполненное на транзисторах VT6, VT7, VT10 и антенного коммутатора на диодах VD1, VD2.

В схему управления включена цепь задержки (элементы R32, C35), исключающая излучение передатчика в период поиска требуемой частоты СЧ (переход из режима ПРИЁМ в режим ПЕРЕДАЧА).

Коммутация антенно-фидерного устройства осуществляется с помощью р-і-п диодов (VD1 и VD2).

Стабилизатор напряжения обеспечивает стабильное напряжение 9 В при питании его от источника постоянного напряжения 10,8 ... 15,6 В.

Схема защиты обеспечивает отключение стабилизированного напряжения при превышении входного напряжения стабилизатора напряжения уровня 15,6 В.

ЭК осуществляют коммутацию напряжения питания первичного каскада УМ и АК.

Синтезатор частот предназначен для формирования высокочастотных колебаний возбуждителя передатчика с частотной модуляцией в диапазоне частот от 146 до 174 МГц и гетеродина приёмника в полосе от 135,3 до 163,3 МГц. СЧ выполнен по одно кольцевой схеме с использованием импульсно-фазовой автоподстройки частоты и разбит на 14 поддиапазонов.

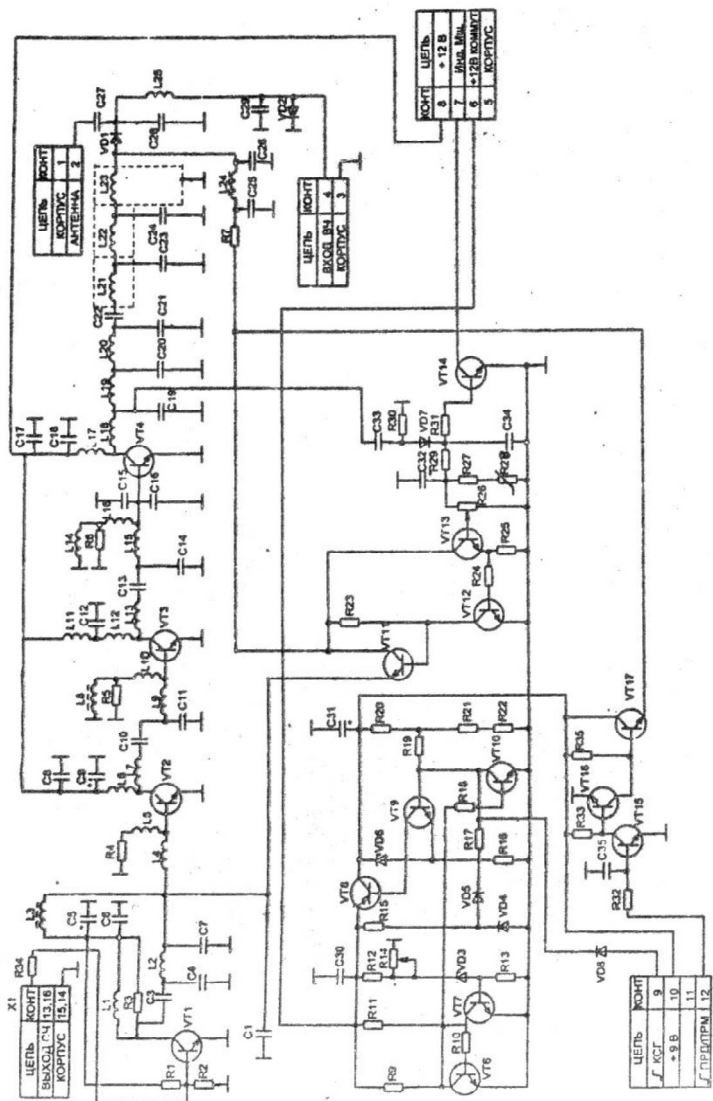


Рис. П.2.2. Принципиальная схема усилителя мощности

Схема СЧ содержит: генератор управляемый напряжением (ГУН); делитель с переменным коэффициентом деления (ДПКД); частотно-фазовый детектор (ЧФД); делитель с фиксированным коэффициентом деления (ДФКД); опорный генератор (ОГ); вторичный источник питания (ВИП).

ГУН предназначен для генерирования РЧ колебаний в рабочем диапазоне частот и выполнен по схеме ёмкостной трёхточки на полевом транзисторе с общим затвором. Выходной сигнал ГУН усиливается двухкаскадным буферным усилителем, выполненным по аperiodической схеме. Основное назначение буферного усилителя - ослабление влияния ДПКД на выходной сигнал СЧ и влияние нагрузки на работу кольца фазовой автоподстройки частоты.

### НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОСТАНЦИИ Р-168-5 КВ

1. Радиостанция Р-168-5 КВ – возимая, автоматизированная, симплексная, обеспечивает помехозащищенную открытую и закрытую встроенным устройством технического маскирования радиосвязь в диапазоне ВЧ ( КВ).

РС предназначена для использования в качестве приемовозбудителя радиостанции Р-168-5КВ , а также в качестве автономного приемника, работающего на приемную антенну.

Особенностью РС является наличие режимов псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) со скоростями перестройки рабочей частоты 3 и 22 скачка в секунду и встроенного модема, обеспечивающего передачу и приём цифровой информации со скоростями 1200 и 2400 бит/с.

РС относится к пятому поколению изделий и выполнена на микросхемах и БИС.

#### 2. Использование РС в качестве приемовозбудителя

2.1. РС обеспечивает работу в следующих режимах:

фиксированная частота симплекс; фиксированная частота двухчастотный симплекс; сканирующий приём; адаптивная автоматизированная связь; псевдослучайная перестройка рабочей частоты; дежурный приём.

2.2. РС обеспечивает следующие виды работы (классы излучений): передачу и приём открытой речевой информации в канале однополосной модуляции (ОМ) на верхней боковой полосе ОМ ( вид излучения J3E); передачу и приём технически защищённой речевой информации , закрытой встроенным устройством технического маскирования (ТМ) в канале однополосной модуляции на верхней боковой полосе ТМ - вид из-

лучения J1E; передачу и приём цифровой информации в канале однополосной модуляции на верхней боковой полосе при использовании модулирующих поднесущих со скоростью 1200 бит/с – в первом устройстве преобразования сигналов (УПС1)- вид излучения J2D, со скоростью 2400 бит/с – во втором (УПС20) - вид излучения J2D и со скоростью 1200 бит/с – ОМ (J2D); передачу и приём цифровой информации со скоростями 1200 и 2400 бит/с – ОМ; передачу и приём телеграфной информации в канале частотной телеграфии ЧТ-200 со скоростью 100 Бод – (первое быстроедействие) БД1 (вид излучения F1B) и ЧТ-500 со скоростями 100 и 200 Бод второе быстроедействие (БД2)- вид излучения F1B; передачу и приём телеграфной информации для слухового приёма в канале частотной телеграфии ЧТ-200 – ЧТ1 (вид излучения F1A) и ЧТ-500 – ЧТ2 (вид излучения F1A); передачу и приём телеграфной информации для слухового приема в канале амплитудной телеграфии (АТ) -вид излучения A1A; посылку и приём сигналов тонального вызова (ТВ) в видах работы ОМ, ТМ, УПС1, УПС2;- посылку и приём сигналов адресного вызова (АВ), циркулярного вызова (ЦВ) в видах работы ОМ, БД2, ЧТ2, УПС1, УПС2; ввод радиоданных (РД) – заранее подготовленная частота (ЗПЧ); экстренное стирание РД – стирание радиоданных (СРД).

2.3. При ведении связи РС обеспечивает: в режиме «фиксированная частота симплекс» (ФЧС) передачу и прием информации в видах работы ОМ, ТМ, БД1, БД2, ЧТ1, ЧТ2, АТ, УПС1, УПС2. В виде работы ТМ прослушивание открытых радиосетей в приёме, задержку информации в радиолинии при передаче не более 1,5 с.; в режиме фиксированная частота двойной симплекс (ФЧДС) передачу и прием информации в видах работы ОМ, БД1, БД2, ЧТ1, ЧТ2, АТ, УПС1, УПС2; в режиме ДП приём информации в видах работы ОМ, ТМ, БД1, БД2, ЧТ1, ЧТ2, АТ и запрет выхода РС на передачу; в режиме СП сканирование приёмника по любому числу ЗПЧ (от двух до восьми), остановку сканирования на частоте приёма АВ и ЦВ и переход в режим ФЧС; в режиме АС автоматическую адапта-

цию канала связи по частоте, передачу и приём информации в видах работы ОМ, ТМ, БД2, ЧТ2, УПС1, УПС2; в режиме АС ручную адаптацию канала связи по частоте, передачу и приём информации в видах работы ОМ, ТМ, БД2, ЧТ2; в режиме ППРЧ1 изменение рабочей частоты со скоростью 3 скачка в секунду, передачу и приём информации в видах работы ОМ, УПС1, УПС2; в режиме ППРЧ2 изменение рабочей частоты со скоростью 22 скачка в секунду, передачу и приём информации в виде работы ОМ.

2.4. При вхождении в связь в режиме АС РС обеспечивает выбор оптимальной рабочей частоты. Организация вхождения в связь в режимах ФЧС, ФЧДС в видах работы УПС1, УПС2 и в режимах АС, ППРЧ1, ППРЧ2 осуществляется с использованием АВ и ЦВ при числе абонентов в зоне до 64. Время вхождения в связь не более 12 с.

2.5. РС обеспечивает непрерывную круглосуточную работу в режиме передача : приём –1 : 5 (3 мин – передача, 15 мин – приём).

2.6. Применение РС в качестве автономного приемника.

2.7. При ведении связи РС обеспечивает: в режиме ФЧС прием информации в видах работы ОМ, ТМ, БД1, БД2, ЧТ1, ЧТ2, АТ, УПС1, УПС2; в режиме дежурный прием (ДП) прием информации в видах работы ОМ, ТМ, БД1, БД2, ЧТ1, ЧТ2, АТ и запрет выхода на передачу;

в режиме АС прием информации в видах работы ОМ, ТМ, БД2, ЧТ2; в режиме ППРЧ1 прием информации в видах работы ОМ, УПС1, УПС2; в режиме ППРЧ2 прием информации в виде работы ОМ; в режиме СП сканирование по ЗПЧ, остановку сканирования на частоте приёма адресный вызов (АВ) и циркулярный вызов (ЦВ) и переход в режим ФЧС.

2.8. Организация вхождения в связь в режиме ФЧС в видах работы УПС1, УПС2 и в режимах ППРЧ1, ППРЧ2 осуществляется с использованием АВ, ЦВ, в режиме АС с использованием ЦВ при числе абонентов в зоне до 64. Время вхождения в связь не более 12 с.

2.9. РС обеспечивает прием информации при работе с однотипными РС и с другими типами РС, имеющими общие режимы и диапазоны частот.

2.10. РС обеспечивает работу на стоянке на приемную антенну наклонный луч в диапазоне частот от 1,5 до 29,9999 МГц.

2.11. РС обеспечивает сопряжение и работу: с аппаратурой Р-168; с ПЭВМ; с аппаратурой, предназначенной для передачи телеграфной информации со скоростями 100 и 200 Бод; с микрофонно-телефонной гарнитурой; с телеграфным ключом.

2.12. При подготовке к работе РС обеспечивает: автоматизированный ввод РД; ввод РД с передней панели РС; запись и хранение восьми комплектов РД (8 ЗПЧ, собственного и циркулярного адресов, ключа ТМ, частот и программ ППРЧ, частот адаптивной связи (АС) для каждого из восьми заранее подготовленных каналов).

2.13. В РС обеспечивается: управление с встроенного пульта управления; дистанционное управление с вынесенного пульта; дистанционное управление с ПЭВМ.

2.14. Электропитание РС осуществляется от бортовой сети постоянного тока с напряжением от 22 до 29,7 В с заземлённым минусом.

РС не выходит из строя и не теряет данные, записанные в память, при наличии в бортовой сети импульсов с амплитудой до 70 В длительностью 3 мс с периодом следования 3 мин и при воздействии импульсов напряжения с амплитудой минус 50 В и длительностью 0,2 мс.

2.15. РС предназначена для эксплуатации в следующих климатических условиях: температура окружающей среды – от минус 40 до 55 °С; относительная влажность – 98 % при температуре 35 °С; атмосферное пониженное давление –  $6 \cdot 10^4$  Па (450 мм рт. ст.). РС выдерживает воздействия: пониженной предельной температуры среды минус 60 °С;

### 3. Технические характеристики

Основные параметры РС приведены в табл.ПЗ.1.

Таблица ПЗ. 1

Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
Диапазон частот, МГц	1,5 – 29,9999	
Шаг сетки частот, Гц	100	
Относительная нестабильность рабочей частоты	$\pm 3 * 10^{-7}$	
Пиковая мощность передатчика на $R_n = 50$ Ом в режиме ФЧС (вид работы ОМ), Вт, не менее	10	
Относительные уровни побочных радиоизлучений при отстройках более $\pm 20$ %, дБ, не более	минус 90	
Чувствительность приёмника в режиме ФЧС (вид работы ОМ), мкВ, не более	2,0	
Уровень восприимчивости по блокированию при отстройках $\pm 10$ %, дБ мкВ, не менее	130	
Выходное напряжение приемника по выходу канала: - тональной частоты (ТЧ), мВ - телеграфного, В - цифрового, мВ	400-640 15-25 900-1100	На нагрузку, Ом: 600 1000 150
Параметры канала ТЧ:		

<ul style="list-style-type: none"> <li>- коэффициент нелинейных искажений, %, не более</li> <li>- неравномерность АЧХ в полосе частот от 300 до 3400 Гц, дБ, не более</li> </ul>	<p style="text-align: center;">12</p> <p style="text-align: center;">6</p>	
<p>Ток потребления РС, А, не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в режиме приёма</li> <li>- в режиме передачи</li> </ul>	<p style="text-align: center;">5,5</p> <p style="text-align: center;">9</p>	
<p>Время переключения РС с приёма на передачу (или обратно), с, не более</p>	<p style="text-align: center;">0,1</p>	

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радиопередающие устройства [Текст]: учебник для вузов / В.В. Шахгильдян, В.В. Козырев, А.А. Ляховкин и др.: под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003. - 560 с.
2. Шахгильдян В.В. Проектирование устройств генерирования и формирования сигналов в системах подвижной связи [Текст] / В.В. Шахгильдян, В.Л. Карякин; под ред. В.В. Шахгильдяна. - М.: Солон- Пресс, 2011. - 400 с.
3. Бочаров М.И. Устройства генерирования и формирования сигналов [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М.И. Бочаров. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. -электрон. опт. диск.
4. Бадалов А.А. Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС: справочник / А.А. Бадалов, А.С. Михайлов. – М.: Радио и связь, 1990. - 272 с.
5. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.
6. ГОСТ 22579-86. Радиостанции с однополосной модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.
7. Михайлов А.С. Измерение параметров ЭМС РЭС / А.С. Михайлов. - М.: Связь, 1980. - 200 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания по работе.....	1
2. Домашнее задание.....	1
3. Методические указания к выполнению домашнего задания.....	2
4. Лабораторное задание.....	2
5. Содержание отчета.....	6
6. Контрольные вопросы.....	7
Приложение 1. Технические характеристики передатчика РС «Маяк».....	9
Приложение 2. Конструктивное выполнение и принципы работы передатчика РС «Маяк».....	11
Приложение 3. Назначение и технические характеристики радиостанции Р-168-5 КВ.....	17
Библиографический список.....	23

# ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы  
«Исследование электрических характеристик передатчика  
с аналоговыми и дискретными видами модуляции»  
по дисциплине «Устройства генерирования и формирования  
сигналов» для студентов направлений 11.04.01 «Радиотехника»  
(программа магистерской подготовки «Радиотехнические  
средства обработки и защиты информации в каналах связи»)  
и 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»;  
по дисциплине «Устройства передачи и приёма сигналов  
в СПЦС» для студентов направления 10.05.02  
«Информационная безопасность телекоммуникационных  
систем» очной формы обучения

Составитель  
Бочаров Михаил Иванович

Подписано к изданию 28.09.2016.

Уч.-изд. л. 1,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14