

**МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт компьютерных технологий и информационной безопасности**

**Кафедра информационной безопасности телекоммуникационных систем**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

на проведение лабораторного занятия № 4 по дисциплине  
«Устройства генерирования, формирования и передачи сигналов в защищенных  
системах связи»

**ТЕМА**

**«Исследование усилителя мощности диапазона ДМВ»**

Таганрог, 2014

## **Аннотация**

Методическая разработка предназначена для студентов высших учебных заведений, изучающих дисциплину «Устройства генерирования, формирования и передачи сигналов в защищенных системах связи» по направлению подготовки специалистов в области информационной безопасности. В работе приведено описание лабораторной работы № 4. Определены задания для каждого студента по расчету усилителя мощности, литература, которой рекомендуется пользоваться, и порядок выполнения лабораторной работы. Приведены требования, предъявляемые к оформлению отчета.

Разработана на кафедре информационной безопасности телекоммуникационных систем доцентом кафедры ИБТКС, к.т.н. Зикий А.Н. и доцентом кафедры ИБТКС, к.т.н. Землянухиным П.А.

Обсуждена и рекомендована к использованию в учебном процессе на заседании кафедры. Протокол № 12 от « 04 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

### **Цель занятия:**

Исследование параметров и характеристик усилителя мощности: коэффициента передачи, полосы пропускания, амплитудной характеристики.

Время: 4 часа.

## **1. СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ И РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ**

<b>№ п/п</b>	<b>Содержание занятия</b>	<b>Время (минутах)</b>
1	Вводная часть	5
2	Выполнение лабораторной работы	85
3	Анализ результатов экспериментальной части лабораторной работы	20
4	Оформление отчета	20
5	Защита отчета	45
6	Заключительная часть	5

## **2. УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

1. Лабораторное оборудование:

- макет усилителя мощности;
- источник питания Б5-8.

2. Средства измерения:

- осциллограф С1-75;
- анализатор спектра С4-49;
- измеритель мощности.

3. Литература:

1. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ сигналов и их компоненты. – М.: МЭИ. 2010. – 320 с.

2. Алексеев О.В. и др. Генераторы высоких и сверхвысоких частот. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2003. – 326 с.

3. Семьян А.П. Современные передатчики. 500 схем для радиолюбителей. СПб.: Наука и техника. 2008. – 352 с.

4. Ворона В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета. Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком. 2007. – 384 с.

5. Гарматюк С.С. Задачник по устройствам генерирования и формирования радиосигналов. Учебное пособие для вузов. Таганрог: ТТИ ЮФУ. 2010. – 736 с.

6. Проектирование радиопередатчиков. Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 656 с.

7. Энциклопедия устройств на полевых транзисторах. Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: Солон-Р, 2002. – 512 с.

8. Титов А.А., Ильюшенко В.Н. Схемотехника сверхширокополосных и полосовых усилителей мощности. Учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2007. – 206 с.

9. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. Расчет, изготовление, настройка. – С.: Солон-Пресс, 2006. – 328 с.

10. Ровдо А.А. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах. – М.: Додэка, 2002. – 256 с.

### **3. Теоретическая подготовка к работе**

3.1. Изучить раздел 3 книги: «Радиопередающие устройства». Под ред. О.А. Челнокова. М., Радио и связь, 1982,256с.

3.2. Изучить раздел 2 учебного пособия: «Проектирование радиопередатчиков» Под. Ред. В.В. Шахгильдяна. Издание 4. М. Радио и связь, 2000г., с. 94 – 159.

3.3. Рассчитать усилитель мощности по вариантам, приведенным в табл. 1.

3.4. Изучить особенности применения усилителей мощности в радиопередающих, радиоприемных устройствах и в радиоизмерительной аппаратуре.

3.5. Изучить особенности усиления мощности на СВЧ.

3.6. Изучить особенности эксплуатации и основные электрические параметры применяемых радиоизмерительных приборов.

3.7. Изучить схему, принцип действия, элементную базу усилителя мощности по рис. 1.

Таблица 1

## Варианты заданий к лабораторной работе

Вариант	Тип усилительного полупроводникового прибора	Рабочая частота, МГц	$P_{вх}$ , Вт	$P_{вых}$ , Вт	Литература
1	КТ925А (2шт)	405	0,1	1,5	
2	КТ925А (1шт)	171	0,1-0,2	0,4	
3	2Т925Б	171			
4	2Т925В	171			
5	2Т960А	171			
6	2Т920				
7	П609	27		0,5	[30] стр.345
8	КТ904 $K_p=9$	120		8	[30] стр.347
9	КТ904	100		3,2	[30] стр.229
10	ГТ311 ЭО $K_p=8,2$	120		50	[30] стр.276
11	КТ904 $K_p=10$ или 3	400		3	[30] стр.272
12	ГТ311 ЭБ $K_p=6,9$	120		50	[30] стр.276
13	КТ918 $K_p=3,9$ ОБ	3		0,5	[30] стр.277
14	3П602А-2	4,5		0,3	[25] стр.121
15	2Т927А $K_p=17$	3-30		150	[25] стр.115
16	КТ610А; $K_p=2-4$	720-820		0,5-1	0-272
17	КТ911				0-272
18	КТ925Б	137		4	[21] стр.157
19	КТ904А	1,5	30	2,8	[29] стр.44
20	КТ912А		24	1,93	[29] стр.72
21	КТ912	1	30	41,4	[29] стр.86
22	КТ911	600	690	?	[29] стр.231

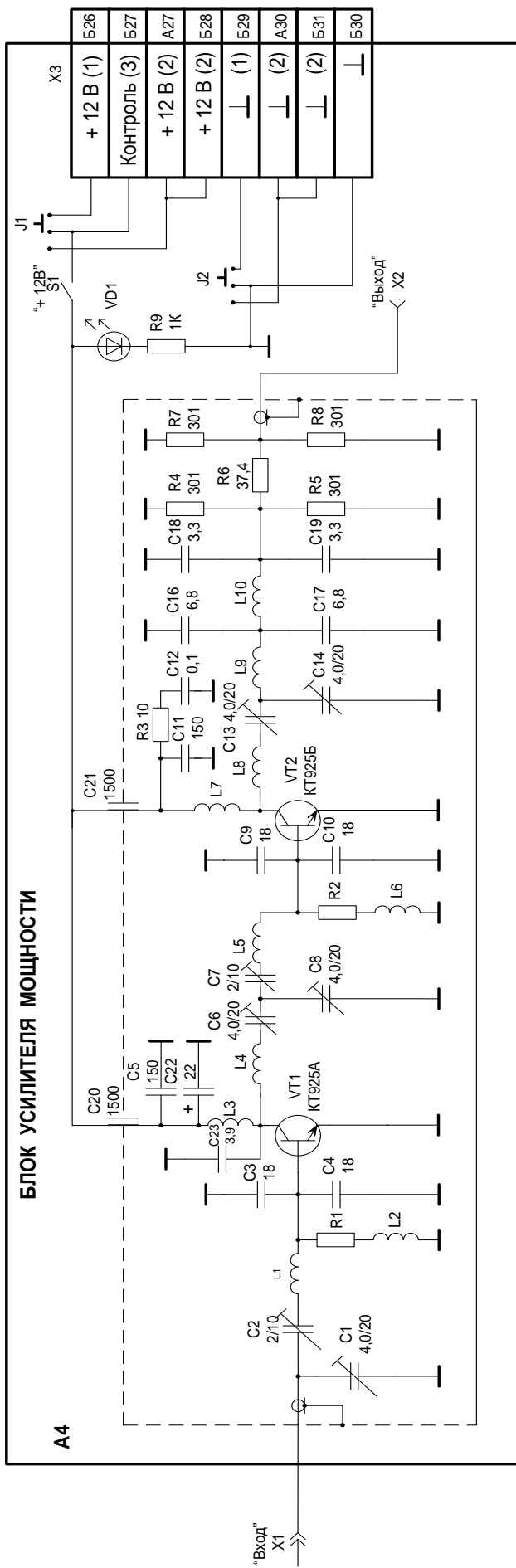


Рисунок 1 – Принципиальная схема усилителя мощности.

Сопровитления выходных делителей и R704 до R708 подбираются в зависимости от измерительного коэффициента усиления усилителя (смотри инструкции по отладке и контролю). Усилители каскада работают в классе В. Построечные конденсаторы С70, С702 согласуют входной импеданс усилителя и выходной импеданс модулятора. База транзистора VT701 связана через петлю L701. Элементы R701, L702 (R702, L706) определяют рабочий режим транзистора. Конденсаторы С703, С704, (С709, С710) компенсируют его входную индуктивность. Таким образом, достигается максимальный коэффициент усиления каскада. Конденсатор С723 препятствуют возникновению колебаний в усилителе. В коллекторе VT701 установлен резонаторный контур L704, С713,С714. Двухзвенный фильтр типа П, подавляет передачу сигналов с частотой выше 405 МГц. Сглаживание и фильтрация питания для усилительного каскада, собранного на транзисторе 701, реализована на элементах L703, С705, С720, С722. для транзистора VT702 использованы R703,L707,С711,С712,С721.

3.8. Изучить конструкцию усилителя мощности по рис. 1. Особое внимание обратить на экранирование, теплоотвод и фильтрацию по цепи питания.

## **4.Содержание лабораторной работы**

4.1.Собрать измерительную установку согласно схеме, приведенной на рис.2. Заземлить все радиоизмерительные приборы.

4.2.Подготовить радиоизмерительные приборы к работе согласно их инструкциям по эксплуатации.

4.3.Установить на источнике напряжение постоянного тока номинальное напряжение +12В. Проконтролировать его вольтметром постоянного тока или мультиметром.

4.4. Подключить усилитель мощности к источнику питания.

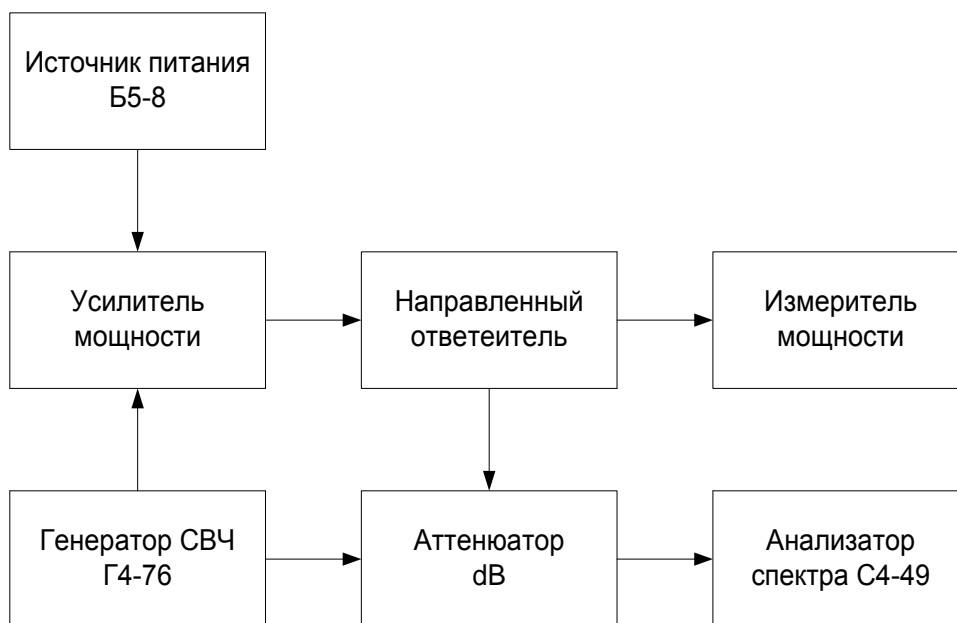


Рис. 2. Измерительный стенд

4.5. Произвести измерение следующих характеристик усилителя мощности:

- измерить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) усилителя мощности, используя генератор Г4-76 и анализатор спектра С4-49;
- используя анализатор спектра С4-49, провести анализ спектрального состава выходного сигнала.

## 5. УКАЗАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- принципиальную схему рассчитанного согласно задания усилителя мощности;
- схему измерительной установки;
- результаты экспериментальных исследований, представленные в виде таблиц и графиков;
- выводы о проделанной работе.



## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите виды колебательных систем ВЧ и СВЧ, нарисуйте их схемы.
2. Назовите основные свойства колебательных систем.
3. Что такое генератор с внешним возбуждением?
4. Нарисуйте принципиальную схему генератора с внешним возбуждением.
5. Проследите цепи и направления протекания токов в цепях генератора с независимым возбуждением.
6. Как измерить токи и напряжения в схеме генератора?
7. Поясните принцип работы генератора с внешним возбуждением.
8. Нарисуйте графики токов и напряжений в недонапряженном и перенапряженном режимах.
9. Что такое угол отсечки коллекторного тока?
10. Назовите параметры импульсов выходного тока.
11. Что такое коэффициенты разложения импульсов?
12. Какие усилительные приборы СВЧ вы знаете?
13. В каком режиме должен работать УМ, чтобы он имел максимальный КПД?
14. Какую форму имеют импульсы коллекторного тока в критическом режиме, в недонапряженном и перенапряженном режиме?
15. Что такое коэффициент нелинейных искажений?
16. Какой обычно уровень 2 и 3 гармоник в УМ?
17. Какие преимущества и недостатки схемы с ОБ?
18. Какие преимущества и недостатки схемы с ОЭ?
19. Какой усилитель широкополоснее: на одиночных или на балансных каскадах?
20. Какие бывают цепи согласования для узкополосных УМ?
21. Какие бывают цепи согласования для широкополосных УМ?
22. Какие мощные СВЧ транзисторы вы знаете?
23. Какие достигнуты предельные значения параметров ВЧ и СВЧ транзисторов?
24. Где применяются СВЧ УМ?