

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ РЭС

Издательство ТГТУ

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**НАСТРОЙКА И
ИСПЫТАНИЕ РЭС**

Лабораторные работы

**Тамбов
Издательство ТГТУ
2003**

ББК 3844 06-5-05я 73-5
УДК 621.396.6(07)
Н31

Утверждено редакционно-издательским советом университета

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
М. М. Мордасов

НЗ1 Настройка и испытание радиоэлектронных средств: Лаб. работы / Сост.: В. Н. Грошев, Д. В. Горелкин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 32 с.

Лабораторные работы включают: "Настройку и регулировку радиоизмерительной аппаратуры", "Настройку и регулировку радиостанции Р-105М", "Настройку и испытание УКВ антенн".
Предназначены для студентов дневного и заочного отделений специальности 200800.

ББК з844 06-5-05я 73-5
УДК 621.396.6(07)

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2003

Учебное издание

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ РЭС
Лабораторные работы

Составители: **Грошев** Виктор Николаевич,
Горелкин Денис Вячеславович

Редактор В. Н. Митрофанова
Компьютерное макетирование Е. В. Кораблевой

Подписано к печати 12.02.2003
Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Печать офсетная
Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,74 уч. изд. л.
Тираж 100 экз. С. 106

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Лабораторная работа 1

НАСТРОЙКА И РЕГУЛИРОВКА РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Цель работы:

- 1 Приобрести практические навыки настройки и регулировки радиоизмерительной и сервисной аппаратуры.
- 2 Изучить устройство и органы управления генератора низкочастотного ГЗ-118 и осциллографа универсального С8-13 по заводским инструкциям.
- 3 Ознакомиться с настройкой названных приборов в соответствии с методическими указаниями.
- 4 Настроить приборы и произвести эксперимент в соответствии с вариантом задания (табл. 1).
- 5 Сделать вывод по работе.

Приборы и материалы: генератор низкочастотный ГЗ-118, осциллограф универсальный запоминающий С8-13, шнур соединительный ВЧ.

1 Варианты заданий

Параметры № варианта	Частоты генератора	
	f_1 , Hz	f_2 , kHz
1	52,3	21,5
2	112	42,8
3	153	65,7
4	215	82,9
5	253	112
6	312	128
7	353	142
8	432	164
9	468	185
10	571	200

Методические указания

Для регулировочно-настроечных работ используется стендовая, сервисная, стандартная электро- и радиоизмерительная аппаратура.

Стендовая аппаратура включает источники питания, измерительные приборы, устройства коммутации, контроля и сигнализации. Регулировочный стенд, как правило, полностью или частично имитирует работу регулируемого узла, блока в приборе, комплексе.

Сервисная аппаратура предназначена для регулировочно-настроечных работ в условиях эксплуатации РЭС. Сервисная аппаратура – ряд самостоятельных, конструктивно законченных переносных многофункциональных приборов и блоков.

Стандартную измерительную аппаратуру можно разделить на две группы приборов: электроизмерительные и радиоизмерительные. *Электроизмерительные* приборы предназначены для измерений на постоянном токе и в области низких частот (20 – 2500 Гц). *Радиоизмерительные* приборы применяются для измерения разнообразных электрических и радиотехнических величин и параметров, как на постоянном токе, так и в широкой полосе низких, высоких и сверхвысоких частот, для исследования и наблюдения характеристик радиоэлектронных устройств, формы сигналов, а также для генерирования сигналов, как синусоидальной и специальной форм.

Обозначение радиоизмерительного прибора состоит из обозначения подгруппы, к которой он относится (например, Ч – приборы для измерения частоты и времени, С – приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра, Г – генераторы измерительные), далее цифрой указывает-

ся вид, и затем – номер модели.

Генератор сигналов низкочастотный представляет собой источник синусоидального сигнала прецизионной формы волны и предназначен для исследования, настройки и испытаний систем приборов.

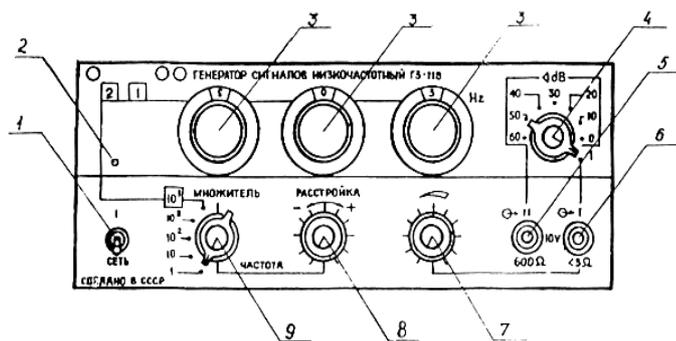


Рис. 1 Внешний вид передней панели генератора сигналов низкочастотного ГЗ-118:

1 – "СЕТЬ" – тумблер включения сети; 2 – световой индикатор включения

генератора; 3 – "Hz" – переключатели установки частоты; 4 – "dB" –

переключатель ступенчатого ослабления выходного напряжения; 5 – выходное гнездо генератора с внутренним сопротивлением 600 Ом; 6 – выходное гнездо генератора с внутренним сопротивлением 5 Ом; 7 – ручка плавной установки выходного напряжения; 8 – "РАССТРОЙКА" – ручка плавной установки

расстройки частоты; 9 – "МНОЖИТЕЛЬ" – переключатель поддиапазонов частот

поддиапазонов частот

Набор частот производится с помощью переключателей "Hz" и "МНОЖИТЕЛЬ". Предельные значения частот для каждого положения переключателя "МНОЖИТЕЛЬ" приведены в табл. 2.

2 Пределы установки частоты

Множитель	Пределы установки частоты, Гц	Дискретность, Гц
1	От 10 до 100	0,1
10	От 100 до 1000	1
10 ²	От 1000 до 10 000	10
10 ³	От 10 000 до 100 000	100
10 ⁴	От 100 000 до 200 000	100

Переключатели средней и младшей декад имеют по 10 положений, а переключатель старшей – 11.

При установке переключателя старшей декады в положение 11 в индикаторном окне фиксируется 0, являющийся второй цифрой в отсчете установленной частоты. Первая цифра отсчета частоты индицируется в одном из двух окон, расположенных слева от отсчетных окон декад. Наличие 11 положения обеспечивает перекрытие по частоте между поддиапазонами.

В пределах перекрытия, равного основной погрешности установки частоты, обеспечиваются все характеристики генератора.

Изменение частоты в пределах дискретности младшей декады осуществляется с помощью ручки "РАССТРОЙКА".

При необходимости работы от низкоомного источника следует использовать выход I генератора. При этом переключатель "$\leq dB$" должен быть установлен в положение "I". Номинальная нагрузка для этого выхода 600 Ом. При помощи ручки плавной установки выходного напряжения устанавливается требуемое выходное напряжение генератора, которое плавно регулируется в пределах от 2,5 до 10 В.

Для исследований формы сигналов в регулировочно-настроечных работах широко применяют осциллографические методы измерений электронным осциллографом. Входные цепи осциллографов обладают как активной, так и реактивной (емкостной) составляющими, что в некоторых случаях может привести к нарушению работоспособности схемы, к дополнительным погрешностям. Для увеличения входного сопротивления и уменьшения входной емкости осциллографы, как правило, снабжаются выносными делителями. Обычно входное сопротивление осциллографов $r_{вх} = 1$ МОм, входная емкость $C_{вх} = 20 \dots 40$ пФ, а с учетом кабеля $C_{вх} = 100 \dots 150$ пФ; с выносным делителем $r_{вх} = 10$ МОм, а входная емкость $C_{вх} = 10$ пФ. Для большинства случаев величины $r_{вх} = 1$ МОм, $C_{вх} = 150$ пФ достаточны, но при работе с интегральными микросхемами и полупроводниковыми приборами на основе МОП-структур величина $r_{вх} = 1$ МОм бывает, недостаточна, так как осциллограф шунтирует участки схем. Тогда необходимо использовать выносной делитель. Его используют при исследовании временных характеристик импульсных сигналов и параметров резонансных цепей для уменьшения влияния входной емкости.

В лабораторной работе используется универсальный осциллограф С8-13 с блоком развертки (Я40-2900) и блоком дифференциального усилителя (Я40-1102).

Измерение амплитудных и временных параметров сигналов может осуществляться разными методами. При использовании внешних источников эталонного напряжения с плавной регулировкой выходного напряжения и внутреннего калибратора можно реализовать три метода измерений амплитудных параметров исследуемого сигнала: метод калиброванной шкалы, метод сравнения, метод компенсации.

Метод измерения по калиброванной шкале является основным методом измерения данного осциллографа, для которого приведены нормы погрешностей. Величины погрешностей даны для наихудшего случая – минимального размера изображения (2,4 деления по вертикали и 4 деления по горизонтали). На практике следует стремиться, чтобы измеряемая часть сигнала занимала 80 % рабочей части экрана ЭЛТ. В этом случае погрешность измерения составит величину около 6 %.

Метод измерения амплитуд или временных интервалов по калиброванной шкале основан на измерении линейных размеров изображения непосредственно по шкале экрана ЭЛТ. Измеряемая величина подсчитывается по формуле

$$A = B C D,$$

где A – искомая величина сигнала; B – число делений; C – значение коэффициента отклонения (mV/дел.) или коэффициента развертки (ВРЕМЯ/ДЕЛ.); D – коэффициент передачи делителя, пробника или множителя развертки.

Порядок выполнения работы

1 Калибровка осциллографа

Для подготовки осциллографа к измерениям амплитудных и временных параметров исследуемых сигналов необходимо провести калибровку коэффициентов отклонения и развертки каналов вертикального и горизонтального отклонения. Для этого следует:

- 1) включить осциллограф в сеть и прогреть в течение 15 мин;
- 2) подключить выход калибратора (разъем "КАЛИБР") к одному из входных разъемов осциллографа;
- 3) установить коэффициент отклонения 0,1 В/ДЕЛ и открытый вход (установить переключатель входа в положение "≅");
- 4) установить ручку плавного изменения коэффициента отклонения в положение "КАЛИБР";
- 5) установить автоколебательный режим (переключатель на блоке развертки в положение АВТ.), коэффициент развертки 50 μs /ДЕЛ. На экране осциллографа должны наблюдаться две линии;

6) с помощью ручки "КОРР. УСИЛЕНИЯ" произвести калибровку вертикального тракта, т.е. добиться, чтобы разница между двумя линиями составляла шесть делений;

7) для калибровки канала горизонтального отклонения установить в блоке развертки ждущий режим запуска (переключатель в положение "ЖДУЩИЙ"), внутреннюю синхронизацию (переключатель в положение "ВНУТР.") положительными сигналами (переключатель в положение "+");

8) установить коэффициент развертки в положение 2 ms/ДЕЛ;

9) установить коэффициент отклонения в положение 0,2 В/ДЕЛ;

10) вывести изображение калибрационного сигнала в среднюю часть экрана по вертикали;

11) с помощью подстроечной регулировки КОРРЕКТ. X, расположенной на левой обшивке прибора, добиться равенства периода калибрационного сигнала длине средней горизонтальной линии шкалы экрана (10 делений).

2 Измерение амплитудных и временных параметров синусоидального сигнала

1) Внимательно ознакомиться с методическими указаниями по данной лабораторной работе.

2) В соответствии с полученным вариантом, выбрать из табл. 1 частоты f_1 и f_2 .

3) Включить в сеть генератор.

4) С помощью ручек дискретной настройки частоты и ручки переключения поддиапазонов частот установить частоту f_1 . Ручку регулировки уровня выходного сигнала поставить в максимальное положение.

5) С выхода I генератора подать сигнал на вход осциллографа.

6) С помощью ручек переключения коэффициента развертки, коэффициента отклонения, ручки стабилизации добиться четкого и ровного изображения синусоиды на экране осциллографа. Синусоида должна занимать 80 % места на экране.

7) По горизонтальной шкале отсчитать количество делений, соответствующее одному периоду сигнала, занести значение в таблицу. Повторить измерение пять раз.

8) Методом калиброванной шкалы вычислить частоту синусоидального сигнала и сравнить ее с заданной частотой f_1 . Вычислить относительную погрешность.

9) Установить на генераторе частоту f_2 и повторить выполнение пунктов шесть и семь.

10) Сделать вывод о влиянии частоты на погрешность измерения.

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать: название, цель и задачи лабораторной работы; описание органов управления приборов; отчет по первой части, включающий краткое описание калибровки осциллографа; отчет по второй части работы, включающий в себя таблицу исходных данных и измеренных значений (табл. 3), вывод о проделанной работе.

Пример выполнения лабораторной работы 1

НАСТРОЙКА И РЕГУЛИРОВКА РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АПАРАТУРЫ

Вариант задания: заданные частоты 275 Гц и 118 кГц.

Цель работы:

1 Приобрести практические навыки настройки и регулировки радиоизмерительной и сервисной аппаратуры.

2 Изучить устройство и органы управления генератора низкочастотного ГЗ-118 и осциллографа универсального С8-13 по заводским инструкциям.

3 Ознакомиться с настройкой названных приборов в соответствии с методическими указаниями.

4 Настроить приборы и произвести эксперимент в соответствии с вариантом задания.

Для калибровки осциллографа необходимо выполнить все пункты, приведенные в методических указаниях.

Измерение амплитудных и временных параметров синусоидального сигнала производим в соответствии с выбранным вариантом. Результаты сведем в табл. 3.

3 Исходные и измеренные значения

№ из м.	Заданная частота, $f_{зад}$, Гц	Количество делений, N	Измеренная частота, $f_{изм}$, Гц	Абсолютная ошибка, Δf	Относительная ошибка, δf
1	275 Гц	35	285 Гц	6,8	2,4
2		35	285 Гц		
3		36	277 Гц		
4		36	277 Гц		
5		36	277 Гц		
1	118 кГц	8	125 кГц	1,8	1,5
2		8,5	117 кГц		
3		8,5	117 кГц		
4		9	111 кГц		
5		9	111 кГц		

Вывод. Исходя из полученных значений относительной погрешности можно судить, что регулировка и калибровка измерительных приборов ведет к повышению точности измерений.

Лабораторная работа 2

НАСТРОЙКА И РЕГУЛИРОВКА РАДИОСТАНЦИИ Р-105 М

Цель работы:

- 1 Изучить устройство и органы управления радиостанцией по техническому описанию и инструкции по эксплуатации.
- 2 Ознакомиться с настройкой и регулировкой основных параметров радиостанции в соответствии с методическими указаниями.
- 3 Настроить радиостанцию и произвести снятие экспериментальных данных в соответствии с табл. 4.
- 4 Диагностика неисправностей.

Приборы: радиостанция Р-105 М, эквивалент нагрузки 50 Ом, высокочастотный вольтметр В7-36, генератор высокочастотный Г4-158, частотомер ЧЗ-38.

4 Варианты заданий

№ варианта	Частота 1, МГц	Частота 2, МГц	Частота 3, МГц
1	36,2	41,0	46,0
2	36,4	41,4	45,4
3	36,8	41,8	45,8
4	38,0	43,0	46,0

Продолжение табл. 4

№ вариан- та	Частота 1, МГц	Частота 2, МГц	Частота 3, МГц
5	40,0	36,0	44,0
6	42,0	36,2	39,4
7	44,4	39,4	36,8
8	46,0	41,0	36,4
9	36,0	41,3	45,2
10	37,2	42,2	44,8

Методические указания

1 Технические данные

Радиостанция типа Р-105 М ранцевая, носимая, ультракороткого диапазона, телефонная с частотной модуляцией (ЧМ), приемопередающая, с возможностью дистанционного управления и ретрансляции, предназначена для беспойсковой и бесподстроечной связи в радиосетях и автомобильных радиопузлах. Радиостанция обеспечивает вхождение в радиосвязь без поиска корреспондента и ведение радиосвязи без подстройки на любой частоте рабочего диапазона при перепадах температуры между работающими радиостанциями до 30 °С. Радиостанция сохраняет полную работоспособность при температуре от –40 до +50 °С, и при относительной влажности окружающей среды до 98 %. Радиостанция работает в диапазоне от 36 до 46,1 МГц (8,3 – 6,5 м) и имеет 405 рабочих частот. Рабочая частота устанавливается одновременно и однозначно для приемника (ПРМ) и передатчика (ПРД). Риски на шкале нанесены через 25 кГц, а цифровые обозначения частот через 200 кГц. Радиостанция работает от 2-х аккумуляторных батарей по 2,4 В, а также от двухполярного источника питания (ИП). Ток потребляемый радиостанцией от аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 4,4 В не превышает: при работе на ПРД 1,8 А; при работе на ПРМ 0,85 А. Вес рабочего комплекта радиостанции не более 14 кг.

2 Устройство и принцип работы

Приемопередатчик радиостанции построен по трансиверной схеме с общим возбудителем – гетеродином плавного диапазона (ГПД). Настройка всех высокочастотных контуров приемопередатчика за исключением антенного, сопряжена. Блок конденсаторов переменной емкости (КПЕ) одновременно настраивает три контура: а) анодный контур первого УВЧ; б) сеточный контур второго УВЧ; в) анодный контур второго УВЧ, являющегося одновременно и анодным контуром возбудителя гетеродина.

Переход с приема на передачу и обратно осуществляется путем нажатия микропереключателя на телефонной гарнитуре, или на телефонной трубке, через которую управляется коммутационное реле радиостанции.

3 Описание работы

Передатчик радиостанции состоит из задающего генератора, усилителя мощности, частотного модулятора, подмодулятора и микрофонного усилителя.

Задающий генератор выполнен по двухконтурной схеме, с электронной связью, на лампе 1Ж29Б. В этой схеме лампа работает одновременно как возбудитель колебаний, так и предварительный усилитель мощности.

Генератор в режиме передачи генерирует непосредственно излучаемую частоту.

Каскад усилителя мощности (УМ) работает на лампе типа 1П24Б и обеспечивает колебательную мощность в антенне не менее 1 Вт.

В радиостанции применена частотная модуляция. Величина девиации передатчика при модуляции с телефонного аппарата, гарнитуры или микротелефонной трубки должна быть в пределах 5 – 12 кГц. Функции частотного модулятора в радиостанции выполняет нелинейная емкость $p-n$ перехода варикапа Д901Г.

Подмодулятор (УНЧ) работает на двух транзисторах МП14Б. Нагрузкой усилителя является первичная обмотка выходного трансформатора. Амплитудный ограничитель обеспечивает ограничение амплитуды модулирующего напряжения, подводимого к частотному модулятору.

Микрофонный усилитель работает на транзисторе типа МП13Б по схеме с общим эмиттером и дроссельной нагрузкой в цепи коллектора. В цепь базы включен микрофон типа ДЭМШ-1А.

Приемник радиостанции – супергетеродинного типа, состоит из двухкаскадного усилителя высокой частоты, смесителя, усилителя промежуточной частоты, усилителя ограничителя, дискриминатора из усилителя низкой частоты.

Первый усилитель высокой частоты выполнен по схеме с общим катодом с перестраиваемыми по частоте сеточной и анодными цепями.

Второй усилитель высокой частоты – резонансный, с общим катодом и перестраиваемыми по частоте сеточной и анодной цепями.

Смеситель совместно с гетеродином приемника выполняет функции преобразователя принимаемого сигнала в более низкую промежуточную частоту, равную 793,8 кГц.

Усилитель промежуточной частоты – четырехкаскадный. Напряжение промежуточной частоты с анодного контура смесителя через разделительные конденсаторы подается на управляющую сетку лампы первого каскада усилителя промежуточной частоты. В остальных трех каскадах включение контура в анодную цепь автотрансформаторное.

Ограничитель выполнен на лампе 1Ж19Б и работает с автоматическим сеточным смещением за счет детектирования входящего на сетку сигнала.

Дискриминатор выполнен по классической схеме дифференциального частотного детектора. В этой схеме происходит преобразование (детектирование) частотно-модулированного сигнала промежуточной частоты в сигнал звуковой частоты.

Усилитель низкой частоты – двухкаскадный на транзисторах МП14Б. Напряжение низкой частоты с нагрузкой дискриминатора через корректирующую цепь и разделительный конденсатор подается на базу транзистора.

Автоподстройка частоты позволяет осуществить беспереходную и бесподстроечную связь при значительно более узкой полосе пропускания приемника.

Кварцевый калибратор и коррекция градуировки необходимы для обеспечения беспереходной радиосвязи при перепадах температуры окружающей среды между радиостанциями.

Питание анодно-экранных цепей передатчика и приемника осуществляется от аккумуляторов через преобразователь напряжения.

Порядок подготовки радиостанции к работе

1 Выключатель питания поставить в положение "ВКЛ", а переключатель рода работ – в положение "РАДИО".

2 При исправных аккумуляторных батареях и блоке питания стрелка прибора, расположенного на передней панели, в положении тумблера "АПЧ ОТКЛ НАКАЛ" должна находиться на закрашенном секторе шкалы.

3 При исправной радиостанции в головных телефонах радиостанции появляется характерный шум, который исчезает, когда корреспондент начинает передачу.

4 Перед установкой частоты и настройкой радиостанции необходимо проверить точность градуировки шкалы по коррекционной точке радиостанции.

5 Проверить точность настройки дискриминатора. В режиме "ПРИЕМ" при отключенном тумблере "АПЧ" и включенном кварцевом калибраторе радиостанции производится прием на одну из гармоник кварцевого калибратора по нулевым биениям, и прослушиваемым в телефонах микрофонной гарнитуры радиостанции.

6 Включить "АПЧ" и подстроечным конденсатором на плате дискриминатора вновь добиться нулевых биений, прослушиваемых в телефоне гарнитуры. Затем, подстраивая конденсатор на плате дискриминатора, добиться минимального изменения частоты биения при выключенной и включенной "АПЧ".

Установка частоты и настройка радиостанции.

1 Переключатель поставить в положение "РАДИО".

2 Для освещения шкалы нажать кнопку "КАЛИБРАТОР СВЕТ".

3 Установить заданную частоту ручкой "УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ" и зафиксировать ручкой "СТОПОР".

4 Тумблер поставить в положение "АПЧ ТОК АНТ".

5 Нажать клапан на микрофонной гарнитуре и добиться наибольшего отклонения стрелки прибора ручками "НАСТРОЙКА АНТЕННЫ".

В этом случае радиостанция будет настроена как на передачу, так и на прием.

Измерение выходной мощности передатчика радиостанции.

1 Подключите радиостанцию согласно рис. 2.

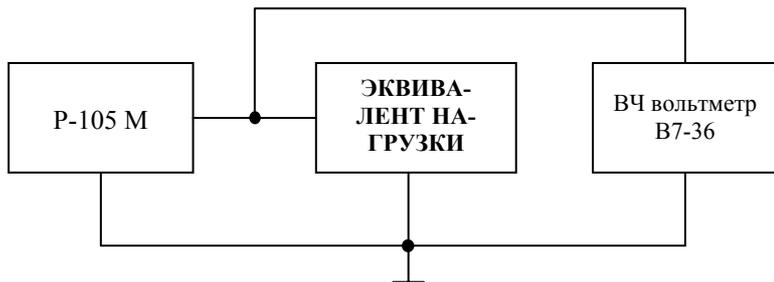


Рис. 2 Схема подключения радиостанции для измерения выходной мощности

2 Включите радиостанцию в режиме ТЛГ и настройте передатчик.

3 Нажмите тангенту микрофонной гарнитурой и, касаясь щупом ВЧ вольтметра переменного тока согласно рис. 2 измерьте напряжение на эквиваленте нагрузки.

4 Мощность передатчика определить по формуле

$$P = \frac{U^2}{Z}, \text{ Вт} \quad (1)$$

где U – напряжение, измеренное вольтметром, В; Z – волновое сопротивление эквивалента нагрузки, Ом.

Измерьте выходную мощность в соответствии с заданными частотами по табл. 1. Измерение проведите четыре раза для каждого случая и вычислите погрешность. Сделайте вывод, почему мощность в начале диапазона больше, чем в конце.

Измерение чувствительности приемника:

1 Включите радиостанцию, настройте радиостанцию на частоту в соответствии с заданным вариантом.

Подключите радиостанцию по схеме рис. 3.

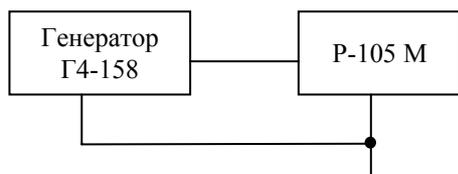


Рис. 3 Схема подключения радиостанции для измерения чувствительности приемника

2 Подключите генератор к антенному входу радиостанции и настройте генератор на заданную частоту (если подключен эквивалент нагрузки, то отключите его).

3 **ВНИМАНИЕ!** Запрещается при подключенном генераторе к антенному входу радиостанции нажимать на тангенту микрофонной гарнитурой.

4 Атенюатором генератора установите напряжение остаточных шумов таким, чтобы выполнялось соотношение сигнал/шум $\approx 10\%$. Показание аттенюатора и есть чувствительность приемника в режиме ТЛФ.

5 Для перевода показаний аттенюатора из дВ в мкВ следует воспользоваться формулой

$$U = 6000 \cdot 10^{-\frac{x}{20}}, \quad (2)$$

где x – показания аттенюатора, дВ; U – чувствительность приемника, мкВ.

Сделайте вывод, где чувствительность лучше: в начале или в конце диапазона.

Измерение погрешности установки частоты радиостанции.

1 Подключите радиостанцию по схеме рис. 4 и настройте ее в режим ТЛФ по заданным частотам.



Рис. 4 Схема подключения радиостанции для измерения погрешности установки частоты

2 Нажмите тангенту микротелефонной гарнитуры и запишите показания внешнего электронно-счетного частотомера.

3 Разность показаний внешнего частотомера с установленной будет погрешностью установки частоты радиостанции.

Сделайте вывод, чем обусловлена погрешность радиостанции, опираясь на технические данные и принцип построения радиостанции.

Возможные неисправности радиостанции и способы их устранения.

Неисправности по степени сложности обнаружения и устранения их сводятся к следующим основным группам:

а) неисправности элементов радиостанции, находящихся вне приемопередатчика, неполноценность аккумуляторных батарей, порча микрофона, обрыв кабеля микротелефонной гарнитуры, поломка антенны;

б) внешние видимые повреждения, главным образом, механические, например, антенны, антенного изолятора, ранца;

в) отказ сменных частей приемопередатчика – кварца.

г) обрыв внутреннего монтажа радиостанции – замыкание в монтаже, пробой изоляции, ухудшение изоляции, обрывы монтажа;

д) выход из строя типовых деталей радиостанции: ламп, полупроводниковых приборов, резисторов, конденсаторов постоянной емкости, дросселей, трансформаторов;

е) неисправности в приемопередатчике, устранение которых связано с заменой наиболее ответственных узлов радиостанции, таких как блок высокочастотных контуров и блок возбуждителя-гетеродина, могут быть устранены лишь в специальных мастерских.

При отыскании неисправности следует придерживаться такой последовательности операций:

а) убедиться, что радиостанция действительно неработоспособна;

б) если прибор на передней панели радиостанции показывает заниженное напряжение аккумуляторных батарей, проверить контакты между наконечниками проводов, подключаемым к аккумуляторным батареям, и зажимами аккумуляторных батарей, а также надежность контактов между наконечниками проводов блока и зажимами радиостанции.

Если показания прибора после проверки контактов остаются заниженными, проверить напряжение аккумуляторных батарей, переносным прибором или сменить аккумуляторные батареи:

в) в случае нормальных показаний прибора неработающей радиостанции, проверить исправность микротелефонной гарнитуры, включить заведомо исправную гарнитуру.

Если после указанных операций радиостанция все же не работает, ее нужно отправить в ремонт.

Наиболее подвержен повреждениям кабель микротелефонной гарнитуры. Надлом или обрыв жил кабеля наиболее вероятны у мест выхода кабеля из фишки микрофона и заделки жил у телефона. Если одна из нескольких жил имеет надлом, а не обрыв, то при изгибании кабеля гарнитуры в телефонах слышен треск.

Оборванная жила кабеля определяется с помощью омметра по схеме микротелефонной гарнитуры, приведенной на принципиальной схеме радиостанции.

Неисправности блока питания.

Порядок диагностирования:

- 1 Раскрутить шесть винтов на передней панели.
- 2 Вынуть радиостанцию из корпуса.
- 3 Замерить напряжение на разъеме блока питания в соответствии со схемой электрической принципиальной.
- 4 При отсутствии напряжения прозвонить соответствующие цепи.
- 5 Проверить транзисторы 521, 522.

Неисправности системы настройки.

- 1 Нет подсветки – заменить лампочку.
- 2 Неисправность кварцевого калибратора – при нажатии кнопки «Кварцевый калибратор» должны пропадать шумы, если шумы не пропадают, значит имеется неисправность. Устранить неисправность можно заменой калибратора, путем его настройки, проверив работоспособность по нулевым биениям при настройке на контрольные точки на шкале настройки обозначенные "1" при этом должен прослушиваться звук с частотой 1000 Гц.

Диагностика передатчика.

Нажать на тангенту телефонной трубки и настраивая ток антенны, в случае неподвижности стрелки индикатора следует вывод о неисправности передатчика: если приемник работает, то неисправна лампа 1П24Б, если не работает, то неисправна лампа 1Ж29Б.

При отсутствии шумов и невозможности настройки тока антенны неисправны ПЧ. Требуется ремонт квалифицированным специалистом.

ВНИМАНИЕ!

Нельзя подавать напряжение на клеммы радиостанции больше 3 В на плечо, контролировать по встроенному индикатору.

Содержание отчета

Цель лабораторной работы.

Тактико-технические характеристики.

Результат измерения выходной мощности передатчика радиостанции.

Результат измерения чувствительности приемника радиостанции.

Результат измерения погрешности частоты радиостанции.

Вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Почему мощность в начале диапазона больше чем в конце?
- 2 Где чувствительность лучше, в начале или в конце диапазона и чем это объяснить?
- 3 Объясните, чем обусловлена погрешность установки частоты радиостанции, опираясь на технические данные и принцип построения радиостанции.
- 4 Почему в качестве эквивалентной нагрузки было выбрано сопротивление 50 Ом и можно ли использовать сопротивление с другим номиналом?

- 5 Можно ли вставить на передачу при измерении чувствительности приемника?
- 6 Как вы считаете, можно ли каким другим способом измерить выходную мощность передатчика, если можно, то каким?

Пример выполнения лабораторной работы 2

НАСТРОЙКА И ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАДИОСТАНЦИИ Р-105 М

Цель работы:

- 1 Изучить устройство и органы управления радиостанцией.
- 2 Ознакомиться с настройкой и измерением основных параметров радиостанции в соответствии с методическими указаниями.
- 3 Настроить радиостанцию и произвести снятие экспериментальных данных в соответствии с таблицей вариантов.
- 4 Диагностика неисправностей.

Измерение выходной мощности передатчика.

Подсоединяем радиостанцию согласно рис. 2. По полученному у преподавателя варианту выбираем три частоты. Поочередно настраивая радиостанцию на заданные частоты, проводим измерения с четырехкратной повторностью, результаты которых заносим в табл. 5. По (1) рассчитываем мощность передатчика радиостанции, находим среднюю мощность передатчика и заносим в табл. 5.

5 Результаты экспериментальных замеров мощности

№ частоты	Частота, МГц	Высокочастотное напряжение, В	Мощность, Вт	Средняя мощность, Вт
1	36	6	0,72	0,6885
		6,2	0,76	
		5,4	0,58	
		5,7	0,694	
2	41	3,2	0,20	0,24
		3,6	0,25	
		4	0,32	
		3,3	0,21	
3	46	2,8	0,15	0,135
		2,5	0,12	
		2,6	0,13	
		2,7	0,14	

Измерение чувствительности приемника.

Подключаем радиостанцию для измерения чувствительности приемника по схеме (рис. 3).

Поочередно настраивая радиостанцию на заданные частоты, проводим измерения с такой же повторностью, результаты которых заносим в табл. 6. По (2) рассчитываем чувствительность приемника радиостанции, находим среднюю чувствительность приемника для каждой частоты.

6 Результаты замеров чувствительности приемника

№ частоты	Частота, МГц	Показания аттенюатора, дВ	Чувствительность, мкВ	Средняя чувствительность, мкВ
1	36	65	3,8	3,7
		62	4,2	
		67	3,3	
		64	3,6	
2	41	70	2,3	2,6
		69	2,5	
		68	2,8	
		67	3	
3	46	75	1,4	1,6
		74	1,7	
		73	1,9	
		76	1,5	

Измерение погрешности установки частоты радиостанции.
Подсоединяем радиостанцию по схеме (рис. 4).

7 Результаты экспериментальных замеров погрешности установки частоты

Частота установленная на радиостанции, МГц	Показания частотомера, МГц	Погрешность, %
36	36,132	0,3
41	40,986	0,03
46	46,171	0,37

Поочередно настраивая радиостанцию на заданные частоты, проводим экспериментальные измерения и рассчитываем погрешность установки частоты радиостанции для каждой частоты и заносим в табл. 7.

Вывод. В процессе выполнения лабораторной работы было изучено устройство и органы управления радиостанцией по техническому описанию и инструкции по эксплуатации; настроены, отрегулированы и измерены основные параметры радиостанции; проведена диагностика неисправностей.

Лабораторная работа 3

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ УКВ АНТЕНН

Цель работы:

- 1 Приобрести практические навыки настройки и регулировки УКВ антенн.
 - 2 Изучить основные методы измерения и настройки УКВ антенн.
 - 3 Ознакомиться с настройкой и измерением основных параметров УКВ антенн в соответствии с методическими указаниями.
 - 4 Настроить антенны и произвести снятие экспериментальных данных в соответствии с таблицей вариантов.
 - 5 Рассчитать параметры антенны для данной частоты согласно табл. 8.
- Приборы и принадлежности:* генератор Г4-158, высокочастотный вольтметр В7-26, индикатор поля, эквивалент нагрузки.

8 Варианты заданий

№ варианта	Частота, МГц	№ варианта	Частота, МГц
1	60	6	84
2	65	7	82
3	69	8	76
4	72	9	79
5	78	10	81

Методические указания

Радиус действия радиосвязи и качество ее работы зависит не только от правильного выбора типа антенн, но и от их настройки. Особенно это относится к диапазону ультракоротких волн, где в основном применяются остронаправленные антенны, позволяющие существенно повысить дальность и помехоустойчивость радиоприема.

Основные параметры антенн.

В практике при испытании антенно-фидерных систем достаточно снять диаграмму направленности антенны, измерить ее коэффициент усиления и проверить согласование фидера.

Диаграмма направленности антенны – это графическое изображение относительных значений мощности или напряженности поля, создаваемых антенной в различных направлениях и на одинаковых от нее расстояниях. Диаграммы направленности дают представление об общей картине излучения антенны.

На рис. 5 приведен пример построения в полярных координатах диаграммы направленности вибраторной антенны, состоящей из излучателя, директора и рефлектора. Диаграмма снята в горизонтальной плоскости горизонтально расположенной антенны.

Коэффициентом усиления антенны ε называется число, показывающее, во сколько раз излучаемая мощность данной антенны в направлении максимального излучения $P_{\Sigma \max}$ больше максимальной мощности излучаемой полуволновым вибратором $P_{\Sigma \frac{\lambda}{2}}$ при одинаковой в обоих случаях подводимой мощности

$$\varepsilon = \frac{P_{\Sigma \max}}{P_{\Sigma \frac{\lambda}{2}}} \quad (3)$$

При этом предполагается, что полуволновой вибратор находится в свободном пространстве и излучаемая им мощность равна подводимой.

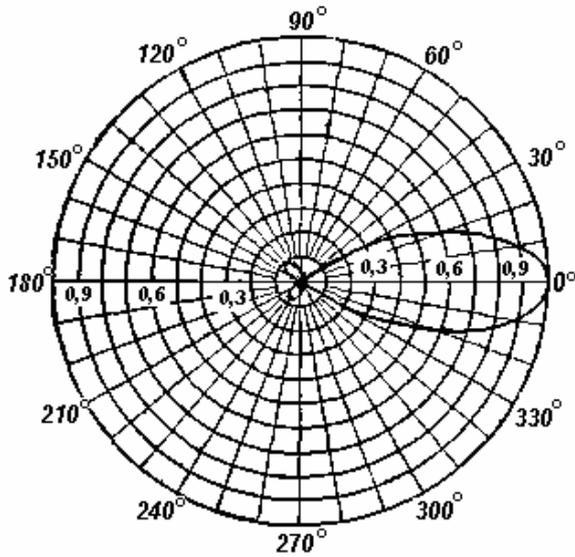


Рис. 5 Пример диаграммы направленности антенны в полярных координатах для четверть волнового вибратора

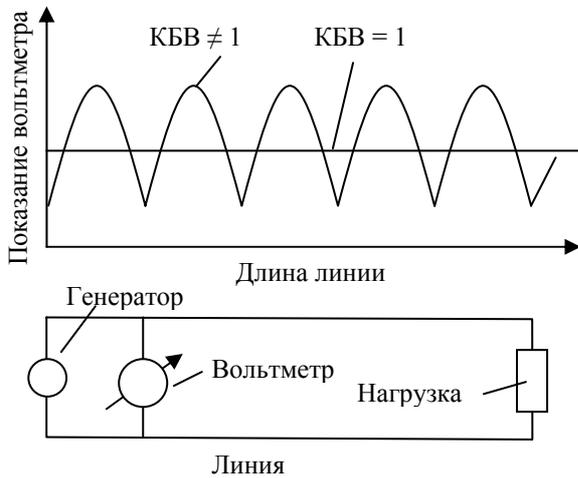


Рис. 6 График показания коэффициента бегущей волны для линии передачи

Согласование антенн.

Необходимым условием нормальной работы приемной или передающей антенны является равенство ее входного сопротивления волновому сопротивлению питающей линии и соответственно входному сопротивлению приемника или передатчика. Если волновое сопротивление линии не равно сопротивлению нагрузки (линия не согласована), то часть энергии отражается обратно от нагрузки, вызывая совместно с волной, "падающей" от передатчика к антенне, стоячую волну. Подключив к линии высокочастотный вольтметр и перемещая его вдоль линии, можно видеть, что показания прибора периодически меняют свою величину (рис. 6).

Коэффициент бегущей волны линии определится в этом случае как отношение минимального показания прибора к максимальному

$$КБВ = \frac{U_{\min}}{U_{\max}}. \quad (4)$$

Коэффициент стоячей волны определяется формулой

$$KCB = \frac{1}{KBB}. \quad (5)$$

Величина этого коэффициента характеризует качество работы фидера. Если, например, нагрузка фидерной линии замкнута на коротко или отключена, КБВ равен нулю. При полном согласовании КБВ равен единице.

Влияние КСВ на работу радиостанции.

Для питания антенн используют фидеры, выполненные из коаксиального кабеля. Такой кабель не всегда легко согласовать с антенной, особенно если она предназначена для работы на нескольких диапазонах. При плохом согласовании в кабеле возникают стоячие волны, что ухудшает работу радиостанции по следующим причинам: снижается КПД фидера, и, следовательно, общий КПД передатчика; уменьшается реальная чувствительность приемника; снижается максимальная мощность, которую можно подвести к антенно-фидерному устройству; затрудняется согласование передатчика и приемника с антенно-фидерным устройством. Однако сделать вывод о том, что имеющееся антенно-фидерное устройство будет работать заметно лучше, если снизить КСВ до 1 можно только после сравнения его характеристик при имеющемся КСВ и КСВ = 1.

Измерительные приборы.

Простейшими индикаторами напряжения и тока на фидере или антенне являются две лампы – накаливания и неоновая. Так лампочка от карманного фонаря на 3,5 В и неоновая МН-3 дают свечение при подводимой к ним мощности 3 – 6 Вт. Для повышения чувствительности лампочки индикатора напряжения к ее цоколю иногда подпаивают небольшой проводник.

Необходимое устройство для антенных измерений – индикатор поля. Он состоит из вибратора, в разрыв которого включается диод R1 и прибор (рис. 7).

Дроссели L1 и L2 намотаны на сопротивлениях ВС-2 (по 100 кОм) и имеют по 30 витков провода ПЭ-0,5, намотанных с переменным шагом. Для частот 420 – 435 МГц эти дроссели должны иметь по 5 витков. Если чувствительность прибора выбрана не меньше 200 мкВ (сопротивление рамки – около 750 Ом), а ручка потенциометра R1 стоит на положении наименьшего шунтирования прибора, можно считать показания индикатора пропорциональными мощности поля. У правильно выполненного индикатора поля максимум приема совпадает направлением, перпендикулярным к его середине. В процессе работы с индикатором поля расстояние между ним и исследуемой антенной устанавливается не менее 2,5 – 3 м. Целесообразно настраиваемую антенну и индикатор расположить на открытой площадке свободной от строений, леса и т.п. (рис. 8).

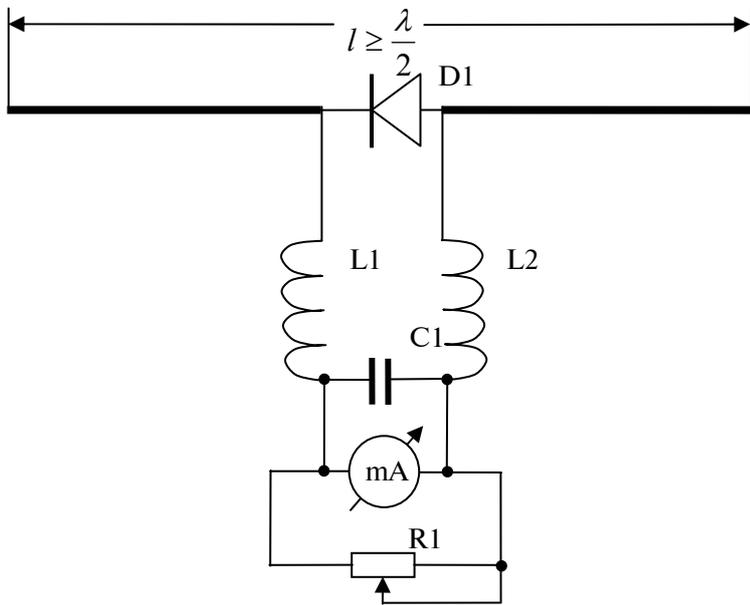


Рис. 7 Схема индикатора поля

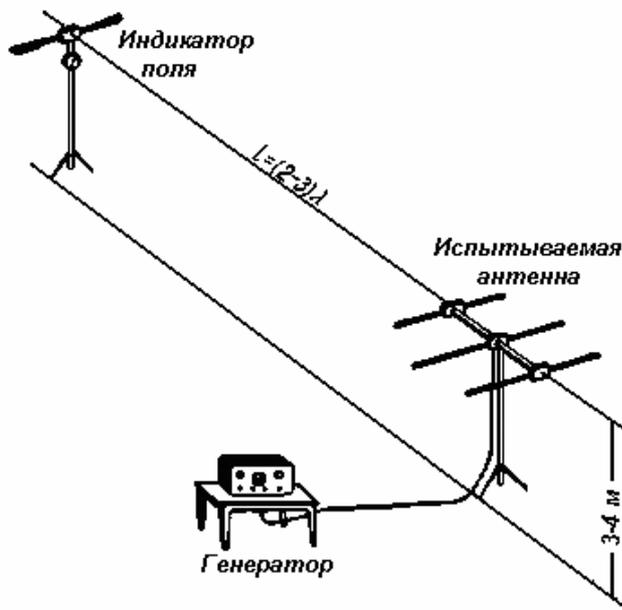


Рис. 8 Лабораторная установка для настройки антенны с помощью индикатора поля

Если активный вибратор испытываемой антенны установлен горизонтально, антенна индикатора также должна быть горизонтальна, и, наоборот, при вертикальном излучателе антенны, антенна индикатора ставится вертикально.

Для измерения КБВ можно применить обычный мост. Измеряемая линия включается в одно из его плеч (рис. 9).

Когда линия согласована, входное сопротивление линии равно сопротивлению R_3 , сопротивления R_1 и R_2 одинаковы, мост будет сбалансирован. Вольтметр моста покажет нуль. Однако если линия не согласована, то баланса моста не будет. Шкала вольтметра при этом может быть проградуирована непосредственно в значениях коэффициента бегущей волны. Собственно мост здесь образуют сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и входное сопротивление линии, которая включается к разъему "линия". К разъему "вход" подводят напряжение высокой частоты. При включении вольтметра в гнезда "вход" измеряют подводимое напряжение, при включении в гнезда "линия" – напряжение в диагонали моста.

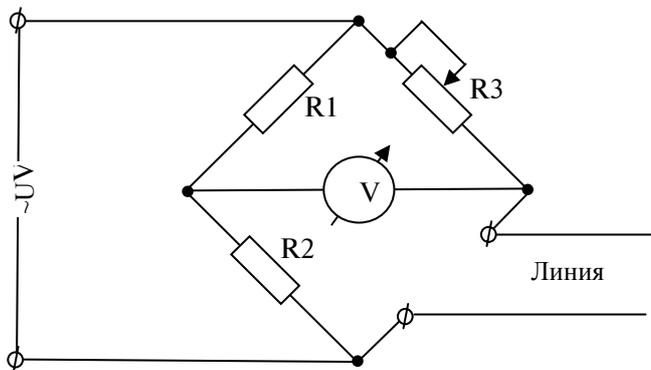


Рис. 9 Измерительный мост для измерения КСВ

Градуировка моста заключается в том, что при одном и том же подводимом к нему напряжении стрелка вольтметра должна отклоняться на всю шкалу, как при разомкнутом, так и при замкнутом разьеме "линия". Если это не получается, надо подобрать сопротивления R1 и R2. Затем к разьему "линия" подключить активное сопротивление, равное сопротивлению R3. Нулевые показания вольтметра (независимо от частоты) будут свидетельствовать о нормальной работе прибора. С высокоомным вольтметром отсчет коэффициента бегущей волны будет соответствовать графику, приведенному на рис. 10. Мостовую схему можно использовать для измерения входного сопротивления согласованной линии или входного сопротивления антенны на ее резонансной частоте. Для этого сопротивление R3 должно быть переменным и иметь градуированную шкалу. Величина его берется до 680 Ом, сопротивления R1 и R2 имеют по 240 Ом. При балансе моста измеряемое сопротивление, очевидно, будет равно R3. При измерении входного сопротивления антенны, чтобы исключить влияние рук, необходимо мост подключить к антенне через отрезок кабеля длиной приблизительно в полволны.

Указания к выполнению работы

Измерение КСВ антенны.

Измерение КСВ антенны производится при помощи генератора, ВЧ-вольтметра и эквивалента антенны, который имеет волновое сопротивление 50 Ом. В процессе измерения КСВ антенны (антенно-фидерного тракта) сопоставляется величина ВЧ напряжения на эквиваленте антенны и, собственно, на испытываемой антенне.

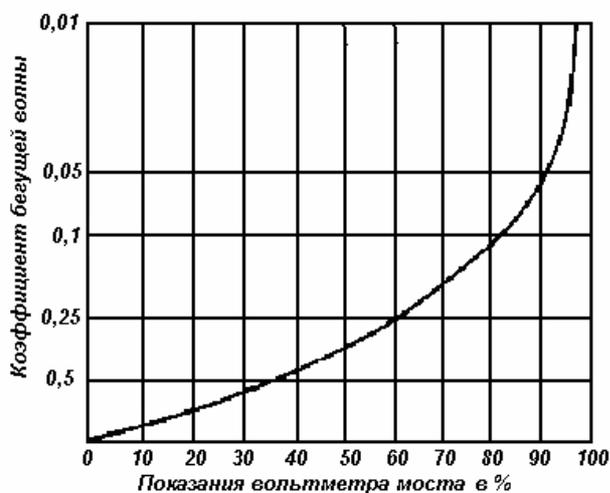


Рис. 10 График коэффициента бегущей волны, при замере напряжения в диагонали моста высокочастотным вольтметром

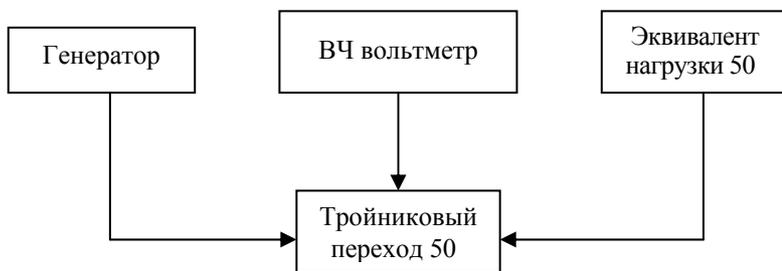


Рис. 11 Схема подключения приборов для измерения ВЧ напряжения на эквиваленте антенны

В начале к генератору через тройниковый переход подключается ВЧ-вольтметр и эквивалент антенны (рис. 11). Частота, установленная на генераторе, должна соответствовать варианту (табл. 8).

После измерения ВЧ напряжения на эквиваленте антенны, подсоединяем испытываемую. Антенну вместо эквивалента (рис. 12). При измерении напряжения на эквиваленте антенны положим что КСВ на этом эквиваленте эталонно, т.е. значение его равно единице для данного диапазона частот. Тогда (4) примет вид для данного случая

$$КСВ = \frac{U_{50 \text{ Ом}}}{U_{\text{антенны}}}. \quad (6)$$

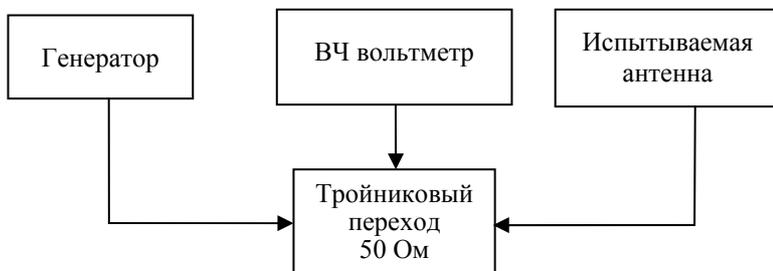


Рис. 12 Схема подключения для измерения ВЧ напряжения на испытываемой антенне

Настройка антенны.

Независимо от того, в каком режиме антенна будет эксплуатироваться, настройку и испытание ее можно производить как в режиме передачи, так и приема. На практике более удобно производить наладку в режиме передачи. Если для этой цели к фидеру антенны вместо приемника подключить генератор, то для более правильного измерения величина его выходного сопротивления должна быть такой же, как входное сопротивление отключенного приемника. Если фидер настраиваемой антенны связан непосредственно с оконечным каскадом передатчика, то следует иметь в виду, что при сильной связи возможна расстройка передатчика и отдача мощности генератора в процессе настройки антенны будет неустойчивой. Во избежание этого нужно вести настройку по возможности при минимальной связи между антенной и генератором, который должен иметь надежную экранировку. Антенна может хорошо работать, сохраняя свои характеристики только при правильной подаче к ней энергии от передатчика. Поэтому предварительно перед настройкой антенн, требующих симметричного питания, нужно определить симметрию цепей питания антенны. Это можно сделать путем подключения одинаковых лампочек накаливания к концам диполя. Неодинаковое свечение лампочек указывает на асимметрию, причиной которой обычно бывает неправильное выполнение симметрирующего устройства (четвертьволновый шлейф, "U – колено" и др.). Лампочки заранее выбираются так, чтобы при одном и том же напряжении свечение их было одинаково.

Полная симметрия характеризуется равенством напряжения и различной фазой (противоположностью знаков) в любом сечении проводов. После проверки симметрии и устранения асимметрии приступают к настройке.

Настройка антенны полуволнового вибратора.

Настройка антенны – полуволнового вибратора сводится к подгонке длины вибратора. При некоторой длине вибратора его собственная резонансная частота становится равной частоте передатчика, благодаря чему отдаваемая антенной мощность будет максимальна. С помощью индикатора поля, установленного в направлении наибольшего излучения вибратора (перпендикуляр к его середине), находят такую его длину, при которой показания прибора будут максимальны. Длину вибратора рекомендуется сделать короче расчетной на 10 %, а при более точной настройке можно ее подогнать с помощью плотно вдвигающихся одна в другую трубок или насадок. Если в конструкции вибратора не предусмотрена регулировка, то желательно проверить его собственную частоту.

Снятие диаграмм направленности антенн.

Далеко не всегда предоставляется возможным снять полную характеристику антенны в пределах от 0 до 360°. Суждение о правильности настройки может дать уже часть диаграммы в пределах 30 – 40° в каждую сторону от главного луча. Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости может быть снята путем вращения исследуемой антенны при неподвижном индикаторе поля или путем обхода антенны с индикатором.

В последнем случае индикатор перемещают точно по окружности, в центре которой располагается настраиваемая антенна. Для удобства отсчета окружность разбивается кольшками через каждые 10°. Во время снятия диаграммы нужно следить за тем, чтобы мощность передатчика оставалась постоянной. Подобный контроль очень удобно вести с помощью второго индикатора поля, установленного в направлении максимума излучения (рис. 8). Показания неподвижного индикатора записывают одновременно с показаниями переносимого, а затем показания последнего (переносимого индикатора) делят на соответствующее показание первого (неподвижного) для каждого угла направления и по полученным данным строят диаграмму. Несовпадение максимума излучения с геометрической осью антенны указывает на асимметрию, а заметное искажение диаграммы часто бывает из-за отражений от посторонних предметов. Для диаграммы направленности, характеризующей поле по мощности, ширина диаграммы отсчитывается (в градусах) по уровню 0,5 от максимального (рис. 5).

Измерение коэффициента усиления.

Испытываемая антенна и индикатор поля располагаются так же, как в процессе настройки (рис. 8). Мощность передатчика устанавливается такой величины, чтобы стрелка индикатора поля отклонялась на всю шкалу a_{\max} . После этого передатчик выключается и на место измеряемой антенны ставится и подключается полуволновой вибратор. Затем снова включают передатчик и отмечают показание прибора a_{\min} . Рассчитывают коэффициент усиления ε антенны по формуле

$$\varepsilon = \frac{a_{\max}}{a_{\min}} . \quad (7)$$

Более точные измерения можно произвести с помощью генератора, имеющего калиброванный выход. Подключая генератор поочередно к испытываемой антенне и вибратору, добиваются, чтобы индикатор в обоих случаях давал одно и то же показание.

Тогда

$$\varepsilon = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} , \quad (8)$$

где P_{\max} – мощность генератора, которая возбуждает полуволновой вибратор; P_{\min} – мощность генератора, которая возбуждает измеряемую антенну.

Порядок выполнения работы

Для того чтобы приступить к выполнению лабораторной работы, следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями:

1 Измерение КСВ антенны.

- а) подключить приборы согласно (рис. 11);
- б) измерить ВЧ напряжение на эквиваленте антенны;
- в) подключить приборы согласно схеме (рис. 12);
- г) измерить ВЧ напряжение на испытываемой антенне;
- д) по (6) рассчитать КСВ, записать значение в табл. 3;
- е) по (5) рассчитать КБВ, записать значение в табл. 9;

2 Снятие диаграммы направленности.

- а) подключить приборы в соответствии (рис. 13);
- б) расположить индикатор поля на расстоянии около 1 м от передающей антенны, таким образом, чтоб приемная антенна индикатора поля и передающая – были параллельны;
- г) поворачивая антенну, записываем показания детектора поля через 10 градусов;
- д) по показаниям (табл. 10) строим диаграмму направленности в полярных координатах;

3 Измерение коэффициента усиления.

- а) подключаем приборы как показано на рис. 13, только вместо испытываемой антенны подключаем полуволновой вибратор;
- б) изменением расстояния между индикатором поля и антенной добиваемся максимальных показаний детектора поля;

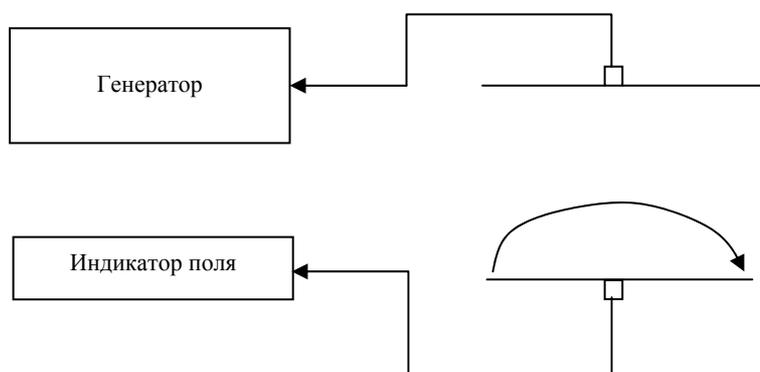


Рис. 13 Схема снятия диаграммы направленности антенны

- в) отключаем полуволновой вибратор и подключаем в место него испытываемую антенну. Необходимо проследить, чтобы положение приемной антенны индикатора поля и мощность передатчика остались постоянной;
- г) снимаем показания детектора поля, рассчитываем ϵ по (7) и записываем в табл. 9.

Содержание отчета

- 1 Назначение, цель лабораторной работы.
- 2 Определения основных параметров антенн, таких как диаграмма направленности, коэффициент усиления, КСВ, КБВ.
- 3 Схема, назначение индикатора поля.
- 4 Схемы подключения для измерения КСВ. Краткое описание метода измерения. Расчетные формулы.
- 5 Схема подключения для снятия диаграммы направленности. Краткое описание метода снятия диаграммы.
- 6 Краткое описание метода измерения коэффициента усиления. Расчетные формулы.
- 7 Результаты измерения КСВ (табл. 9).
- 8 Результаты диаграммы направленности (табл. 10).

9 Диаграмма направленности в полярных координатах.

10 Вывод о проделанной работе.

Пример выполнения лабораторной работы 3

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ УКВ АНТЕНН

Результаты измерения КСВ.

9 Результаты измерения КСВ

№	Частота, МГц	Длина волны, м	Расчетная длина вибратора, м	Экспериментальная длина вибратора, м	ε	КСВ	КБВ
1	79	1	0,5	0,46	1,4	1,2	0,8

Значение диаграммы направленности.

10 Значение диаграммы направленности

Отклонение антенны, градусы	Показания индикатора поля, значение шкалы прибора	Отклонение антенны, градусы	Показания индикатора поля, значение шкалы прибора
0	1	50	0
10	0,9	60	0
20	0,6	70	0
30	0,3	80	0
40	0,1	90	0

Вывод. В ходе выполнения лабораторной работы измерены основные параметры УКВ антенн, такие как КСВ, диаграмма направленности, коэффициент усиления, была проведена настройка антенны, согласование ее волнового сопротивления с входным сопротивлением передатчика, в результате чего КСВ был приближен к единице.

Список литературы

- 1 Ротхаммель К. Антенны. М., Энергия, 1979.
- 2 Беньковский З., Липинский Э. Любительские антенны коротких и ультракоротких волн. М.: Радио и связь, 1983.
- 3 VNR Communication. N 3-4/77.
- 4 Лолов П. Висококачествени Яги-антенни. Радио, телевизия, електроника. № 5/89. С. 24.
- 5 Гуткин Э. Многодиапазонная направленная КВ антенна. Радио, № 3/85. С. 17.
- 6 Харченко К. Настройка КВ антенны "волновой канал". Радио, № 7-8/81. С. 19.
- 7 Линде Д. П. Антенно-фидерные устройства. М-Л.: Госэнергоиздат, 1953.
- 8 Готра З. Ю. Справочник регулировщика РЭА. Львов: Каменяр, 1987.
- 9 Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование / Под ред. А. И. Коробова. М.: Радио и связь, 1987. С. 272.
- 10 Джеймс Джейконс. Руководство по поиску неисправностей в электронной аппаратуре: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. С. 176.
- 11 Заводские инструкции к генератору ГЗ-118 и осциллографу С8-13.