

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный  
технический университет»**

**Кафедра систем информационной безопасности**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению лабораторных работ  
по дисциплинам «Метрология и радиоизмерения»,  
«Метрология и стандартизация в СПЦС» направления  
подготовки 11.03.01 «Радиотехника», специальности  
11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,  
10.05.02 «Информационная безопасность  
телекоммуникационных систем»  
всех форм обучения**

**Воронеж 2019**

УДК 621.317.3  
ББК 3.32

**Составители:**

канд. техн. наук О. В. Поздышева,  
С. И. Яговкин, Е. С. Соколова

**Методические указания** к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Метрология и радиоизмерения», «Метрология и стандартизация в СПЦС» направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника», специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: О. В. Поздышева, С. И. Яговкин, Е. С. Соколова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – 22 с.

В работе содержатся указания по проведению лабораторных работ и оформлению отчета, а также контрольные вопросы для проверки подготовленности студентов к лабораторной работе и сдаче зачета по ней.

Предназначены для студентов второго и третьего курсов по дисциплинам «Метрология и радиоизмерения», «Метрология и стандартизация в СПЦС» направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника», специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле Метод. указ. по ЛР-1,2,3.pdf.

Ил. 1. Табл. 8. Библиогр.: 2 назв.

**УДК 621.317.3**  
**ББК 3.32**

**Рецензент** – Э. И. Воробьев, канд. техн. наук, доцент кафедры САПРИС ВГТУ

*Издается по решению учебно-методического совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Основной задачей лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения» является закрепление на практике знаний, полученных в процессе изучения теории, а также приобретение навыков правильного использования радиоизмерительных приборов и оценки точности проводимых измерений параметров радиотехнических цепей и сигналов.

Используя «Методические указания» студенты знакомятся с целью и содержанием каждой лабораторной работы, методикой ее выполнения и обработки данных эксперимента путем проведения соответствующих расчетов и построения графиков.

Для обеспечения высокого качества выполнения лабораторной работы и более глубокого усвоения материала, студентам необходимо предварительно готовиться к очередным лабораторным занятиям.

В связи с этим студент должен знать заранее, какую работу он будет выполнять и в порядке подготовки к лабораторной работе ему необходимо ознакомиться с её описанием, изучить теоретический материал, уточнить цели и задачи, поставленные в лабораторной работе. Перед выполнением работы сдать преподавателю зачет по контрольным вопросам к данной работе.

Отчет выполняется в виде рабочего протокола выполнения лабораторной работы (в рукописном виде), содержащего все полученные (в том числе и промежуточные) показания измерительных приборов, расчетные формулы, результаты проведенных расчетов и выводы по результатам выполненной работы.

Студент допускается к выполнению очередной лабораторной работы при условии, что имеется задолженность в сдаче отчетов не более чем по одной из предыдущих работ.

## УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторных работ студенты обязаны соблюдать следующие правила техники безопасности:

1. Не включать силовые установки, рубильники без разрешения преподавателя. Перед началом работы заземлить используемые приборы.

2. Не допускать включения в сетевые розетки каких-либо проводов без штепсельных вилок.

3. Запрещается применять для соединения приборов провода с поврежденной изоляцией.

4. При обнаружении неисправностей в сетевой проводке не делать исправлений своими силами.

5. Если при прикосновении к корпусу или шасси прибора ощущается действие тока, выключить установку или прибор и заявить об этом преподавателю или лаборанту.

6. Все переключения и изменения в схемах, смену предохранителей производить только при выключенном напряжении.

7. При неисправности установки немедленно отключить напряжение и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

8. В случае поражения работающего электрическим током последний должен быть немедленно освобожден от соприкосновения с токоведущими частями выключением электросети или иным способом, обеспечив предварительно собственную безопасность. Необходимо без промедления приступить к оказанию первой помощи и вызвать врача. Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, то следует немедленно применить искусственное дыхание.

## Лабораторная работа №1

### ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА

Цель работы:

1. Изучить назначение органов управления двухканального осциллографа.
2. Приобрести практические навыки использования осциллографических методов измерения параметров сигналов.

#### КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Двухканальный электронный осциллограф С1-65А (осциллограф С1-93).
2. Электронный вольтметр В3-38.
3. Генераторы сигналов Г3-109.
4. Генератор сигналов высокочастотный Г4-102А.
5. Частотомер ЧЗ-34А.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Произвести начальные установки следующих приборов:
  - 1.1. Осциллограф С1 - 65А:
    - V/ДЕЛ – на отметку 5 V;
    - ВРЕМЯ/ДЕЛ – на отметку 1 ms;
    - СЕТЬ – в верхнее положение.
  - 1.2. Осциллограф С1 - 93:
    - V/ДЕЛ – на отметку 5 V;
    - ВРЕМЯ/ДЕЛ – на отметку 1ms;
    - СЕТЬ – в верхнее положение.
  - 1.3. Милливольтметр В3 - 38:
    - переключатель на отметку –10 В;
    - СЕТЬ – в верхнее положение.

#### 1.4. Генератор ГЗ - 109:

- переключатель НАГРУЗКА  $\Omega$  – на отметку АТТ;
- выходной аттенюатор – на отметку 500 mV;
- СЕТЬ – в верхнее положение.

#### 1.5. Частотомер ЧЗ - 34:

- время измерения – 1s.;
- род работы – А/Б.

### 2. Измерение уровня выходного сигнала.

2.1. На генераторе ГЗ-109 провести следующие установки:

- переключатель НАГРУЗКА  $\Omega$  поставить на отметку АТТ;
- выходной аттенюатор – в положение 15 V;
- ручку РЕГУЛИРОВКА ВЫХ – в крайнее левое положение;
- переключатель МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – на отметку 100;
- ручку установки частоты – на отметку 25, что соответствует частоте 2,5 кГц.

На милливольтметре ВЗ-38 провести следующие установки:

- переключатель аттенюатора – на отметку 10 V.

2.2. Сигнал генератора ГЗ-109 с гнезда ВЫХОД 1 подать на вход электронного вольтметра ВЗ-38 и ручкой плавной регулировки выхода установить напряжение 8В на вольтметре. Подать сигнал на вход канала «I» осциллографа. Режим синхронизации осциллографа – «ВНУТР I». Ручкой «УРОВЕНЬ» канала синхронизации добиться устойчивого изображения сигнала на экране.

Переключателем V/дел добиться наибольшего вертикального размера изображения сигнала и определить его размер в делениях шкалы экрана.

Амплитуду входного сигнала можно определить следующим образом:

$$U_a = \frac{M \cdot K}{2},$$

где  $M$  – размер изображения в делениях шкалы;  
 $K$  – коэффициент  $V/\text{дел}$ ,

а его действующее значение:

$$U_d = \frac{U_a}{\sqrt{2}}.$$

2.3. Принимая показание электронного вольтметра  $U_{\text{э}} = 8 \text{ В}$  за эталонное, найти относительную погрешность измерения напряжения осциллографическим методом:

$$\delta, \% = \frac{100(U_d - U_{\text{э}})}{U_{\text{э}}},$$

где  $U_{\text{э}}$  – показание вольтметра ВЗ–38;

$U_d$  – действительное значение напряжения, измеренное осциллографом.

Значение каждой ступени выходного аттенюатора генератора ГЗ-109 и входного аттенюатора вольтметра ВЗ-38 соответствует 10 дБ.

Изменение напряжения в дБ определяется по следующей формуле:

$$A, \text{ дБ} = 20 \lg \frac{U_{\text{эт}}}{U_d}.$$

2.4. Полученные результаты занести в табл. 1 и повторить измерения для напряжений сигнала 800 мВ, 80 мВ.

3. Измерение периода (частоты) сигнала.

3.1. Установить частоту генератора ГЗ-109  $f_x = 2,5 \text{ кГц}$ , выходное напряжение 8В. Подать сигнал от генератора на вход канала «I» осциллографа.

Таблица 1

|   |      |        |       |
|---|------|--------|-------|
| Задаваемое эталонное напряжение $U_{\text{э}}$    | 8,0В | 800 мВ | 80 мВ |
| Значение ослабления по отношению к уровню 8 В, дБ | 0    | 10     | 20    |
| Положение переключателя V/дел, К                  |      |        |       |
| Размеры изображения на экране, М                  |      |        |       |
| Измеренное значение напряжения, $U_{\text{д}}$    |      |        |       |
| Измеренное значение ослабления А, дБ              |      |        |       |
| Погрешность измерения $\delta$ (%)                |      |        |       |
| Погрешность измерения $\delta$ (дБ)               |      |        |       |

Меняя значение развертки переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ, добиться, чтобы в пределах экрана укладывалось около 2-х периодов сигнала.

Определить период  $T_x$ (мс) и частоту  $f_x$ (Гц) сигнала генератора по формулам:

$$T_x, \text{ мс} = L \cdot K,$$

$$f_x, \text{ Гц} = \frac{1}{T_x},$$

где  $L$  – размер периода в клетках шкалы,

$K$  – установленный коэффициент переключателя В/ДЕЛ.

3.2. Измерить частоту сигнала  $f_x$  частотомером ЧЗ-34А. Принимая измеренное частотомером значение частоты  $f_{\text{чм}}$  за

эталонное, найти погрешность измерения частоты осциллографическим методом:

$$\delta, \% = \frac{f_x - f_{\text{ЧМ}}}{f_{\text{ЧМ}}} \cdot 100\%.$$

3.3. Повторить измерения для значений частоты, приведенных в табл. 2.

Занести измеренные значения в табл. 2.

Таблица 2

|              | Значения частоты |        |         |         |
|--------------|------------------|--------|---------|---------|
|              | 20 Гц            | 200 Гц | 2,5 кГц | 100 кГц |
| С1-65А       |                  |        |         |         |
| ЧЗ-34А       |                  |        |         |         |
| $\delta, \%$ |                  |        |         |         |

4. Проверка градуировки шкалы частот генератора ГЗ-109 методом фигур Лиссажу.

4.1. На измерительном генераторе ГЗ-109, выполняющего роль образцового прибора, установить по частотомеру ЧЗ-34А частоту  $f_0 = 100\text{кГц}$ , выходное напряжение установить равным около 1В, подать сигнал на вход «У» осциллографа.

Установить размер изображения по вертикали удобным для наблюдения.

Переключатель разверток осциллографа С1-65А поставить в положение «вход Х» (на осциллографе С1-93 – синхронизация «ВНЕС»).

На вход «Х» в качестве развертывающего напряжения подать сигнал частоты  $f_x$  с выхода проверяемого генератора Г4-102А.

Установить по шкале проверяемого генератора Г4-102А номинальное значение частоты  $f_x = 100$  кГц.

4.2. Плавно подстраивая частоту  $f_0$  проверяемого генератора Г4-102А, добиться почти неподвижности наблюдаемой на экране фигуры Лиссажу (в данном случае это должен быть эллипс), что говорит о равенстве частот  $f_x$  и  $f_0$ , подаваемых на каналы «Х» и «У».

Вычислить величины абсолютной ( $\Delta$ ) и относительной ( $\delta$ ) погрешностей для данного номинального значения шкалы проверяемого генератора.

Для определения абсолютной погрешности частоты необходимо определить период изменения фигуры Лиссажу в секундах.

Абсолютная погрешность частоты  $\Delta f$  определяется по формуле:

$$\Delta f, \text{ Гц} = \frac{1}{T_{x,c}}.$$

Относительная погрешность  $\delta$  определяется по формуле:

$$\delta, \% = \frac{\Delta f}{f_0} \cdot 100\% .$$

4.3. Результаты измерений и вычисленные значений погрешностей ( $\Delta$  и  $\delta$ ) занести в табл. 3.

Таблица 3

|                        | Частота ГЗ-109, $f_0$ |
|------------------------|-----------------------|
|                        | 100 кГц               |
| $T_{x,c}$              |                       |
| $\Delta f, \text{ Гц}$ |                       |
| $\delta(\%)$           |                       |

При кратном соотношении частот  $f_0$  и  $f_x$  фигуры Лиссажу будут иметь вид замкнутой кривой, близкой к горизонтальной (вертикальной) цепочке эллипсов.

4.4. Повторить измерения в номинальных точках шкалы генератора Г4-102А:  $f_x = 200$ кГц и  $f_x = 300$  кГц, каждый раз подстраивая частоту  $f_x$  измерительного генератора Г4–102А и добиваясь неподвижности фигуры Лиссажу.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные разновидности осциллографов.
2. Типовые функциональные блоки универсального осциллографа.
3. Для чего применяется синхронизация разверток осциллографа? Основные типы синхронизации.
4. Какие из параметров сигнала можно измерить с помощью осциллографа?
5. Перечислите основные методы измерения частоты.
6. Как провести измерение частоты сигнала методом фигур Лиссажу?
7. Виды погрешностей измерения. Методы их определения.

## Лабораторная работа №2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы:

1. Проверить параметры выходного сигнала измерительного генератора.
2. Научиться использовать измерительный генератор для контроля параметров радиоэлектронных устройств.

## КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Измерительный генератор низкой частоты ГЗ-109.
2. Электронный вольтметр ВЗ-38.
3. Электронный осциллограф С1-65А (С1-93).
4. Частотомер электронно-счетный ЧЗ-34А.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение погрешности установки выходного напряжения генератора ГЗ-109.

Заземлить приборы, подать силовое питание и прогреть их в течение 5-10 минут.

Переключатель НАГРУЗКАΩ установить в положение АТТ, по шкале установить частоту  $f_1=1\text{кГц}$ .

Ручкой «РЕГ. ВЫХ» установить по шкале встроенного вольтметра задаваемое напряжение  $U_{\text{зад}} = 8\text{В}$ .

Напряжение с выхода генератора ГЗ-109 подать на вход электронного вольтметра ВЗ-39.

Принимая полученное показание электронного вольтметра  $U_{\text{э}}$  за эталонное, найти относительную погрешность  $\delta(\%)$  установки напряжения  $U_{\text{зад}}$ :

$$\delta, \% = \frac{U_{\text{зад}} - U_{\text{э}}}{U_{\text{э}}} \cdot 100\% .$$

2. Определение изменения опорного значения выходного напряжения генератора ГЗ-109 в заданном диапазоне частот.

На частоте  $f_1=1\text{кГц}$  выставить по электронному вольтметру ВЗ-38 выходное напряжение генератора  $U_1 = 8\text{В}$ . Перестраивая частоту генератора  $f$  и не изменяя положение ручки «РЕГ. ВЫХ», отсчитать и записать показания электронного вольтметра  $U_f$  на каждой из частот табл. 4.

Таблица 4

|                     |                |                |                 |                 |                  |
|---------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| $f, \text{Гц}$      | 1000           | 20             | 80              | 200             | 800              |
| $U_f, \text{В}$     | 8              |                |                 |                 |                  |
| $\Delta, \text{В}$  | 0              |                |                 |                 |                  |
| $\delta, \%$        | 0              |                |                 |                 |                  |
| $\delta, \text{дБ}$ | 0              |                |                 |                 |                  |
| $f, \text{Гц}$      | $2 \cdot 10^3$ | $8 \cdot 10^3$ | $20 \cdot 10^3$ | $80 \cdot 10^3$ | $200 \cdot 10^3$ |
| $U_f, \text{В}$     |                |                |                 |                 |                  |
| $\Delta, \text{В}$  |                |                |                 |                 |                  |
| $\delta, \%$        |                |                |                 |                 |                  |
| $\delta, \text{дБ}$ |                |                |                 |                 |                  |

По результатам измерений определить абсолютную « $\Delta$ » и относительную « $\delta$ » погрешности поддержания постоянства амплитуды при перестройке генератора в заданном диапазоне частот:

$$\Delta, \text{В} = U_f - U_1,$$

$$\delta, \% = \frac{U_f - U_1}{U_1} \cdot 100\%,$$

где  $U_1$  – напряжение на частоте 1кГц;

$U_f$  – напряжение на других частотах.

Относительная частотная погрешность уровня генератора определяется по формуле:

$$\delta, \text{дБ} = 20 \lg \frac{U_f}{U_1}.$$

Результаты измерений и вычислений занести в табл. 5.

Построить амплитудно - частотную характеристику вида  $U_f = \Phi(f)$ .

Таблица 5

| $U_r, В/ f, Гц$ | 20 | 80 | 200 | 800 | $2 \cdot 10^3$ | $8 \cdot 10^3$ | $20 \cdot 10^3$ | $80 \cdot 10^3$ | $200 \cdot 10^3$ |
|-----------------|----|----|-----|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 8,05            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 8,04            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 8,03            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 8,02            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 8,01            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 8,00            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 7,99            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 7,98            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 7,97            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 7,96            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |
| 7,95            |    |    |     |     |                |                |                 |                 |                  |

3. Проверка коэффициента деления выходного аттенюатора генератора

Установить частоту генератора  $f_1=1кГц$ , переключатель «Пределы шкалы» в положение «15 В».

Выставить по электронному вольтметру ВЗ-38напряжение генератора  $U_э=8В$ .

Устанавливая переключатель аттенюатора генератора в положения 5 В; 1,5 В; 500 мВ; 150 мВ; 50 мВ.

Измерить электронным вольтметром выходные напряжения  $U_{вых}$ и результаты измерений занести в табл. 6.

Рассчитать действительные значения коэффициентов деления  $K_d$  по формуле:

$$K_d (\text{дБ}) = 20 \log (U_{\text{вых}} / U_э),$$

Учитывая, что номинальные (т.е. задаваемые по паспорту на прибор) значения коэффициентов деления  $K_n$  между

соседними положениями переключателя должны отличаться на 10 дБ (см. табл.6), найти и занести в табл. 6 погрешности  $\delta$ (дБ) выходного аттенюатора:

$$\delta(\text{дБ}) = K_n - K_d;$$

где  $K_n$  – номинальный коэффициент деления, дБ;

$K_d$  – измеренный коэффициент деления, дБ.

Результаты измерений занести в табл. 6.

Таблица 6

|                      |     |     |     |     |     |      |      |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Пределы шкалы, В     | 10  | 3   | 1   | 0,3 | 0,1 | 0,03 | 0,01 |
| $K_n$ , дБ           | 0,0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50  | -60  |
| $U_{\text{вых}}$ , В | 8,0 |     |     |     |     |      |      |
| $K_d$ , дБ           | 0,0 |     |     |     |     |      |      |
| $\delta$ , дБ        | 0,0 |     |     |     |     |      |      |

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение измерительных генераторов.
2. Основные формы выходных сигналов измерительных генераторов?
3. В чем основные отличия измерительных генераторов от обычных генераторов?
4. Каковы условия самовозбуждения генератора гармонических колебаний?

## Лабораторная работа №3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Цель работы:

1. Изучить назначение органов управления генератора и научиться устанавливать заданное напряжение и частоту на его выходах.
2. Проверить работу встроенного устройства внутренней

и внешней модуляции.

3. Проверить градуировку шкалы модулометра.

### КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Генератор сигналов высокочастотный Г4-102А.

2. Электронный вольтметр ВЗ-38.

3. Электронный осциллограф С1-65А.

4. Частотомер ЧЗ-34А.

5. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовить Г4-102А к работе:

- проверить заземление прибора;
- переключатель М% – в положение 0;
- тумблеры «ВКЛ – установить в нижнее положение;
- тумблер СЕТЬ – в верхнее положение.

Прогреть прибор в течение 5 – 10 минут.

2. Проверка установки частоты генератора:

- ступенчатый переключатель ВЫХОД установить в положение 10<sup>5</sup> красного цвета;

- ручку плавной регулировки выхода установить на отметку 5 по красной шкале, что соответствует уровню 500 мВ;

- тумблер «μV» перевести в верхнее положение;

- с разъема «μV» подать сигнал генератора на разъем А частотомера ЧЗ-34А.

Устанавливая частоту генератора в соответствие с табл. 7 измерить частотомером частоту сигнала генератора.

Основная погрешность установки частоты определяется по следующей формуле:

$$\delta_{\text{осн, \%}} = \frac{f_{\text{ном}} - f_{\text{изм}}}{f_{\text{изм}}} \cdot 100\%.$$

По данным вычислений заполнить табл. 7.

Таблица 7

| Шкала генератора, кГц | Установленное по шкале значение частоты $f_{\text{ном}}$ , кГц | Измеренное значение $f$ изм, кГц | Основная погрешность установки частоты $\delta_{\text{осн}}$ , % |
|-----------------------|--|----------------------------------|--|
| 0,1 – 0,18            | 0,1  |                                  |  |
|                       | 0,15   |                                  |  |
|                       | 0,18   |                                  |  |
| 0,18 – 0,35           | 0,18   |                                  |  |
|                       | 0,3  |                                  |  |
|                       | 0,35   |                                  |  |
| 0,35 – 0,75           | 0,35   |                                  |  |
|                       | 0,6  |                                  |  |
|                       | 0,75   |                                  |  |
| 0,75 – 1,7            | 0,75   |                                  |  |
|                       | 1,0  |                                  |  |
|                       | 1,7  |                                  |  |
| 1,7 – 4,0             | 1,7  |                                  |  |
|                       | 2,5  |                                  |  |
|                       | 4,0  |                                  |  |
| 4,0 – 10,0            | 4,0  |                                  |  |
|                       | 8,0  |                                  |  |
|                       | 10,0   |                                  |  |
| 10,0 – 20,0           | 10,0   |                                  |  |
|                       | 15,0   |                                  |  |
|                       | 20,0   |                                  |  |
| 20,0 – 50,0           | 20,0   |                                  |  |
|                       | 37,0   |                                  |  |
|                       | 50,0   |                                  |  |

3. Проверка установки уровня генератора ступенчатым и плавным аттенуатором

Установить частоту генератора – 100 кГц;

Затем последовательно устанавливая переключателем значения выходного уровня  $U_{\text{ном}}$  согласно таблице;

Вычислить основную погрешность установки выходного уровня генератора по следующей формуле:

$$\delta_{\text{осн}}, \% = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{изм}}}{U_{\text{изм}}} \cdot 100\%.$$

Таблица 8

| Цвет шкалы | Положение ступенчатого аттенуатора | Положение плавного аттенуатора | Измеренный уровень $U_{\text{изм}}$ , мВ | Основная погрешность установки выходного уровня $\delta_{\text{осн}}, \%$ |
|------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| красный    | $10^5$                             | 5,0                            |  |   |
|            |                                    | 4,5                            |  |   |
|            |                                    | 4,0                            |  |   |
|            |                                    | 3,5                            |  |   |
|            |                                    | 3,0                            |  |   |
|            |                                    | 2,5                            |  |   |
|            |                                    | 2,0                            |  |   |
| черный     | $10^5$                             | 1,5                            |  |   |
|            |                                    | 1,4                            |  |   |
|            |                                    | 1,2                            |  |   |
|            |                                    | 1,0                            |  |   |
|            |                                    | 0,7                            |  |   |
|            |                                    | 0,5                            |  |   |
| красный    | $10^4$                             | 5,0                            |  |   |
|            |                                    | 4,5                            |  |   |
|            |                                    | 4,0                            |  |   |
|            |                                    | 3,5                            |  |   |
|            |                                    | 3,0                            |  |   |
|            |                                    | 2,5                            |  |   |
|            |                                    | 1,5                            |  |   |
|            |                                    | 1,5                            |  |   |
| черный     | $10^4$                             | 1,4                            |  |   |
|            |                                    | 1,3                            |  |   |
|            |                                    | 1,2                            |  |   |
|            |                                    | 1,2                            |  |   |
|            |                                    | 1,1                            |  |   |

Вычислить изменение выходного уровня по формуле:

$$\delta, \text{ дБ} = 20 \lg \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{изм}}}.$$

#### 4. Проверка градуировки шкалы модулометра

На приборе Г4-102А тумблером установить режим внутренней модуляции сигнала частотой  $f=1000\text{Гц}$  и с выхода  $\mu\text{V}$  сигнал подать на вход осциллографа.

Ручкой потенциометра УРОВЕНЬ МОДУЛЯЦИИ стрелку индикатора установить на отметку К.

Переключателем М% установить значение коэффициента модуляции «m%» из табл. 9.

Регулируя скорость развертки осциллографа и уровень сигнала в режиме внутренней синхронизации, получить на экране устойчивое изображение модулированного колебания.

Для исследования работы генератора в режиме внешней модуляции подать с генератора ГЗ-109 сигнал на вход внешней модуляции генератора Г4-102А с уровнем около 1 В и частотой в соответствии с табл. 9.

По полученному на экране изображению модулированного колебания определить коэффициент модуляции «m%»:

$$m\%_{\text{изм}} = \frac{(A-B)}{(A+B)} \cdot 100\%,$$

где А – максимальный размах колебаний сигнала («пучность»),

В – минимальный размах колебаний («узел»).

Результаты измерений занести в табл. 9.

Таблица 9

| Частота модуляции, кГц |     | Коэффициент амплитудной модуляции (Кам), установленный переключателем М% |               |     |               |     |               |
|------------------------|-----|--|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
|                        |     | 50   |               | 30  |               | 10  |               |
|                        |     | А/В  | $m_{изм}, \%$ | А/В | $m_{изм}, \%$ | А/В | $m_{изм}, \%$ |
| Внутренняя (1 кГц)     |     |  |               |     |               |     |               |
| Внешняя                | 0,5 |  |               |     |               |     |               |
|                        | 2   |  |               |     |               |     |               |
|                        | 5   |  |               |     |               |     |               |
|                        | 10  |  |               |     |               |     |               |

Ниже приведены возможные варианты полученного амплитудно-модулированного сигнала (рис. 1).

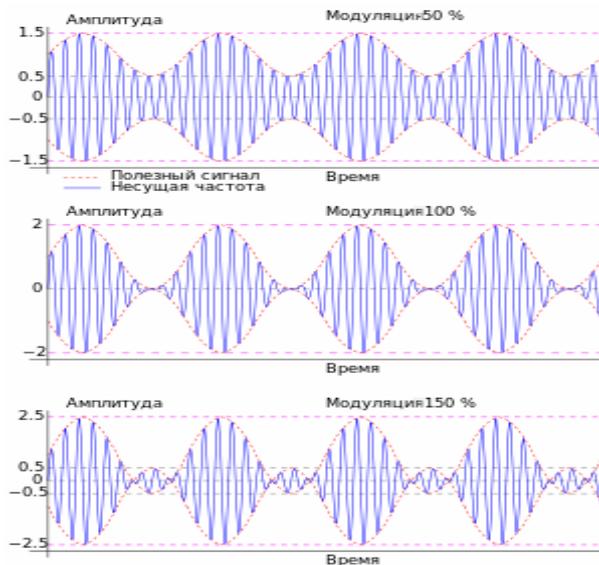


Рис. 1

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Функциональная схема генератора Г4-102А.
2. В чем основные отличия генераторов «ГСС» от «ГС»?
3. Правила установки напряжений на выходе генератора Г4-102А.
4. Что понимается под амплитудной модуляцией?
5. Осциллографический метод измерения коэффициента амплитудной модуляции  $m\%$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нефедов, В. И. Метрология и радиоизмерения: учебник / В. И. Нефедов; под ред. А. С. Сигова. – М.: Высшая школа, 2003. – 384 с.
2. Шишмарев, В. Ю. Электрорадиоизмерения: учебник для сред. проф. образования / В. Ю. Шишмарев, В. И. Шанин. – М.: ИЦ «Академия», 2004. – 335 с.
3. Панфилов, В. А. Электрические измерения: учебник для сред. проф. образования / В. А. Панфилов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.
4. Фридман, А. Э. Основы метрологии. Современный курс / А. Э. Фридман. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 284 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Общие указания по выполнению работ .....  | 3  |
| Указания по технике безопасности .....  | 4  |
| Лабораторная работа №1. Осциллографические методы измерения параметров сигналов ..... | 5  |
| Лабораторная работа №2. Исследование измерительного генератора низкой частоты .....   | 11 |
| Лабораторная работа №3. Исследование высокочастотного генератора.....                 | 15 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....  | 21 |

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплинам «Метрология и радиоизмерения»,  
«Метрология и стандартизация в СПЦС» направления  
подготовки 11.03.01 «Радиотехника», специальности  
11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,  
10.05.02 «Информационная безопасность  
телекоммуникационных систем»  
всех форм обучения

Составители:  
**Поздышева** Оксана Валентиновна  
**Яговкин** Сергей Иванович  
**Соколова** Елена Сергеевна

Редактор Кулакова Н. В.

Подписано к изданию 01.04.2019.

Уч.-изд. л. 1,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14