

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

В.С. БАСКАКОВ, А.Л. КОСОВА

**ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ  
НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ**

Методические указания по выполнению  
лабораторной работы №2

Самара  
2017

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,  
протокол № 34 от 17.02.2017 г.

Рецензент:  
д.т.н., проф. Мелентьев В.С.

**Баскаков В.С., Косова А.Л.**

**Проверка измерительных генераторов низкой частоты**  
методические указания по выполнению лабораторной работы/ В.С.  
Баскаков, А.Л. Косова. – Самара: ПГУТИ, 2017. –12 с.

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал, посвященный изучению основных технических характеристик и устройства измерительных генераторов.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, 11.03.01 Радиотехника, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем, 11.03.01 Информационная безопасность, 27.03.04 Управление в технических системах, 27.03.05 Инноватика, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.02 Информационные системы и технологии и предназначены для проведения лабораторных занятий.

© Баскаков В.С., 2017

© Косова А.Л., 2017

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение основных технических характеристик и устройства измерительных генераторов основной частоты. Приобретение навыков поверки генераторов.

## 2. ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2001, с. 155-168.

2. ГОСТ 8.324 — 78 ГСИ. Генераторы низкочастотные измерительные. Методы и средства проверки.

3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2005 с. 158-168

## 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

3.1. Изучить технические характеристики и устройство генераторов основной частоты по литературе. Методической разработке и лекциям.

3.2. Подготовить конспект с краткими ответами на контрольные вопросы.

3.3. Подготовить бланк отчета, содержащий таблицы и схемы измерений.

## 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Для чего предназначены измерительные генераторы?

4.2. Каковы основные требования, предъявляемые к измерительным генераторам?

4.3. Какова структурная схема генератора основной частоты?

4.4. Как работает задающий генератор?

4.5. Для чего предназначен аттенуатор?

4.6. Для чего служит согласующий трансформатор?

4.7. Когда используется внутренняя нагрузка генератора?

4.8. Каким образом определяется абсолютная, относительная погрешности?

4.9. Каковы основные технические характеристики генераторов ГЗ-33, касающиеся диапазона частоты, погрешности генератора по частоте, основной приведенной погрешности стрелочного прибора, погрешности деления аттенуатора?

4.10. Какова методика проверки измерительных генераторов?

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

5.1. Произвести проверку генераторов основной частоты (ГЗ-33).

5.1.1. Внешний осмотр.

5.1.2. Опробование.

5.1.3. Определение метрологических характеристик по частоте, уровню выходного сигнала и величине вносимого затухания.

5.2. Сравнить полученные экспериментально характеристики с допускаемыми по норме и сделать вывод о пригодности генератора к эксплуатации.

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующее:

6.1. Титульный лист с указанием кафедры, наименованием работы, Ф.И.О. студента, номер учебной группы.

6.2. Цель работы.

6.3. Перечень приборов, используемых в работе.

6.4. Структурные схемы измерений.

6.5. Расчетные формулы.

6.6. Результаты расчетов.

6.7. Таблицы с результатами измерений.

6.8. Выводы.

6.9. Подпись и дата выполнения работы.

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

**7.1. Внешний осмотр.** При проведении внешнего осмотра должно быть проверено; отсутствие механических повреждений, наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений наличие плавких вставок четкость маркировки. При наличии дефектов генератор отправляется в ремонт.

**7.2. Опробование.** Для опробования генератора его необходимо включить в сеть напряжением 220 В. частотой 50 Гц и после 30 — минутного прогрева проверить наличие выходного напряжения. При вращении ручки РЕГ. ВЫХ по часовой стрелке показания встроенного в генератор измерителя уровня должны плавно увеличиваться. При обнаружении неисправности генератор направляется в ремонт.

**7.3. Определение метрологических характеристик.** В процессе эксплуатации (периодически), а также после ремонта генератор подлежит проверке в соответствии с правилами Комитета стандартов, мер и

измерительных приборов. При этом, все измерения производятся при нормальных условиях, основными параметрами которых являются:

- температура  $(20 \pm 5)$  С;
- атмосферное давление  $(750 \pm 30)$  мм рт.ст.;
- относительная влажность  $(65 \pm 15)$  %;
- напряжение питающей сети  $(220 \pm 5)$  В;
- частота питающей сети  $(50,0 \pm 0,5)$  Гц.

### **7.3.1. Определение основной погрешности установки частоты.**

Погрешность установки частоты определяется методом сличения показаний отсчетных устройств генератора и электронно-счетного частотомера (например ЧЗ-34) при включенной внутренней нагрузке (для генератора ГЗ-33 переключатель выходного сопротивления переводится в положение "Атт"), и выходном напряжении  $U_{\text{Вых}} = 10,0$  В.

Абсолютная погрешность установки частоты генератора определяется соотношением:

$$\Delta f = f_{\Gamma} - f_0,$$

где  $f_{\Gamma}$  - частота, установленная на шкале генератора, Гц;  $f_0$  - истинное значение частоты на выходе генератора (измеренное с помощью частотомера).

Относительная погрешность определяется соотношением:

$$\delta f = \left( \frac{\Delta f}{f_0} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{f_{\Gamma} - f_0}{f_0} \right) \cdot 100\%.$$

Абсолютные и относительные погрешности определяются в каждой оцифрованной точке частотного поддиапазона выбранного согласно табл. 1 и сравниваются с величиной погрешности допускаемой по норме.

Результат сравнения формулируется в виде вывода о пригодности генератора к эксплуатации.

Таблица 1

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Множитель поддиапазона генератора (для генераторов основной частоты)	1	10	1	100	10	1	1000	100
Множитель поддиапазона (для генераторов на биениях)	10	1	100	1	10	100	1	10

Результаты измерений и вычислений сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Определение погрешности установки частоты генератора основной частоты

Частота по шкале $f_{Г}$ ; Гц								
Измеренная частота $f_0$ ; Гц								
Абсолютная погрешность $\Delta f$ ; Гц								
Допускаемая по норме погрешность $\Delta f_{Н} = (0,02f + 1)$ ; Гц (для ГЗ-33)								

**ВЫВОД:** Для генератора основной частоты ГЗ-33 произвести записи результатов измерения частот в заданных точках шкалы. Записи результатов измерений свести в табл. 3.

Таблица 3

Частота по шкале $f_r$ , Гц	Абсолютная погрешность $\Delta f$ , Гц	Запись результата измерения

**7.3.2. Определение основной погрешности измерения выходного уровня.** Погрешность измерения выходного напряжения определяется методом сличения показаний вольтметра генератора и образцового вольтметра (например, универсального цифрового В7-16) при выключенной внутренней нагрузке (переключатель выходного сопротивления генератора ГЗ-33 переводится в положение "АТТ") на частоте сигнала = 50 Гц. Приведенная погрешность измерения выходного напряжения определится из соотношения:

$$\gamma = \left( \frac{U_r - U_0}{U_{\max}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $U_r$  - показания вольтметра генератора;

$U_0$  - истинное значение измеряемого напряжения (показания образцового вольтметра).

$U_{\max}$  - предельное значение шкалы вольтметра генератора, на которой осуществляется проверка.

Приведенные погрешности определяются в каждой оцифрованной точке исследуемой шкалы. Выбор предела шкалы производится согласно табл. 4.

Таблица 4.

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Предел шкалы вольтметра генератора, В	1,0	3,0	0,5	10	0,3	0,1	30	10

Максимальная приведенная погрешность  $\gamma_{\max}$  сравнивается с допускаемой по норме  $\gamma_n$ . Результат сравнения формулируется в виде

вывода о пригодности генератора к эксплуатации. Результаты измерений и вычислений сводятся в таблицу 5.

Таблица 5

Определение погрешности измерения выходного уровня генератора основной частоты

Показания вольтметра генератора $U_G$ , В								
Показания образцового вольтметра $U_0$ , В								
Приведенная погрешность $\gamma$ , %								

Допускаемая по норме приведенная погрешность  $\gamma_H = 2.5\%$  (для ГЗ-33),  $\gamma_{\max} =$

**ВЫВОД:** Для основной частоты ГЗ-33 произвести записи результатов измерения выходного напряжения в заданных точках. Записи результатов измерений свести в таблицу 6.

Таблица 6

Показания вольтметра генератора $U_G$ , В	Абсолютная погрешность измерения $\Delta U$ , В	Запись результата измерения

**7.3.3. Определение погрешности деления аттенюатора.** Данная погрешность определяется путем непосредственного измерения выходного напряжения генератора цифровым вольтметром (например В7-16) на частоте 1000 Гц при включенной внутренней нагрузке. Измерения выполняются в следующем порядке (на примере ГЗ-33). В положении аттенюатора " + 30 дБ ", соответствующее вносимому ослаблению " 0 дБ ", по цифровому вольтметру, подключенному к выходу ГНЧ. устанавливается выходное напряжение 30 В. Затем, не изменяя положения ручек регулировки уровня, измеряют напряжение на



выходе генератора во всех дискретных (оцифрованных) положениях аттенюатора. Ослабление аттенюатора рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{изм}} = \ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right),$$

Где  $U_1$  - напряжение на выходе ГНЧ, соответствующее ослаблению " 0 дБ " (первоначальное положение)

$U_2$  - напряжение на выходе ГНЧ, соответствующее дискретным положениям аттенюатора.

Абсолютная погрешность деления (ослабления) аттенюатора определится как:

$$A = A - A_{\text{изм}}, \text{ дБ},$$

где  $A$  - считанное по шкале значение ослабления аттенюатора дБ;

$A_{\text{изм}}$  - измеренное значение ослабления дБ.

Результаты измерений и вычислений сводятся в табл. 7.

Таблица 7

Определение погрешности деления аттенюатора генератора основной частоты

Положение переключателя АТТ, дБ	+30	+20	+10	0	-10	-20	-30
Величина ослабления АТТ, дБ	0	10	20	30	40	50	60
Напряжение на выходе генератора ;В							
Измеренное ослабление $A_{\text{изм}}$ , дБ							
Погрешность ослабления $\Delta A$ , дБ							

Норма погрешности ослабления аттенюатора  $\pm 0,5$  дБ.

**ВЫВОД:** Результаты сравнения измеренных погрешностей деления с допускаемыми по норме формулируются в виде выводов к таблице 7 о пригодности генератора к работе.

### 7.3.4. Определение индексов классов точности.

Полученные при поверке максимальные величины погрешностей установки частоты и выходного напряжения  $\delta f$  и  $\gamma$  определяют классы точности исследуемого генератора по частоте и напряжению соответственно. Значения классов точности выбирается из следующих рядов:

- по частоте  $F_{0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0}$
- по напряжению  $U_{1,0; 2,0; 3,5; 4,0; 6,0}$

Запись вида  $F_{0,5}$  и  $U_{4,0}$  носит название индекса класса точности и в приведенном примере означает, что для данного ГНЧ основная относительная погрешность установки частоты не превышает 0,5%, а приведенная погрешность измерения уровня выходного сигнала не превышает 4.0%.

Необходимо определить и записать индексы классов точности для генератора ГЗ-33.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### П.1. Измерительный генератор ГЗ-33

#### П.1.1. Основные технические данные

1. Диапазон частот генератора от 2.0 до 200000 Гц перекрывается 4 поддиапазонами.
2. Номинальная выходная мощность 0.5 Вт.
3. Максимальная выходная мощность 5 Вт.
4. Потребляемая мощность не более 150 ВА.
5. Погрешность генератора по частоте составляет  $\pm (0.02f + 1)$  Гц.
6. Пределы плавной расстройки составляют  $\pm 0,015$  Гц.
7. Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласование нагрузки 5, 50 и 600 Ом.
8. Изменение выходного напряжения осуществляется плавно, а также с помощью аттенюатора ступенями через 10 дБ до 100 дБ относительно выходного уровня.
9. Погрешность деления аттенюатора при активной нагрузке 600 Ом не превышает:
  - а)  $\pm 0,5$  дБ в диапазоне частот 20-20000 Гц для затуханий от + 30 до -70 дБ;
  - б)  $\pm 0,5$  дБ в диапазоне частот от 20000 до 200000 Гц юдля затуханий от + 30 до

- 30 дБ;

в)  $\pm 1$ дБ в диапазоне частот 20000-200000 Гц для затуханий от - 40 до - 70 дБ.

10. Основная погрешность градуировки стрелочного прибора не более  $\pm 2.5$  % от верхнего предела измерений на частоте 50 Гц.

11. Нелинейные искажения при нагрузке 600 Ом не превышают 0.3 % при выходной мощности 0.5 Вт на частоте 400-5000 Гц.

### П.1.2. Устройство и работа генератора (рис.П.1)

Генератор ГЗ-33 состоит из следующих блоков:

- а) задающий генератор;
- б) выходной усилитель;
- в) выходное устройство и аттенюатор;
- г) вольтметр;
- д) блок питания.

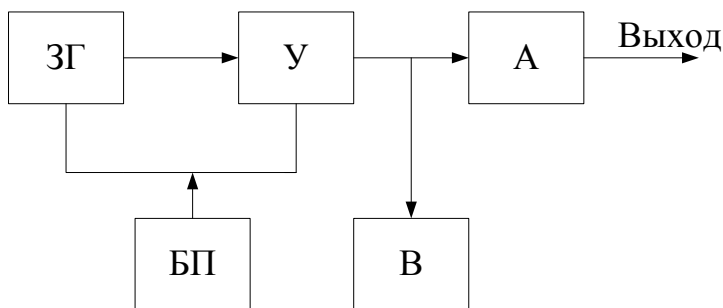


Рис.П.1. Структурная схема генератора ГЗ-33

Задающий генератор собран по реостатно-емкостной схеме и представляет собой двухламповый усилитель на резисторах, охваченный положительной обратной связью, обеспечивающей баланс фаз и амплитуд. Для повышения устойчивости и уменьшения нелинейных искажений в схему введена отрицательная обратная связь. Установка частоты осуществляется конденсатором переменной емкости "ЧАСТОТА".

Плавная расстройка - потенциометром в фазирующей цепи "РАССТРОЙКА %".

Выходной усилитель имеет два каскада. Первый каскад представляет собой фазоинверсный каскад, собранный по симметричной автобалансной схеме. Второй каскад - усилитель мощности - собран по двухтактной схеме. Плавная регулировка уровня осуществляется потенциометром "РЕГУЛИРОВКА ВЫХОДА".

Выходное устройство содержит согласующий трансформатор и аттенюатор. Согласующий трансформатор служит для согласования выхода генератора с нагрузками 5,50 и 600 Ом. Переключение выхода генератора на различные нагрузки производится переключателем. При работе на сопротивление нагрузки значительно больше 600 Ом нормальная работа аттенюатора обеспечивается включением внутренней нагрузки 600 Ом при помощи тумблера. Согласующий трансформатор в это время отключается (положение "АТТ").

Вольтметр подключается ко входу аттенюатора и служит для контроля и установки напряжения. Прибор имеет две шкалы: основную на 30 В и дополнительную на 60 В. Шкалы вольтметра коммутируются переключателем.

Блок питания состоит из полупроводникового выпрямителя и электронного стабилизатора на 220 В.