

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Филиал «Минский радиотехнический колледж»

Учебный предмет
«Электрические измерения»

Инструкция
по выполнению лабораторной работы №5
«Изучение принципа работы генератора низкой частоты»

Минск 2022 г.

Лабораторная работа №5

Тема работы: «Изучение принципа работы генератора низкой частоты»

1 Цель работы

Изучение структурной схемы и принципа действия генератора ГЗ-123; приобретение навыков измерения частоты и уровня напряжения выходного сигнала цифровым частотомером и электронным вольтметром.

2 Задание

Изучить структурную схему и принцип действия генератора ГЗ-123, измерить частоту и выходное напряжение, рассчитать погрешности измерений.

3 Оснащение работы

Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123, частотомер электронно-счетный ЧЗ-54, милливольтметр ВЗ-38.

4 Краткие теоретические сведения

Генератором НЧ называют генератор сигнала с частотой от единицы герц до несколько сотен килогерц.

По частотному диапазону НЧ генераторы делятся на следующие группы:

- инфразвуковые (менее 20 Гц);
- звуковые (от 20 Гц до 20 кГц);
- ультразвуковые (от 20 до 300 кГц).

Измерительные генераторы НЧ используются очень широко при настройке УНЧ, НЧ-каскадов радиоприемников, при измерениях частоты, фазы, индуктивности, емкости и в других случаях.

По принципу работы задающего генератора (ЗГ) измерительные генераторы (ИГ) НЧ делятся на группы:

- типа LC ;
- типа RC ;
- на биениях.

В LC -генераторах частота определяется индуктивностью и емкостью колебательного контура (формула 5.1):

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (5.1)$$

Такие генераторы обычно имеют несколько фиксированных частот и применяются в качестве модуляторов в ИГ высокой частоты (ВЧ).

В качестве ИГ они практически не применяются из-за необходимости создания катушек индуктивности с большими значениями индуктивности, обладающих большими габаритами и весом.

Генератор на биениях, рисунок 5.1, работает следующим образом. Генератор фиксированной частоты генерирует колебания частотой f_1 ; генератор регулируемой частоты генерирует колебания с частотой f_2 , которая плавно регулируется в некоторых пределах. На выходе смесителя образуются колебания с частотой $f = f_2 - f_1$, называемые биениями. Они поступают на фильтр низких частот, где задерживаются все колебания, кроме частоты f , усиливаются и через аттенюатор передаются на выход.

Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123 представляет собой RC-генератор с дискретной перестройкой частоты и выходного напряжения.

Структурная схема генератора НЧ ГЗ-123 показана на рисунке 5.2.

В RC-генераторах частота определяется значениями сопротивления и емкости, входящими в цепь положительной обратной связи, необходимой для генерации сигнала. Частота выходного сигнала определяется по формуле 5.2

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}. \quad (5.2)$$

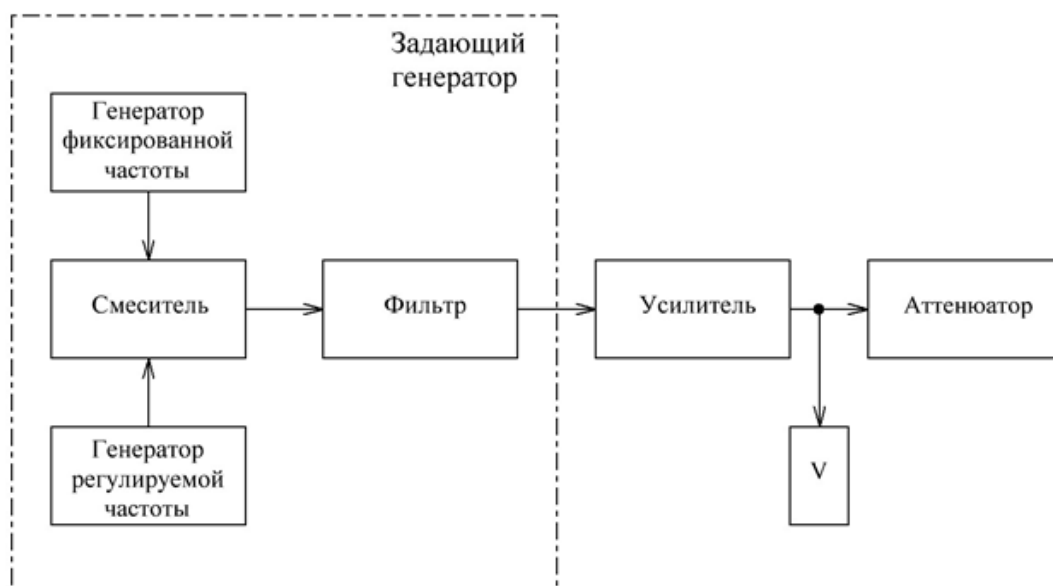


Рисунок 5.1 – Структурная схема генератора на биениях

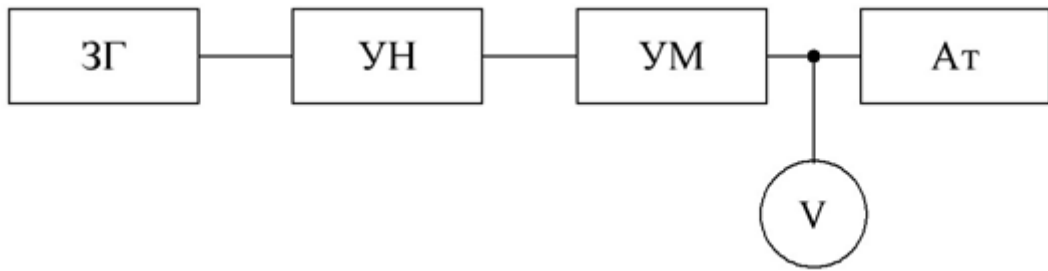


Рисунок 5.2 – Структурная схема генератора Г3-123

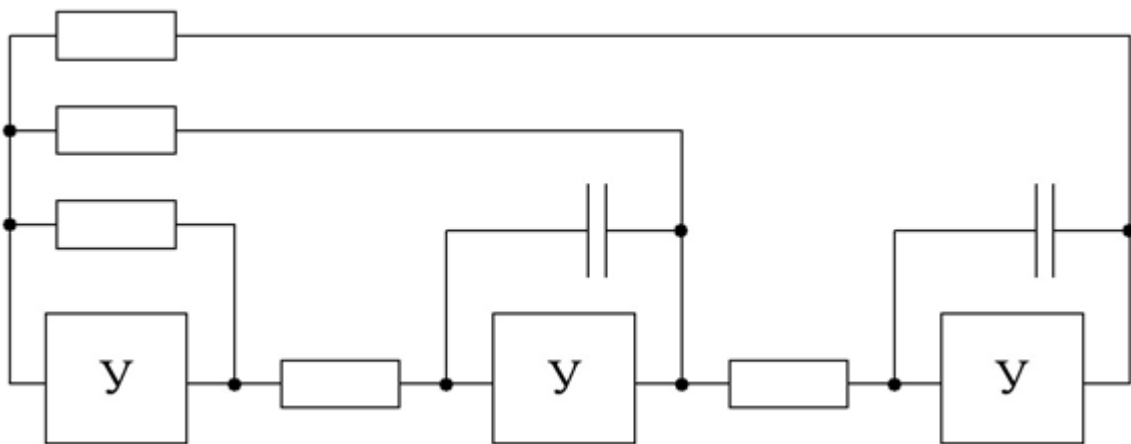
Задающий генератор (ЗГ) – основной функциональный узел, определяющий частоту и форму генерируемых сигналов. Задающий генератор выполнен по схеме с активной фазирующей цепью на основе интеграторов, электрическая схема которых изображена на рисунке 5.3.

Усилитель напряжения (УН) повышает энергетический уровень сигнала задающего генератора.

Усилитель мощности (УМ) обеспечивает требуемый уровень выходного сигнала. Усилитель мощности имеет малое выходное сопротивление и выполняется в виде операционного усилителя.

Аттенюатор (Ат) позволяет регулировать уровень выходного сигнала генератора (аналогичен в этом отношении аттенюатору измерителей параметров сигналов), в частности является резистивным аттенюатором (дискретный низкоомный делитель напряжения через 10 дБ).

Вольтметр (V) обеспечивает установку параметров генерируемых сигналов с нормированной погрешностью и является встроенным измерительным прибором. При нулевом ослаблении аттенюатора вольтметр оказывается подключенным непосредственно к нагрузке генератора и точно измеряет параметры даже при рассогласовании сопротивления нагрузки с выходным сопротивлением генератора.



У – операционный усилитель

Рисунок 5.3 – Электрическая схема интеграторов

5 Технические данные частотомера электронно-счетного ЧЗ-54

Диапазон измеряемых прибором частот – от 0,1 Гц до 300 МГц.

Частота выдаваемого сигнала – 0,1; 1; 10; 100 Гц; 1; 10; 1; 5; 10 и 50 МГц.

Погрешность по частоте кварцевого генератора за 1 месяц – $1,5 \cdot 10^{-7}$.

Уровень выходного сигнала – 0,1–100 В для частот 0,1 Гц–120 МГц; 0,2–3 В для частот 120–300 МГц.

Диапазон измерений длительности импульсов и интервалов времени отношения частот от 10 Гц–150 МГц до 0–1 МГц.

Передняя панель частотомера электронно-счетного ЧЗ-54 приведена на рисунке 5.4.

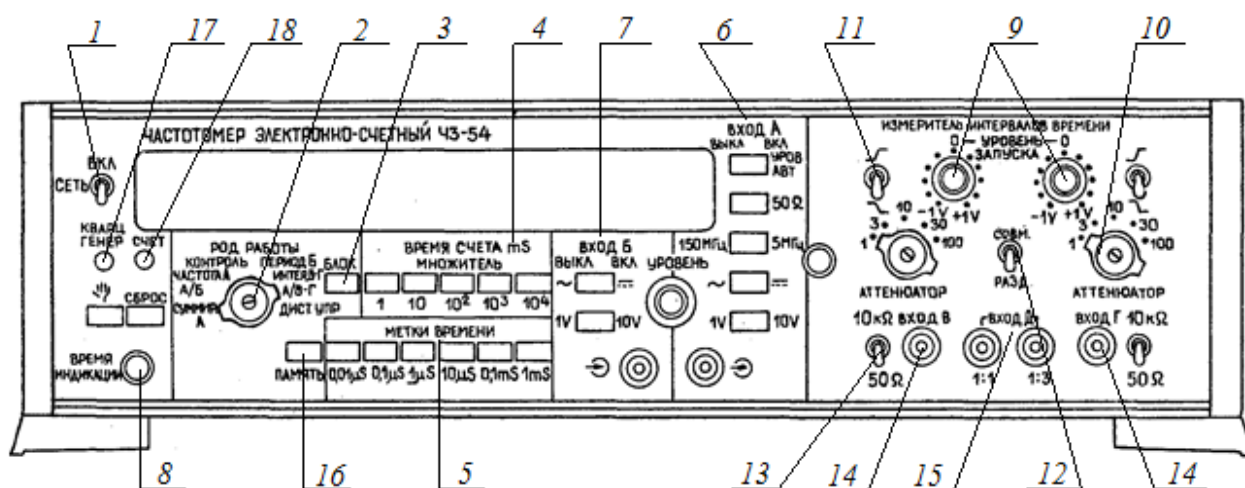



Рисунок 5.4 – Передняя панель частотомера электронно-счетного ЧЗ-54


Органы управления

- 1 – тумблер СЕТЬ включения/выключения питания прибора;
- 2 – переключатель РОД РАБОТЫ выбора вида измерений;
- 3 – кнопка БЛОК, в нажатом состоянии переводящая прибор в режим работы со вставным блоком;
- 4 – переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА mS – МНОЖИТЕЛЬ выбора времени счета при измерении частоты и выбора коэффициента умножения (усреднения) при измерении периода и отношения частот;

5 – переключатель **МЕТКИ ВРЕМЕНИ** выбора меток времени (частот заполнения) при измерении периода и интервала времени и выбора собственных опорных частот в режиме самоконтроля;

6 – панель **ВХОД А**, в ее секторе расположены входной разъем «» и переключатель с кнопками для измерения частоты:


– предел измерения 10 В включен при нажатой кнопке «1 V/10 V»;

– в нажатом состоянии кнопки «» связь между источником сигнала и входными цепями прибора гальваническая;


– полоса пропускания входного усилителя от 0 до 5 МГц при нажатой кнопке «150 МГц/5 МГц»;

– в нажатом состоянии кнопки «50 Ω» входное сопротивление входа А равно 50 Ом;


– в нажатом состоянии кнопки **УРОВ. АВТ.** Уровень запуска устанавливается автоматически на уровне постоянной составляющей входного сигнала;

7 – панель **ВХОД Б**, в ее секторе расположены входной разъем «» и переключатель с кнопками для измерения длительности импульса и периода:

– предел измерения 10 В включен при нажатой кнопке «1 V/10 V»;



– в нажатом состоянии кнопки «» связь между источником сигнала и входными цепями прибора гальваническая;

– сдвоенная ручка **УРОВЕНЬ** установки уровня запуска прибора по **ВХОДУ А** и **ВХОДУ Б**. Внешняя ручка относится ко **ВХОДУ А**, а внутренняя – ко **ВХОДУ Б**;

8 – ручка потенциометра **ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ** выбора времени удержания показаний прибора. На цифровом табло при нажатой кнопке «» показание удерживается до тех пор, пока не будет нажата кнопка **СБРОС**. В этом положении осуществляется внешний сброс/пуск прибора;

9 – ручки **УРОВЕНЬ ЗАПУСКА** выбора уровня срабатывания формирующего устройства;

10 – переключатели **АТТЕНЮАТОР** выбора коэффициента ослабления входного сигнала;

11 – тумблеры « – » выбора фронта входного сигнала, к которому следует привязать во времени начало и конец строб-импульса;

12 – тумблер **СОВМ./РАЗД.** выбора рода работы: либо совместный (**СОВМ.**) запуск обоих каналов, либо отдельный (**РАЗД.**) по каждому каналу;

13 – тумблеры «50 Ω – 10 kΩ» установки ориентировочной величины входного сопротивления;

14 – разъемы ВХОД В и ВХОД Г подключения к прибору источника измеряемого сигнала, у которого производится измерение временных параметров;

15 – разъемы «1:1» и «1:3» ВХОД Д подключения к прибору источника измеряемого сигнала при измерении частоты;

16 – кнопка ПАМЯТЬ включения режима «память», т.е. индикации результата предыдущего измерения во время последующего цикла счета;

17 – лампочка КВАРЦ. ГЕНЕР. Сигнализации включения питания кварцевого генератора;

18 – лампочка СЧЕТ сигнализации положения селектора прибора, которая позволяет судить о работе блока автоматики.

6 Порядок выполнения работы

Измерение напряжения на выходе генератора ГЗ-123 электронным вольтметром ВЗ-38

Собрать схему измерений, рисунок 5.5.



Рисунок 5.5 – Схема измерений

Для этого необходимо соединить гнездо генератора « \ominus 1» с гнездом ВХОД вольтметра.

Включить приборы в сеть.

Ручками «Hz» и переключателем МНОЖИТЕЛЬ установить частоту выходного сигнала 200 кГц.

Установить на вольтметре предел измерений 10 В, затем поставить на генераторе переключатель встроенного аттенюатора в положение «0» и переключателями НАПРЯЖЕНИЕ V установить по показаниям вольтметра напряжение $U_{\text{ВЫХ}} = 5$ В.

Произвести расчет выходного напряжения в зависимости от величины ослабления выходного сигнала в относительных единицах, используя формулу

$$N_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}, \quad (5.3)$$

где U_1 – напряжение, выставяемое на генераторе без учета ослабления;

U_2 – напряжение, определяемое по показаниям вольтметра.

Из формулы (5.1) следует (формула 5.4):

$$U_2 = \frac{U_1}{\sqrt[20]{10^{N_{\text{дБ}}}}}. \quad (5.4)$$

5.5 Рассчитать абсолютную погрешность измерения напряжения по формуле

$$\delta_n = \gamma \frac{U_{\text{ПРЕД}}}{U_{\text{ИЗМ}}}, \quad (5.5)$$

где γ – класс точности вольтметра ВЗ-38, равный 4,0.

5.6 Рассчитать абсолютную погрешность измерения напряжения по формуле

$$\Delta_n = \pm \frac{\delta_n \cdot U_{\text{ИЗМ}}}{100}. \quad (5.6)$$

Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Положение переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ			
	0	20	40	60
$U_{\text{ПРЕД}}$	10 В	1 В	100 мВ	10 мВ
$U_{2\text{РАСЧЕТ}}, \text{ В}$				
$U_{2\text{ИЗМ}}, \text{ В}$				
$\delta_n, \%$				
$\Delta_n, \text{ В}$				

Измерение частоты выходного сигнала генератора ГЗ-123 частотомером электронно-счетным ЧЗ-54.

Собрать схему измерений, рисунок 7.6.



Рисунок 5.6 – Схема измерений

Для этого необходимо соединить гнездо «G-1» генератора ГЗ-123 с гнездом ВХОД А частотомера ЧЗ-54.

Включить приборы в сеть.

Установить на генераторе переключателями НАПРЯЖЕНИЕ V уровень выходного напряжения не менее 1,5 В.

Переключатель встроенного аттенюатора установить в положение «0».

Органы управления частотомера ЧЗ-54 установить в следующие положения:

- потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ – в среднее положение;
- переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА, S – в положение «1»;
- переключатель РОД РАБОТЫ – в положение « f_a »;
- кнопка ПАМЯТЬ в нажатом положении.

Устанавливая значения частоты f_1 на генераторе, указанные в таблице 5.2, записать показания частоты f_0 частотомера.

Рассчитать относительную погрешность измерения частоты сигнала по формуле 5.7

$$\delta_n = \left(\delta_0 + \frac{1}{T_{\text{сч}} \cdot f_{\text{изм}}} \right), \quad (5.7)$$

где δ_0 – относительная погрешность по частоте кварцевого генератора частотомера ЧЗ-54, равная $1,5 \cdot 10^{-7}$;

$T_{\text{сч}}$ – установленное на частотомере время счета в секундах (принимаяем $T_{\text{сч}} = 1$ с);

$f_{\text{изм}}$ – измеренная частота частотомером.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения частоты по формуле 5.8.

$$\Delta_n = \pm \frac{\delta_n \cdot f_{\text{изм}}}{100}. \quad (5.8)$$

Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Значение частоты f_1 , кГц													
	0,1	0,4	0,8	1	2	4	8	10	20	40	60	80	100	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f_0 , кГц														
δ_n , %														

Δ_n , Гц																			
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

7 Форма отчета о работе

Лабораторная работа № _____

Номер учебной группы _____

Фамилия, инициалы учащегося _____

Дата выполнения работы _____

Тема работы: _____

Цель работы: _____

Оснащение работы: _____

Результат выполнения работы: _____

Таблицы с исходными данными и результатами расчетов в соответствии с вариантом.

Расчеты.

Ответы на контрольные вопросы.

Выводы по работе.

8 Контрольные вопросы и задания

1. Структурная схема низкочастотного генератора и назначение основных узлов.
2. Основные технические данные генератора ГЗ-123.
3. Классификация НЧ-генераторов.
4. Генератор на биениях.
5. Назначение органов управления генератора ГЗ-123.

9 Рекомендуемая литература

Бабер, А.И. Электрические измерения: учеб. пособие / А.И. Бабер, Е.Т. Харевская. - Минск: РИПО, 2019.

Нефедов В.И., Электрорадиоизмерения / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков, Е.В. Самохина. — М.: Издательство «Форум» Инфра-М, 2018.

Новикова Н.В., Электрические измерения. Лабораторный практикум / Н.В. Новикова, В.О. Афонько. Минск : РИПО, 2018.

Шишмарев, В.Ю. Электрорадиоизмерения: учеб. для средн. проф. образования/ Шишмарев, В.Ю., Шанин В.И. 3-е изд. - М.: Изд-во «Юрайт», 2019.