

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра основ радиотехники и защиты информации

А.А. Илюхин

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ №1–8

*для студентов II курса
специальности 10.05.02
очной формы обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2018

УДК 53.08(07)
ББК 6Ф2.08
И49

Рецензент:

Яманов Д.Н. – канд. техн. наук, проф. каф. ТЭРЭО ВТ

Илюхин А.А.

И49

Измерительная практика [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ №1–8 / А.А.Илюхин. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 36 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной практики «Измерительная практика» по учебному плану для студентов II курса специальности 10.05.02 очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 10.04.2018 г. и методического совета 16.04.2018 г.

УДК 53.08(07)
ББК 6Ф2.08

В авторской редакции

Подписано в печать 21.06.2018 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 2,25 Усл. печ. л. 2,09
Заказ № 329/0604-УМП04 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2018

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Измерение тока, напряжения, мощности

1. Цель занятия – получение практических навыков использования электромеханических, электронных аналоговых и цифровых амперметров и вольтметров при прямых измерениях тока и напряжения и косвенных измерениях мощности в электрических цепях постоянного и переменного тока.

2. Контрольно-измерительная аппаратура.

- 2.1. Оборудование для проведения лабораторно-практических работ по радиоэлектронике 87Л-01.
- 2.2. Милливольтметр В 3-39.
- 2.3. Ампервольтметры Ц 4315.
- 2.4. Приборы комбинированные цифровые Щ 4313.
- 2.5. Генератор низкочастотный Г 3-109.

3. Порядок выполнения измерений.

3.1 Измерение тока, напряжения, мощности в электрической цепи постоянного тока.

3.1.1 Измерения с использованием электромеханического амперметра и вольтметра.

Собрать схему цепи, приведенную на рис.1, в соответствии с указанным номером варианта (табл.1).

Таблица 1

Вариант	1	2	3	4	5
Значения сопротивлений резисторов, кОм	1,0	1,2	1,6	2,0	0,82

В качестве источника постоянного напряжения используется генератор напряжения ГН2 (“+” ГН2 подключить к точке Х11, “-” ГН2 – к точке Х12). К точке Х9 подключить “+” ампервольтметра АВМ1, к точке Х10 подключить “-” ампервольтметра АВМ1, который в данном случае используется в качестве вольтметра, для чего переключателем пределов измерения АВМ1 установить предел измерения 5 В.

К точке Х8 подключить “+” ампервольтметра АВМ2, к точке Х7 подключить “-” ампервольтметра АВМ2, который в данном случае используется в качестве амперметра, для чего переключателем пределов измерения АВМ2 установить предел измерения 5 мА.

Поставить тумблер СЕТЬ стенда 87Л-01 в верхнее положение. Используя органы управления выходным напряжением ГН2 и АВМ1 установить напряжение 1 В, измерить ток через резистор с помощью АВМ2.

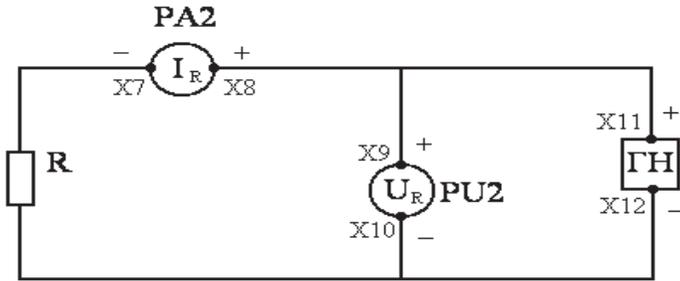


Рис.1 Принципиальная схема электрической цепи

Аналогично измерить токи через резистор при напряжениях 2, 3, 4 В. Результаты измерений занести в табл.2.

Таблица 2

U, В	1	2	3	4
I, мА				
P, мВт				

Используя формулу $P = U I$, рассчитать мощность, выделяемую в резисторе. Результаты расчетов свести в табл.2.

Используя результаты табл.2, построить вольтамперную характеристику (ВАХ) резистора $I = f(U)$.

3.1.2 Измерения с использованием электронных цифровых амперметра и вольтметра.

Использовать электрическую цепь, собранную в п. 3.1.1. К точкам X9, X10 подключить вход первого прибора комбинированного цифрового Щ 4313, а к точкам X7, X8 – вход второго прибора комбинированного цифрового Щ 4313.

На первом приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., ☀, V, 5, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

На втором приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., ☀, mA, 5, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

Используя органы управления выходным напряжением ГН2 и первый прибор Щ 4313, установить напряжение 1 В, измерить ток через резистор с помощью второго прибора Щ 4313. Аналогично измерить токи через резистор при напряжениях 2, 3, 4 В. Результаты измерений занести в табл.3.

Таблица 3

U, В	1	2	3	4
I, мА				
P, мВт				

Рассчитать мощность, выделяемую в резисторе, результаты расчетов свести в табл.3.

3.2 Измерение тока, напряжения, мощности в электрической цепи гармонического тока.

3.2.1 Измерения с использованием электронных цифровых амперметра и вольтметра.

Использовать электрическую цепь, собранную в п. 3.1.2. К точкам Х11, Х12 подключить генератор низкой частоты ГЗ-109.

На генераторе ГЗ-109 произвести следующие операции:

- поставить переключатель МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ в положение 10, ручкой плавного изменения частоты совместить риску шкалы Hz с риской числа 100 (в этом случае частота гармонического напряжения будет составлять 1 кГц);

- переключатель ступенчатого изменения выходного напряжения поставить в положение 5 V;

- ручку РЕГУЛИРОВКА ВЫХ. повернуть против часовой стрелки до упора;

- установить тумблер СЕТЬ в верхнее положение.

На первом приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., ☀, , V, 5, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

На втором приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., ☀, , mA, 5, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

Используя органы управления выходным напряжением генератора ГЗ-109 и первый прибор Щ 4313, установить действующее значение синусоидального напряжения 2,2В, измерить действующее значение синусоидального тока через резистор прибором Щ 4313. Аналогично измерить токи через резистор при напряжениях 2,6; 3; 4В. Результаты измерений занести в табл.4.

Таблица 4

U, В	2,2	2,6	3	4
I, mA				
P, мВт				

Рассчитать мощность, выделяемую в резисторе, результаты расчетов свести в табл.4.

3.2.2 Измерения с использованием электронных аналоговых амперметра и вольтметра.

Использовать электрическую цепь, собранную в п. 3.2.1. К точкам Х9, Х10 подключить вольтметр ВЗ-39, а к точкам Х7, Х8 – ампервольтметр Ц 4315.

На вольтметре ВЗ-39 произвести следующие операции:

- установить переключатель ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ в положение 10 В (при этом используется верхняя шкала вольтметра);

- тумблер СЕТЬ установить в верхнее положение.

На ампервольтметре Ц 4315 переключатель поставить в положение 5 мА и нажать кнопку \sim , остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении (при этом используется третья сверху шкала).

Используя органы управления выходным напряжением генератора Г3-109 и вольтметр В3-39, установить действующее значение синусоидального напряжения 2,2 В, измерить действующее значение синусоидального тока через резистор Ц4315. Аналогично измерить токи через резистор при напряжениях 2,6; 3; 4 В. Результаты измерений занести в табл.5.

Таблица 5

U, В	2,2	2,6	3	4
I, мА				
P, мВт				

Рассчитать мощность, выделяемую в резисторе, результаты расчетов свести в табл.5.

4. Контрольные вопросы

4.1. Измерения напряжения и тока с использованием электромеханических амперметра М 2003 и вольтметра М 2003.

4.2. Измерения напряжения и тока в цепи постоянного тока с использованием электронных цифровых приборов Щ 4313.

4.3. Измерения напряжения и тока в цепи переменного тока с использованием электронных цифровых приборов Щ 4313.

4.4. Измерения напряжения и тока в цепи переменного тока с использованием аналоговых амперметра Ц 4315 и вольтметра В 3-39.

4.5. Измерение мощности в цепи постоянного тока косвенным методом.

4.6. Настройка цифрового прибора Щ 4313 в режиме вольтметра и амперметра.

5. Содержание отчета

5.1. Схемы соединений измерительных приборов.

5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.3. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Попов В.П. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 2007.

2. Технические описания контрольно-измерительной аппаратуры.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ №№ 2-3

Аналоговые измерительные генераторы – Исследование формы сигналов аналоговым электронно-лучевым осциллографом

1. **Цель занятий** – приобретение практических навыков использования генераторов низкочастотного и высокочастотного диапазонов, импульсного генератора для получения на их выходе сигналов с заданными параметрами и электронно-лучевого осциллографа для измерения значений этих параметров.

2. Контрольно-измерительная аппаратура

- 2.1. Генератор сигналов низкочастотный Г3-109.
- 2.2. Генератор сигналов высокочастотный Г4-102А.
- 2.3. Генератор импульсов Г5-54.
- 2.4. Генератор шума низкочастотный Г2-57.
- 2.5. Осциллограф АСК-1021.
- 2.6. Микровольтметр В3-57.

3. Порядок выполнения измерений

- 3.1. Измерения с использованием генератора Г3-109.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.2 (использовать коаксиальный выход генератора).

Получить на выходе генератора Г3-109 гармоническое напряжение с параметрами: действующее значение $U = 2$ В, частота $F = 100$ Гц.

На генераторе Г3-109 произвести следующие операции:

- переключатель МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ поставить в положение 1;
- ручкой плавного изменения частоты совместить риску Hz с рисккой числа 100 на шкале частоты;
- переключатель дискретного изменения выходного напряжения поставить в положение 5V;
- ручку плавного изменения выходного напряжения РЕГУЛИРОВКА ВЫХ. повернуть против часовой стрелки до упора;
- тумблер СЕТЬ поставить в верхнее положение;
- поворачивая ручку РЕГУЛИРОВКА ВЫХ. по часовой стрелке, совместить стрелку вольтметра генератора Г3-109 с рисккой числа 2 на нижней шкале вольтметра;

На микровольтметре В3-57 сделать следующее:

- установить переключатель пределов измерения в положение 300V;
- тумблер СЕТЬ поставить в верхнее положение;
- ручкой УСТ. 0 установить стрелку на зачерненный участок шкалы;

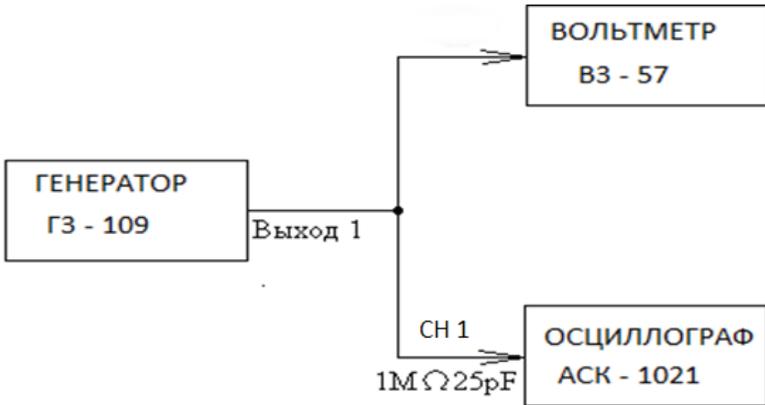


Рис.2. Структурная схема лабораторной установки

- переключатель пределов измерения поставить в положение 3V (в этом случае используется средняя шкала с пределом 3 В).

На осциллографе АСК - 1021 произвести следующие операции:

- переключатель VOLT/DIV поставить в положение 2V;
- переключатели TIME/DIV – в положение 2mS;
- переключатель COUPLING и SOURCE соответственно в положениях AUTO и CH1;
- ручками INTENSITY и FOCUS отрегулировать яркость и фокусировку луча, ручками ← → POSITION положение осциллограммы на экране осциллографа, удобные для наблюдения и измерения;
- ручкой TRIG LEVEL получить устойчивое изображение сигнала.

Измерить микровольтметром ВЗ-57 действующее значение выходного напряжения генератора ГЗ-109.

Осциллографом АСК - 1021 измерить период повторений выходного напряжения генератора ГЗ-109 - для этого измерить расстояние в делениях между ближайшими максимальными значениями осциллограммы этого напряжения, затем умножить это расстояние на цену деления TIME/DIV 2 ms.

Рассчитать частоту выходного напряжения генератора по формуле $F=1/T$.

Далее установить на генераторе ГЗ-109 и измерить микровольтметром ВЗ-57 и осциллографом АСК - 1021 следующие значения параметров выходного напряжения (подбирая удобные для измерения пределы ВЗ-57 и коэффициенты развертки осциллографа): действующее значение (частота): 0,9 В (1500 Гц); 0,1В (10000Гц); 0,04 В (180000 Гц).

Полученные результаты занести в табл.6 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 6

Выходное напряжение генератора ГЗ-109			
Действующее значение U, В		Частота F, Гц	
Установленное	Измеренное	Установленное	Измеренное

3.2. Измерения с использованием генератора Г4-102А.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.3 (использовать коаксиальный выход генератора μV).

3.2.1. Получить на выходе генератора Г4-102А гармоническое напряжение с параметрами: действующее значение $U = 0,5$ В, частота $f = 0,1$ МГц.

На генераторе Г4-102А произвести следующие операции:

- нажать кнопку 1 переключателя дискретного изменения частоты УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ МНz, ручкой плавного изменения частоты совместить риску визира с риской числа 0,1 на шкале частоты;
- переключатель дискретного изменения выходного напряжения поставить в положение $\times 10^5$ (использовать красную шкалу);
- ручку плавного изменения выходного напряжения поставить в положение 5 (использовать красную шкалу);
- тумблер ВКЛ. μV поставить в верхнее положение, а тумблер ВКЛ.1V – в нижнее;
- тумблер ВНЕШ.-ВНУТР. поставить в положение ВНЕШ.;
- тумблер СЕТЬ установить в верхнее положение.

На микровольтметре ВЗ-57 переключатель пределов установить в положение 1V.

На осциллографе АСК - 1021 переключатель VOLT/DIV поставить в положение 0,5 V, а переключатель TIME/DIV – в положение 2 μS . При необходимости ручкой TRIG LEVEL получить устойчивое изображение сигнала.

Используя методику, изложенную в п.3.1, измерить параметры выходного напряжения Г4-102А.

Далее установить на генераторе Г4-102А и измерить микровольтметром ВЗ-57 и осциллографом АСК - 1021 следующие значения параметров выходного напряжения: действующее значение (частота): 0,3 В (0,3 МГц), 0,014 В (0,6 МГц), 0,009 В (1,0 МГц).

Полученные результаты измерений занести в табл.7 и сравнить с установленными значениями.

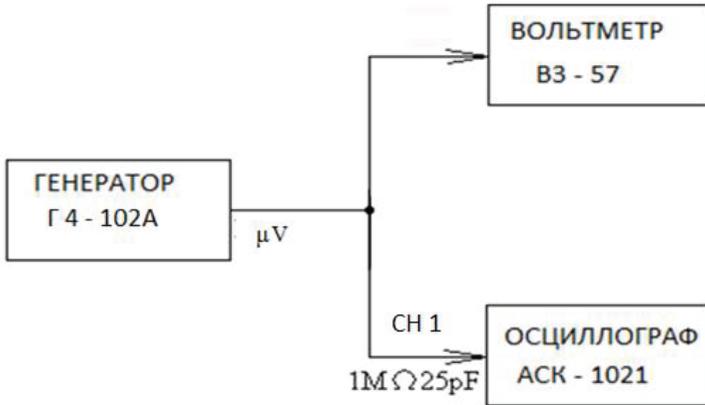


Рис.3. Структурная схема лабораторной установки

Таблица 7

Выходное напряжение генератора Г4-102А							
Гармоническое				Амплитудно-модулированное			
Действующее значение U, В		Частота f, Гц		Коэффициент модуляции M, %		Частота модуляции F _м , Гц	
Уст.	Изм.	Уст.	Изм.	Уст.	Изм.	Уст.	Изм.

3.2.2. Получить на выходе генератора Г4-102А однотональное амплитудно-модулированное напряжение с параметрами: действующее значение несущего колебания $U_{н} = 0,5$ В, частота несущего колебания $f_{н} = 0,14$ МГц, коэффициент модуляции $M = 20\%$, частота модуляции $F_{м} = 1000$ Гц.

На генераторе Г4-102А сделать следующее:

- действующее значение $U_{нес}$ и частоту $f_{нес}$ установить по методике, изложенной выше;

- тумблер ВНЕШ. - ВНУТР. установить в положение ВНУТР.;

- ручкой потенциометра опорного уровня модуляции (находиться под индикатором генератора) установить стрелку индикатора на риску К;

- переключатель ГЛУБИНА МОД % установить в положение 20.

С помощью осциллографа АСК - 1021 измерить частоту модуляции и коэффициент модуляции, используя формулу:

$$M = \frac{2U_{m \max} - 2U_{m \min}}{2U_{m \max} + 2U_{m \min}} \text{ и осциллограмму рис.4.}$$

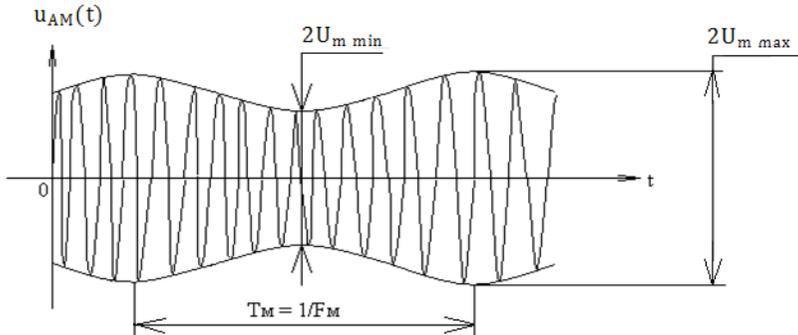


Рис.4. Осциллограмма амплитудно-модулированного выходного напряжения генератора Г4-102А

Далее установить на генераторе Г4-102А и измерить осциллографом АСК - 1021 следующие значения коэффициента модуляции выходного напряжения: 40, 60, 80%.

Полученные результаты измерений занести в табл.7 и сравнить с установленными значениями.

3.2. Измерения с использованием генератора Г5-54.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.5.

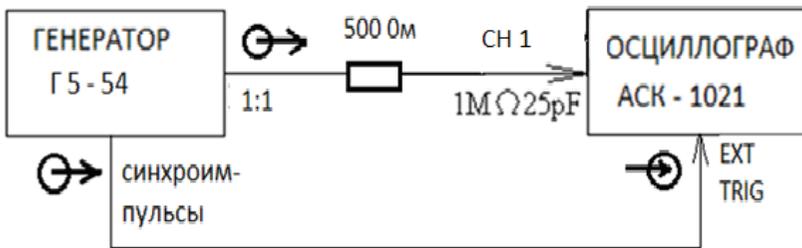


Рис.5. Структурная схема лабораторной установки

Получить на выходе генератора Г5-54 периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами: амплитуда импульсов $U_m = 4$ В, длительность импульсов $t_n = 200$ мкс, частота повторения импульсов $F = 2000$ Гц, полярность импульсов - положительная.

На генераторе Г5-54 произвести следующие операции:

- нажать белую кнопку $\times 10^3$ переключателя ЧАСТОТА ПОВТОРЕНИЯ Hz;
- ручкой плавного изменения частоты повторения совместить риску визира с риской числа 2.0 на белой шкале;
- нажать кнопку 0 переключателя ВРЕМЕННОЙ СДВИГ μ s;

- нажать белую кнопку $\times 10^2$ переключателя ДЛИТЕЛЬНОСТЬ μS ;
- ручкой плавного изменения длительности импульса совместить риску визира с риской числа 2.0 на белой шкале;
- нажать кнопку \perp переключателя $\perp - \neg$;
- тумблер СЕТЬ установить в верхнее положение;
- ручкой плавного изменения амплитуды импульсов АМПЛ. установить стрелку вольтметра генератора на риску числа 40;
- нажать кнопку $\times 0,1$ переключателя ступенчатого изменения амплитуды импульсов;
- нажать верхнюю кнопку переключателя ЗАПУСК.

На осциллографе АСК - 1021 переключатель VOLT/DIV поставить в положение 1V, а переключатель TIME/DIV – в положение 0.1 mS. При необходимости ручкой TRIG LEVEL получить устойчивое изображение сигнала.

Используя осциллограф АСК - 1021, измерить длительность импульсов, период их повторения и амплитуду. При измерении амплитуды использовать цену деления VOLT/DIV. По периоду рассчитать частоту повторения импульсов.

Далее установить на генераторе Г5-54 и измерить осциллографом АСК - 1021 (подбирая удобные для измерения цены деления) следующие значения параметров импульсной последовательности:

- $U_m = 2 \text{ В}$, $t_{и} = 100 \text{ мкс}$, $F = 800 \text{ Гц}$, полярность отрицательная;
- $U_m = 1,5 \text{ В}$, $t_{и} = 40 \text{ мкс}$, $F = 5000 \text{ Гц}$, полярность положительная;
- $U_m = 0,6 \text{ В}$, $t_{и} = 70 \text{ мкс}$, $F = 400 \text{ Гц}$, полярность отрицательная.

Полученные результаты измерений занести в табл.8 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 8

Выходное напряжение генератора Г5-54							
Амплитуда импульсов U_m , В		Длительность импульсов $t_{и}$, мкс		Частота повторения F , Гц		Временной сдвиг $T_{сдв.}$, мкс	
Уст.	Изм.	Уст.	Изм.	Уст.	Изм.	Уст.	Изм.

Перевести осциллограф АСК - 1021 в режим внешней синхронизации, для чего переключатель SOURCE поставить в положение EXT. Установить переключатель TIME/DIV в положение 50 мкс.

На генераторе Г5-54 ручку СИНХРОИМПУЛЬСЫ АМПЛ. повернуть по часовой стрелке до упора, установить временной сдвиг $T_{сдв.} = 300 \text{ мкс}$, для чего нажать белую кнопку $\times 10^2$ переключателя ВРЕМЕННОЙ СДВИГ μS , ручкой плавного изменения временного сдвига совместить риску визира с риской числа 3.0 на белой шкале.

Осциллографом АСК - 1021 измерить временной интервал между началом развертки и началом импульса, что и составляет временной сдвиг $T_{сдв.}$ между синхроимпульсами и выходными прямоугольными видеоимпульсами.

Далее установить на генераторе Г5-54 и измерить осциллографом АСК - 1021 следующие значения временного сдвига: 200, 80, 50 мкс.

Полученные результаты измерений занести в табл.8 и сравнить с установленными значениями.

3.3. Измерение с использование генератора Г2-57. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.6.

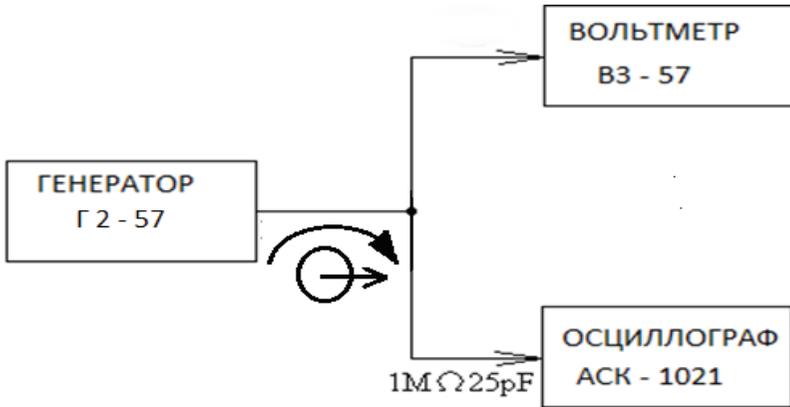


Рис.6. Структурная схема лабораторной установки

Получить на выходе генератора Г2 - 57 «гауссовое» шумовое напряжение с параметрами: действующее значение $U = 1$ В, диапазон частот $\Delta f = 0 \div 50$ кГц.

На генераторе Г2 - 57 произвести следующие операции:

- переключатель диапазона частот установить в положение $50 \text{ kHz} \times 1$;
- нажать кнопки $I, 1 \times 1$;
- тумблер СЕТЬ поставить в верхнее положение;
- нажать красные кнопки ∞ и \diamond .

Измерить микровольтметром В3-57 действующее значение выходного напряжения генератора. На экране осциллографа АСК - 1021 наблюдать осциллограмму шумового напряжения.

Далее установить на генераторе Г2 - 57, измерить микровольтметром В3-57 и наблюдать на экране осциллографа АСК - 1021 шумовое напряжение со следующими параметрами: действующее значение (диапазон частот): $0,5$ В ($0 \div 15$ кГц), $1,5$ В ($0 \div 1,5$ кГц).

Полученные результаты измерений занести в табл. 9 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 9

Выходное напряжение генератора Г2-57		
Действующее значение U, В		Диапазон частот Δf , кГц
Уст.	Изм.	Уст.

4. Контрольные вопросы

4.1. Получение на выходе генератора Г3-109 напряжения с заданными параметрами.

4.2. Получение на выходе генератора Г4-102А гармонического напряжения с заданными параметрами.

4.3. Получение на выходе генератора Г4-102А амплитудно-модулированного напряжения с заданными параметрами.

4.4. Получение на выходе генератора Г5-54 напряжения с заданными параметрами.

4.5. Получение на выходе генератора Г2-57 напряжения с заданными параметрами.

4.6. Получение на выходе генератора Г5-54 последовательности прямоугольных видеоимпульсов и последовательности синхроимпульсов с заданными параметрами.

4.7. Измерение осциллографом АСК – 1021 амплитуды, частоты и периода повторения гармонического напряжения.

4.8. Измерение осциллографом АСК – 1021 амплитуды, частоты и периода повторения, длительности импульса последовательности прямоугольных видеоимпульсов.

4.9. Измерение осциллографом АСК - 1021 коэффициента модуляции амплитудно-модулированного напряжения.

4.10. Измерение осциллографом АСК - 1021 временного сдвига между двумя импульсными последовательностями.

4.11. В чем отличие работы осциллографа АСК - 1021 в режимах внутренней и внешней синхронизации?

5. Содержание отчета

5.1. Схемы соединений измерительных приборов.

5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.3. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Попов В.П. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 2007.

2. Технические описания контрольно-измерительной аппаратуры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Цифровой измерительный генератор – Исследование формы сигналов цифровым осциллографом

1. Цель работы – получение практических навыков использования генератора сигналов произвольной формы AFG – 72125 и прибора АКИП – 72205А в режиме цифрового осциллографа.

2. Контрольно-измерительная аппаратура

2.1. Генератор сигналов произвольной формы AFG – 72125.

2.2. Прибор АКИП – 72205А (цифровые осциллограф и анализатор спектра).

2.3. Компьютер.

3. Порядок выполнения измерений

3.1. Измерение параметров синусоидального напряжения.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.7.



Рис.7. Структурная схема лабораторной установки

Получить на выходе генератора AFG - 72125 синусоидальное напряжение с параметрами: $U_m = 1$ В; $f = 100$ кГц. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить параметры этого напряжения, сделать ее скриншот.

3.2 Измерение параметров однотоного амплитудно-модулированного напряжения.

Получить на выходе генератора AFG - 72125 однотоное амплитудно-модулированное напряжение с параметрами: $U_{m\text{нес.}} = 1$ В, $f_{\text{нес.}} = 100$ кГц, $M = 50\%$, $F_{\text{мод}} = 2$ кГц. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения

осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.3. Измерение параметров частотно-модулированного напряжения.

Получить на выходе генератора AFG - 72125 однотональное частотно-модулированное напряжение с параметрами: $U_{\text{мнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{нес}} = 100 \text{ кГц}$, $F_{\text{мод}} = 2 \text{ кГц}$, девиация частоты 6 кГц . Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.4. Измерение параметров напряжения с частотной манипуляцией.

3.4.1. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с параметрами: $U_{\text{мнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{нес}} = 150 \text{ кГц}$, $F_{\text{скачков}} = 4 \text{ кГц}$, $f_{\text{скачка}} = 300 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.4.2. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с параметрами: $U_{\text{мнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{нес}} = 150 \text{ кГц}$, $F_{\text{скачков}} = 4 \text{ кГц}$, $f_{\text{скачка}} = 250 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.4.3. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с параметрами: $U_{\text{мнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{нес}} = 100 \text{ кГц}$, $F_{\text{скачков}} = 4 \text{ кГц}$, $f_{\text{скачка}} = 250 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.5. Измерение параметров напряжения с линейной частотной модуляцией (режим генератора качающейся частоты ГКЧ).

3.5.1. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с линейной частотной модуляцией с параметрами: $U_{\text{мнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{начальная}} = 50 \text{ кГц}$, $f_{\text{конечная}} = 200 \text{ кГц}$, $T_{\text{качания}} = 1 \text{ мс}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения

осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.5.2. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с линейной частотной модуляцией с параметрами: $U_{\text{тнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{начальная}} = 100 \text{ кГц}$, $f_{\text{конечная}} = 200 \text{ кГц}$, $T_{\text{качания}} = 1 \text{ мс}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

3.5.3. Получить на выходе генератора AFG - 72125 напряжение с линейной частотной модуляцией с параметрами: $U_{\text{тнес.}} = 1 \text{ В}$, $f_{\text{начальная}} = 100 \text{ кГц}$, $f_{\text{конечная}} = 150 \text{ кГц}$, $T_{\text{качания}} = 1 \text{ мс}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации генератора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, измерить значения параметров этого напряжения и сравнить их с установленными значениями, сделать ее скриншот.

4. Контрольные вопросы

4.1. Методика получения на выходе генератора AFG – 72125 синусоидального напряжения.

4.2. Методика измерения параметров синусоидального напряжения цифровым осциллографом АКИП – 72205А.

4.3. Методика получения на выходе генератора AFG – 72125 однотонового амплитудно-модулированного напряжения.

4.4. Методика измерения параметров однотонового амплитудно-модулированного напряжения цифровым осциллографом АКИП – 72205А.

4.5. Методика получения на выходе генератора AFG – 72125 однотонового частотно-модулированного напряжения.

4.6. Методика измерения параметров однотонового частотно-модулированного напряжения цифровым осциллографом АКИП – 72205А.

4.7. Методика получения на выходе генератора AFG – 72125 напряжения с частотной манипуляцией.

4.8. Методика измерения параметров напряжения с частотной манипуляцией цифровым осциллографом АКИП – 72205А.

4.9. Методика получения на выходе генератора AFG – 72125 напряжения с линейной частотной модуляцией.

4.10. Методика измерения параметров напряжения с линейной частотной модуляцией цифровым осциллографом АКИП – 72205А.

5. Содержание отчета

5.1. Схема соединений измерительных приборов.

- 5.2. Скриншоты осциллограмм и спектров сигналов.
- 5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.
- 5.3. Анализ результатов экспериментов и расчетов.

Литература

- 1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2005.
- 2. Технические описания генератора AFG – 72125 и прибора АКПП – 72205А.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Измерение частоты и интервалов времени с использованием цифрового частотомера

1. Цель занятия – приобретение практических навыков при работе с цифровыми частотомером.

2. Контрольно-измерительная аппаратура

2.1 Генераторы сигналов низкочастотные ГЗ-109, ГЗ-118.

2.2 Генератор импульсов Г5-54

2.3 Частотомер электронно-счетный ЧЗ-34.

3. Порядок выполнения измерений

3.1 Измерения с использованием частотомера ЧЗ-34.

3.1.1 Измерение частоты.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.8.



Рис.8. Структурная схема лабораторной установки.

Получить на выходе генератора ГЗ-109 синусоидальное напряжение с параметрами: $U = 1 \text{ В}$, $F = 0,1 \text{ кГц}$.

На частотомере ЧЗ-34 произвести следующее:

- переключатель **МЕТКИ ВРЕМЕНИ** поставить в положение $\ominus A$;
- переключатели **1:1 1:10 1:100** и $\llcorner \sim \lrcorner$ поставить соответственно в положения **1:1** и \sim ;
- переключатель **РОД РАБОТЫ** и **ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ** – соответственно в положения $\frac{\text{ЧАСТОТА А,Б}}{\text{КОНТРОЛЬ}}$ и **1S**;
- тумблер $\swarrow \uparrow$ - \odot установить в положение \odot ;
- тумблер **СЕТЬ** и $\square \blacktriangleleft$ поставить в верхнее положение;
- ручкой **ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ** установить удобное время индикации.

Произвести отчеты измеряемой частоты (со всеми знаками после запятой, в том числе и нулями) при времени измерения 1s ; $0,1\text{s}$.

Далее на генераторе ГЗ-109 установить и измерить частотомером ЧЗ-34 при тех же временах измерения следующие значения частот: $2, 15, 50 \text{ кГц}$.

Результаты измерений свести в табл.10 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 10

Значение частоты, установленное на генераторе $F_{уст.}$, кГц		0,1	2	15	50
Значение частоты, измеренное частотомером $F_{изм.}$, кГц	Время измерения	1s			
		0,1s			

3.1.2 Измерение отношения частот.

Получить на выходе генератора ГЗ-118 синусоидальное напряжение с параметрами: $U = 1$ В, $F = 2$ кГц.

На генераторе ГЗ-118 осуществить следующие операции:

- переключатель МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТА установить в положение 10^2 ;
- ручку РАССТРОЙКА ЧАСТОТА установить в положение , чтобы ее риска совпадала с верхней вертикальной риской шкалы расстройки;
- переключатели Hz установить в такие положения, чтобы получить число 20,0;
- ручку РЕГ.ВЫХОДА (либо ) повернуть по часовой стрелке до упора;
- переключатель ОСЛАБЛЕНИЕ dB (либо \sphericalangle dB) установить в положение 20.

На частотомере ЧЗ-34 установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение $\frac{F_{А,Б}}{F_B}$, переключатель МНОЖИТЕЛЬ ПЕРИОДА в положение 10^2 , левый переключатель 1:1 1:3 1:10 1:30 1:100 50Ω в положение 1:1, тумблер РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕСТНО в положение РАЗДЕЛЬНО.

На выходе генератора ГЗ-109 получить синусоидальное напряжение с параметрами: $U = 1$ В, $F = 0,4$ кГц.левой ручкой УРОВЕНЬ добиться устойчивого счета.

Произвести отсчет отношения частот (со всеми знаками после запятой, в том числе и нулевыми). Далее измерить отношение частот при следующих частотам выходного напряжения генератора ГЗ-109: 1, 2, 5, 15 кГц.

Результаты измерений свести в табл.11 и сравнить с расчетными значениями.

Таблица 11

Частота, установленная на генераторе ГЗ-118 $F_{уст.}$, кГц	Частота, установленная на генераторе ГЗ-109 $F_{уст.}^I$, кГц	Расчетное отношение частот $n = \frac{F_{уст.}^I}{F_{уст.}}$	Измеренное отношение частот $n_{изм.}$

3.1.3. Измерение периода.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.

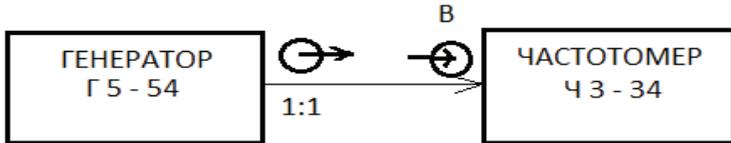


Рис.9. Структурная схема лабораторной установки.

Получить на выходе генератора Г5-54 периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами: $U_m = 1$ В, $t_{и} = 10$ мкс, $T = 100$ мкс, положительной полярности, $T_{сдв.} = 0$.

На частотомере Ч3-34 переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение T_v , тумблер РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕСТНО в положение РАЗДЕЛЬНО, переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ $0,1 \mu s$, переключатель МНОЖИТЕЛЬ ПЕРИОДА в положение 1, левый переключатель 1:1 1:3 1:10 1:30 1:100 50Ω в положение 1:1, левой ручкой УРОВЕНЬ добиться устойчивого счета.

Произвести отчеты измеряемого периода (со всеми знаками после запятой, в том числе и нулевыми) для трех случаев:

- метки времени – $0,1 \mu s$, множитель периода – 1;
- метки времени – $10 ns$, множитель периода – 1;
- метки времени – $10 ns$, множитель периода – 10.

Далее на генераторе Г5-54 установить и измерить частотомером Ч3-34 для трех случаев следующие значения периодов: 200, 500 мкс.

Результаты измерений свести в табл.12 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 12

Значение периода, установленное на генераторе $T_{уст.}$, мкс	100	200	500
Значение периода, измеренное частотомером $T_{изм.}$, мкс	1 сл.		
	2 сл.		
	3 сл.		

3.1.4 Измерение длительности импульсов.

Получить на выходе генератора Г5-54 периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами: $U_m = 1$ В, $t_{и} = 300$ мкс, $F = 1$ кГц, полярность положительная, $T_{сдв.} = 0$.

На частотомере Ч3-34 установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение $t_{в-г}$, тумблер РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕСТНО в положение СОВМЕСТНО, переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ в положение $10 ns$, левый тумблер \neg - \neg в положение \neg , правый тумблер \neg - \neg в положение \neg , левую и правую ручки УРОВЕНЬ повернуть по часовой стрелки до упора, медленно вращать левую ручку УРОВЕНЬ против часовой стрелки до возникновения

непрерывного счета, далее медленно вращать правую ручку УРОВЕНЬ против часовой стрелки до окончания непрерывного счета и измерения длительности импульсов. Произвести отчет измеряемой длительности. Далее на генераторе Г5-54 установить и измерить частотомером ЧЗ-34 следующие значения длительности импульсов: 200, 100 мкс.

Результаты измерений свести в табл.13 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 13

Длительность импульсов, установленная на генераторе Г5-54 $t_{и\text{ уст.}}$, мкс	100	200	300
Длительность импульсов, измеренная частотомером ЧЗ-34 $t_{и\text{ изм.}}$, мкс			

3.1.5 Измерение временного сдвига между синхроимпульсами и прямоугольными видеопульсами генератора Г5-54.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.10.

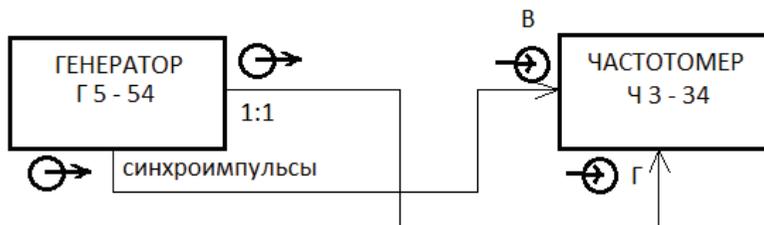


Рис.10. Структурная схема лабораторной установки.

Получить на выходе 1:1 генератора Г5-54 периодическую последовательность прямоугольных видеопульсов с параметрами: $U_m = 1\text{ В}$, $t_{и} = 10\text{ мкс}$, $F = 1\text{ кГц}$, полярность положительная, а на выходе СИНХРОИМПУЛЬСЫ - периодическую последовательность видеопульсов с параметрами: $U_m = 15\text{ В}$, $t_{и} = 0,5\text{ мкс}$, $F = 1\text{ кГц}$, опережающую первую последовательность на время $T_{сдв.} = 100\text{ мкс}$.

На генераторе Г5-54 тумблер СИНХРОИМПУЛЬСЫ \sim - \sim установить в положение \sim , ручку СИНХРОИМПУЛЬСЫ АМПЛ. повернуть по часовой стрелке до упора, установить требуемый временной сдвиг.

На частотомере ЧЗ-34 установить переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ в положение 10 ns, переключатель РОД РАБОТЫ в положение $t_{в-г}$, левый тумблер Г-В в положение Г , правый тумблер В-Г в положение В , тумблер РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕСТНО в положение РАЗДЕЛЬНО, левый и правый переключатели 1:1 1:3 1:10 1:30 1:100 50Ω соответственно в положения 1:10 и 1:1, левую и правую ручки УРОВЕНЬ повернуть по часовой стрелки до упора, медленно вращать левую ручку УРОВЕНЬ против часовой стрелки до

возникновения непрерывного счета, далее медленно вращать правую ручку УРОВЕНЬ против часовой стрелки до окончания непрерывного счета и измерения времени $T_{сдв}$. Произвести отчет измеряемого времени $T_{сдв}$.

Далее на генераторе Г5-54 установить и измерить частотомером ЧЗ-34 следующие значения временного сдвига $T_{сдв}$: 200, 300 мкс.

Результаты измерений свести в табл.14 и сравнить с установленными значениями.

Таблица 14

Временной сдвиг, установленный на генераторе Г5-54 $T_{сдв.уст.}$, мкс	100	200	300
Временной сдвиг, измеренный частотомером ЧЗ-34 $T_{сдв.изм.}$, мкс			

4. Контрольные вопросы

4.1. Прямое измерение частоты с использованием электронно-счетного частотомера ЧЗ-34.

4.2. Измерение частоты с использованием электронно-счетного частотомера ЧЗ-34 в режиме отношения частот.

4.3. Измерение периода повторения, длительности импульсов последовательности прямоугольных видеоимпульсов с использованием электронно-счетного частотомера ЧЗ-34.

4.4 Измерение временного сдвига между синхроимпульсами и прямоугольными видеоимпульсами с использованием электронно-счетного частотомера ЧЗ-34.

4.5 Как влияет время измерения частоты на точность измерения частотомера ЧЗ-34?

4.6 Как влияет множитель периода при его измерении на точность измерения частотомера ЧЗ-34?

4.7. Как влияет метка времени при измерении периода на точность измерения частотомера ЧЗ-34?

5. Содержание отчета

5.1. Схемы соединений измерительных приборов.

5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.3. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Басаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2007.

2. Технические описания контрольно-измерительной аппаратуры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Измерение параметров элементов электрических цепей

1. **Цель занятия** – получение практических навыков использования аналоговых и цифровых измерителей параметров резисторов, катушек индуктивности и электрических конденсаторов.

2. Контрольно-измерительная аппаратура

- 2.1. Прибор комбинированный цифровой Щ 4313.
- 2.2. Измеритель индуктивности и емкости высокочастотный Е 7-9.
- 2.3. Измеритель полных сопротивлений ВМ 507.
- 2.4. Измеритель L, C, R цифровой Е7-12.
- 2.5. Набор элементов электрических цепей.

3. Порядок выполнения измерений

3.1. Измерение сопротивления резисторов постоянному току с использованием прибора Щ 4313.

Подключить к клеммам * - V кОм прибора Щ 4313 резистор с сопротивлением 2,7 кОм.

На приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ. ☼ КОx10 5, остальные кнопки должны быть в не нажатом положении (при этом предел измерения равен 50 кОм, а результат измерения получается умножением показания прибора на число 10). Произвести отсчет сопротивления резистора.

Далее измерить сопротивления резисторов с номиналами 30 кОм, 82 кОм, 3 МОм, выбирая необходимые пределы измерения. Результаты измерений свести в табл. 15 и сравнить с номинальными значениями резисторов.

Таблица 15

Номинал резистора R, кОм	2,7	30	82	3000
Измеренное значение сопротивления резистора R _{изм.} , кОм				
Относительное отклонение $\delta = \frac{ R - R_{изм.} }{R_{изм.}}, \%$				
Отклонение сопротивления от номинала, указанное на резисторе, %	5	5	5	10

3.2. Измерение сопротивления резистора номиналом 3 МОм переменному току с использованием прибора ВМ 507.

Нажать кнопку СЕТЬ. С помощью переключателя и ручки ЧАСТОТА установить частоту $f = 50$ кГц.

Произвести калибровку прибора. Для чего нажать кнопку ГРАД. 1 кОм, переключателями $\Omega - \text{к}\Omega$ установить предел 3 кОм. Ручкой ГРАДУИРОВАНИЕ Z установить значение $Z = 1 \text{ к}\Omega$, используя третью сверху шкалу; ручкой НУЛЬ ϕ установить значение $\phi = 0$; отжать кнопку ГРАД. 1 кОм.

Подключить к клеммам X - Y прибора ВМ 507 резистор с номиналом 3 МОм. Переключателями $\Omega - \text{к}\Omega$ установить предел измерения 3000 кОм.

Произвести отсчет сопротивления резистора, используя третью сверху шкалу индикатора Z с пределом измерения в данном случае 3 МОм.

Далее измерить сопротивление резистора на частотах 100, 150, 200 кГц. Результаты измерений свести в табл.16 и сравнить с номинальным значением резистора.

Таблица 16

Частота f , кГц	50	100	150	200
Измеренное значение сопротивления $R_{\text{изм.}}$, МОм				

3.3. Измерение индуктивности катушек и емкости конденсаторов с использованием прибора ВМ 507.

3.3.1. Измерение индуктивности катушек.

Произвести калибровку прибора на частотах измерения индуктивности катушек по методике п.3.2.

Подключить к клеммам X - Y прибора ВМ 507 катушку с номиналом индуктивности 8 мкГн.

Пользуясь таблицей, приведенной на лицевой панели прибора, выбрать предел измерения индуктивности 10 μH (нижняя строка таблицы, там же приведена частота 159 кГц, на которой измеряется данная индуктивность). Переключателем и ручкой ЧАСТОТА установить частоту 159 кГц (на частотной шкале совместить визир с красной рисккой); переключателями $\Omega - \text{к}\Omega$ установить диапазон Z - 10 Ω , указанный в верхней строке таблицы, при этом во второй сверху строке указывается используемая при измерении шкала индикатора Z - 10 Ω (первая сверху шкала), причем предел этой шкалы 10 Ω соответствует пределу измерения индуктивности 10 μH . Произвести отсчет индуктивности катушки.

Далее измерить индуктивности катушек с номиналами 15, 30, 500 мкГн.

Результаты измерений свести в табл.17 и сравнить с номинальными значениями.

3.3.2 Измерение емкости конденсаторов.

Произвести калибровку прибора на частотах измерения емкости конденсаторов по методике п.3.2.

Измерить емкость конденсаторов с номиналами 47, 390, 560, 1000 пФ.

Измерение емкости конденсаторов осуществляется по методике, приведенной в п. 3.3.1.

Результаты измерений свести в табл.18 и сравнить с номинальными значениями.

3.4. Измерение индуктивности катушек и емкости конденсаторов с использованием прибора Е 7 - 9.

3.4.1. Измерение индуктивности катушек.

Таблица 17

Номинал индуктивности L, мкГн		8	15	30	500
Измеренные значения: - индуктивности $L_{изм.}$, мкГн; - сопротивления потерь $R_{изм.}$, Ом; - тангенса угла потерь $D_{изм.}$.	Прибор ВМ-507				
	Прибор Е7-9				
	Прибор Е7-12				
Относительное отклонение $\delta = \frac{ L-L_{изм.} }{L_{изм.}}$, %	Прибор ВМ-507				
	Прибор Е7-9				
	Прибор Е7-12				
Отклонение индуктивности от номинала, указанное на катушке, %		5	5	5	5

На приборе Е7-9 замкнуть накоротко клеммы L_x , установить переключатель С1 и отсчетные устройства конденсаторов С2 и С3 на ноль, поставить переключатель МНОЖИТЕЛЬ в положение 0,1; тумблер СЕТЬ поставить в правое положение, ручкой НАЧ.УСТ. добиться нулевых биений (нулевым биениям соответствует момент погасания светового индикатора), разомкнуть клеммы L_x и подключить к ним измеряемую индуктивность, добиться нулевых биений вращением ручек отсчетных устройств конденсаторов С2 (грубая настройка) и С3 (точная настройка) по часовой стрелке. Измеряемая величина индуктивности L_i в мкГн определяется по формуле:

$$L_{изм.} = K (C2+C3),$$

где К – множитель поддиапазонов (К: 0,01; 0,1; 1; 10; 100).

Измерить индуктивность катушек с номиналами 8, 15, 30, 500 мкГн. Результаты измерений свести в табл.17 и сравнить с номинальными значениями.

3.4.2 Измерение емкости конденсаторов.

На приборе Е7-9 нажать кнопку ИЗМЕР.С, установить на ноль отсчетные устройства конденсаторов С2 и С3 и переключатель С1, настроиться ручкой НАЧ.УСТ. на нулевые биения по световому индикатору при разомкнутых клеммах C_x , подключить измеряемую емкость к клеммам C_x и произвести вторичную настройку на нулевые биения, пользуясь переключателем С1 и

ручками отсчетных устройств конденсаторов С2 и С3. Измеряемая емкость $C_{изм.}$ в пФ определяется по формуле:

$$C_{изм.} = C1 + C2 + C3.$$

Измерить емкость конденсаторов с номиналами 390, 560, 680, 1000 пФ. Результаты измерений свести в табл. 18 и сравнить с номинальными значениями.

Таблица 18

Номинал емкости С, пФ		47	390	560	1000
Измеренные значения: - емкости $C_{изм.}$, пФ, - проводимости потерь $G_{изм.}$, мS, - тангенса угла потерь $D_{изм.}$	Прибор ВМ-507				
	Прибор Е7-9				
	Прибор Е7-12				
Относительное отклонение $\delta = \frac{ C - C_{изм.} }{C_{изм.}}, \%$	Прибор ВМ-507				
	Прибор Е7-9				
	Прибор Е7-12				
Отклонение емкости от номинала, указанное на конденсаторе, %		10	5	5	10

3.5. Измерение параметров катушек индуктивности и конденсаторов с использованием прибора Е7-12.

3.5.1. Измерение параметров катушек индуктивности.

На приборе Е7-12 установить переключатель ЗАПУСК $\left. \begin{matrix} \text{III} \\ \text{II} \\ \text{I} \end{matrix} \right\}$ - в положение II , переключатель УРОВЕНЬ СИГНАЛА $x1 - x0,1$ в положение $x1$, переключатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕР. 1 2 3 4 5 АВТ. в положение АВТ., переключатель ЭКВ.СХЕМА $\begin{matrix} \text{C} & \text{C} \\ \text{D} & \text{D} \\ \text{B} & \text{B} \\ \text{R} & \text{R} \end{matrix}$ в положение B , тумблер СЕТЬ в верхнее положение.

Подключить ко входу прибора катушку с индуктивностью номиналом 8 мкГн.

Произвести отсчеты индуктивности на левой части цифрового табло и тангенса угла потерь катушки на правой части цифрового табло.

Переключатель ЭКВ.СХЕМА поставить в положение \bar{R} и произвести отсчеты индуктивности на левой части цифрового табло и сопротивления потерь катушки на правой части цифрового табло.

Далее измерить параметры катушек индуктивности с номиналами 15, 30, 500 мкГн.

Результаты измерений свести в табл.17 и сравнить с номинальными значениями.

3.5.2. Измерение параметров конденсаторов.

Переключатель ЭКВ.СХЕМА установить в положение \bar{D} и подключить ко входу прибора конденсатор с емкостью номиналом 390 пФ.

Произвести отсчеты емкости на левой части цифрового табло и тангенса угла потерь конденсатора на правой части цифрового табло.

Переключатель ЭКВ.СХЕМА установить в положение \bar{G} , произвести отсчеты емкости на левой части цифрового табло и проводимости потерь конденсатора на правой части цифрового табло.

Далее измерить параметры конденсаторов с номиналами 560, 680, 1000 пФ. Результаты измерений свести в табл.18 и сравнить с номинальными значениями.

4. Контрольные вопросы

4.1. Измерение сопротивления резистора постоянному току с использованием цифрового прибора Ц 4313.

4.2. Измерение сопротивления резистора переменному току с использованием аналогового прибора ВМ - 507.

4.3. Измерение индуктивности катушек и емкости конденсаторов с использованием аналогового прибора ВМ - 507.

4.4. Измерение индуктивности катушек и емкости конденсаторов с использованием аналогового прибора Е 7 - 9.

4.5. Измерение индуктивности катушек и емкости конденсаторов с использованием цифрового прибора Е 7 - 12.

4.6. Поясните, почему модуль и аргумент сопротивления резистора зависит от частоты?

5. Содержание отчета

5.1. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.2. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Попов В.П. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 2007.

2. Технические описания контрольно-измерительной аппаратуры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Измерение амплитудного спектра сигналов

1. Цель работы – получение практических навыков использования прибора АКИП – 72205А (цифровой осциллограф, анализатор спектра и генератор).

2. Контрольно-измерительная аппаратура

2.1. Прибор АКИП – 72205А (цифровой осциллограф, анализатор спектра и генератор).

2.2. Компьютер.

3. Порядок выполнения измерений

3.1. Измерение амплитудного спектра синусоидального напряжения.

Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.11.

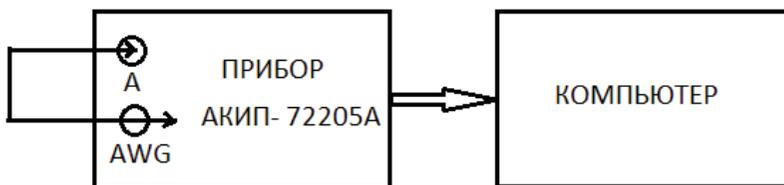


Рис.11. Структурная схема лабораторной установки

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А синусоидальное напряжение с параметрами: амплитуда $U_m = 1$ В; частота повторения $F = 1$ кГц. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуду и частоту спектральной составляющей, сделать его скриншот.

3.2. Измерение амплитудного спектра пилообразного напряжения с положительным наклоном.

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А пилообразное напряжение с параметрами: амплитуда $U_m = 1$ В, частота повторения $F = 1$ кГц. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуды и частоты спектральных составляющих, сделать его скриншот.

Результаты измерений занести в табл.19.

Таблица 19

$F_{\text{сп}}, \text{кГц}$	
$U_{\text{мсп}}, \text{В}$	

3.3. Измерение амплитудного спектра напряжения вида $\sin x/x$.

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А напряжение вида $\sin x/x$ с параметрами: амплитуда $U_m = 1 \text{ В}$, частота повторения $F = 1 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуды и частоты спектральных составляющих, сделать его скриншот.

Результаты измерений занести в табл.20.

Таблица 20

$F_{\text{сп}}, \text{кГц}$	
$U_{\text{мсп}}, \text{В}$	

3.4. Измерение амплитудного спектра пилообразного напряжения в виде равнобедренного треугольника.

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А пилообразное напряжение с параметрами: амплитуда $U_m = 1 \text{ В}$, частота повторения $F = 1 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуды и частоты спектральных составляющих, сделать его скриншот.

Результаты измерений занести в табл.21.

Таблица 21

$F_{\text{сп}}, \text{кГц}$	
$U_{\text{мсп}}, \text{В}$	

3.5. Измерение амплитудного спектра напряжения вида $|\sin x|$.

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А напряжение вида $|\sin x|$. с параметрами: амплитуда $U_m = 1 \text{ В}$, частота повторения $F = 1 \text{ кГц}$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуды и частоты спектральных составляющих, сделать его скриншот.

Результаты измерений занести в табл.22.

Таблица 22

$F_{\text{сп}}, \text{кГц}$	
$U_{\text{мсп}}, \text{В}$	

3.6. Измерение амплитудного спектра напряжения в виде периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов.

Получить на выходе генератора прибора АКИП – 72205А периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами: амплитуда $U_m = 1 \text{ В}$, частота повторения $F = 1 \text{ кГц}$, скважность $q = 10\%$. Для этого воспользоваться руководством по эксплуатации прибора.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим осциллографа, получить удобную для наблюдения осциллограмму напряжения, сделать ее скриншот.

Используя руководство по эксплуатации, перевести прибор АКИП – 72205А в режим анализатора спектра, получить удобное для наблюдения изображение спектра, измерить амплитуды и частоты спектральных составляющих, сделать его скриншот.

Результаты измерений занести в табл.23.

Таблица 23

$F_{\text{сп}}, \text{кГц}$	
$U_{\text{мсп}}, \text{В}$	

4. Контрольные вопросы

4.1. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 синусоидального напряжения и измерения его амплитудного спектра.

4.2. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 пилообразного напряжения с положительным наклоном и измерения его амплитудного спектра.

4.3. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 напряжения вида $\sin x/x$ и измерения его амплитудного спектра.

4.4. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 пилообразного напряжения в виде равнобедренного треугольника и измерения его амплитудного спектра.

4.5. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 напряжения вида $|\sin x|$ и измерения его амплитудного спектра.

4.6. Методика получения на выходе генератора прибора АКИП – 72205 напряжения в виде периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов и измерения его амплитудного спектра.

Содержание отчета

5.1. Схема соединений измерительных приборов.

5.2. Скриншоты осциллограмм и спектров сигналов.

5.2. Таблицы с данными измерений.

5.3. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2005.

2. Техническое описание прибора АКИП – 72205А.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Источники питания постоянного тока

1. Цель занятия – получение практических навыков использования источника питания постоянного тока.

2. Контрольно – измерительная аппаратура

2.1. Оборудование для проведения лабораторно-практических работ по радиоэлектронике 87Л – 01.

2.2. Источник питания постоянного тока Б5-47/1.

2.3. Приборы комбинированные цифровые Щ 4313.

2.4. Магазин резисторов.

3. Порядок выполнения измерений

Собрать схему цепи, приведенную на рис. 12.

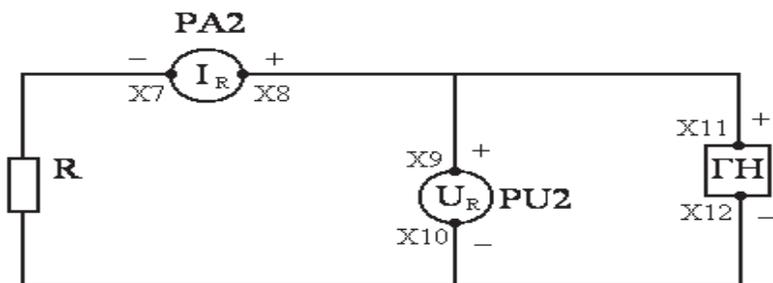


Рис. 12. Принципиальная схема электрической цепи.

Подключить клеммы источника питания Б5-47/1 к цепи следующим образом: положительную клемму (красного цвета) к точке X 11, отрицательную (белого цвета) – к точке X 12. К точкам X 9, X 10 подключить вход первого прибора Щ 4313, к точкам X 7, X 8 - вход второго прибора Щ 4313.

На первом приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., \odot , V, 50, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

На втором приборе Щ 4313 нажать кнопки ПИТ., \odot , mA, 50, остальные кнопки должны находиться в ненажатом положении.

На источнике питания Б5-47/1 установить кодовым переключателем V напряжение $U_{уст.} = 10,5$ В, а кодовым переключателем А ток $I_{уст.} = 0,01$ А; тумблер ВКЛ поставить в верхнее положение.

Измерить напряжение и ток для всех резисторов магазина резисторов, при этом обратить внимание на то, при каких значениях сопротивлений резисторов осуществляется стабилизация напряжения и стабилизация тока, что можно наблюдать по свечению соответствующих индикаторов на передней панели источника РЕЖИМ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖ. ТОК.

Результаты измерений занести в табл.24.

Далее установить кодовым переключателем V напряжение $U_{уст.} = 14,5$ В. Измерить напряжение и ток для всех резисторов.

Результаты занести в табл.24.

Далее установить кодовым переключателем A ток $I_{уст.} = 0,02$ А. Измерить напряжение и ток для всех резисторов.

Результаты занести в табл.24.

Таблица 24

	R, кОм	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$U_{уст.} = 10,5$ В $I_{уст.} = 0,01$ А	U, В										
	I, А										
$U_{уст.} = 14,5$ В $I_{уст.} = 0,01$ А	U, В										
	I, А										
$U_{уст.} = 14,5$ В $I_{уст.} = 0,02$ А	U, В										
	I, А										

Используя данные табл. 24, в одних осях координат построить внешние характеристики источника питания Б5-47/1. Сделать заключение о том, при каком соотношении между отношением $U_{уст.}/I_{уст.}$ и R источник питания работает в режимах стабилизации напряжения и стабилизации тока. На графиках внешней характеристики источника указать зоны этих режимов.

4. Контрольные вопросы

4.1. Порядок установки параметров напряжения и тока источника питания Б5-47/1.

4.2. Порядок подготовки цифровых приборов Щ 4313 к измерениям.

4.3. Порядок измерения внешней характеристики источника питания Б5-47/1.

4.4. При каком соотношении установленных значений выходного напряжения и тока источника питания и сопротивления нагрузки он работает в режиме стабилизации напряжения или стабилизации тока?

4.5. Каким источникам напряжения или тока соответствуют режимы стабилизации напряжения или тока?

Содержание отчета

5.1. Схема соединений измерительных приборов.

5.2. Таблицы с данными измерений.

5.3. Анализ результатов экспериментов.

Литература

1. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 2007.

2. Техническое описание контрольно-измерительных приборов.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Лабораторная работа №1.** Измерение тока, напряжения, мощности.....3
- 2. Лабораторные работы №2-3.** Измерительные генераторы-Исследование формы сигналов электронно-лучевым осциллографом.....7
- 3. Лабораторная работа №4.** Цифровой измерительный генератор – Исследование формы сигналов цифровым осциллографом.....15
- 4. Лабораторная работа №5.** Измерение частоты и интервалов времени с использованием цифрового частотомера.....19
- 5. Лабораторная работа №6.** Измерение параметров элементов электрических цепей.....24
- 6. Лабораторная работа №7.** Измерение амплитудного спектра сигналов.....29
- 7. Лабораторная работа № 8.** Источники питания постоянного тока.....33