

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине

Измерительные системы

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Интернет-вещей и
оптические системы и сети

Форма обучения

очная

Составитель:

Белоус И.А., кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информационных технологий и систем, Igor.Belous@vvsu.ru

Утверждена на заседании кафедры информационных технологий и систем от 24.04.2020 , протокол
№ 9

Владивосток 2020

Лабораторная работа №1 «Определение технических характеристик универсального осциллографа»

Цель работы: ознакомление с методами проведения измерений основных параметров сигнала с помощью осциллографа. Изучение основных технических характеристик осциллографов и осмысление результатов влияния этих характеристик на результаты измерений.

Общие сведения

Электронный осциллограф - универсальный измерительный прибор применяемый для визуального контроля (наблюдения) и фотографирования электрических сигналов и измерения их параметров.

Ни одно сколько - ни будь серьёзное измерение не может обойтись без осциллографа. Можно утверждать что осциллограф является основным прибором радиоинженера. Другими словами, человек, не владеющий основными навыками осциллографических измерений, не представляющий себе технические характеристики осциллографа, не может быть назван инженером - радиомехаником.

Промышленностью выпускается широкий ассортимент осциллографов. В основу их классификации положен ряд признаков: а) число одновременно исследуемых сигналов; б) ширина полосы пропускания канала сигнала; в) характер исследуемого процесса - непрерывные сигналы, импульсные многократные или однократные.

В зависимости от назначения и электрических характеристик осциллографы в соответствии с ГОСТ 15094-69 разделяются на универсальные, скоростные, стробоскопические, специальные.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ (C1-) имеют наибольшее распространение, они позволяют исследовать разнообразные сигналы в широком диапазоне частот, амплитуд, длительностей. Полоса пропускания таких осциллографов достигает 350МГц.

СКОРОСТНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ (C7-) предназначены для исследования в реальном масштабе времени СВЧ - колебаний, однократных, редко - повторяющихся и периодических импульсных сигналов длительностью в доли и единицы наносекунд (полоса пропускания 0...5ГГц).

СТРОБОСКОПИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ (C7-) обладают способностью исследовать сигналы пикосекундной длительности, благодаря применению стробоскопического метода трансформации масштаба времени сигнала. Эти осциллографы обладают большой чувствительностью (мВ) сигнала и полосой пропускания до 10ГГц, однако применимы только для исследования повторяющихся сигналов.

ЗАПОМИНАЮЩИЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ (C8-) обладают способностью сохранять и воспроизводить изображение сигнала на экране после его исчезновения на входе осциллографа. Эти приборы в основном предназначены для исследования медленно меняющихся сигналов. Диапазон измеряемых интервалов времени в них расширен до десятков секунд.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ - это, главным образом, телевизионные осциллографы.

Чувствительность канала вертикального отклонения S_y (мм/мВ):

$$S_y = S_{y(t)} * K * 10^{-3} \quad (1)$$

где $S_{y(t)}$ - чувствительность ЭЛТ к вертикальному отклонению (мм/В), K - коэффициент усиления канала Y.

Коэффициент отклонения R_{oy} (мВ/мм) есть величина, обратная S_y

$$R_{oy} = 1/S_y = 10^3 / R_y * S_{y(t)} = R_{oy(t)} * 10^3 * R_y \quad (2)$$

где $R_{oy(t)}$ - коэффициент отклонения трубки.

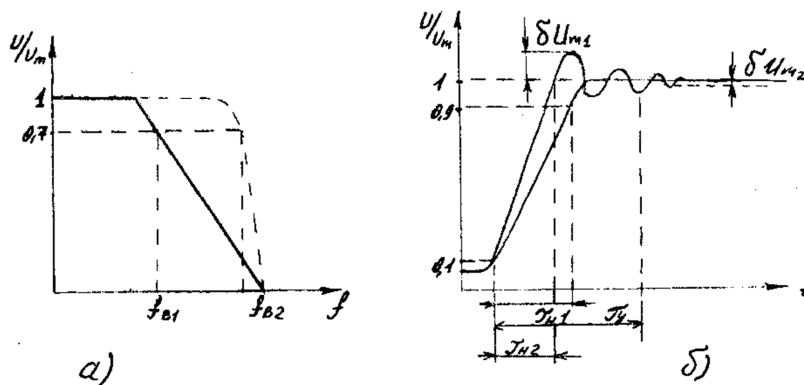


Рис. 2. Графики для определения полосы пропускания и времени нарастания.

Время нарастания переходной характеристики, полоса пропускания

Полоса пропускания у большинства осциллографов простирается от постоянного тока (открытый вход) или нескольких единиц Гц f_n (закрытый вход) до верхней частоты f_v , при которой коэффициент усиления в канале Y уменьшается на 3 дБ (рис. 2а).

Временем нарастания переходной характеристики называется время, в течение которого луч проходит от 0.1 до 0.9 установившегося значения (рис. 2б).

Полоса пропускания и время нарастания переходной характеристики - величины связанные. Для получения не искаженной формы импульса и отсутствия выбросов, падения усиления в области высших частот не должно быть очень резким (не более 6 дБ/окт).

При этих условиях $\tau_n = 350/f_v$. Здесь τ_n выражено в нс, f_v - в МГц. На рис. 2б показан случай, когда это условие нарушено. Как следствие, появление выброса на переходной характеристике.

Во многих осциллографах для обеспечения равномерности АЧХ в пределах полосы пропускания в оконечном каскаде осуществляется коррекция АЧХ на участке непосредственно перед спадом уровня 3 дБ. В технических характеристиках на осциллограф приводится максимальное возможное значение выброса (например $\leq 5\%$). Очевидно, при длительности фронта исследуемого импульса, во много раз превышающем время нарастания переходной характеристики, на изображении импульса не наблюдается.

Быстродействие осциллографа характеризуют также временем установления переходной характеристики τ_y . Это интервал времени от уровня 0.1 амплитуды изображения до момента уменьшения паразитных осцилляций после выброса до значения, не превышающего погрешность измерения уровня (0,5.....0,25/дел).

На рис. 2б показаны время нарастания для двух форм, время установления переходной характеристики τ_y , амплитуда δU_m выброса переходной характеристики.

При измерении амплитуды синусоидального колебания в высокочастотной АЧХ возможна существенная погрешность при принятом нормировании неравномерности АЧХ (до 30%). Поэтому полоса частот, в которой гарантируется та или иная погрешность измерения амплитуды, указывается в техническом описании особо.

Входное сопротивление канала

Входное сопротивление канала Y характеризует степень влияния осциллографа на режим работы исследуемой цепи и характеризуется входным активным сопротивлением и входной емкостью $C_{вх}$, включенной параллельно входному сопротивлению. Обычно $C_{вх} \leq 30...40$ пФ, а $R_{вх} \geq 1$ МОм. Как следует из структурной схемы, канал горизонтального отклонения состоит из генератора развертки, оконечного усилителя и устройства синхронизации.

Развертка характеризуется коэффициентом развертки, равным отношению времени прямого хода T_n к числу делений шкалы экрана, которые занимает линия развертки: $K_p = T_n / n_3$.

Параметры каналов Y и X должны быть взаимно увязаны соотношением между временем нарастания переходной характеристики в канале Y и минимальным коэффициентом развертки и устанавливается из следующих соображений. Пусть исследуется минимальная длительность измеряемого фронта импульса τ_ϕ . С одной стороны, можно считать для данного осциллографа, что $\tau_{\phi min} \geq 3\tau_n$.

С другой стороны, считается что изображение фронта займет на экране не более трети шкалы, т.е. $\tau_\phi / K_{pmin} \leq n_3 / 3$, где K_{pmin} - минимальный коэффициент развертки, n_3 - число делений шкалы ЭЛТ.

Из приведенных соотношений можно заключить, что $K_{pmin} \leq 9\tau_n / n_3$. Поскольку $n_3 \approx 8 \dots 10$, то $K_{pmin} \approx \tau_n$.

Таким образом, минимальный коэффициент развертки равен времени нарастания переходной характеристики в канале Y, приходящемуся на одно деление шкалы ЭЛТ.

Общий принцип работы генератора линейной развертки состоит в использовании напряжения на обкладках конденсатора при его заряде и разряде и автоматического переключения с заряда на разряд, см. Рис. 3

Конденсатор C1 заряжается через резистор R1, когда электронный переключатель S1 находится в положении 1, и разряжается через r, когда S1 находится в положении 2.

Если $R1 \cdot C1 \geq r \cdot C1$, то напряжение U_c при заряде используется для создания прямого хода развертки, а при разряде - обратного хода.

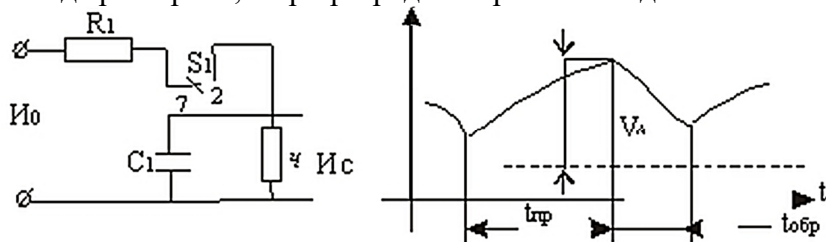


Рис. 3. Принципиальная схема и диаграмма работы генератора линейной развертки. Вспомним попутно определение коэффициента нелинейной развертки.

Если коммутирующая схема работает в автоколебательном режиме, то получается модель периодической развертки. Длительность или частота развертки определяется длительностью замкнутого и разомкнутого состояния коммутирующей цепи. А она в реальной схеме коммутатора зависит от параметров R_1 , C_1 , r . Коммутатор срабатывает автоматически, когда напряжение на конденсаторе достигает определенного уровня - максимального или минимального. Напряжение на конденсаторе U_c при заряде, как известно, изменяется по экспоненциальному закону, а необходимо, чтобы менялась линейно. Один из способов линеаризации заряда емкости состоит в замене источника напряжения U_0 , генератором тока. Тогда если в формулу интегрирующей цепи подставить $i = I = \text{const}$, получим $U_p = \frac{I}{C} \times t$, что и требовалось доказать.

Другой способ состоит в использовании вместо интегрирующей цепи активного интегратора.

Коэффициент нелинейности выходного напряжения интегратора теоретически в К-1 ниже, чем в случае применения простой интегрирующей цепи. Например, $\gamma = 1\%$ может быть достигнут при использовании большего участка экспоненты ($\tau_p / \tau = 1$) и сравнительно небольшого коэффициента усиления УПТ ($K = 100$).

Подобного типа генераторы развертки применены, например, в универсальных осциллографах С1-65, С1-68, С1-72.

Приборы и оборудование

Генератор НЧ, осциллограф двухканальный, специальный шнур (рис.4), стандартный набор шнуров.

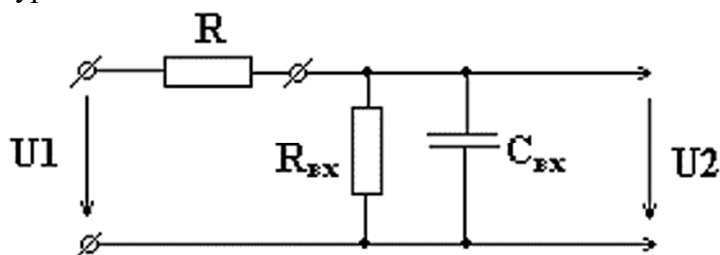


Рис.4. Принципиальная схема измерительного шнура. $R=1,092 \text{ МОм}$

Выполнение работы:

1. Изучить технические характеристики и принцип работы осциллографа.
2. Подать на вход осциллографа синусоидальное напряжение переменного тока от генератора Г6-27 и измерить его значение на выходе обычного и специального шнура на экране осциллографа.
3. Повторить пункт 6 для частот от 20 Гц до 500 кГц.
4. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений и расчётов.

$f, \text{ Гц}$	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$R_{BX}, \text{ МОм}$	$Z_{BX}, \text{ МОм}$	$C_{ОБЩ}, \text{ пФ}$
0				$=R_{BX}$	
00			-		
50			-		
00			-		
000			-		
000			-		
000			-		
0000			-		
0000			-		
0000			-		
00000			-		
00000			-		
00000			-		
					Среднее $C_{ОБЩ} =$

5. Вычислить R_{BX} по (4) при $f=20$ Гц. Результат записать в табл. 1.

$$R_{BX} = R \frac{1}{A-1}, \text{ где } A = U_1/U_2 \quad (4)$$

6. Вычислить Z_{BX} по (5) для $f= 500$ Гц...500кГц. Результаты занести в табл. 1.

$$Z_{BX} = R \frac{1}{A-1}, \text{ где } A = U_1/U_2 \quad (5)$$

7. Вычислить C_{BX} по (6) для $f= 500$ Гц...500кГц, используя данные табл. 1.

$$C_{ОБЩ} = \frac{\sqrt{\left(\frac{R_{BX}}{Z_{BX}}\right)^2 - 1}}{2\pi f \cdot R_{BX}} \quad (6)$$

8. Найти входную ёмкость канала осциллографа C_{BX} по (7). Сравнить полученное значение с паспортным значением ёмкости входа поверочного осциллографа.

$$C_{BX} = C_{ОБЩ}(\text{среднее}) - 55 \text{ пф} \quad (7)$$

Отчёт по лабораторной работе №1 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab1_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: в результате успешного выполнения задания студент будет уметь осуществлять инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи, Владеть (навыками) применения методик и средств инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);

4. Выводы.

Лабораторная работа №2 «Измеритель RLC»

Цель работы: изучить функциональные возможности измерителя RLC и получить навыки работы с ним на примере измерения электрических параметров резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

Порядок выполнения:

1. Изучить Технические характеристики и Руководство по Эксплуатации измерителя RLC АКИП-6101.

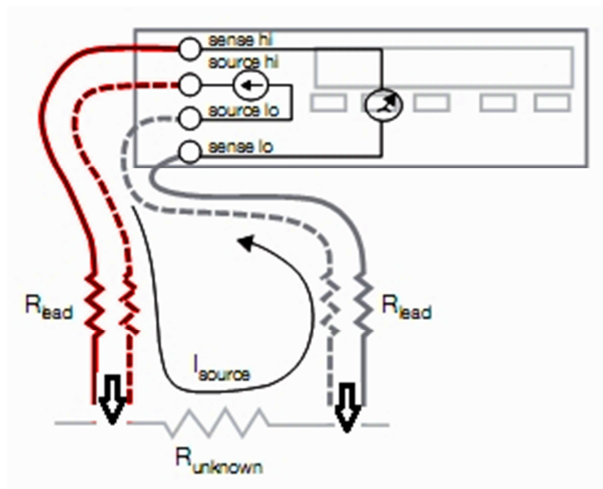


Рис.1. Схема подключения щупов к измерителю RLC

2. Измерить для последовательной и параллельной схем замещения значения ёмкости C_p , C_s и тангенса угла диэлектрических потерь D на частотах конденсатора 100, 120, 1000 Гц и 10 кГц (см. Руководство по Эксплуатации измерителя RLC АКИП-6101).

3. Измерить для последовательной и параллельной схем замещения значение индуктивности L_p , L_s , добротности Q , модуля полного сопротивления Z катушки на частотах 100, 120 и 1000 Гц.

4. Измерить сопротивление R , добротность Q и модуль полного сопротивления Z резистора на частотах 100, 120 Гц.

Отчёт по лабораторной работе №2 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде - lab2_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить

соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: результатом успешного выполнения задания будет являться появление умения применять измеритель RLC для измерения параметров электрорадиоэлементов и навыков измерения сопротивления, ёмкости, индуктивности, добротности и тангенса угла потерь двухчастотным методом, используя современные цифровые измерительные приборы.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);
4. Выводы.

Лабораторная работа №3 «Осциллограф и генератор»

Цель работы: получение практических навыков работы с осциллографами и генераторами

Порядок

выполнения:

1. Ознакомиться с техническими характеристиками, режимами работы и возможностями генератора и осциллографа. Подключить осциллограф к генератору.
2. Подключить оборудование к ПК и установить специализированное программное обеспечение.
3. Последовательно формировать колебания, в соответствии с вариантом
4. Измерить основные параметры колебаний, используя специализированное программное обеспечение, сравнить полученные данные измерений с заданными в варианте.

Оборудование:

- АКИП-4122/2 - Цифровой запоминающий осциллограф предназначен для исследования, наблюдения, записи измерения амплитудных и временных параметров электрического сигнала, подаваемого на его вход, либо непосредственно на экране.

- Agilent 33220A Генератор сигналов стандартной/произвольной формы, 20 МГц.

Основные характеристики АКИП-4122/2:

- Количество каналов: 2 (+ вход внеш. синхронизация EXT);
- Полосы пропускания: 60, 100, 200, 300 МГц;
- Объем памяти 10 М (на канал);
- Макс. частота дискретизации: 3,2 ГГц (АКИП-4122/6), 2,5 ГГц (АКИП-4122/5), 2 ГГц (АКИП-4122/4, АКИП-4122/3), 500 МГц (АКИП-4122/1);
- Интерфейс: USB 2.0, LAN и RS-232 для управления и сохранения данных.

Комплектация осциллографа АКИП-4122/2:

- Осциллограф АКИП-4122/2;
- Шнур питания;
- Делитель 1:1/1:10 – 2 шт.;

-	ПО	на	CD-диске;
-	Руководство	по	эксплуатации.

Основные характеристики генератора сигналов Agilent 33220A:

- 11 различных видов стандартных сигналов плюс сигналы произвольной формы;
- Генерация синусоидальных и прямоугольных сигналов в диапазоне частот до 20 МГц;
- Возможность генерирования пилообразного и треугольного сигналов, шума, импульсных сигналов с регулируемой длительностью фронта, напряжения постоянного тока;
- Создание сигналов произвольной формы: разрядность 14 бит, частота дискретизации 50 Мвыб./с, объем памяти 64 тыс. точек;
- Генерация сигналов с АМ, ЧМ, ФМ, ЧМн и ШИМ модуляцией, качание частоты по линейному и логарифмическому закону и пакетный режим в стандартной комплектации;
- ПО для редактирования формы сигнала, интерфейсы USB, LAN, GPIB.

Варианты параметров:

- варианты формируются

Форма,	амплитуда,	частота,	модуляция
1. прямоугольная,	1, 2, 3, 4, 5 В;	25, 35, 50, 75, 90, 100 кГц,	нет
2. пила,	1, 2, 3, 4, 5 В;	25, 35, 50, 75, 90, 100 кГц,	нет
3. треугольник,	1, 2, 3, 4, 5 В;	25, 35, 50, 75, 90, 100 кГц,	нет
4. синусоидальная	1, 2, 3, 4, 5 В;	25, 35, 50, 75, 90, 100 кГц,	нет
5. синусоидальная,	100, 250, 500 мВ, несущая частота - 75, 100, 200, 300 кГц,	модулирующая частота - 1, 2, 3, 4, 5 кГц, коэффициент модуляции - 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7.	
6. синусоидальная,	100, 250, 500 мВ, несущая частота - 5, 10, 15, 20, 25 МГц,	модулирующая частота - 10 кГц, индекс модуляции - 1, 3, 5, 7, 9.	

Отчёт по лабораторной работе №3 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab3_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: результатом успешного выполнения задания будет является появление умения формировать сигнал с помощью цифрового генератора и анализировать форму сигнал с помощью цифрового осциллографа; навыка формирования сигналов с заданными параметрами и измерения параметров аналоговых и цифровых

сигналов различного типа и уровней сложности, используя современные цифровые измерительные приборы.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);
4. Выводы.

Лабораторная работа №4 «Многократные измерения и их метрологическая обработка»

Цель работы: ознакомление с методами метрологической обработки результатов многократных измерений, расчет основных погрешностей многократных измерений.

Общие положения

Причины возникновения погрешностей измерений

Причинами возникновения погрешностей являются: несовершенство методов измерений, технических средств, применяемых при измерениях, органов чувств наблюдателя. В отдельную группу следует объединить причины, связанные с влиянием условий проведения измерений. Последние проявляются двояко. С одной стороны, все физические величины, играющие какую-либо роль при проведении измерений, в той или иной степени зависят друг от друга. Поэтому с изменением внешних условий изменяются истинные значения измеряемых величин. С другой стороны, условия проведения измерений влияют и на характеристики средств измерений и физиологические свойства органов чувств наблюдателя и через их посредство становятся источником погрешностей измерения.

Описанные причины возникновения погрешностей определяются совокупностью большого числа факторов, под влиянием которых складывается суммарная погрешность измерения. Их можно объединить в две основные группы:

1. Факторы, проявляющиеся весьма нерегулярно и столь же неожиданно исчезающие или проявляющиеся с интенсивностью, которую трудно предвидеть. К ним относятся, например, перекосы элементов приборов в их направляющих, нерегулярные изменения моментов трения в опорах, малые флуктуации влияющих величин, изменения внимания операторов и др.

Доля, или составляющая, суммарной погрешности измерения, определяемая действием факторов этой группы, называется случайной погрешностью измерения. Ее основная особенность в том, что она случайно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

При создании измерительной аппаратуры и организации процесса измерения в целом интенсивность проявления большинства факторов данной группы удастся свести к общему уровню, так что все они влияют более или менее одинаково на формирование случайной погрешности. Однако некоторые из них, например внезапное падение напряжения в сети электропитания, могут проявиться неожиданно сильно, в результате чего погрешность примет размеры, явно выходящие за границы, обусловленные ходом эксперимента в целом. Такие погрешности в составе случайной погрешности называются грубыми. К ним тесно примыкают промахи – погрешности, зависящие от наблюдателя и связанные с неправильным обращением со средствами измерений, неверным отсчетом показаний или ошибками при записи результатов.

2. Факторы, постоянные или закономерно изменяющиеся в процессе измерительного эксперимента, например плавные изменения влияющих величин или погрешности применяемых при измерениях образцовых мер. Составляющие суммарной погрешности, определяемые действием факторов этой группы, называются систематическими погрешностями измерения. Их отличительная особенность в том, что они остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины. До тех пор, пока систематические погрешности больше случайных, их зачастую можно вычислить или исключить из результатов измерений надлежащей постановкой опыта.

Таким образом, мы имеем два типа погрешностей измерения:

- случайные (в том числе грубые погрешности и промахи), изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины;
- систематические погрешности, остающиеся постоянными или закономерно изменяющимися при повторных измерениях.

Обработка многократных измерений

Если проведено N измерений величины R и получены независимые результаты $r_1, r_2, \dots, r_n$, каждый из которых содержит систематическую погрешность θ и случайную погрешность ε_i и если в качестве оценки измеряемой величины принято среднеарифметическое полученных значений, то

$$\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R + \theta + \varepsilon_i) = R + \theta + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i, \quad (1)$$

где среднеарифметическое r_i

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \quad (2)$$

Отсюда следует, что измерения с многократными наблюдениями не приводят к изменению систематической погрешности. Отдельные значения случайной погрешности могут иметь разные знаки, поэтому при суммировании некоторые значения могут взаимно компенсироваться. Можно показать, что дисперсия третьего слагаемого, являющегося случайной погрешностью результата измерений R , уменьшается с ростом N .

Пусть результаты измерений подчинены гауссовскому закону, статически независимы и не содержат систематической погрешности, отсюда среднеквадратичное отклонение

$$/СКО/ \left[\delta_x^2 = \sum (r_i - R)^2 \right]$$

$$\delta_R^2 = \frac{1}{N^2} \cdot N \cdot \delta_x^2 = \frac{\delta_x^2}{N}. \quad (3)$$

При расчетах используют несмещенную оценку:

$$S^2 = \frac{N}{N-1} \cdot \delta_R^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (r_i - R)^2. \quad (4)$$

Подставим полученную оценку в (3), получим оценку СКО среднеарифметического

$$S_R = \frac{S}{\sqrt{N}} = \left[\frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (r_i - R)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

и оценку относительного значения СКО:

$$\delta_{SR} = \pm \frac{S_R}{R} \cdot 100\% \quad (6)$$

Среднеарифметическое абсолютное и относительное отклонения:

$$\Delta_R = \pm \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (r_i - R), \quad (7)$$

$$\delta_R = \pm \frac{\Delta_R}{R} \cdot 100\%. \quad (8)$$

Поскольку число измерений мало, то для правильной обработки экспериментальных данных необходимо использовать t-распределение Стьюдента, корректирующие результаты:

$$C = t(p, k) \quad (9)$$

где С - значение случайной величины Т, имеющей распределение Стьюдента с $k=N-1$ (10)

степенями свободы. Значение С зависит от объема выборки N (степеней свободы k) и вероятности p, и определяется по таблице 1 значений $C = t(p, k)$:

Таблица 1

Коэффициенты Стьюдента

k	p				
	0,50	0,80	0,95	0,98	0,99
1	1,00	3,08	12,71	31,82	63,66
2	0,82	1,89	4,30	6,97	9,93
3	0,77	1,64	3,18	4,54	5,84
4	0,74	1,53	2,78	3,75	4,60
5	0,73	1,48	2,57	3,36	4,03
6	0,72	1,44	2,45	3,14	3,71
7	0,71	1,42	2,37	3,00	3,50
8	0,71	1,40	2,31	2,90	3,35
9	0,70	1,38	2,26	2,82	3,25
10	0,70	1,37	2,23	2,76	3,17
11	0,70	1,36	2,20	2,72	3,11
12	0,69	1,36	2,18	2,68	3,05
13	0,69	1,35	2,16	2,65	3,01
14	0,69	1,34	2,14	2,62	3,00
15	0,69	1,34	2,13	2,60	2,95
16	0,69	1,34	2,12	2,58	2,92
17	0,69	1,33	2,11	2,57	2,90
18	0,68	1,33	2,10	2,55	2,88
19	0,68	1,33	2,10	2,54	2,86
20	0,68	1,32	2,09	2,53	2,84
25	0,68	1,32	2,06	2,49	2,79
30	0,68	1,31	2,04	2,46	2,75
∞	0,67	1,28	1,96	2,33	2,58

Доверительный интервал абсолютный:

$$e = \pm t S_R. \quad (11)$$

Доверительный интервал относительный:

$$\delta_e = \pm \frac{e}{R} \cdot 100\% \quad (12)$$

Гистограмма

Гистограмма, это способ представления статистических данных в графическом виде – в виде столбчатой диаграммы. Она отображает распределение отдельных измерений параметров изделия или процесса. Иногда ее называют частотным распределением, так как гистограмма показывает частоту появления измеренных значений параметров объекта.

Высота каждого столбца указывает на частоту появления значений параметров в выбранном диапазоне, а количество столбцов – на число выбранных диапазонов.

Важное преимущество гистограммы заключается в том, что она позволяет наглядно представить тенденции изменения измеряемых параметров качества объекта и зрительно оценить закон их распределения. Кроме того, гистограмма дает возможность быстро определить центр, разброс и форму распределения случайной величины. Строится гистограмма, как правило, для интервального изменения значений измеряемого параметра.

Порядок построения гистограммы:

1. Собираются статистические данные – результаты измерений параметра объекта. Для того, чтобы гистограмма позволяла оценить вид распределения случайной величины предпочтительно иметь не менее тридцати результатов измерений.

2. Выявляется наибольшее и наименьшее значение показателя среди полученных результатов измерений.

3. Определяется ширина диапазона значений показателя – из наибольшего значения показателя вычитается наименьшее значение.

4. Выбирается надлежащее число интервалов в пределах которых необходимо сгруппировать результаты измерений.

5. Устанавливаются границы интервалов. Границы интервалов необходимо установить так, чтобы значения данных не попадали ни на одну из границ интервала. Например, если были выбраны интервалы с границами от 0,5 до 5,5 от 5,5 до 10,5 и т.д. то значение данных 5,5 будет попадать как в первый, так и во второй интервал. Чтобы избежать этой проблемы можно изменить интервалы от 0,51 до 5,50 от 5,51 до 10,50 и так далее, таким образом ни одно значение данных не попадет на границу интервала.

6. Подсчитывается число попаданий значений результатов измерений в каждый из интервалов.

7. Строится гистограмма – на оси абсцисс (горизонтальной оси) отмечаются интервалы, а на оси ординат (вертикальной оси) отмечается частота попаданий результатов измерений в каждый интервал. Интервалы можно устанавливать в натуральных единицах (если позволяет масштаб), т.е. в тех единицах, в которых проводились измерения, либо каждому интервалу можно присвоить порядковый номер и отмечать на оси абсцисс номера интервалов. В результате получается столбчатая диаграмма, представленная на рисунке ниже.

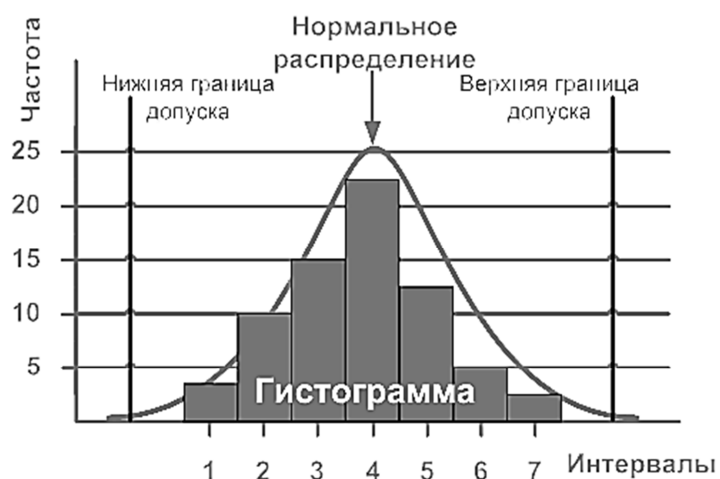


Рис. 1. Гистограмма.

Если на контролируемый параметр существует поле допуска, то гистограмма может содержать верхнюю и нижнюю границы поля допуска. Это позволяет увидеть в какую сторону и как смещается значение контролируемого показателя относительно поля допуска. Границы наносятся по оси абсцисс.

Гистограмма, представленная на рисунке выше, имеет форму нормального распределения, что говорит о стабильности процесса, но часто бывает, что форма распределения отклоняется от нормального. Это свидетельствует о нарушениях в процессе и необходимости применения управляющих воздействий. Некоторые, часто встречающиеся отклонения и их причины представлены ниже.

Полигон представляет собой ломаную кривую, соединяющую середины верхних оснований столбцов гистограммы.

Для успешного выполнения лабораторной работы, предварительно, необходимо ознакомиться с: 1. Руководством пользователя. Лабораторный учебный стенд «Электрические измерения»; 2. Спецификация устройства NI VB-8012.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. В соответствии с техническим описанием прибора и его инструкцией по эксплуатации подготовить прибор к измерениям, запустить программу NI VirtualBench;

2. Подключите черный соединитель к разъему **LO**, красный – **HI** (см. рисунок ниже). Перевести Цифровой мультиметр в режим измерения сопротивления – нажать на пиктограмму  (см. рисунок ниже). Измерить значения сопротивлений 50 резисторов ($N=50$);

3. Рассчитать среднеарифметическое R измеренных значений r_i по (2);

4. Рассчитать среднеарифметическое отклонение $|r_i - R|$ и среднеквадратичное (СК) отклонение $(r_i - R)^2$ для каждого измеренного значения r_i .

5. Рассчитать среднеарифметическое абсолютное отклонение Δ_R по (7).

6. Рассчитать сумму $\sum_{i=1}^N (\quad)$ среднеарифметических и среднеквадратичских отклонений.

7. Результаты занести в табл. 2.

8. Рассчитать оценку СКО среднеарифметического (5), оценку относительного значения СКО (6), доверительный интервал абсолютный (11), доверительный интервал относительный (12).

9. Результаты расчётов занести в табл. 3.

10. Построить графически доверительный интервал, на котором численно отметить нижний и верхний допуски измеренной группы резисторов, указанные в паспортных данных.

11. Построить гистограмму и полигон распределения погрешности, выбрав интервал:

$$\Delta r = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{10}$$

На гистограмме отметить абсолютный доверительный интервал, а также нижнюю и верхнюю границу допуска группы резисторов.

Таблица 2

Результаты измерений и расчётов

№ измерения	Величина r_i , кОм	Отклонение $ r_i - R $, кОм	СК отклонение $(r_i - R)^2$
1			
2			
3			
4			
.....			
$\sum_{i=1}^N ()$	-		
R , кОм		-	-
Δ_R		-	-

Таблица 3

Результаты расчётов

R , кОм	$\pm \delta_{S_R}$, %	$\pm S_R$, кОм	$\pm \delta_e$, %	$\pm e$, кОм

Отчёт по лабораторной работе №4 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab4_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: в результате успешного выполнения задания студент будет уметь осуществлять инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи, Владеть (навыками) применения методик и средств инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц 2 и 3);
4. Доверительный интервал, гистограмма и полигон;
5. Выводы.

Лабораторная работа №5 «Измерительная система PV6501»

Цель работы: получение практических навыков работы с измерительной системой PV6501

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с основными техническими характеристиками, режимами работы и возможностями генератора и спектроанализатора (осциллографа). Подключить спектроанализатор (осциллограф) к генератору кабелем BNC-BNC.
2. Установить на генераторе форму, амплитуду, частоту и модуляцию выходного колебания в соответствии с вариантом задания.
3. Измерить первые 9 гармоник колебания, используя спектроанализатор. Сравнить с расчетными значениями по гармоническому ряду Фурье для периодических функций.
4. Измерить параметры сигнала, используя осциллограф, и сравнить с заданными в варианте, значениями.

Варианты: форма, амплитуда, частота, модуляция

1. прямоугольная, 4 В, 100 кГц, нет
2. пила, 4 В, 100 кГц, нет
3. треугольник, 3 В, 50 кГц, нет
4. синусоидальная 4 В, 200 кГц, нет
5. синусоидальная, 1 В, несущая частота - 1 МГц, модулирующая частота - 5 кГц, коэффициент модуляции - 0,3.
6. синусоидальная, 1 В, несущая частота - 10 МГц, модулирующая частота - 10 кГц, индекс модуляции - 5.

Оборудование

USB Осциллограф PV6501 предназначен для создания рабочего места радиолюбителя, наладчика, разработчика на базе персонального компьютера или ноутбука. Осциллограф PV6501 позволяет исследовать цифровые и аналоговые сигналы. Щуп прибора гальванически развязан с компьютером, что дает возможность исключить практически полностью влияние паразитных наводок на полезный, исследуемый сигнал.

Кроме осциллографа приставка работает в режиме генератора и частотомера.

Осциллограф PV6501:

- Полоса пропускания - 20 МГц
- Частота дискретизации - 100 МГц
- Разрядность АЦП - 8 бит

- Параметры входа - 1 МОм, 20 пФ Макс
 - Допустимое $U_{вх}$ - 150 В
 - Объем памяти: 8000 отсчетов (PV6501)
 - Синхронизация: внутренняя и внешняя, по фронту/срезу входного сигнала и ждущий режим
 - Спектральный анализ на основании расчёта БПФ.
 - Генератор:
 - Диапазон генерируемых частот - 0,1 Гц...10 МГц
 - Частота дискретизации - 100 МГц
 - Разрядность ЦАП - 9 бит
 - Форма сигнала: Функциональный генератор, АМ/ЧМ, генератор импульсов, ГКЧ
 - Частотомер:
 - Диапазон измеряемых частот: - с входа осциллографа: 2 Гц...30 МГц - с входа внешней синхронизации: до 250 МГц
 - Разрядность: 7 значащих цифр
- Измерительные входы гальванически развязаны от компьютера
- Питание от USB
- Программное обеспечение осциллографа PV6501
- Комплектация: осциллограф, USB кабель

Отчёт по лабораторной работе №5 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab5_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: результатом успешного выполнения задания будет являться появление умения формировать сигнал и анализировать форму сигнала с помощью программно-аппаратной измерительной системы PV6501; навыка формирования сигналов с заданными параметрами и измерения параметров аналоговых и цифровых сигналов различного типа и уровней сложности, используя измерительную систему PV6501.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;

3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);
4. Выводы.

Лабораторная работа №6 «Фигуры Лиссажу»

Цель работы: Овладеть основными (наиболее часто встречающимися на практике) методами измерения частоты и временных интервалов.

Краткая теория

Неотъемлемой составной частью любого универсального осциллографа является генератор развертки, структурно принадлежащий каналу "X". Существует несколько видов разверток. Рассмотрим некоторые из них.

Линейная развертка является наиболее распространенным видом развертки. Напряжение этой развертки имеет форму пилы, поэтому луч с постоянной скоростью перемещается по экрану слева направо. Скорость луча в современных осциллографах колеблется от единиц сантиметров до десятков сантиметров в секунду, а в скоростных - до десятков тысяч километров в секунду.

Линейная ждущая развертка используется для наблюдения импульсов большой скважности, а также непериодических, случайных или однократных сигналов. Развертывающее напряжение такой развертки вырабатывается только тогда, когда поступающий сигнал на входе "У" через блок синхронизации запускает генератор развертки, который вырабатывает одиночный импульс.

Синусоидальная развертка получается при подаче на пластины "X" гармонического напряжения

$$U_x = U \sin \omega t .$$

Положительный полупериод напряжения развертывает перемещение луча от центра экрана до правой его границы и обратно; отрицательный полупериод напряжения развертывает перемещение луча от центра экрана до левой его границы и обратно к центру.

Если одновременно на вход "У" подать напряжение вида

$$U_y = U \sin(\omega t + \varphi) ,$$

где φ - некоторый сдвиг фазы, то на экране появляется фигура Лиссажу, которая представляет собой эллипс, форма которого зависит от амплитуды исходных сигналов и фазового сдвига.

Осциллограмма при синусоидальной развертке неподвижна только при равенстве или кратности частот приложенных напряжений. При равенстве частот получаются круг, наклоненные овалы (направо - 45, 315; налево - 135, 225) наклоненные линии (направо - 0; налево - 180) в зависимости от фазового сдвига. При кратных частотах наблюдается фигура в виде восьмерки (см. рис. 1.)

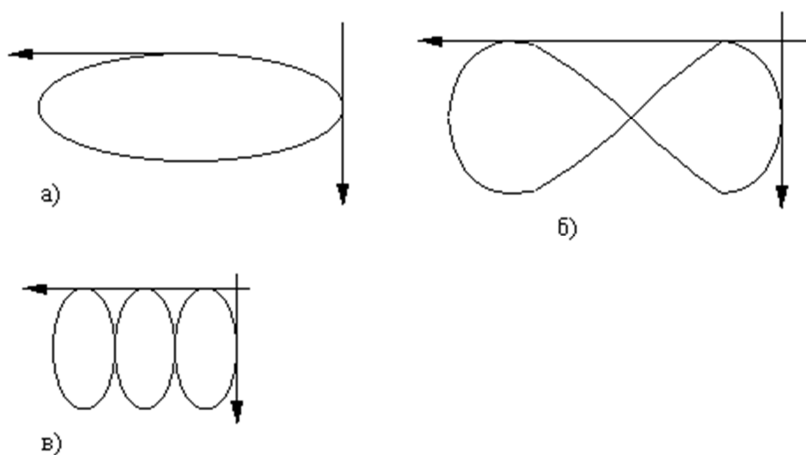


Рис. 1. Фигуры Лиссажу, получающиеся при разном соотношении частот: а) $F_x/F_y=1/1$; б) $F_x/F_y=1/2$; в) $F_x/F_y=1/3$.

Приборы и оборудование

Осциллограф С1-64А, звуковой генератор ГЗ-102 (2 шт.), частотомер ЧЗ-36 или ЧЗ-57.

Технические данные:

1. Электронный частотомер ЧЗ-36.

Экстремальные значения (в диапазоне 10 Гц - 50 МГц) при входном напряжении:

0.1 - 10 В - для синусоидального сигнала в диапазоне 10 Гц - 30 МГц

0.2 - 10 В - для синусоидального сигнала в диапазоне 30 - 50 Гц

0.5 - 10 В - для импульсного сигнала

2. Осциллограф универсальный С1-64А.

Минимальная частота следования линии развертки, при которой обеспечивается наблюдение и измерение предельно быстрого исследования сигнала 20 Гц.

Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения $\pm 5\%$ при измеряемом размере изображения от 2 до 8 делений.

3. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102.

I поддиапазон ($\times 1$) от 20 до 200 Гц

II поддиапазон ($\times 10$) свыше 200 Гц до 2 кГц

III поддиапазон ($\times 10^2$) свыше 2 до 20 кГц

IV поддиапазон ($\times 10^3$) свыше 20 до 200 кГц

Погрешность по техническим данным:

$$\pm \left(1 + \frac{50}{f_H} \right) \% \quad (1^*)$$

в диапазоне частот свыше 200 Гц до 20 кГц (II и IV диапазоны)

$$\pm \left(2 + \frac{50}{f_H} \right) \% \quad (1^{**})$$

в диапазоне частот свыше 20 до 200 Гц (I диапазон)

Выполнение работы:

1. Соединить приборы по схеме, приведенной на рисунке 2.

2. Устанавливая частоту поверяемого генератора, указанную в таблице, подбирается частота генератора-эталоны по фигурам Лиссажу для отношения частот 1:1. В таблицу заносятся частота поверяемого генератора по показаниям частотомера и генератора-эталоны.

Таблица 1. Результаты поверки.

f генерато ра поверки (f _{ген}), Гц	f частотом ера, Гц (f _{ун})	f генерато ра эталона, Гц (f _{осц})	δ f _z ,%	δ f _o ,%	δ f _{осц тех} ,%
20					
50					
100					
200					
500					
1000					
2000					
5000					
10000					
20000					
50000					
100000					

3. Рассчитать погрешности измерений $\delta f_{\text{осц тех}}$ по формуле (1*) и (1**), а погрешности δf_z и δf_o - по формуле (2) и (3).

$$\delta f_z = \frac{f_{\text{ген}} - f_{\text{ун}}}{f_{\text{ун}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$\delta f_o = \frac{f_{\text{осц}} - f_{\text{ун}}}{f_{\text{ун}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

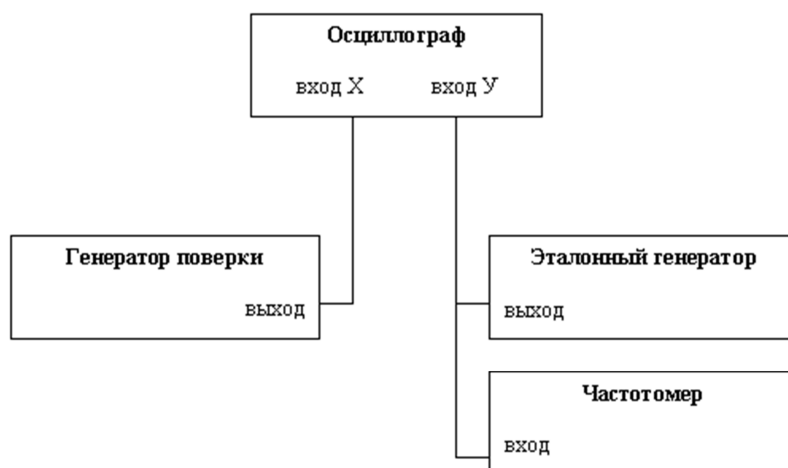


Рис. 2. Схема соединения приборов.

Отчёт по лабораторной работе №6 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab6_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно

выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: в результате успешного выполнения задания студент будет уметь осуществлять инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи, Владеть (навыками) применения методик и средств инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);
4. Выводы.

Лабораторная работа №7 «Анализатор спектра»

Цель работы: получение практических навыков работы с аппаратным анализатором спектра

Порядок выполнения: используя универсальный генератор сигналов, подать на анализатор спектра следующие виды сигналов с соответствующими параметрами:

1. АМ-колебание, коэффициент модуляции 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 , амплитуда несущей 1 В.
2. Прямоугольный, треугольный, пилообразный периодические сигналы, амплитуда 1 В, период следования импульсов 1 мкс, 10 мкс, 100 мкс, 1 мс; коэффициент заполнения 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9.
3. Гармоническое колебание, амплитуда 10 В, длительность 1 мкс, 10 мкс, 100 мкс, 1 мс. Измерить амплитуды спектра колебаний и сравнить с расчётными значениями.

Отчёт по лабораторной работе №7 в виде файла Microsoft Word pdf. Оформление по СТО ВГУЭС. Имя файла в виде – lab7_ФАМИЛИЯ ЛАТИНИЦЕЙ.pdf. Отчет выполняется на бригаду, но загружается в систему Moodle каждым студентом индивидуально.

Оценивание: Отчёт по лабораторной работе проверяется системой Антиплагиат. К оцениванию допускаются работы с уровнем оригинальности не менее 60. Успешно выполненная лабораторная работа оценивается. При наличии существенных недостатков - работа возвращается на доработку с комментарием.

Базовая оценка - 5 баллов. Если при выполнении практических действий студент допустил ошибку, которая не позволяет правильно измерить параметры цепи и построить соответствующую характеристику, то студенту начисляется – минус 5 баллов (например, студент перепутал порядок измерения, не владеет теоретическим материалом, не изучил руководства по эксплуатации и паспорта измерительных приборов и т. д).

Если студент выполнил практические действия в строгом соответствии с методикой выполнения лабораторной работы (соответствие по содержанию операций, соответствие по последовательности операций), то ему выставляется 5 баллов.

За каждую ошибку от 5 баллов отнимается: по 2 балла - за ошибку в полноте рабочей операции; по 1 баллу - за ошибку в последовательности операции. Оформление отчёта не по правилам, принятым СТО ВГУЭС - минус 1 балл.

Результат выполнения задания: в результате успешного выполнения задания студент будет уметь осуществлять инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи, Владеть (навыками) применения методик и средств инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

Содержание отчета:

1. Теория работы;
2. Технические данные измерительного прибора;
3. Данные измерений и расчетов (в виде таблиц, графиков, диаграмм, рисунков, фото и т.п.);
4. Выводы.