

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

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

В.И. ПРОКОПЬЕВ, А.Л. КОСОВА

ИЗУЧЕНИЕ, ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ОСЦИЛЛОГРАФА

Методические указания по выполнению
лабораторной работы №1

Самара
2017

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

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

Прокопьев В.И., Косова А.Л.

Изучение, поверка и калибровка осциллографа методические указания по выполнению лабораторной работы/ В.И. Прокопьев, А.Л. Косова. – Самара: ПГУТИ, 2017. – 12 с.

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал, посвященный изучению, поверке и калибровке осциллографа. Изучаются устройство и режимы работы электронного осциллографа, способы его калибровки и поверки.

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

© Прокопьев В.И., 2017

© Косова А.Л., 2017

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение устройства и режимов работы электронного осциллографа, способов его калибровки и аттестации (поверки). Получение практических навыков работы с электронным осциллографом.

2. ЛИТЕРАТУРА

2. 1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2001, с. 175-185, 194-197
2. 2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2005, с.-287-307.
- 2.3. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учебное пособие для вузов/ Б.Л.Хромой, А.В.Кандипов, А.Д.Сенявский и др.; Под ред.Б.П.Хромого-М:Радио и связь, 1986, с. 166-190,200-206

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

- 3.1 Изучить устройство и работу электронного осциллографа.
- 3.2 Подготовить конспект с краткими ответами на контрольные вопросы .
- 3.3 Подготовить бланк отчета , содержащий таблицы и схемы измерений.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1. Каково назначение и основные характеристики электронных осциллографов?
- 4.2. Какие каналы управления электронным лучом содержит осциллограф?
- 4.3. Каковы назначение, устройство и режимы работы канала вертикального отклонения?
- 4.4. Каковы назначения, устройство и режимы работа канала горизонтального отклонения?
- 4.5. Каковы назначения, устройство и режимы работы канала управления яркостью.
- 4.6. Каковы назначение, принцип действия и виды синхронизации линейной развертки.
- 4.7. Каковы назначение, принцип действия и виды синхронизации линейной развертки?
- 4.8. Какие развертки используются в осциллографе?
- 4.9. Каковы назначение и устройство калибратора амплитуды и длительности?
- 4.10. Как проводится измерение напряжения осциллографом?

4.11. Как проводится измерение частоты осциллографом при различных развертках?

5. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

- 5.1. Провести калибровку канала вертикального отклонения (канала Y).
- 5.2. Произвести поверку коэффициентов отклонения канала вертикального отклонения (канала Y) .
- 5.3. Провести калибровку канала горизонтального отклонения (канала X).
- 5.4. Провести поверку коэффициентов развертки канала горизонтального отклонения (канала X).
- 5.5. Аттестованным (поверенным) осциллографом произвести измерение параметров сигналов.
- 5.6. Оценить погрешность проведенных измерений .
- 5.7. Сделать выводы.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- 6.1. Титульный лист с указанием кафедры, наименование работы, Ф.И.О. студента, номера учебной группы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема измерений, с указанием используемых приборов.
- 6.4 Таблица с результатами измерений, погрешностей и расчетов.
- 6.5. Выводы.
- 6.6. Подпись и дату выполнения лабораторной работы.

7. МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

7.1. Произвести калибровку коэффициента отклонения в канале Y , для чего осуществить следующую коммутацию:

- соединить выходной разъем внутреннего калибратора осциллографа с входным разъемом канала Y;
- поставить переключатель аттенюатор на входе канала Y “V/дел” в положение 0,5;
- поставить переключатель аттенюатор на выходе калибратора в положение 200 mV;
- поставить переключатель режима работы калибратора в положение 1 кГц.

Размер изображения сигнала на экране осциллографа по оси Y должен составить 4 деления. Регулировка осуществляется потенциометром “Δ” канала Y , выведенным под шлиц.

7.2. Оценить погрешность калибровки коэффициента отклонения в канале Y , для этого осуществить следующую коммутацию.

7.2.1. Соединить выходной разъем калибратора U 1-9 с выходным разъемом канала Y осциллографа.

7.2.2. На осциллографе ручки управления поставить в положение:

- синхронизация – “Внутр”;
- переключатель коэффициента чувствительности (плавно) в канале Y – “ Δ ”;
- режим развертки – “ Z ” (непрерывный);
- время развертки – 0,2 мс/дел.

7.2.3. На калибраторе U 1-9 ручки управления поставить в положение:

- переключатель “МОД”
- переключатель “Число делений”- “4”
- кнопку “ВКЛ”- нажать;
- кнопку “Девияция калибратора временных интервалов” –отжать;
- кнопку “Девияция, калибратор напряжения”- нажать.

7.2.4. Произвести измерения погрешности калибровки коэффициента отклонения, для чего:

- на калибраторе U 1-9 и осциллографе переключатели “ $V_{\text{дел}}$.” Поставить в одинаковые положения;
- выбрать диапазон измерений +3% или +10%;
- вращая ручку “Девияция”, установить на экране осциллографа по оси Y амплитуду импульса равной 4 делениям;
- считать значение погрешности калибровки в процентах непосредственно со шкалы прибора калибратора U 1-9.

Измерение произвести для всех положений переключателя “ $V_{\text{дел}}$ ”. Результаты занести в табл.1. Предел погрешности коэффициента отклонения канала Y не должен превышать 5%.

7.2.5. Сравнить полученные результаты с нормой и сделать соответствующий вывод о качестве проведенной калибровки и о пригодности осциллографа к работе.

Таблица 1

$U/\text{дел}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
$\delta\%$										

7.3. Произвести калибровку коэффициента развертки в канале X , для чего осуществить следующейю комбинацию:

- соединить выходной разъем внутреннего калибратора осциллографа с выходным разъемом канала Y ;

- поставить переключатель “V/дел.” в канале Y в положение 0,02 , а переключатель “Время/дел.” В канале X в положение 0,5 мс;
 - поставить переключатель аттенюатора на выходе калибратора в положение 100 mV , а режим работы калибратора в положение 1 кГц .
- На10 делениях шкалы экрана должно укладываться 5 периодом импульсного сигнала с калибратора. Регулировка осуществляется потенциометром “Δ”, блока развертки , выведенным под шлиц.
- 7.4. Оценить погрешность калибровки коэффициента развертки в канале X, для этого осуществить следующую коммутацию.
- 7.4.1. Соединить выходной разъем калибратора U1-9 с входным разъемом канала Y осциллографа.
- 7.4.2. На осциллографе ручки управления поставить в положение:
- “ Развертка плавно”
 - “Время\дел.”-0,2 “V/дел.”:
 - синхронизация –“Внутр.”;
 - режим развертки –“Z”(непрерывный).
- 7.4.3. На калибраторе U1-9:
- все кнопки , относящиеся к напряжению и девиации , в том числе и кнопку “Вкл.” отжать;
 - кнопку “Девиация временных интервалов ” –нажать;
 - переключатель “Калибратор времени нарастания” поставить в положение 0,05.
- 7.4.4. Произвести измерение погрешности калибровки коэффициента развертки , для чего:
- на калибраторе U1-9 и осциллографе переключатели “Время\дел.” поставить в одинаковое положения;
 - выбрать диапазон измерения +3% или +10%;
 - вращая ручку “Девиация”, установить на экране осциллографа точно один период следования импульсов;
 - считать значение погрешности калибровки в процентах непосредственно со шкалы прибора калибратора U1-9 .
- Измерение произвести для всех положений переключателя “ Время\дел.” калибратора U1-9 . Результаты измерений занести в табл.2. Предел погрешности коэффициента развертки канала X не должен превышать 5%.
- 7.4.5. Сравнить полученные результаты с нормой и сделать соответствующий вывод о качестве проведенной калибровки и о пригодности осциллографа к работе.
- 7.5. Измерение параметров сигнала аттестованным (поверенным) осциллографом (режим линейной калиброванной развертки).

Таблица 2

Время \дел.	0,1 мс\дел	1,0 мс\дел	10 мс\дел	0,1 мс\ дел	1,0 мс\ дел	10 мс\ дел	0,1 с\дел	10 с\дел
δ %								

7.5.1 Собрать схему установки , согласно рис.1.

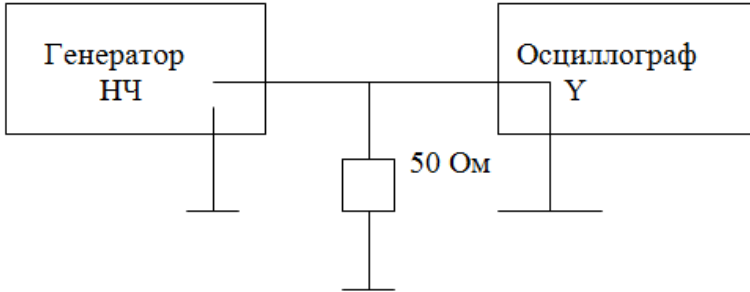


Рис.1

7.5.2. Измерить амплитуду синусоидального сигнала, для чего:

- установить переключатель “V\дел.” так, чтобы сигнал на экране ЭЛТ занимая 5-6 дел.;
- установить тумблер режима входа в положение “ ”;
- установить переключатель “Время\дел.” в положение, при котором на экране ЭЛТ наблюдается 2-3 периода исследуемого сигнала ;
- добиться регулировки ручки “ Уровень ” устойчивого изображения;
- подсчитать количество делений “Н”, соответствующих размаху сигнала;
- занести в таблицу 4 значения “Н”, ”m” , ”U_г” (значение задаваемых параметров сигнала “ U_г”, “ f_г” определяется по табл.3.
- произвести расчеты амплитудного “ U_m” и среднеквадратичного значения напряжения “U” по формулам:

$$U_m = m_y \cdot \frac{H_x}{2},$$

$$U_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = m_y \cdot \frac{H_x}{2\sqrt{2}}.$$

- произвести расчет погрешности измерений по формулам:

абсолютной $\Delta U = U - U_g$;

относительной $\delta U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%$.

Таблица 3

Параметры синусоидального сигнала

№ бригады	U1(В)	f1(кГц)	U2(В)	f2(кГц)	U3 (В)	f3(Гц)
1	0,10	0,25	10,00	5,00	10	100
2	0,25	0,50	5,00	2,50	25	200
3	0,5	1,00	2,50	2,00	50	300
4	0,75	1,25	1,00	1,50	75	400
5	1,00	1,50	0,75	1,25	100	500
6	2,50	2,00	0,50	1,00	250	600
7	5,00	2,50	0,25	0,50	750	700
8	10,00	5,00	0,10	0,25	1000	800

Полученные данные занести в таблицу 4.

Таблица 4

№ измерения	Исход. данные	Измеренные данные		Расчетные знач. напряжения		Погрешности и измерения	
		Н(дел)	m_y	U_m	U	ΔU	δU
	U_r (В)						

- Сравнить погрешности измерений с оценкой аттестации и сделать выводы. Они должны отличаться от поверенных значений не более чем на 2,5% (класс точности НЧ генератора по напряжению).

7.5.3. Измерить период и частоту синусоидального сигнала, для чего без измерения положения ручек осциллографа :

- подсчитать количество делений, соответствующее периоду синусоидального сигнала " H_x ";
- занести в табл.5. значения " H_x ", " m_x ", " f_r ";

- произвести расчет периода и частоты синусоидального сигнала по формулам: $T = m_x \cdot H_x$; $f = 1/T$.

Полученные данные занести в таблицу 5.

Произвести расчет погрешности измерений по формулам:

$$\text{абсолютной } \Delta f = f - f_r;$$

$$\text{относительной } \delta f = \Delta f / f_r \cdot 100\%.$$

Полученные данные занести в таблицу 5.

№ Измерений	Исходные данные f_r	Измеренные данные		Расчетные значения		Погрешности измерений	
	F_r (кГц)	H_x (дел)	m_x	T	f	Δf	δf

- Сравнить погрешности измерений с оценкой аттестации и сделать выводы. Они должны отличаться от поверочных значений не более чем на 2 % (класс точности НЧ генератора на частоте).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОПИСАНИЕ ОБОБЩЕННОЙ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ОСЦИЛЛОГРОФА

Структурные схемы осциллографов различных типов могут в некоторых деталях отличаться друг от друга, однако в основном они соответствуют обобщенной структурной схеме, изображенной на рис.6.

Универсальный осциллограф состоит из электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), трех электрических каналов управления лучом :- канала вертикального отклонения (канал Y), канала горизонтального отклонения (канала X) и канала управления яркостью (канал Z), калибратора и блока питания (на схеме не показан).

Канал Y управляет вертикальным отклонением луча, содержит аттенюатор (Ат) для ослабления больших сигналов, линию задержки (ЛЗ) для небольшой временной задержки сигнала, оконечный усилитель (УВО- усилитель вертикального отклонения), на выходе которого вырабатывается симметричный противофазный сигнал, поступающий на

две вертикально отклоняющие пластины Y . Исследуемый сигнал подают на вход канала Y .

Канал X управляет горизонтальным отклонением луча. Одновременное воздействие двух напряжений " U_x " и " U_y " на электронный луч трубки и вызывает появление осциллограммы, отображающий зависимость $U_y=(UX)$. Напряжение U_x называют развертывающим, а канал X – каналом развертки. Главным узлом канала X является генератор развертки (ГР), вырабатывающий линейно изменяющее пилообразное напряжение, пропорциональное времени ($U_x = mt$) ; для управления частотой развертывающего напряжение, используется напряжение синхронизации, поступающего через селектор синхронизации (СС) и формирующее устройство (ФУ). Это напряжение может формироваться из входного сигнала – режим внутренней синхронизации, из внешнего сигнала – режим внешней синхронизации и из напряжения сети – режим синхронизации от сети.

Как правило, в осциллографе используются три режима работы генератора развертки: автоколебательный, ждущий и режим одиночного запуска.

В автоколебательном режиме генератор непрерывно. Период его пилообразного напряжения синхронизируется периодом напряжения синхронизации определяется пользователем.

В ждущем режиме генератор развертки находится в состоянии готовности к рабочему ходу. Запускается генератор развертки только при поступлении импульса синхронизации, формируемого из исследуемых импульсов в режиме внутренней или внешней синхронизации. Каждый рабочий ход развертки начинается с приходом синхронизирующего импульса.

В режиме одиночного запуска генератор развертки находится в состоянии готовности к рабочему ходу. Запускается генератор развертки одиночным импульсом при нажатии специальной кнопки, формируя однократное пилообразное напряжение.

В канале X имеется также усилитель горизонтального отклонения (УГО), который может работать в двух режимах: режиме линейной развертки и в режиме усиления входного сигнала. Выбор режима работы усилителя определяется положением переключателя (П). С помощью переключателя (П) можно вход усилителя (УГО) присоединить к выходу генератора развертки, тогда усилитель работает в линейном режиме развертки, или к зажимам " $Vx.X$ ", тогда усилитель работает в режиме усиления входного сигнала. Выходное двухфазное напряжение с усилителя поступает на пластины X .

Канал Z служит для управления яркостью луча ЭЛТ. Он содержит усилитель – ограничитель (УО), для формирования импульсов гашения яркости луча, а также устройства управления яркостью луча (УЛ). Сигнал с его выхода поступает на модулятор ЭЛТ.

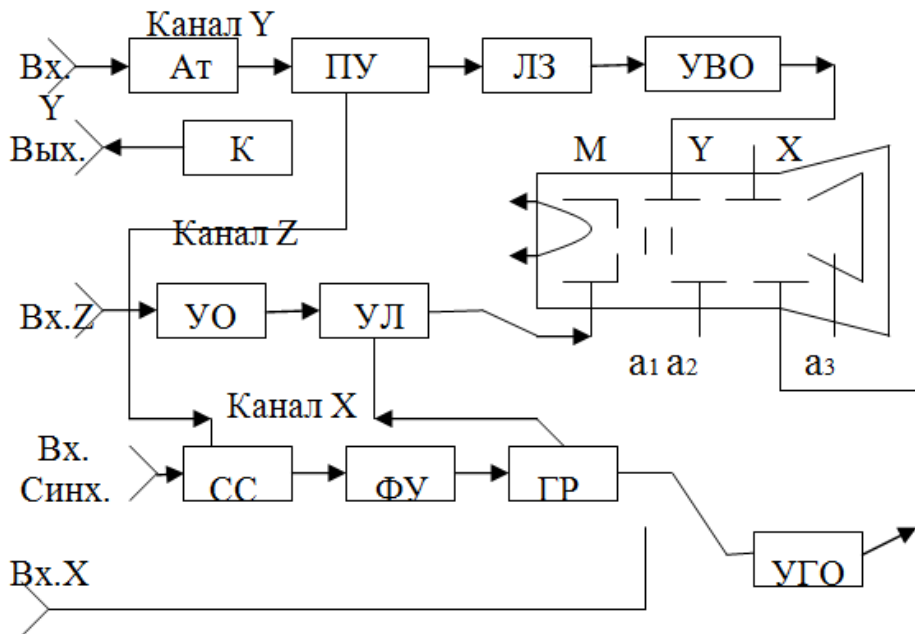


Рис. 2

Калибратор амплитуды и длительности (К) включается в состав осциллографа как встроенная мера, формирующая образцовый сигнал по которому настраиваются каналы Y и X. Сигнал калибратора выводится на переднюю панель осциллографа и с помощью соединительного кабеля может быть подан на вход канала Y.

Каналы осциллографа Y, X и Z включаются в схему измерения, исходя из используемого способа измерения. В общем случае на вход канала Y подается измеряемый сигнал. На входы каналов X и Z – вспомогательные сигналы. Сигнал, формируется в канале X, определяет вид преобразования входного сигнала. В режиме линейной развертки в канале X формируется линейно изменяющийся пилообразный сигнал, и сигнал, подаваемый на вход Y, отображается на экране осциллографа без изменения своей формы. Он представляет собой временную зависимость $U_{y(t)}$ в декартовой системе координат. В режиме усиления внутренних

генератор развертки в канале X отключен. Канал X работает в режиме усиления входного сигнала. Сигнал, подаваемый на вход Y, отображает на экране осциллографа преобразованным согласно зависимости $U_y''(U_x'')$

Это может быть параметрическая зависимость, эллипс или фигура Лиссажу.

Сигнал формируемый в канале Z определяем яркостные градации отображаемого сигнала. Если на его вход "Вх.Z" не подается внешний сигнал, то яркость луча в процессе измерения остается постоянной. При подаче на внешний вход "Вх.Z" периодического сигнала в канале Z формируется, согласно частоте внешнего сигнала, световая шкала меток времени.

Основные характеристиками осциллографа являются:

- диапазоны измеряемых напряжений;
- диапазон измеряемых интервалов времени;
- полоса пропускания частот канала Y;
- диапазон значений коэффициента отклонений канала Y (мВ/дел; В/дел);
- диапазон значений коэффициента развертки (мкс/дел)
- входное сопротивление и емкости каналов Y, X, Z.
- диапазон частот и амплитуд напряжения внешней синхронизации;
- диапазон частот и амплитуд напряжения в канале Z;
- параметры сигнала на выходе калибратора (амплитуда, частота, форма)