

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.02.2022 14:20:54  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb132b49a47e1011a051ff4561d688

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2022 г.



### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА И ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Методические указания по выполнению лабораторной работы  
для студентов направления подготовки 10.03.01

УДК 621.317.08(075.8)

Составитель: Д.В. Титов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Панищев В.С.

**Измерение параметров сигналов с помощью электронно-лучевого осциллографа:** методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология и электрорадиоизмерения» для студентов направления подготовки 10.03.01 // Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Д.В. Титов. – Курск, 2020. - 21 с.: ил. 1. – Библиогр.: с. 11.

Излагаются методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология и электрорадиоизмерения», охватывающей изучение электронных осциллографов (однолучевого и двухлучевого) и методы осциллографических измерений.

Предназначены для студентов направления подготовки 10.03.01.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 18.01. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. \_\_\_\_\_. Уч.- изд. л. \_\_\_\_\_ Тираж 50 экз. Заказ 2 Бесплатно

Юго-Западный государственный университет  
Издательско-полиграфический центр Юго-Западного государственного  
университета. 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

1.	Цель работы	4
2.	Приборы, используемые в работе	4
3.	Программа работы	4
4.	Порядок и методика выполнения лабораторной работы	4
5.	Контрольные вопросы	8
	Библиографический список	8
	Приложение 1	9

## 1. Цель работы

Изучение устройства электронного осциллографа и овладение методикой измерения амплитудных и временных характеристик периодических сигналов. Получение навыков работы с измерительными генераторами и электронными вольтметрами.

## 2. Приборы, используемые в работе

- 2.1. Двухканальный осциллограф С1-79.
- 2.2. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112 (ГЗ-02).
- 2.3. Генератор импульсов Г5-63.
- 2.4. Электронный милливольтметр ВЗ-41.

## 3. Программа работы

- 3.1. Ознакомиться с органами управления осциллографа С1-79.
- 3.2. Научиться калибровать осциллографы по амплитуде и по частоте.
- 3.3. Измерить амплитуду синусоидального сигнала.
- 3.4. Измерить амплитуду прямоугольного импульса.
- 3.5. Оценить результаты измерений при помощи электронного вольтметра.
- 3.6. Измерить временные параметры импульсного периодического сигнала (период следования, длительность импульса, длительность переднего и заднего фронтов) и оценить погрешность измерений.
- 3.7. Измерение времени задержки между двумя импульсными последовательностями.
- 3.8. По результатам измерений оформить отчет.

## 4. Порядок и методика выполнения лабораторной работы

- 4.1. Ознакомиться с органами управления осциллографа.
- 4.2. Включить осциллограф и подготовить к работе (см. приложение 2). При этом обратить внимание на следующие моменты:
  - управление яркостью и фокусом электронного луча;
  - управление положением электронного луча на экране электронно-лучевой трубки;
  - виды временной развертки и их применение;
  - режимы синхронизации;
  - общая структура электронного осциллографа.
- 4.3. Для проведения калибровки каждый осциллограф обычно снабжают встроенным калибратором, представляющим собой генератор прямоугольных импульсов известной калиброванной частоты следования  $F_k$  и амплитуды  $A_k$ . При подключении выхода калибратора к входу  $Y$  на экране осциллографа должно возникнуть изображение прямоугольных импульсов (при отсутствии синхронизации будут видны две горизонтальные линии). Переключатель делителя напряжения устанавливают в такое положение, при котором  $A_k/K_q = 4-6$ , где  $K_q$  - масштабный коэффициент делителя, указанный на переключателе; затем ручку "усиление плавно" устанавливают в правое фиксированное положение с пометкой "<- калибр" и сравнивают значение

амплитуды на экране осциллографа со значением амплитуды калибратора. Значение амплитуды на экране осциллографа определяется выражением  $A_{\text{э}}=n \cdot K_{\text{q}}$ , где  $n$ -количество делений на экране осциллографа,  $K_{\text{q}}$  - масштабный коэффициент входного делителя. осциллограф считается откалиброванным, если  $A_{\text{э}}=A_{\text{к}}$ . Если указанного равенства нет, его добиваются при помощи регулировки, выведенной под щлиц на передней панели с обозначением ▼

В двухканальном осциллографе калибровка осуществляется отдельно по каждому каналу (сначала выход калибратора соединяют с входом первого канала и калибруют его, а затем - со входом второго канала и аналогично калибрует его). Для калибровки по частоте переключатель длительности развертки ставят в такое положение, при котором  $1/F_{\text{k}} \cdot K_{\text{q}}=5-10$ , где  $K_{\text{q}}$  - масштабный коэффициент генератора развертки, указанный на переключателе. Затем ручкой "длительность развертки / плавно" добиваются равенства периода следования импульсов на осциллограмме с периодом следования импульсов калибратора. У большинства осциллографов ручки "усиление плавно" и "длительность развертки / плавно" в крайнем правом положении имеют фиксатор с обозначением "калибр.". В этом положении калибровка осциллографа по амплитуде и частоте осуществляется при помощи щлиц ▼, выведенных на переднюю панель.

Проверить правильность калибровки можно одновременно с измерением амплитуды синусоидального колебания. Для этого измеряемый сигнал с выхода генератора подается одновременно на вход у осциллографа и на вход электронного милливольтметра. Переключателем входного делителя "вольт/дел" добиваются величины изображения по вертикали, превышающей половину экрана осциллографа. Ручкой "уровень" синхронизации добиваются устойчивого изображения. Значение отсчета в делениях шкалы умножается на значение масштабного коэффициента, указанного на переключателе "вольт/дел", в результате чего получается измеренное значение в вольтах.

Результат измерения записать в виде

$$U_{A0} = U_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad (1)$$

где  $U_{A0}$  - амплитудное значение измеренного напряжения;  $U_{\text{изм}}$  – измеренное значение;  $\Delta$  – основная погрешность измерения.

Учитывая, что шкала милливольтметра проградуирована в эффективных значениях, **для получения амплитудного значения измеряемого напряжения результат измерения необходимо умножить на 1,41**. Сравнить результат измерений. Оценить правильность калибровки и точности измерения. Для измерения амплитуды импульса на вход "у" подать измеряемый сигнал с импульсного генератора, установив скважность 2, и аналогично провести отсчет амплитуды по масштабной сетке экрана осциллографа.

*Скважность есть отношение длительности периода импульсных колебаний к длительности импульса  $Q=T/\tau$ , (см. рис.1).*

При измерении импульсного напряжения на электронном милливольтметре надо помнить, что по принципу действия прибор ВЗ-41 является милливольтметром средневыпрямленных значений, а шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического напряжения. Поэтому *для определения средневыпрямленного значения показания прибора необходимо разделить на коэффициент форму  $K\phi=1,11$* . А средневыпрямленное значение наблюдаемого на экране осциллографа сигнала можно определить по формуле

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt \quad (2)$$

$U(t)$  легко определяется по осциллограмме:

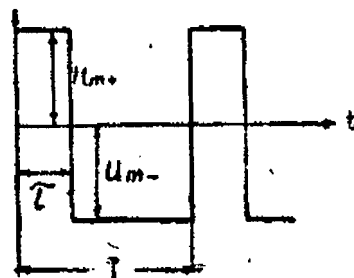


Рис. 1

$$U(t) = \begin{cases} U_{m+}, & 0 \leq t \leq \tau \\ U_{m-}, & \tau \leq t \leq T \end{cases} \quad (3)$$

Последовательно установить скважность 4 и 6, сохраняя на экране осциллографа неизменной амплитуду импульсного сигнала. Снять показания вольтметра и оценить их соответствие с осциллограммами.

4.4. Временные параметры импульсных сигналов всегда измеряются с помощью калиброванной развертки, т.е. непосредственно по осциллограмме. При этом, если измеряется импульсный сигнал со значительной скважностью ( $T \gg \tau_u$ ), то для более точного измерения временных параметров самого импульса ( $\tau_u$ , длительность фронтов и т.д.) целесообразно воспользоваться ждущей разверткой, чтобы растянуть изображение импульса на весь экран. При исследовании фронтов необходимо так же растянуть изображение фронта на весь экран. Большинство осциллографов для обеспечения возможности исследования и переднего и заднего фронтов имеют переключатель полярности синхронизации развертки либо от переднего, либо от заднего фронта исследуемого сигнала.

*Длительность импульса  $\tau_u$ , как правило, измеряется по уровню 0,5.*

Для этого переключатель входного делителя и ручку плавного измерения коэффициента усиления канала у установить в такое положение, чтобы амплитуда импульса занимала весь экран, тогда по уровню 0,5 (отградуированная центральная линия) легко сосчитать количество делений и умножить на масштабный коэффициент переключателя скорости развертки.

Наибольшая точность измерения достигается в том случае, когда длительность импульса занимает больше половины экрана.

*Длительности переднего и заднего фронтов импульса измеряются по уровню 0,1 и 0,9 амплитуды импульса.* Для этого на сетке экрана осциллографа нанесены в виде точек линии 0,1 и 0,9 от уровня всей шкалы. Для измерения длительностей фронтов необходимо, так же как и при измерении длительности импульса, добиться, чтобы импульс по амплитуде был, развернут на весь экран. После этого ручкой "уровень синхронизации" добиться хорошего изображения переднего фронта, а затем переключателем "скорость развертки" растянуть изображение переднего фронта на весь экран и по точкам пересечения изображений горизонтальных точечных линий (обозначавших уровень 0,1 и 0,9) определить количество делений и умножить на масштабный коэффициент переключателя "скорость развертки". Аналогично измеряется длительность заднего фронта, но при этом необходимо переключатель полярности синхронизации поставить в другое положение. Результаты измерений записать в виде

$$\tau_{\phi} = \tau_{\phi.изм} \pm \Delta\tau_{\phi} \quad . \quad (4)$$

4.5. Для измерения времени задержки между двумя синхронизированными импульсными последовательностями при помощи двухканального осциллографа необходимо подать эти сигналы на разные входы У. При устойчивом изображении на экране осциллографа будет хорошо видно взаимное временное расположение этих импульсов, которое можно легко измерить с помощью калиброванной развертки.

Для измерения времени задержки при помощи однолучевого осциллографа опорный сигнал используется для обеспечения внешней синхронизации. Поэтому он подается на вход Х (внешняя синхронизация), а переключатель вида синхронизации устанавливается в положение "внешн. 1:1" или "1:10". Другой сигнал подается на вход У. В этом случае начало развертки будет совпадать с фронтом опорного сигнала, а изображение другого сигнала начнется через время его задержки относительно опорного, которое легко измерить с помощью калиброванной развертки.

## 5. Контрольные вопросы

- 5.1. За счет чего осуществляется динамическое отклонение луча по горизонтали и вертикали?
- 5.2. Как осуществляется калибровка осциллографа по амплитуде?
- 5.3. Как калибруется скорость развертки?
- 5.4. Как измерить амплитудные характеристики произвольного периодического сигнала?
- 5.5. В чем состоят преимущества осциллографических измерений амплитудных характеристик сложного сигнала по сравнению с прямыми измерениями с помощью вольтметра?
- 5.6. Какие факторы влияют на точность измерения амплитудных характеристик сигнала при помощи осциллографа?
- 5.7. Какие временные параметры импульсных сигналов Вам известны, и как они определяются с помощью осциллографа?
- 5.8. Какие факторы влияют на точность измерения временных характеристик при помощи осциллографа?
- 5.9. Назовите основные принципы преобразования в электронных вольтметрах.

## Библиографический список

1. Атамалян З.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. М.: Высш. шк., 1989. С.177-179.
2. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения. Л.: Энергоатомиздат. 1983. С.120-153.
3. Основы метрологии и электрические измерения / Под ред. Е.М.Душина. Л.: Энергоатомиздат.1987. С.175-183.
4. Электрические измерения / Под ред. В.Н.Малиновского. М.: Энергоатомиздат.1985. С.166-175.181-182.



## ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

$$U_{A0} = U_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad (1)$$

где  $U_{A0}$  - амплитудное значение измеренного напряжения;  $U_{\text{изм}}$  – измеренное значение;  $\Delta$  - основная погрешность измерения.

В эффективных значениях результат измерения необходимо \* 1,41 для получения амплитудного значения измеряемого напряжения.

При измерении импульсного напряжения является милливольтметром средневыпрямленных значений, а шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического напряжения. показания прибора необходимо разделить на коэффициент форму  $K_f=1,11$ .

Средневыпрямленное значение наблюдаемого на экране осциллографа сигнала можно определить по формуле

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt \quad (2)$$

$$U(t) = \begin{cases} U_{m+}, & 0 \leq t \leq \tau \\ U_{m-}, & \tau \leq t \leq T \end{cases} \quad (3)$$

Проверим правильность калибровки вместе с измерением амплитуды синусоидального колебания.

$$U_{A0} = U_{\text{изм}} \pm \Delta$$

$$U_{\text{изм}} = 1,5 * 0,5 = 0,75 \text{ (В)}.$$

$$U_{A0} = 0,75 \pm \frac{0,75 * 4,5}{100} = 0,75 \pm 0,034 \text{ (В)}.$$

Д/вольтметра записываем

$$U_{\text{изм}} = U_{\text{изм}} * 1,41 = \frac{16,4}{30} * 1,41 = 0,77 \text{ (В)}.$$

$$U_{A.} = 0,77 \pm \frac{0,77 * 2,5}{100} = 0,77 \pm 0,019 \text{ (В)}.$$

Измерим амплитуду импульсного сигнала:

Сквасжность = 2:

$$U_{\text{изм}} = 3,4 * 0,2 = 0,68 \text{ (В)}$$

$$U_{A0} = 0,68 \pm \frac{0,68 * 4,5}{100} = 0,68 \pm 0,03 \text{ (В)}.$$

$$U_{\text{изм.выпр.}} = \frac{11,7}{30 * 1,11} = 0,35 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = 0,35 \pm \frac{0,35 * 2,5}{100} = 0,35 \pm 0,009 \text{ (В)}.$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = \frac{1}{T} U_{\text{ср.квдр.}} \frac{\tau}{2} = \frac{0,68}{2} = 0,34 \text{ (В)}.$$

Сквасность = 4:

$$U_{\text{изм}} = 3,6 * 0,2 = 0,72 \text{ (В)}$$

$$U_{A0} = 0,72 \pm \frac{0,72 * 4,5}{100} = 0,72 \pm 0,032 \text{ (В)}.$$

$$U_{\text{изм.выпр.}} = \frac{8,5}{30 * 1,11} = 0,255 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = 0,255 \pm \frac{0,25 * 2,5}{100} = 0,255 \pm 0,006 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = \frac{1}{T} U_{\text{ср.квдр.}} \frac{\tau}{4} = \frac{0,72}{4} = 0,18 \text{ (В)}.$$

Сквозность = б:

$$U_{\text{изм}} = 3,9 * 0,2 = 0,78 \text{ (В)}$$

$$U_{A0} = 0,78 \pm \frac{0,78 * 4,5}{100} = 0,78 \pm 0,035 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{изм.выпр.}} = \frac{5,5}{30 * 1,11} = 0,165 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = 0,165 \pm \frac{0,165 * 2,5}{100} = 0,165 \pm 0,006 \text{ (В)}$$

$$U_{\text{ср.выпр.}} = \frac{1}{T} U_{\text{ср.квдр.}} \frac{\tau}{4} = \frac{0,72}{4} = 0,18 \text{ (В)}$$

U(t) легко определяется по осциллограмме:

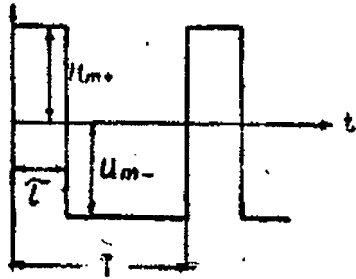


Рис. 1