

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы Э10

«Осциллографические измерения величин напряжения и времени»

по дисциплине
«ФИЗИКА»

Брест 2010

УДК 538.91

Методические указания содержат описание лабораторной работы Э10 «Осциллографические измерения величин напряжения и времени», теоретические сведения, задания для самостоятельной работы, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

Составители: Чопчиц Н.И., доцент
Прокопеня А.Н., профессор, доктор ф.-м. н.
Маркевич К.М., старший преподаватель
Хуснутдинова В.Я., доцент, кандидат ф.-м. н.
Савчук О.Ф., ассистент

Рецензент: Н.Н. Ворсин, к.ф.-м.н., доцент УО «БГУ им. А.С. Пушкина»

Цель работы: знакомство студентов с устройством и принципом работы электронного осциллографа; измерение с его помощью временных характеристик и значений электрических сигналов; обработка полученных экспериментальных данных.

Приборы и принадлежности: электронный осциллограф типа С1-137 или С1-151, генераторы электрических сигналов ГЗ-12/1 и ГЗ-20.

1. Описание приборов

Электронный осциллограф является наиболее распространенным универсальным радиоизмерительным прибором. Он предназначен для визуального наблюдения форм электрического сигнала, а также для определения величин напряжений и промежутков времени. Эти величины являются величинами прямого измерения. Косвенными измерениями для осциллографа являются величины: тока, периода, частоты и т. д. Напряжения, которые будут исследоваться в ходе выполнения работы, создаются приборами, которые называются измерительными генераторами. С некоторыми типами таких генераторов (ГЗ-12/1 и ГЗ-20) Вы также познакомитесь в этой лабораторной работе.

Осциллограф характеризуется следующими основными параметрами:

Чувствительность осциллографа – величина отклонения луча по экрану, выраженная в делениях, при напряжении 1В на данном входе осциллографа. Осциллограф характеризуется чувствительностью как по каналу – X, так и по каналу – Y. С помощью регулировки коэффициента усиления усилителя на соответствующем входе чувствительность осциллографа можно изменять. Для характеристики осциллографа указывается величина максимальной чувствительности, измеренная при максимальном коэффициенте усиления соответствующего усилителя. Коэффициент усиления на разных частотах различен, поэтому чувствительность осциллографа зависит от частоты исследуемого сигнала. Не следует путать чувствительность осциллографа с чувствительностью электроннолучевой трубки, которая определяется как отклонение луча на экране при напряжении 1В на соответствующей паре пластин. Чувствительность трубки по каждой паре пластин неодинакова, большей чувствительностью обладает более удаленная от экрана пара отклоняющих пластин. Поскольку коэффициент усиления усилителей каналов осциллографа обычно велик, то чувствительность осциллографа превосходит чувствительность трубки на несколько порядков. Современные осциллографы характеризуются максимальной чувствительностью единиц мВ/дел по каналу – Y и нВ/дел – по каналу – X. Обычно на осциллографах используется мнемоника на основе букв латинского шрифта.

Полоса пропускания – диапазон частот сигналов, исследование которых возможно на данном типе осциллографа. Этот его показатель определяется максимальной чувствительностью прибора по каналу – X.

Основными компонентами любого осциллографа являются электроннолучевая трубка, генератор развертки, каналы разверток X и Y и источник питания (подробнее см. приложение I).

Для изучения физических процессов, происходящих в электрических цепях, используются измерительные генераторы, которые целенаправленно создают напряжения и токи различной формы, частоты, периода, амплитуды.

2. Методика проведения измерений

а) Измерение амплитуды синусоидального сигнала.

Амплитуда сигнала – максимальное напряжение сигнала в течение его периода. Для измерения амплитуды установите синусоиду так, чтобы ее максимальное отклонение вверх и вниз относительно горизонтальной оси на экране осциллографа были одинаковыми. С помощью ручки “ \leftrightarrow ” подведите вершину синусоиды к вертикальной оси. Затем измерьте амплитуду сигнала l_2 в больших делениях шкалы с точностью до десятых долей (Рисунок 1). Тогда амплитуда сигнала будет равна: $A = k_2 \cdot l_2$, где k_2 – чувствительность усилителя каналов вертикального отклонения, измеряемая в В/дел, которая определяется положением метки на переключателе «V/дел».

Для повышения точности определения амплитуды измеряемого сигнала переключатель «V/дел» необходимо устанавливать в такое положение, при котором: $l_2 > 2$ больших делений.

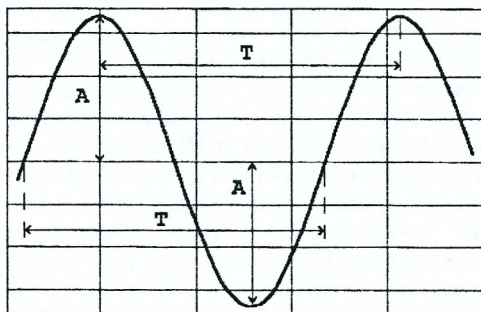


Рисунок 1 – Осциллограмма для измерения амплитуды A и периода времени T гармонического напряжения

Пример 1: $l_2 = 3,3$ дел, множитель – $0,2$ В/дел.

Тогда: $A = 3,3 \text{ дел} \cdot 0,2 \text{ В/дел} = 0,66 \text{ В}$; $V = 0,66 \text{ В}$.

Пример 2: По рисунку 2 определяем: $A = 2,5 \cdot 0,2 = 0,5 \text{ В}$.

При этом погрешность измерения амплитуды в основном определяется параметрами осциллографа и в каждом случае равна $\Delta A = 0,05 \text{ А}$.

б) Определение периода и частоты сигнала.

Период колебаний T определяется как промежуток времени между двумя максимальными или минимальными значениями (Рисунок 1). Для измерения периода колебаний с помощью ручки “ \uparrow ” совместите вершины синусоиды с горизонтальной осью отсчетной шкалы на экране осциллографа. Замерьте расстояние между соседними

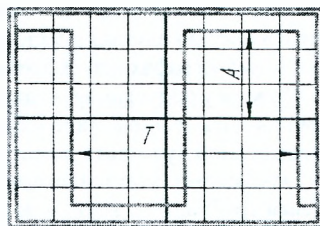


Рисунок 2 – Осциллограмма для измерения амплитуды A и периода времени T импульсного напряжения

вершинами в больших делениях шкалы с точностью до десятых долей. Определите период колебаний:

$$T = k_1 \cdot l_1,$$

где k_1 – коэффициент развертки, измеряемый в мС/дел или мС/дел, который определяется положением метки на переключателе «время/дел».

Пример 3: Определим величину периода и частоты сигнала (Рисунок 1). По оси X период сигнала в делениях шкалы составляет $T = 3,1$ дел. Множитель длительности составляет 0,1 мС/см. Тогда период и частота сигнала соответственно равны:

$$T = 3,1 \cdot 0,1 = 0,31 \text{ мС}$$

$$\nu = \frac{1}{T}; \nu = \frac{1}{0,31 \cdot 10^{-3}} = 3226 \text{ Гц.}$$

Порядок выполнения работы

Задание 1. Знакомство с приборами.

Ознакомление с расположением органов управления осциллографа:

Найти (в зависимости от типа осциллографа) необходимые для последующей работы органы управления:

ручки для регулировки яркости и фокусировки линии луча, т.е. ЯРКОСТЬ ("☀"), ФОКУС ("∞");

ручки для перемещения изображения вверх, вниз, влево, вправо, т.е. "↑", "←→";
ручки переключателей коэффициента отклонения "V/дел" для каждого канала;
ручку переключателя коэффициента развертки "ВРЕМЯ/ДЕЛ";
тумблер "СЕТЬ".

Ознакомление с расположением органов управления генератора:

Найти (в зависимости от типа генератора):

тумблер "≈ ||" или гнезда "⊕ ||" и "⊕ ~" для переключения формы сигнала;
переключатель "МНОЖИТЕЛЬ" и ручку "ЧАСТОТА Hz" или переключатель "МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ" и шкалу "Hz" для установки необходимой частоты выходного сигнала;
ручку регулирования выходного напряжения.

Задание 2. Подготовка приборов к работе.

Осциллограф типа С1-137

а) Перед включением прибора установите органы управления осциллографа в следующие положения:

"☀", "∞", "↑", "←→" – в среднее положение;
переключатель "I, II, I и II, I+II" – в положение "I";
переключатель вида входа "≈, ~" – в положение "≈";
переключатель "V/дел I" – в положение "1 V/дел";

переключатель "x1, x10" – в положение "x1";
переключатель "□s, ms" – в положение "ms";
переключатель "НОРМ, АВТ" – в положение "АВТ";
переключатель "X-Y, O" – в положение "O";
переключатель "ТВ, O" – в положение "O";
переключатель "СЕТЬ, I, II, ВНЕШН" – в положение "I";
переключатель вида входа синхронизации – в положение "≈";
переключатель полярности синхронизации – в положение "+";
переключатель "ВРЕМЯ/ДЕЛ" – в положение "1 ms/дел";
ручка "УРОВЕНЬ" – в среднее положение;
тумблер "СЕТЬ" – выключено.

б) Подключить вилку шнура питания к розетке сети питания, нажать кнопку "СЕТЬ" и включить осциллограф. При этом должна загореться сигнальная лампочка.

в) Через минуту после включения ручку "☀" повернуть по часовой стрелке до появления линии развертки луча на экране; установить оптимальную яркость линии луча; проверить регулировку фокусировки луча с помощью ручки "⊗". Если луча не будет на экране при максимальной яркости, переместить луч в пределы рабочей части экрана ручками "↑", "←".

Осциллограф типа С1-151

а) Перед включением прибора установить органы управления осциллографа, расположенные на передней панели, в следующие положения:
ручки ЯРКОСТЬ, ФОКУС, АСТИГ, "↑", "←" – в среднее положение;
кнопка включения канала А нажата;
переключатель "А СЕТЬ ВНЕШН Б" – в положение А;
остальные кнопки отжаты.

Другие органы управления могут быть в произвольных положениях

б) Соединить кабель питания с питающей сетью и включить питание выключателем СЕТЬ на задней панели.

С некоторой задержкой на экране ЭЛТ должна появиться линия развертки.

в) Ручкой ЯРКОСТЬ установить оптимальную яркость линии луча; ручками ФОКУС и АСТИГ провести регулировку фокусировки и астигматизма.

Генератор

а) Перед включением прибора установите органы управления в следующие положения:

ручку регулировки выходного напряжения – в среднее положение;
тумблер "dB" – в положение "0".

Остальные органы управления могут находиться в произвольном положении.

б) Включить тумблер "СЕТЬ" генератора, при этом должен загореться световой индикатор сети, служащий для подсветки визира шкалы плавной установки частоты.

Задание 3. Визуальное наблюдение прямоугольного импульса и определение его характеристик.

Чтобы получить идеальный прямоугольный импульс нужно работать в области низкочастотных и среднечастотных диапазонов.

Установите прямоугольный сигнал, заданный преподавателем, следующим образом:

Генератор ГЗ-112/1

на генераторе установите тумблер “~ П” в положение “П”;
переключателем “МНОЖИТЕЛЬ” и ручкой “ЧАСТОТА Hz” установите необходимую частоту выходного сигнала;
необходимое выходное напряжение установите ручкой регулирования выходного напряжения по осциллографу.

Генератор ГЗ-120

подключите соответствующую нагрузку к гнезду “⊖ П”;
переключателем “МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ” и шкалой “Hz” установите необходимую частоту выходного сигнала;
установите требуемое напряжение ручкой “~” регулировки выходного напряжения.

Определите амплитуду импульса, период и частоту сигнала по данным, указанным преподавателем.

Задание 4. Визуальное наблюдение импульса синусоидальной формы и определение его характеристик.

Установите синусоидальный сигнал заданной амплитуды и частоты следующим образом:

Генератор ГЗ-112/1

на генераторе установите тумблер “~ П” в положение “~”;
переключателем “МНОЖИТЕЛЬ” и ручкой “ЧАСТОТА Hz” установите необходимую частоту выходного сигнала;
необходимое выходное напряжение установите ручкой регулирования выходного напряжения по осциллографу.

Генератор ГЗ-120

подключите соответствующую нагрузку к гнезду “⊖ ~”;
переключателем “МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ” и шкалой “Hz” установите необходимую частоту выходного сигнала;
установите требуемое напряжение ручкой “~” регулировки выходного напряжения.

Установите гармоническое или импульсное напряжение, указанное преподавателем. Определите амплитуду, период и частоту сигнала.

Приложение I. Устройство и принцип работы электронного осциллографа.

Основными блоками любого осциллографа являются электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), генератор развертки, усилители и источники питания.

Электронно-лучевая трубка представляет собой стеклянную колбу специальной формы, откачанную до высокого вакуума (рис. 3).

В колбе находится:

- электронная пушка – система электродов, предназначенная для создания узкого пучка электронов, летящих с большой скоростью вдоль оси трубки;

- отклоняющие пластины – система электродов, служащая для управления пучком электронов;

- экран электронно-лучевой трубки представляет стеклянную поверхность, на которую нанесен флюоресцирующий слой, покрывающий внутреннюю сторону основания колбы, на котором возникает светящееся пятно в том месте, куда попадает пучок электронов. Катод электронно-лучевой трубки имеет форму цилиндра, внутри которого находится нить накала. Эмиссия электронов происходит с покрытого оксидным слоем катода. Для регулирования количества электронов в электронном пучке электронно-лучевая трубка имеет управляющий электрод, который представляет собой металлический цилиндр, расположенный вокруг катода.

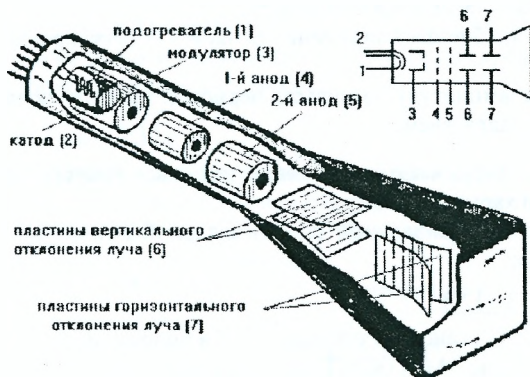


Рисунок 3 – Вид электронно-лучевой трубки

За управляющим электродом электронно-лучевой трубки следуют еще два электрода: фокусирующий и ускоряющий. Аноды притягивают испускаемые катодом электроны, разгоняют их до больших скоростей и фокусируют исходящий с катода пучок электронов.

За электродами электронной пушки находятся еще две пары отклоняющих пластин, которые осуществляют управление пучком электронов, вышедших из катода. Одна пара пластин расположена горизонтально и носит название вертикально отклоняющих пластин («Y» – пластин), вторая пара пластин расположена вертикально и носит название горизонтально отклоняющих пластин («X» – пластин). Величина отклонения электронного луча по оси X или Y (смещение светового пятна на экране) прямо пропорциональна величине отклоняющего напряжения и может быть посчитана так: $x = k_x U$ и $y = k_y U$, где x и y – величины отклонения по соответствующей оси (в делениях шкалы на экране), k_x и k_y –

величины чувствительности трубки, показывающие, на сколько делений сдвинется световое пятно по соответствующей оси от первоначального своего положения, если напряжение на пластинах изменится на величину 1 В.

Если на пластины электронно-лучевой трубки подано переменное напряжение, то электроны находятся под действием переменной силы, и электронный луч чертит на экране линию (Рис. 4): а – если переменное синусоидальное напряжение подано на пластины Y; б – если переменное синусоидальное напряжение подано на пластины X; в – если переменное синусоидальное напряжение подано на обе пластины X и Y.

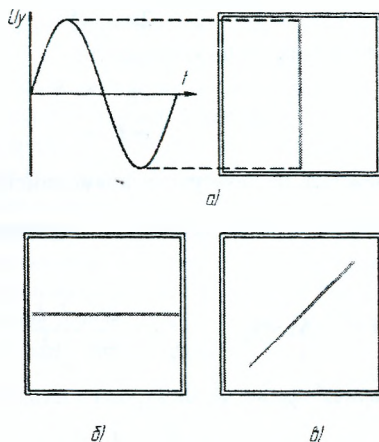


Рисунок 4 – Осциллограммы прибора при различных вариантах активизации его каналов X или (и) Y

В пункте (в) происходит сложение двух взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковыми периодами при разности фаз, равное нулю. По величине вертикальной и горизонтальной полосок можно определить амплитудное значение переменного напряжения, поданного на ось X или Y.

Однако для изучения электрического процесса простого измерения напряжения недостаточно. Часто бывает необходимо знать, по какому закону меняется исследуемое напряжение во времени, т.е. получить его временную развертку. Для того чтобы обеспечить отклонение электронного луча по оси X в зависимости от t , необходимо получить такое напряжение, которое бы равномерно нарастало или убывало в зависимости от времени, и подать его на горизонтально отклоняющие пластины.

Приложение II

Для отклонения электронного пучка в горизонтальном (X) и вертикальном (Y) направлениях служат две пары металлических пластин. Если к одной из пар пластин приложить напряжение U , то между пластинами возникнет электрическое поле с напряженностью $E = \frac{U}{d}$, где d – расстояние между пластинами. При

движении электрона между этими пластинами на него будет действовать сила $F = eE = \frac{eU}{d}$, сообщающая электрону ускорение $a = \frac{F}{m} = \frac{eU}{md}$, направленное перпендикулярно к начальной скорости v_0 (рис. 5). Время действия силы определяется временем пролета электрона вдоль пластин длиной l : $t_1 = \frac{l}{v_0}$. За это время электрон смещается на расстояние:

$$x_0 = \frac{a \cdot t_1^2}{2} = \frac{eU}{2md} \cdot \frac{l^2}{v_0^2}$$

вдоль оси ОХ и получает составляющую скорости:

$$v_x = a \cdot t_1 = \frac{eU}{md} \cdot \frac{l}{v_0}$$

Далее электрон движется равномерно и прямолинейно в течение времени $t_2 = \frac{L}{v_0}$, где L – расстояние от пластин до экрана, и смещается вдоль оси ОХ еще на расстояние:

$$\Delta x = v_x \cdot t_2 = \frac{v_x}{v_0} L = \frac{eU}{md} \cdot \frac{l \cdot L}{v_0^2}$$

В результате суммарное смещение электрона составляет:

$$x = x_0 + \Delta x = \frac{eU}{2md} \cdot \frac{l^2}{v_0^2} + \frac{eU}{md} \cdot \frac{l \cdot L}{v_0^2} = k \cdot U,$$

где $k = (1 + \frac{l}{2L}) \cdot \frac{e \cdot l \cdot L}{mdv_0^2}$ – постоянная, называемая чувствительностью осциллографа.

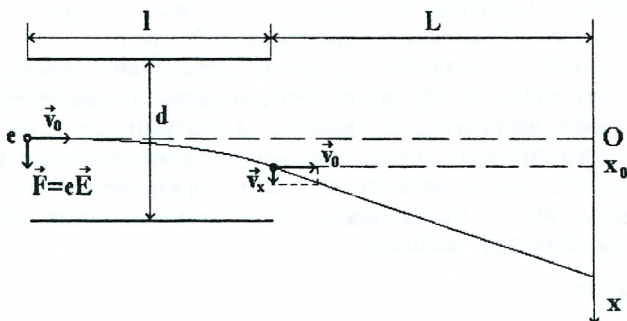


Рисунок 5 – Физические процессы перемещения электрона (электронного потока) в электрическом поле пластин электронно-лучевой трубки осциллографа

Таким образом, смещение пятна на экране осциллографа пропорционально приложенному к пластинам напряжению, что позволяет использовать осцилло-

граф в качестве вольтметра. С другой стороны, так как масса электронов очень мала, электронный луч практически не обладает никакой инерцией даже для очень быстро изменяющихся напряжений, то есть отклонение электронного луча во времени полностью воспроизводит зависимость от времени приложенного к пластинам напряжения.

Контрольные вопросы

1. Какой прибор называется электронным осциллографом?
2. Из каких элементов состоит электронно-лучевая трубка?
3. Какое свойство электронных пучков используется в электронно-лучевой трубке?
4. Какое напряжение называется напряжением развертки?
5. Какой блок называется генератором развертки?
6. Ускоряющее напряжение в электронно-лучевой трубке равно 1,5 кВ, расстояние от отклоняющих пластин до экрана 30 см. На какое расстояние сместится пятно на экране осциллографа при подаче на отклоняющие пластины напряжения 20 В? Расстояние между ними 0,5 см, длина пластин 2,5 см.
7. Записать уравнение показанных на рисунке напряжений, если барабанный переключатель В/дел находится в состоянии 1 В/см. (Рис. 6)
8. Нарисовать кривые при других положениях ручек, если барабанный переключатель В/дел находится в состоянии 5 В/см.

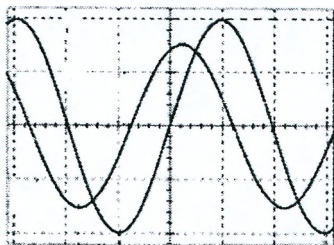


Рисунок 6 – Осциллограммы. уравнения которых следует написать в соответствии с заданием п. 7

Литература

1. Детлаф, А.А. Курс физики (в трех томах) / А.А. Детлаф [и др.]. – М.: Высшая школа», 1977. – Т.2: Электричество и магнетизм: учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – §10.3. – 128-131 с.
2. Наркевич, И.И. Физика: учебник для вузов / И.И. Наркевич, Э.И. Волмянский, С.И. Лобко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 680 с.
3. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1997. – 542 с.: ил.

ЭБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

Чопчиц Николай Игнатьевич
Прокопеня Александр Николаевич
Маркевич Константин Михайлович
Хуснутдинова Венера Яковлевна
Савчук Оксана Фёдоровна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы Э10
**«Осциллографические измерения величин
напряжения и времени»**
по дисциплине
«ФИЗИКА»

Ответственный за выпуск	Хуснутдинова В.Я.
Редактор	Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка	Кармаш Е.Л.
Корректор	Никитчик Е.В.

Подписано к печати 19.05.2010 г. Формат 60×84 ¹/₁₆. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,69. Уч. изд. л. 0,75. Заказ № 564. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267