

4370

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИЗУЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА**

Методические указания
к лабораторной работе

Рязань 2010

УДК 621.384.8

Изучение электронного осциллографа: методические указания к лабораторной работе /Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. А.А. Фефелов; под ред. М.В. Дубкова. Рязань, 2010. 8 с.

Содержат теоретические сведения об устройстве, принципе действия и основных параметрах электронных осциллографов, описание порядка выполнения заданий лабораторной работы.

Предназначены для студентов, изучающих курс «Физика».

Ил. 6. Библиогр.: 2 назв.

Осциллограф, электронно-лучевая трубка, иммерсионная линза, электронно-оптическая система, чувствительность

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета.

Рецензент: кафедра общей и экспериментальной физики РГРТУ
(зав. кафедрой проф. Б.И. Колотилин)

Изучение электронного осциллографа

Составитель: Ф е ф е л о в Андрей Анатольевич

Редактор Р.К. Мангутова

Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать . Формат бумаги 60 × 84 1/16.

Бумага газетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,5.

Тираж 200 экз. Заказ .

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.

Цель работы: изучение работы электронного осциллографа.

Приборы и принадлежности: осциллограф С1-68.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Устройство и принцип действия осциллографа. Электронный осциллограф представляет собой универсальный прибор, предназначенный



Рис.1. Блок-схема электронного осциллографа

для визуализации процессов, протекающих в электрических или радиотехнических цепях. Составные блоки электронного осциллографа: электронно-лучевая трубка, усилители входных сигналов, генератор развертки с синхронизирующим устройством, блок питания (см. рис. 1).

1. Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) (см. рис. 2) - основной элемент осциллографа,

предназначена для образования и фокусировки электронного луча и преобразования электронного сигнала в видимый на экране след. Между движением электронов в электростатических полях и движением света в неоднородных средах существует аналогия (электронно-оптическая аналогия). Рассмотрим следующий пример (см. рис. 3).

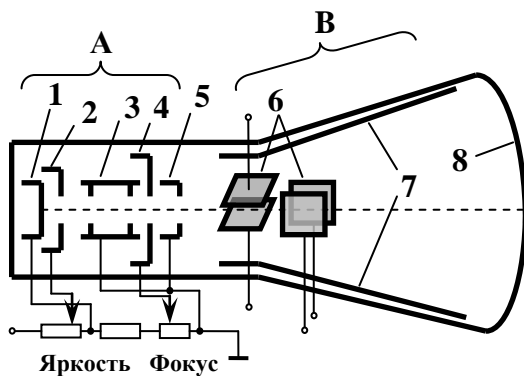


Рис.2. Схема основных элементов осциллографической трубки:

А - электронный прожектор: 1 - катод, 2 - управляющий электрод (модулятор), 3 - ускоряющий электрод, 4 - фокусирующий анод, 5 - ускоряющий анод; Б - отклоняющая система: 6 - отклоняющие пластины, 7 - экранирующее покрытие, 8 - экран с люминофором

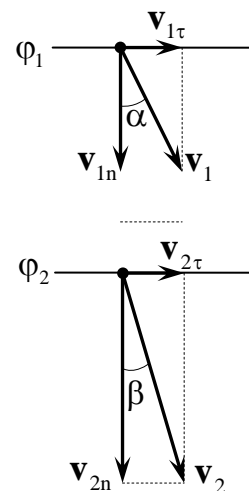


Рис.3. К выводу закона преломления

Пусть электронный пучок падает под углом α на эквипотенциальную поверхность с потенциалом ϕ_1 и долетает до эквипотенциальной поверхности с потенциалом $\phi_2 > \phi_1$. Так как при этом изменяется только нормальная к эквипотенциальной поверхности составляющая скорости, то $v_{1\tau} = v_{2\tau}$, или $v_1 \sin(\alpha) = v_2 \sin(\beta)$, что соответствует закону преломления $\sin(\alpha)/\sin(\beta) = n_{21}$. Из выражения $mv^2/2 = q\phi$ следует, что $v = \sqrt{2q\phi/m}$, тогда можно считать, что электронно-оптический показатель преломления пропорционален квадратному корню из потенциала электростатического поля: $n \propto \sqrt{\phi}$.

В соответствии с этой электронно-оптической аналогией при создании аксиально-симметричных неоднородных полей можно получать рассеивающие или собирающие электронные линзы или другие электронно-оптические системы. Примером такой системы может служить иммерсионный объектив, т.е. объектив, состоящий из двух электродов, имеющих разный потенциал (см. рис.4).

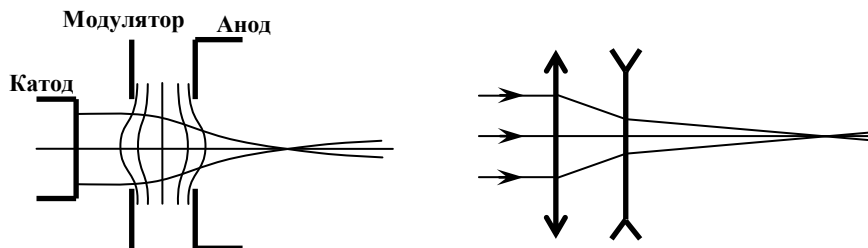


Рис.4. Иммерсионная собирающая линза (показаны траектории электронов и эквипотенциальные линии между модулятором и анодом) и ее оптический эквивалент (комбинация собирающей и рассеивающей линз)

Для управления лучом, сформированным электронным прожектором, используются электрические или магнитные поля. При электростатическом отклонении (как на рис.2) одна пара пластин отклоняет луч в вертикальном направлении, другая – в горизонтальном. Падающий на экран луч вызывает свечение люминофора, нанесенного на экран.

Рассмотрим движение электрона в электростатическом поле плоского конденсатора. Пусть электрон влетает со скоростью v_0 в однородное поле горизонтально расположенного конденсатора параллельно его пластинам. При вылете из конденсатора смещение по вертикали состав-

вит $y_1 = at^2/2$, где $a = F/m = qE/m = qU/md$, U - напряжение на конденсаторе, d - расстояние между пластинами, $t = l/v_0$ - время полета (l - длина пластин). При вылете из конденсатора вертикальная составляющая скорости $v_y = at$. Если расстояние от края пластин до экрана l_1 , то электрон в полете сместится еще на $y_2 = v_y l_1 / v_0$. Таким образом, полное смещение луча на экране будет $y = y_1 + y_2$.

Аналогично можно рассчитать отклонение электронного пучка в магнитном поле под действием силы Лоренца.

2. Усилители входных сигналов предназначены для повышения чувствительности осциллографа и для расширения диапазона напряжений входных сигналов, которые могут исследоваться с его помощью.

3. Генератор развертки, или генератор пилообразного напряжения создает импульсное напряжение пилообразной формы.

Если на горизонтально отклоняющие пластины подать пилообразное напряжение (см. рис.5), светящаяся точка на экране будет двигаться

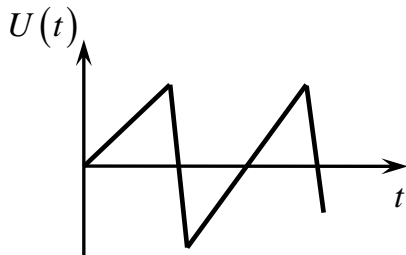


Рис.5. Напряжение, подаваемое на горизонтально отклоняющие пластины

с постоянной скоростью, т.е. ее смещение будет пропорционально времени, а значит, если подать на вертикально отклоняющие пластины некоторое исследуемое напряжение, то на экране получим график зависимости этого напряжения от времени. Так как с помощью осциллографа изучают

быстропеременные периодические процессы, напряжение генератора развертки также должно быть периодическим и кратным периоду исследуемого напряжения. При этом необходимо, чтобы луч, пройдя равномерно до определенной точки экрана, быстро вернулся в начальное положение (при этом луч обычно гасится).

Для того чтобы обеспечить стабильность изображения, колебания генератора развертки синхронизируются с колебаниями другого источника напряжения. В качестве такого источника используется либо напряжение сети, либо напряжение внешнего генератора, либо само исследуемое напряжение. Кроме того, существует режим ждущей развертки, когда линейно зависящее от времени напряжение, подаваемое на гори-

зонтально отклоняющие пластины, генерируется только с приходом внешнего сигнала. В этом режиме можно наблюдать одиночные импульсы (не обязательно периодические).

Основные параметры осциллографов.

1. *Чувствительность осциллографа.* Это величина, равная отношению смещения луча на экране к поданному на вход напряжению (по обоим осям):

$$S_x = x/U_x, \quad S_y = y/U_y. \quad (1)$$

Чувствительность осциллографа можно изменять с помощью регулировки коэффициента усиления на соответствующем входе. Обычно в качестве характеристики данного осциллографа указывается максимальная чувствительность, измеренная при максимальном коэффициенте усиления. Вообще говоря, чувствительность зависит также и от частоты исследуемого сигнала. Не следует путать чувствительность осциллографа с чувствительностью трубки, которая определяется отношением смещения луча к напряжению, подаваемому к соответствующей паре *пластин*. Так как коэффициент усилителей обычно велик, чувствительность осциллографа значительно превосходит чувствительность трубки. Величина, обратная чувствительности, называется ценой деления.

2. *Минимальное время развертки* (или обратная величина – максимальная частота развертки).

3. *Полоса пропускания.* Это диапазон частот сигналов, исследование которых возможно на данном осциллографе.

ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

В лабораторной работе используется двухканальный осциллограф MOS-620. Основные параметры осциллографа: диапазон частот входного сигнала – от 0 до 20 МГц; максимальная чувствительность 1 мВ/дел.; минимальный коэффициент развертки 0,2 мкс/дел.; максимальное входное напряжение – 300 В.

На лицевой панели осциллографа (см. рис. 6) расположены: 1 – экран ЭЛТ; 2 – ручка «POSITION» смещения луча по горизонтали; 3 – кнопка «X10 MAG» уменьшения масштаба развертки сигнала по времени в 10 раз (если нажата); 4 – ручка «SWP. VAR» плавной регулировки мас-

штаба развертки сигнала по времени с увеличением текущего масштаба до 2,5 раз в каждом положении переключателя «TIME/DIV», при поворо-

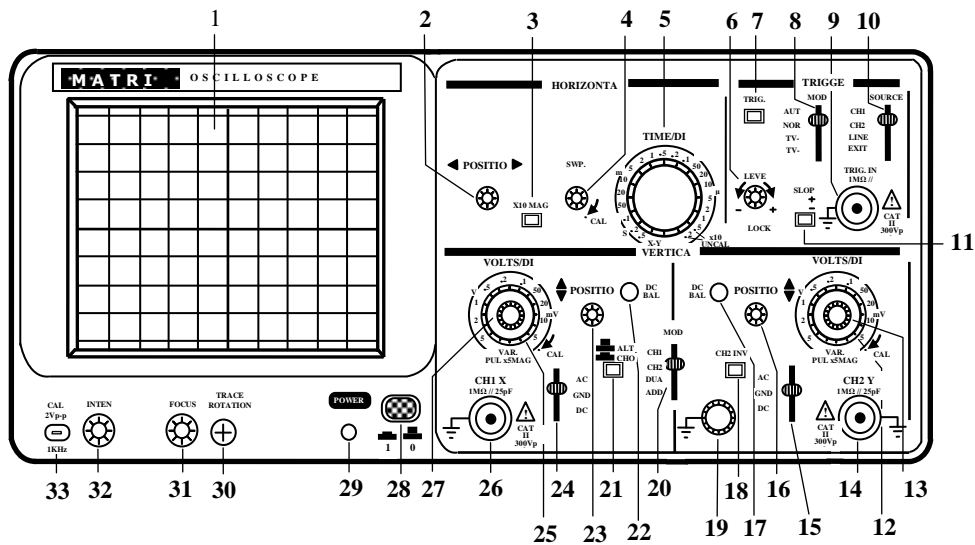


Рис.6. Общий вид передней панели осциллографа

те ручки вправо до щелчка масштаб развертки точно равен масштабу, установленному переключателем «TIME/DIV»; 5 – переключатель «TIME/DIV» установки масштаба развертки сигнала по времени (количество секунд – S, миллисекунд – mS или микросекунд – μ S, приходящееся на одну клетку); 6 – ручка «LEVEL» установки уровня начала запуска сигнала генератора развертки относительно сигнала на осциллограмме, при повороте ручки в положение «LOCK» (вправо до щелчка) оптимальный уровень синхронизации будет поддерживаться автоматически независимо от амплитуды исследуемого сигнала; 7 – кнопка «TRIG. ALT» поочередной синхронизации развертки сигналами каналов «X» и «Y» (если нажата); 8 – переключатель «MODE» выбора режима запуска развертки («AUTO» - автоматический запуск развертки при отсутствии сигнала синхронизации, «NORM» - ждущий режим запуска развертки: генератор развертки не будет запускаться до тех пор, пока текущий уровень исследуемого сигнала не достигнет уровня, установленного ручкой «LEVEL», «TV-V»-режим используется для наблюдения кадрового TV-сигнала, «TV-H»-режим используется для наблюдения строчного TV-сигнала); 9 – коаксиальный разъем для подключения сигнала внешней синхронизации; 10 – переключатель «SOURCE» выбора источника внешней синхронизации («CH-1» - синхронизация развертки по сигналу с канала «CH-1», «CH-2» - синхронизация развертки по сигналу с канала «CH-2», «LINE» -

развертка синхронизируется от сети, «EXT.» - развертка синхронизируется по внешнему сигналу, подаваемому на разъем 9); 11 – кнопка «SLOP» переключения полярности синхронизирующего сигнала; 12 – переключатель «VOLTS/DIV» усиления канала «CH-2»; 13 – ручка плавной регулировки усиления канала «CH-2» с увеличением текущего масштаба от 1 до 2,5 (при повороте ручки вправо до щелчка коэффициент усиления сигнала по каналу «CH-2» точно равен значению, установленному переключателем «VOLTS/DIV»); 14 - коаксиальный вход канала «CH-2»; 15 – переключатель «AC-GND-DC» выбора режима связи входа и усилителя («AC» - закрытый вход, связь по переменному току, «GND» - вход усилителя заземлен, входной разъем осциллографа отключен от усилителя, «DC» - открытый вход, связь по постоянному току); 16 – ручка «POSITION» смещения сигнала канала «CH-2» по вертикали; 17 – «DC BAL» используется для настройки усилителя канала «CH-2»; 18 – кнопка «CH-2 INV» инвертирования сигнала канала «CH-2» (если нажата); 19 – клемма «Заземление»; 20 – переключатель «MODE» режима работы усилителей каналов «CH-1» и «CH-2» («CH-1» - на экране отображается только сигнал с канала «CH-1», «CH-2» - на экране отображается только сигнал с канала «CH-2», «DUAL» - включен двухканальный режим с одновременным отображением сигналов с каналов «CH-1» и «CH-2», «ADD» - включен двухканальный режим, при этом на экране отображается алгебраическая сумма или, если нажата кнопка «CH-2 INV», разность сигналов каналов «CH-1» и «CH-2»); 21 – кнопка «ALT/CHOP» способа отображения осциллограммы в двухканальном режиме (в отжатом положении происходит поочередное отображение сигналов с каналов «CH-1» и «CH-2» синхронно с запуском развертки, в нажатом положении сигналы каналов «CH-1» и «CH-2» отображаются совместно); 22 – 27 – назначение аналогично таковому для 12 – 17; 28 – кнопка «СЕТЬ»; 29 – лампочка-индикатор включения питания осциллографа; 30 – регулировка угла наклона линии развертки к линиям сетки экрана ЭЛТ; 31 – фокусировка луча; 32 – регулировка яркости луча; 33 – выход сигнала калибратора.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить органы управления осциллографа в исходное положение: кнопка 28 - отжата; переключатель 20 - в положении «CH-1»;

кнопка 21 - в положении «ALT» (отжата); кнопка 18 - отжата; ручки 2, 16 и 23 – в средних положениях (при этом белый штрих, нанесенный на ручки, должен находиться вверху); переключатели 12 и 25 каналов «CH-1» и «CH-2» – в положении «.5 V» (0,5 В/дел.); ручки 13 и 27 – в положении «CAL», что достигается вращением (без усилий!) ручек вправо до щелчка (если вращение вправо невозможно, то положение «CAL» уже установлено!); переключатели 15 и 24 – в положении «GND»; переключатель 10 - в положении «CH-1»; переключатель 8 - в положении «AUTO»; кнопка 11 - в положении «+» (отжата); кнопка 7 - отжата; переключатель 5 - в положении «.5 ms» (0,5 мс/дел.); ручка 4 - в положении «CAL»; кнопка 3 - отжата; ручка 6 - в положении «LOCK».

2. Включить питание и дождаться появления на экране ЭЛТ горизонтальной линии развертки (если линия развертки не появилась в течение 60 с, проверить согласно п.1 положение ручек, кнопок и переключателей). После появления линии развертки при необходимости отрегулировать ее положение по центру экрана ЭЛТ ручками 2 и 23, а ручками 31 и 32 отрегулировать четкость и яркость картинки.

3. **Задание 1** - определение параметров исследуемого сигнала. Установить переключатель 24 канала «CH-1» в положение «AC». Подать на канал «CH-1» исследуемый сигнал, соединив коаксиальным кабелем выход 33 калибратора с входом 26 канала «CH-1», при этом на экране должна появиться осциллограмма сигнала калибратора. Изменяя ручкой 5 масштаб развертки по времени, вывести на экран 2 – 3 периода исследуемого сигнала. Ручкой 25 установить размах осциллограммы сигнала по вертикали в 3 – 4 клетки. Записать по положениям переключателей 5 и 25 масштаб развертки по времени и величину усиления сигнала по каналу «CH-1». Зарисовать с соблюдением масштаба полученную осциллограмму и определить по рисунку амплитуду и период сигнала калибратора. По согласованию с преподавателем определить чувствительность осциллографа по оси Y по формуле (1). При наличии генератора сигналов по согласованию с преподавателем подать сигнал с генератора на вход 26 и определить по осциллограмме его амплитуду, период и частоту.

Задание 2 – изучение двухканального режима работы осциллографа. Установить переключатель 15 в положение «AC». Установить двухканальный режим работы осциллографа, при этом на экране ЭЛТ в допол-

нение к осциллограмме канала «СН-1» появится линия развертки канала «СН-2». Сместить линию развертки канала «СН-2» по вертикали вверх на одну клетку от центральной горизонтальной линии сетки. Подать на вход 14 канала «СН-2» сигнал с калибратора, используя для этого второй коаксиальный кабель, после чего на экране должны одновременно наблюдаться сигналы с каналов «СН-1» и «СН-2». Установить размах сигнала канала «СН-2» по вертикали в 1 – 2 клетки. Записать величину установленного для канала «СН-2» усиления. Зарисовать с соблюдением масштаба наблюдаемую осциллограмму сигналов «СН-1» и «СН-2».

Задание 3 – изучение режима сложения и вычитания сигналов. Установить величину усиления по каналу «СН-2», равную величине усиления по каналу «СН-1». Произвести по указанию преподавателя сложение или вычитание сигналов каналов «СН-1» и «СН-2». При необходимости отрегулировать размер полученного изображения по вертикали переключателями 12 и 25 так, чтобы сигнал отображался на экране полностью (при переключениях величина усиления по обоим каналам должна устанавливаться одинаковой, чтобы не вносить искажения в результаты измерений). Записать величину усиления по каналам «СН-1» и «СН-2». Зарисовать с соблюдением масштаба наблюдаемую осциллограмму.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Электрон, ускоренный разностью потенциалов U , попадает в поле плоского конденсатора, двигаясь перпендикулярно к линиям напряженности его поля. Определить чувствительность такой системы, если длина пластин конденсатора l , расстояние между пластинами d , расстояние от края конденсатора до экрана L .
2. Объяснить принцип фокусировки электронного пучка.
3. Каковы основные блоки электронного осциллографа и их назначение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: ВШ, 2002. С. 265-267.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. СПб.: Издательство «Лань», 2005. С. 210-212.