

«Сейфуллин оқулары – 18: «Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми - практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: «Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.II, Ч.II. – С.257-260

## ПАРАМЕТРЫ ГОРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Есиркесинов Е., студент 1 курса  
Московский авиационный институт, г. Москва

Электронный осциллограф служит для наблюдения функциональной связи между двумя или более величинами (электрическими или преобразованными в электрические).

Он предназначен для исследования электрических сигналов в диапазоне частот от 0 до 5 МГц, амплитудой от 0,02 до 120 В. Основными элементами осциллографа являются: электронно-лучевая трубка, генератор развертки, усилители отклоняющих пластин, блок питания.

В электронно-лучевой трубке для световой индикации используется узкий электронный пучок. Электронно-лучевая трубка представляет собой стеклянную колбу, откачанную до высокого вакуума (рис.1). Внутри нее расположены электронная пушка 1, две пары отклоняющих пластин 2 и флюоресцирующий экран 3.

Управляющий

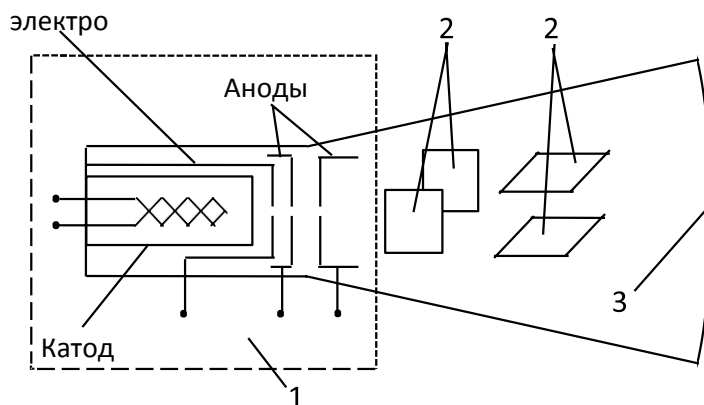


Рис. 1

Электронная пушка предназначена для создания сфокусированного электронного пучка и состоит из следующих элементов:

- а) катода косвенного накала, испускающего при нагревании электроны;
- б) управляющего электрода, имеющего отрицательный потенциал относительно катода. Изменяя потенциал управляющего электрода, можно

регулировать количество вылетающих из электронной пушки электронов, то есть яркость пятна на экране трубки

в) первого фокусирующего и второго ускоряющего анодов. Потенциал первого анода в несколько раз меньше потенциала второго анода. Аноды имеют форму цилиндров с перегородками, в центре которых сделаны отверстия. Перегородки служат для улавливания электронов, не удовлетворяющих условиям фокусировки.

Рассмотрим фокусирующее действие электрических полей на примере поля между первым и вторым анодами. Характер его показан эквипотенциальными кривыми на рис.2. Поле сосредоточено в основном у щели между цилиндрами.

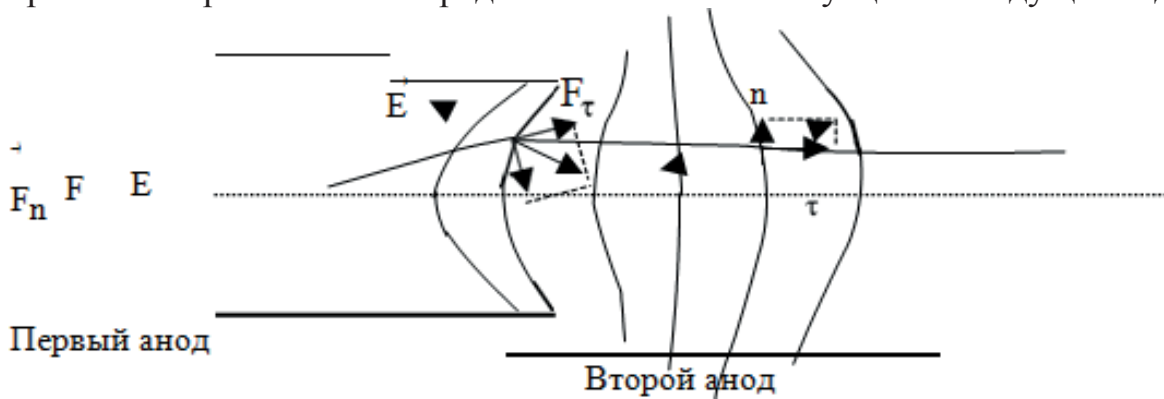


Рис. 2

Предположим, что электрон влетает в поле слева направо под углом к оси цилиндров. Пока он пролетает зазор между цилиндрами, поле сообщает ему ускорение вдоль оси, и в то же время отклоняет его сначала вниз, а потом вверх.

Установим связь между напряжением  $U$  на пластинах А и В и величиной смещения пятна на экране (рис.3).

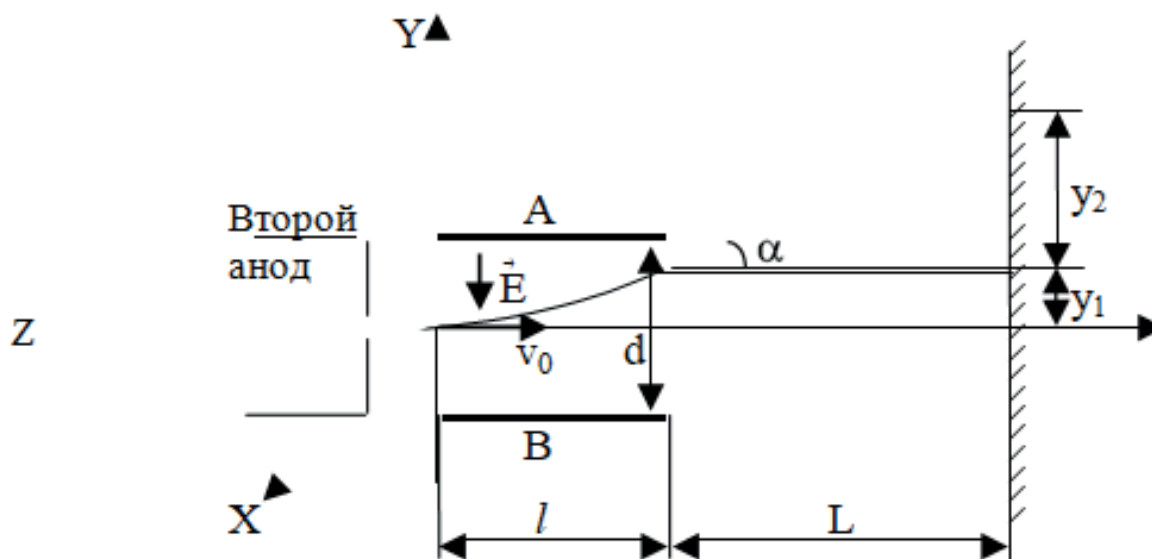


Рис. 3

Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью  $v_0 = vz$ . Вдоль оси Z на электрон не действуют никакие силы, следовательно, в этом направлении он движется равномерно:

$$(1)$$

$$z = v_0 t.$$

Вдоль оси Y на электрон действует

$$(2)$$

постоянная сила  $\vec{F} = |e|E,$

где  $E = \frac{u}{d}$ . Поэтому движение электрона вдоль оси Y является равноускоренным, и для этого движения справедливы уравнения:

$$(4)$$

$$v_y = at; \quad (3) \quad y = \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

Ускорение  $a$  найдем из второго закона Ньютона:

$$(6)$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|e|E}{m}; \quad a = \frac{|e|u}{dm}.$$

Подставляя (3) в (4), имеем

$$y = \frac{|e|u}{2dm} t^2.$$

Учитывая, что согласно (1)  $t = z/v_0$ , получаем

$$y = \frac{|e|uz^2}{2dmv_0^2}.$$

Из формулы (6) следует, что траектория электрона между пластинами представляет собой параболу. При выходе из пространства между пластинами (при  $z = l$ ) электрон сместится по оси  $Y$  на величину  $y_1$

$$y_1 = \frac{|e|u l^2}{2dmv_0^2} \quad (7)$$

и отклонится от своего первоначального направления движения на угол

$$\alpha: \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_z} = \frac{at}{v_0} \quad \alpha = \frac{|e|u l}{dmv_0^2} \quad (8)$$

За пределами отклоняющих пластин электрон движется по прямой и его смещение  $y_2$  равно

$$y_2 = \alpha L \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

Следовательно, смещение светящегося пятна на экране рассчитывается по формулам (5), (7)

$$y = y_1 + y_2 = \frac{|e|u l}{dmv_0^2} \left( \frac{l}{2} + L \right) \approx \frac{|e|u L}{dmv_0^2} \quad (10)$$

и пропорционально напряжению  $u$  на отклоняющих пластинах.

Для создания напряжения, величина которого меняется пропорционально времени, в осциллографе существует генератор развертки. Одновременно поданное на вертикально отклоняющие пластины напряжение, пропорциональное исследуемой физической величине  $y$ , будет смещать луч по вертикали в соответствии с изменением  $y$ .

Поэтому зависимость напряжения генератора развертки от времени должна иметь вид, показанный на рис.4.

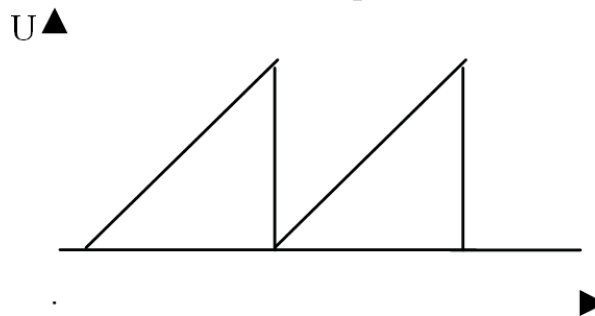


Рис.4

Для того чтобы картина на экране осциллографа получалась устойчивой, необходимо, чтобы частота пилообразного напряжения совпадала с частотой повторения изучаемого физического процесса или была меньше ее в целое число раз. Поэтому частота напряжения, даваемого генератором развертки, может меняться в широком диапазоне, и с помощью специальной схемы генератор развертки синхронизируется с

исследуемым напряжением, подаваемым на вертикально отклоняющие пластины.

Чувствительность электронно–лучевой трубки, как правило, невелика, поэтому на отклоняющие пластины обычно подают напряжения через усилители. Величина, равная напряжению, вызывающему отклонение электронного луча на экране на одно деление в вертикальном или горизонтальном направлении, называется коэффициентом отклонения соответствующего канала осциллографа.

Внешний вид передней панели осциллографа С1–73, используемого в лабораторных работах показан на рис.5.

Описание назначения основных органов управления осциллографа:  
1. Тумблер или кнопка «Питание» подключает сеть ~220 В к прибору.

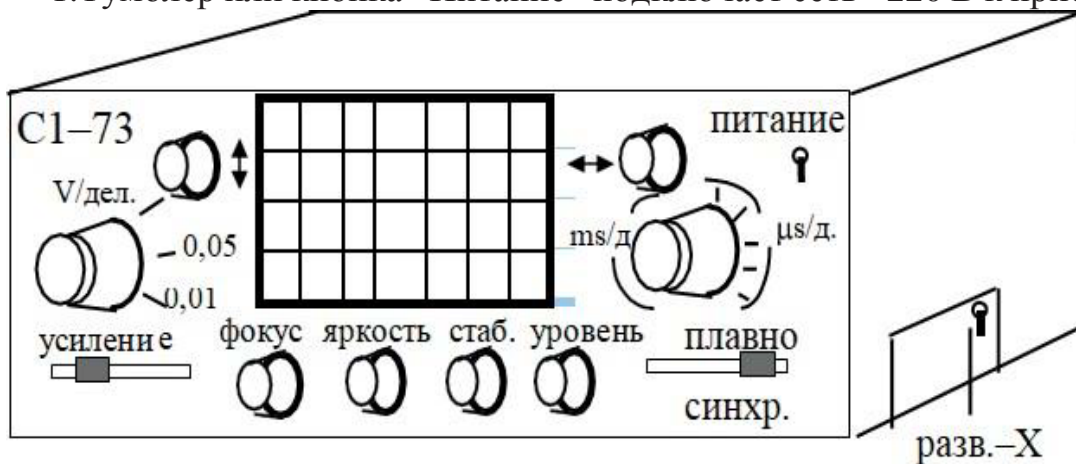





Рис.5

Ручки  $\updownarrow$  и  $\leftarrow\rightarrow$  регулируют положение луча на экране по оси Y и X соответственно.

1. Ручка «Фокус» фокусирует луч, изменяя разность потенциалов на анодах.
2. Ручка «Яркость» регулирует яркость, изменяя потенциал управляющего электрода относительно анода.
3. Переключатель  $\sim$ ,  $\perp$ ,  $\approx$  входа Y, расположенный на левой боковой панели осциллографа, в положении  $\sim$  соединяет вход усилителя Y с землей.
4. Переключателем «/дел.  $\mu$ » устанавливается требуемая чувствительность.
5. Переключателем «ms ( s)/дел. » устанавливается требуемый масштаб развертки.
6. Переключатель «Разверт. X», расположенный на правой боковой

панели осциллографа, в положении X подключает исследуемый сигнал на вход усилителя X (на- пример, при исследовании фигур Лиссажу).

7. Переключатель «Синхр.  ↔  » « в положении «  » управляет запуском начала развертки внешним сигналом.

Для решения целей лабораторной работы кроме электронного осциллографа (ЭО) используются: генератор сигналов низкочастотный ГЗ–106 и источник питания (ИП).

### Список использованных источников

- 1 Курс физики т. 2,3. Савельев И.В. - М., Наука, 1989.
- 2 Физические величины. Чертов А.Г. - М., Высшая школа, 1990.
- 3 Лекции по физике. Электромагнетизм. Оптика. Рудакова Л.И. - М., МАИ, 2000.
- 4 Лекции по общей физике. Электромагнетизм, оптика. Бондарев Б.В. - М., МАИ, 1998.
- 5 Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика: учебное пособие / под ред. Тарлакова Ю.В. - М., МАИ, 1989.
- 6 Твердое тело. Ядерная физика. Часть 1. Пособие / Под ред. Мартыненко Т.П. - М., МАИ. 1999.
- 7 Квантовая теория тепловых свойств твердых тел. Яргин В.С., Юркевич К.Б. - М., МАИ, 1978.
- 8 Лабораторные работы —Электростатика и ток|| / Под ред. Виноградова Ю.К.