

Отчет по лабораторной работе 1.1.6
ИЗУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

Максим Осипов, Б03-504

15.10.2025

1 Аннотация

Цель работы: ознакомиться с устройством и органами управления электронного и/или цифрового осциллографа; научиться измерять амплитуды и частоты произвольных сигналов; изучить основные характеристики осциллографа и их влияние на искажение сигналов.

В работе используются: осциллограф (электронный и/или цифровой), генераторы электрических сигналов, соединительные кабели.

2 Теоретическая справка

Устройство и принцип работы осциллографа

Осциллограф – регистрирующий прибор, в котором исследуемый электрический сигнал преобразуется в видимый на экране график изменения величины сигнала во времени.

Электронно-лучевая трубка

Основные элементы ЭЛТ:

1. Подогреватель катода
2. Катод
3. Модулятор (управление яркостью)
4. Фокусирующий анод
5. Ускоряющий анод
- 6,7. Отклоняющие пластины (горизонтальные и вертикальные)
8. Ускоряющий анод
9. Экран

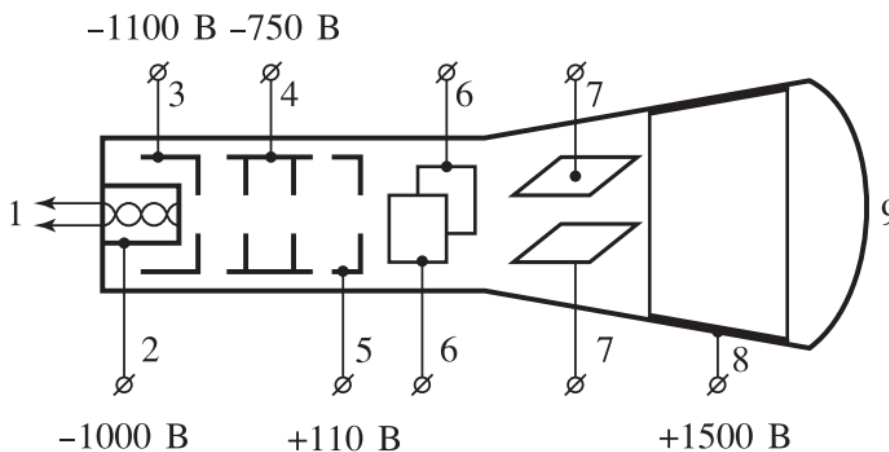


Рисунок 1: Электронно-лучевая трубка

Движение электронов в поле отклоняющих пластин

Траектория электрона между пластинами:

$$y = \frac{eU_y}{2mv_0^2} z^2 \quad (1)$$

Смещение пучка и угол отклонения:

$$y_1 = \frac{eE_y}{2mv_0^2} l^2, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{eE_y l}{mv_0^2} \quad (2)$$

Полное смещение на экране:

$$h = y_1 + L \operatorname{tg} \alpha = \frac{e(l/2 + L)}{2mv_0^2} E_y \quad (3)$$

Связь скорости электронов с ускоряющим напряжением:

$$\frac{mv_0^2}{2} = eU_a \quad (4)$$

Окончательное выражение для смещения:

$$h_y = \frac{l(l/2 + L)}{2dU_a} \cdot U_y \quad (5)$$

Чувствительность трубки:

$$K_y = \frac{U_y}{h} = \frac{2dU_a}{l(l/2 + L)} \quad [\text{В/см}] \quad (6)$$

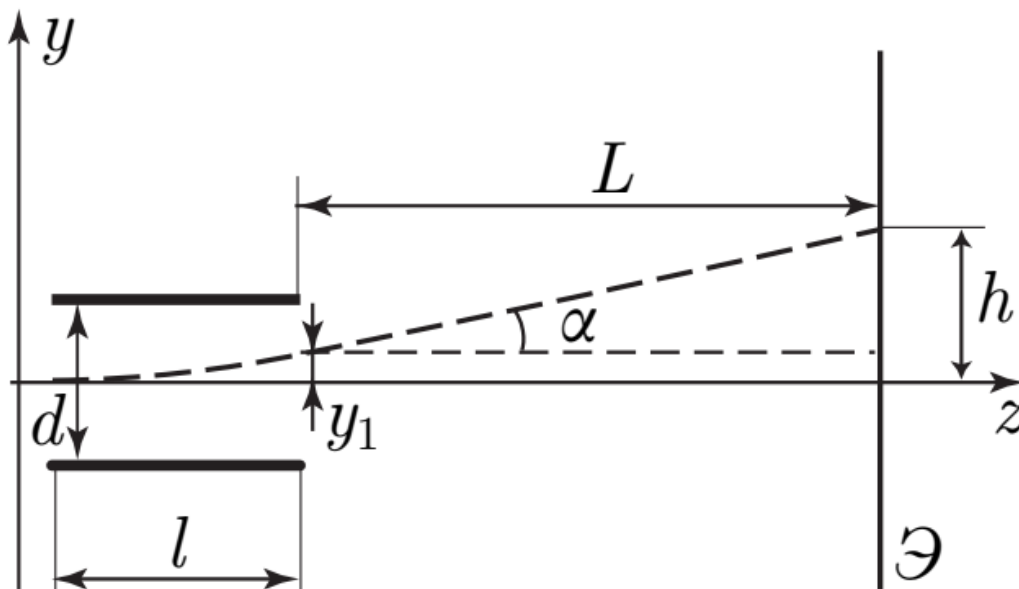


Рисунок 2: Отклонение луча в электрическом поле пластин

Полоса пропускания

Формула (5) применима при условии $T \gg \tau$, где $\tau = l/v_0$ – время пролёта между пластинами. При $U_a = 2$ кВ, $v_0 \sim 3 \cdot 10^7$ м/с, $l = 3$ см получаем $\tau \sim 10^{-9}$ с.

Режимы работы

Развёртка:

$$U_y(t) = U_{0y} + K_y U(t), \quad U_x = U_{0x} + kt \quad (7)$$

Входные режимы:

- Закрытый вход (АС) – только переменная составляющая
- Открытый вход (DC) – постоянная и переменная составляющие

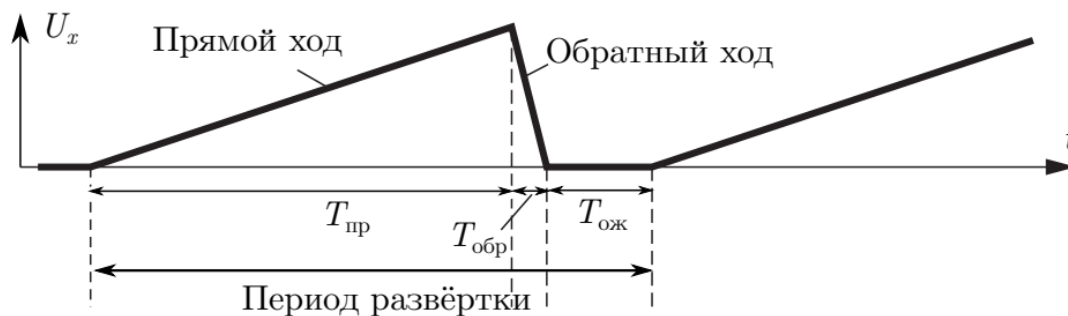


Рисунок 3: Напряжение развёртки

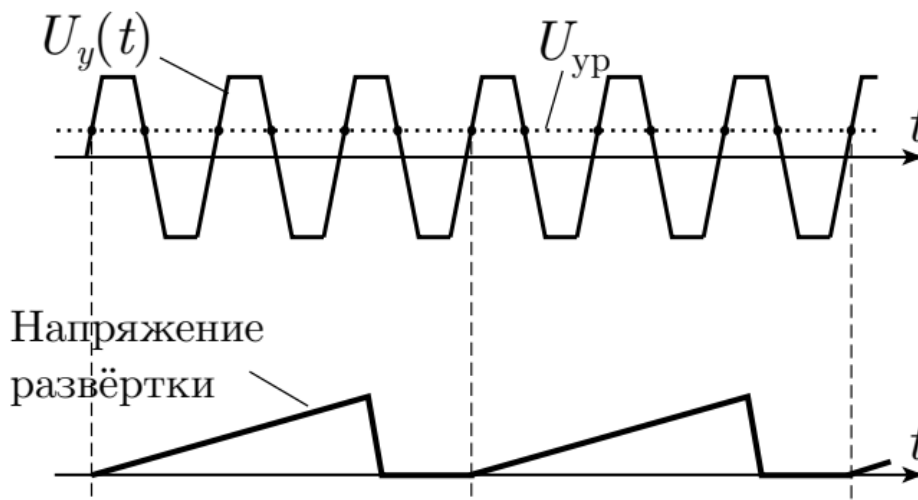


Рисунок 4: Синхронизация развёртки по заданному уровню (по нарастанию)

Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики

Для гармонического сигнала $U_y = U_0 \sin 2\pi\nu t$ на экране:

$$y = y_0 \sin(2\pi\nu t + \phi) \quad (8)$$

АЧХ:

$$K(\nu) = \frac{y_0(\nu)}{U_0} \quad (9)$$

Полоса пропускания определяется по уровню:

$$\frac{K(\nu_{min})}{K_{max}} = \frac{K(\nu_{max})}{K_{max}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7 \quad (10)$$

Фигуры Лиссажу

При подаче сигналов:

$$U_y(t) = U_{0y} \sin(2\pi\nu_y t + \phi_y), \quad U_x(t) = U_{0x} \sin(2\pi\nu_x t + \phi_x) \quad (11)$$

Для колебаний одинаковой частоты:

$$x = A \cos(2\pi\nu t + \phi_x), \quad y = B \cos(2\pi\nu t + \phi_y) \quad (12)$$

Уравнение траектории:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - 2\frac{xy}{AB} \cos \Delta\phi = \sin^2 \Delta\phi \quad (13)$$

где $\Delta\phi = \phi_y - \phi_x$.

Отношение частот определяется по числу пересечений:

$$\frac{\nu_y}{\nu_x} = \frac{n_x}{n_y} \quad (14)$$

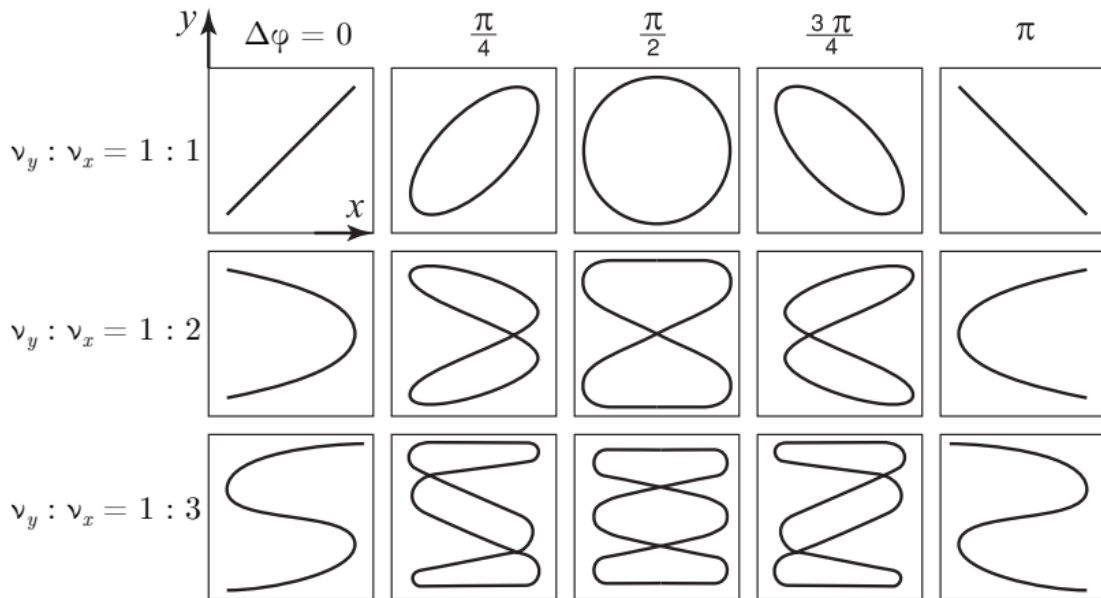


Рисунок 5: Фигуры Лиссажу (для колебаний одинаковой амплитуды)