

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Радиофизический факультет
Кафедра общей физики

Лабораторная работа

Осциллограф

Выполнили:
студенты 417 гр.
Овчинин С.Г. и
Илюхин Д.А.

Проверил:
Сергеева Е.А.

Нижний Новгород
2003 г.

Цель: Изучить принципы работы осциллографа:

- 1) Выяснить, как влияет на фокусировку напряжение на модуляторе, на яркость – напряжение на 1-м аноде.
- 2) Определить чувствительность ЭЛТ.
- 3) Получить осциллограммы напряжений при кратном отношении частоты сигнала к частоте развертки.
- 4) Оценить время послесвечения трубки.
- 5) Оценить линейность вертикального усилителя осциллографа.
- 6) Исследовать частотные свойства вертикального усилителя.

Получить фигуры Лиссажу при $n=1,2,3,4$, где n – величина отношения частоты входного сигнала к частоте контрольного.

Приборы и оборудование:

- 1) Осциллограф ЭО-7
- 2) Генератор низкочастотный ГЗ-109
- 3) Вольтметр В7-26
- 4) Линейка ($\Delta l = 1$ мм)

Теоритическая часть: Осциллограф предназначен для наблюдения формы и измерения параметров электрических сигналов. Изображения электрических сигналов получают на экранах электронно-лучевой трубки осциллографа. Ниже приведена схема устройства ЭЛТ.

К – подогревный катод
М – модулятор
A₁, A₂, A₃ – аноды
X, Y – отклоняющие пластины.

Важным параметром трубки является ее чувствительность

$$\chi = \frac{h}{V_{откл}}, \text{ которая}$$

определяется отклонением луча на экране трубки в мм, приходящимся на 1 вольт отклоняющего напряжения.

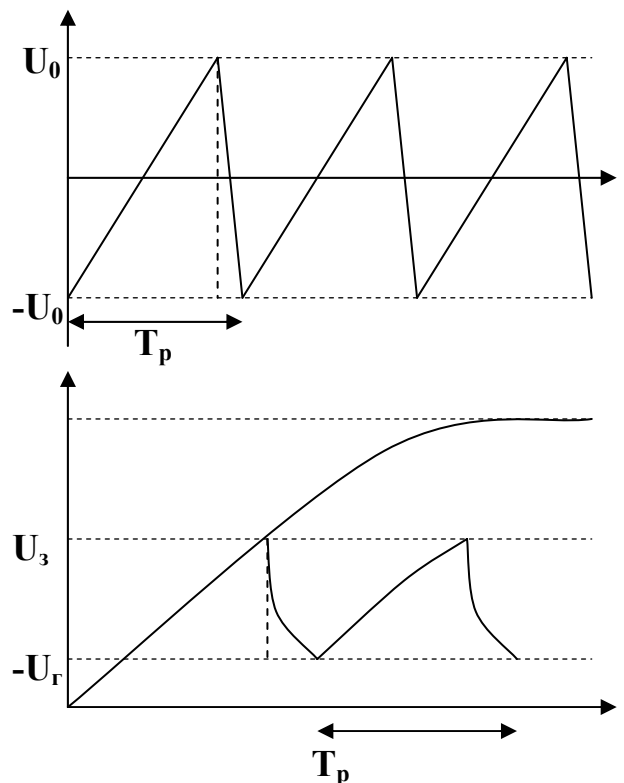
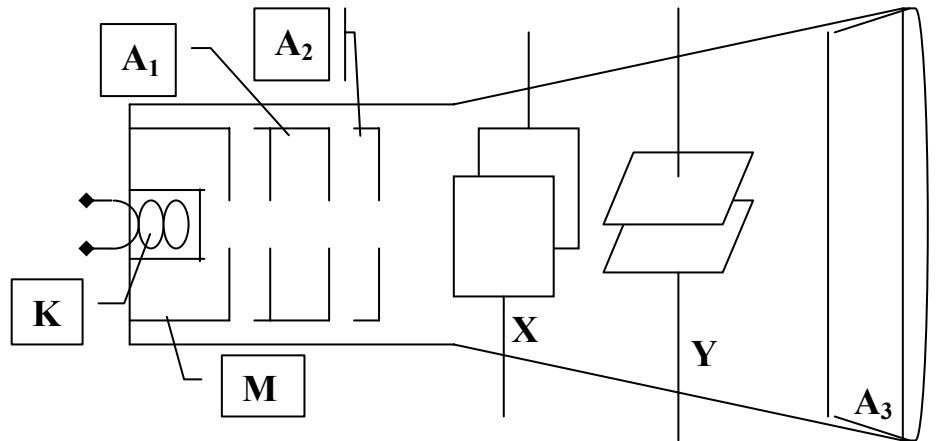
Можно показать, что $\chi = \frac{l_1 \cdot l_2}{2 \cdot d \cdot V_{A_2}}$, где l_1 – длина

пластин, l_2 – расстояние от центра пластин до экрана, d – расстояние между пластинами. V_{A_2} – напряжение на втором аноде.

Подробнее рассмотрим блок развертки.

Пилообразное напряжение, с помощью которого осуществляется равномерное во времени отклонение луча в горизонтальном направлении, вырабатывается генератором развертки.

Когда напряжение такой формы прикладывается к X пластинам, то за время U_p от $-U_0$ до U_0 луч равномерно движется по экрану слева направо (прямой ход развертки), а за время $\theta \ll T_p$, где T_p – период развертки, быстро возвращается в исходное положение (обратный ход). Через период T_p весь процесс повторяется.



Реальный вид развертки несколько отличается. Генератор основан на работе тиратрона, тогда реальная развертка имеет следующий вид:

Скачкообразное изменение частоты развертки $f_p = I/T_p$ осуществляется переключателем,

меняющим емкость конденсатора, через который разряжается тиратрон.

Существуют условия, при которых видна устойчивая осциллограмма. Это выполняется, когда: $T_p = n \cdot T_c$, где n – целое число, T_c – период сигнала, T_p – период развертки.

В общем виде неподвижность осциллограммы определяется уравнением: $m \cdot T_p = n \cdot T_c$, но здесь возможны наложения сигналов друг на друга.

Существует такой параметр, как время послесвечения трубки τ . Необходимое условие, чтобы увидеть картину на осциллографе: $\tau \gg T_p$. Обратный ход луча не виден, т.к. на модулятор электронно-лучевой трубки поступает отрицательное напряжение.

Практическая часть:

3) Уменьшение U_M приводит к размыванию линии осциллограммы, а уменьшение U_A к уменьшению яркости следа.

4) Поставим переключатель «Ослабление» в положение 1:1, а «Усиление» - крайнее правое положение.

Поставим частоту генератора $\nu_c = 1\text{КГц}$

Измерение χ вертикальных пластин:

При разных напряжениях исследуемого сигнала меряем высоту линии при выключенной развертке.

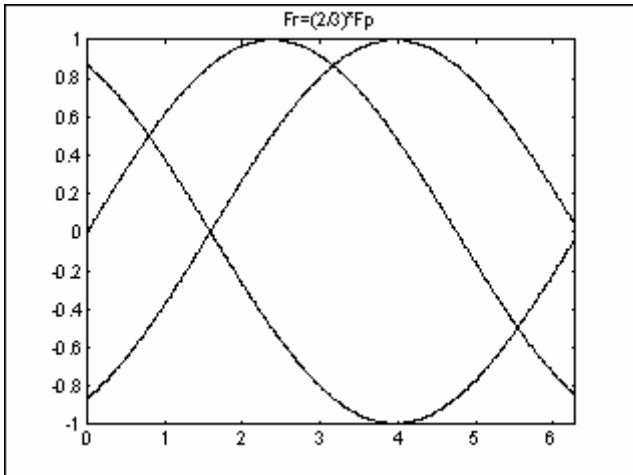
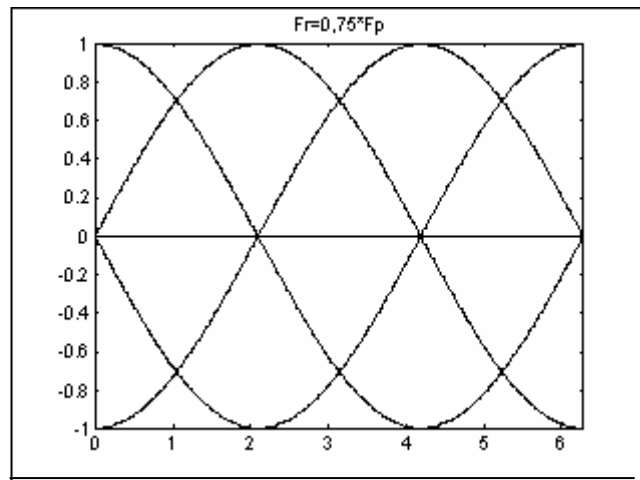
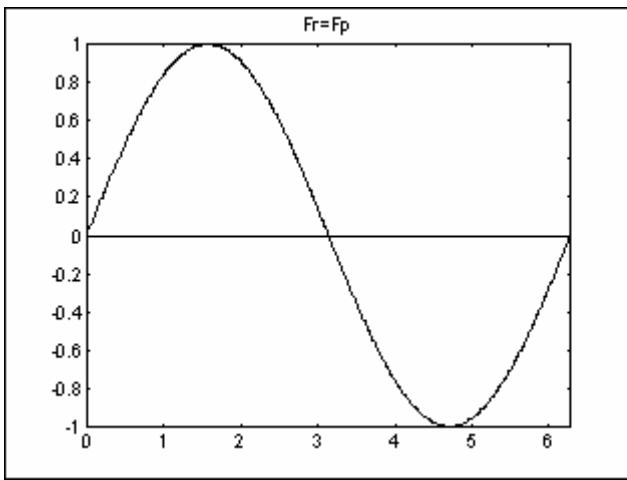
| № | U, В | 2h, мм | $\chi = \frac{h}{\sqrt{2}} \cdot U$ | χ_{cp} |
|---|------|--------|-------------------------------------|-------------|
| 1 | 15 | 44 | 1037,09 | 1048,8 7 |
| 2 | 8 | 24 | 1060,6 | |
| 3 | 10 | 29 | 1025,3 | |
| 4 | 12 | 36 | 1060,66 | |
| 5 | 14 | 42 | 1060,7 | |

Измерение χ вертикальных пластин:

| № | U, В | 2h, мм | $\chi = \frac{h}{\sqrt{2}} \cdot U$ | χ_{cp} |
|---|------|--------|-------------------------------------|-------------|
| 1 | 1,5 | 87 | 20,506 | 20,426 |
| 2 | 1,2 | 69 | 20,329 | |
| 3 | 1 | 57 | 20,162 | |
| 4 | 0,9 | 52 | 20,427 | |
| 5 | 0,7 | 42 | 20,708 | |

5) Получим устойчивые осциллограммы напряжений при $n \cdot f_p = m \cdot f_c$ для $\frac{n}{m} = 1$, $\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$,

$\frac{n}{m} = \frac{2}{3}$, $\frac{n}{m} = \frac{3}{4}$.



Теперь оценим время послесвечения трубки τ . Для этого получим развертку на самой низкой частоте. Затем будем увеличивать f_p до того момента, когда прекратится мигание осциллограммы. После того подадим на «у» пластины сигнал и получим 1 период колебаний. Тогда получили, что для $f = 55$ Гц можно найти период, следовательно $\tau = \frac{1}{55} = 0,01818$ сек.

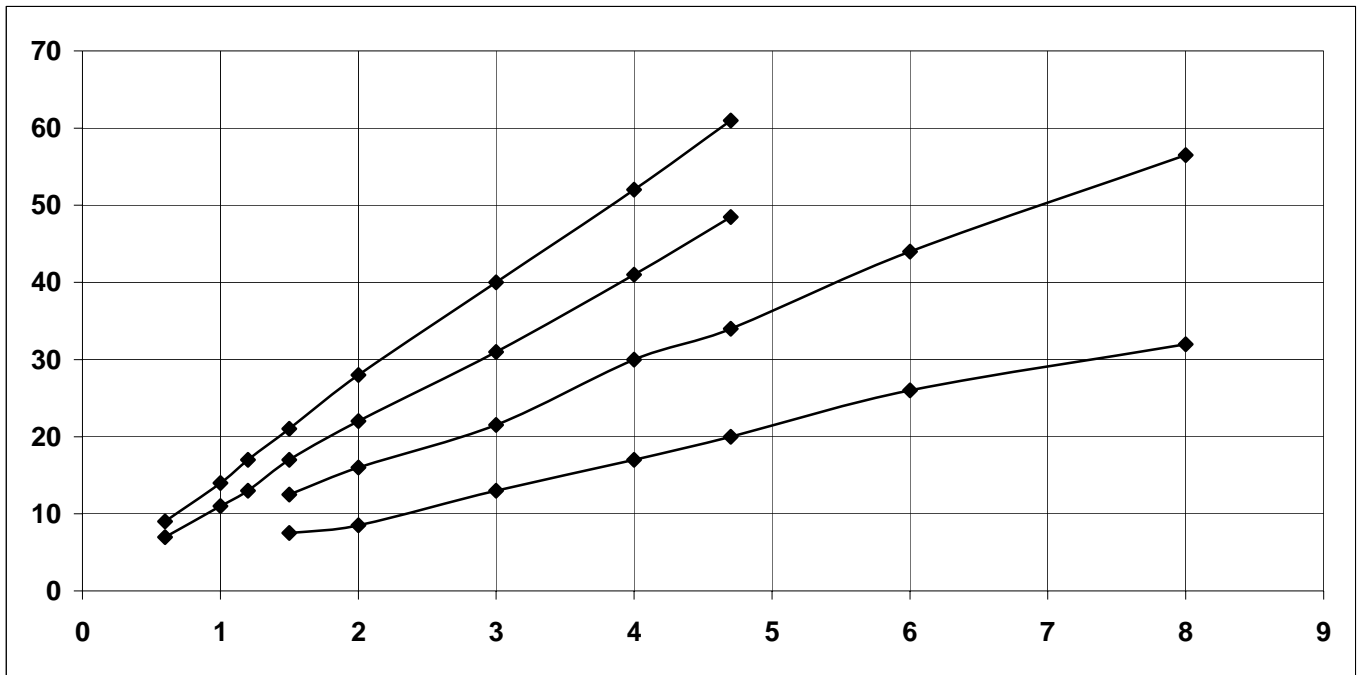
7) Подоем на внешнюю синхронизацию контрольный сигнал $f_k = 50$ Гц. При этом уменьшается мигание осциллограммы, картина более устойчивая. То есть, используя внешнюю синхронизацию мы получили более устойчивое изображение.

8) Оценим линейность вертикального усилителя. Поставим ослабление делителя 1:100. Получим зависимость отклонения луча от напряжения при положениях усилителя 3, 5, 7, 9.

| U, В | h3, мм | h5, мм | h7, мм | h9, мм |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 3 | 13 | 21,5 | 31 | 40 |
| 4 | 17 | 30 | 41 | 52 |
| 1,5 | 7,5 | 12,5 | 17 | 21 |
| 2 | 8,5 | 16 | 22 | 28 |
| 4,7 | 20 | 34 | 48,5 | 61 |
| 6 | 26 | 44 | | |
| 8 | 32 | 56,5 | | |
| 0,6 | | | 7 | 9 |
| 1 | | | 11 | 14 |
| 1,2 | | | 13 | 17 |

Построим график зависимости $h(U)$ для разных положений усилителя.

Из графика видно, что при увеличении усиления, сохраняется линейность зависимости $h(U)$.

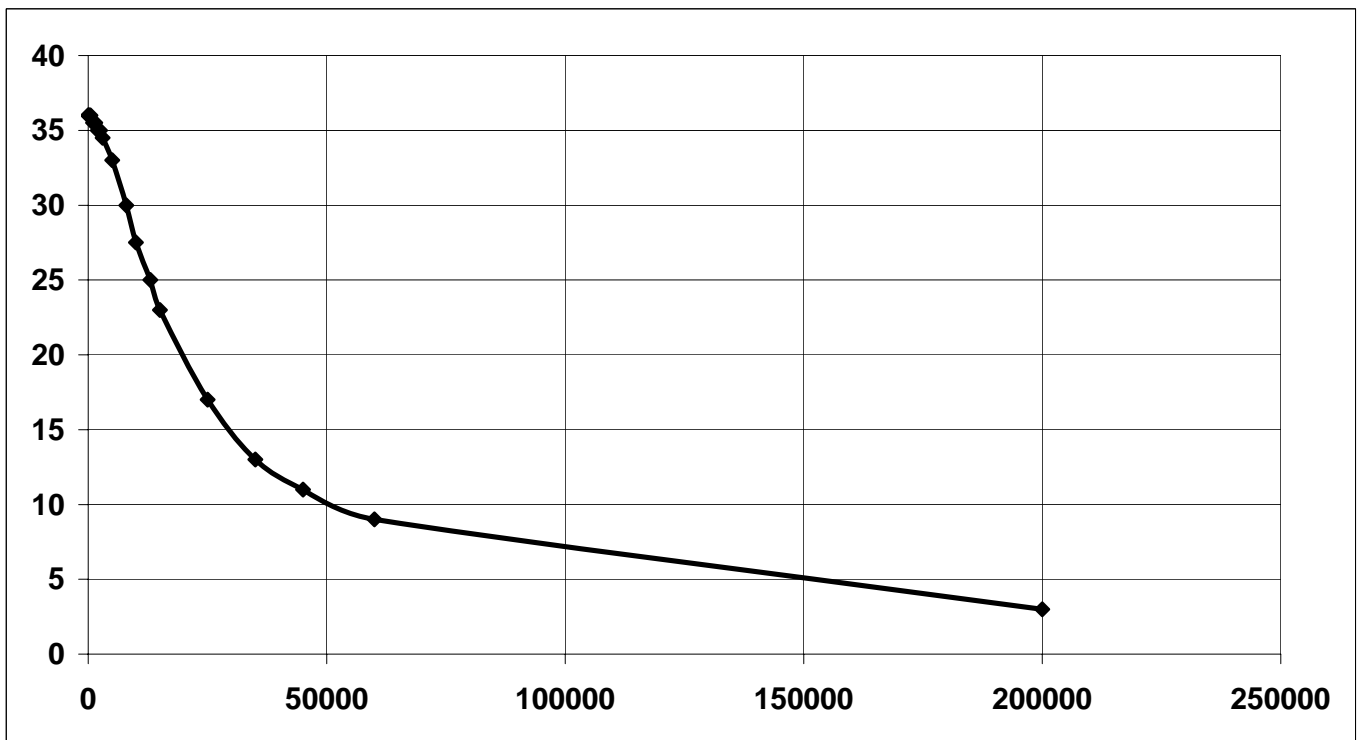


9) Для того, чтобы исследовать частотные свойства вертикального усилителя, снимем зависимость отклонения луча h от частоты f_c на всем диапазоне частотгенератора (при этом будем регулировать U_c).

| f_c , Гц | 2h, мм | f_c , Гц | 2h, мм | f_c , Гц | 2h, мм | f_c , Гц | 2h, мм |
|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| 20 | 72 | 1500 | 71 | 8000 | 60 | 35000 | 26 |
| 100 | 72 | 2000 | 70 | 10000 | 55 | 45000 | 22 |
| 200 | 72 | 2500 | 70 | 13000 | 50 | 60000 | 18 |
| 500 | 72 | 3000 | 69 | 15000 | 46 | 200000 | 6 |
| 1000 | 71 | 5000 | 66 | 25000 | 34 | | |

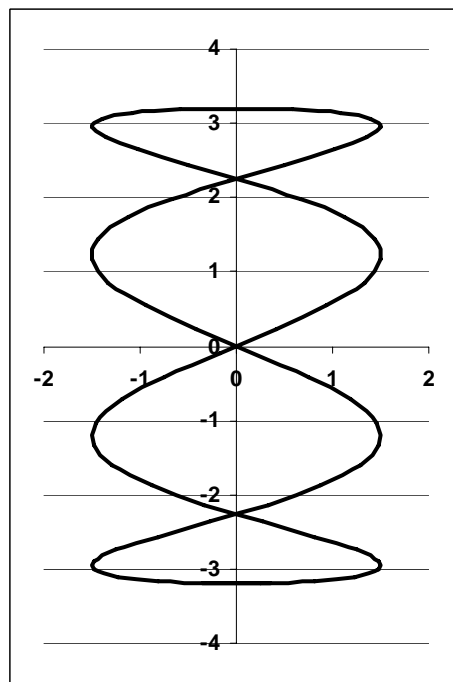
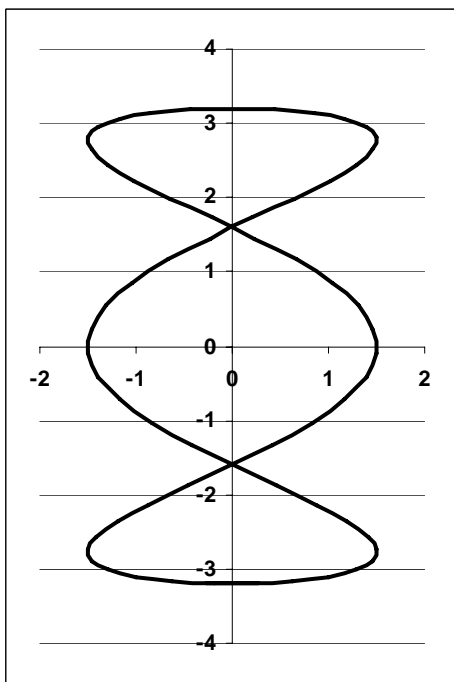
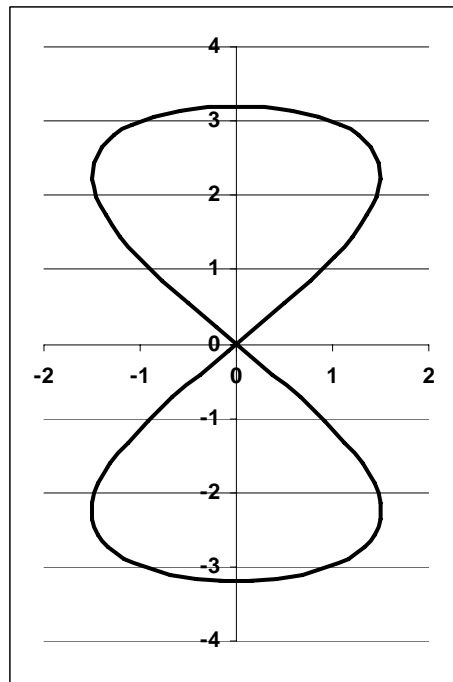
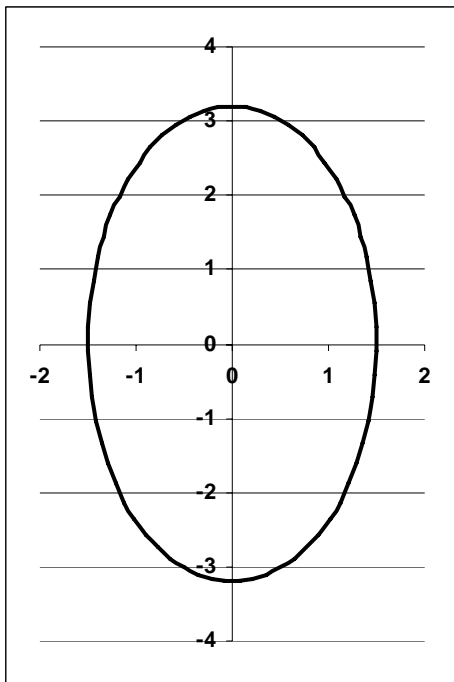
Из графика видно, что в области $f_c = 15 \cdot 10^3 - 35 \cdot 10^3$ Гц наблюдается изгиб в графике. Т.е. с увеличением f , h стремится

асимптотически к 0.



10) Подаем на «у» пластины осциллографа контрольный сигнал с генератора. Получим на экране фигуры Лиссажу при $n=1,2,3,4$.

Контрольный сигнал $f_k = 50\text{Гц}$.



Вывод: В ходе работы были проведены опыты по определению основных характеристик устройств осциллографа. Исследованы линейность и частотные свойства усилителя, чувствительность осциллографа и τ - время послесвечения. Были получены графики зависимостей $h(U)$, $h(f_c)$ и фигуры Лиссажу.