

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Отчёт по лабораторной работе №2-2

«ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ»

Выполнил студент:
Почерникова Елизавета Кирилловна
группа: 23.Б12-мм

Проверил:
Морозов Виктор Александрович

Санкт-Петербург, 2025 г.

Содержание

1	Введение	3
2	Основная часть	3
2.1	Теоретическая часть	3
2.2	Эксперимент	4
2.3	Обработка данных и обсуждение результатов	4
2.3.1	Исходный код	4
2.3.2	Таблицы	5
2.3.3	Графики	7
3	Выводы	8

1 Введение

Осциллограф — один из основных приборов для визуализации и измерения временных характеристик электрических сигналов. Он позволяет наблюдать форму сигнала, измерять его амплитуду, частоту и фазу.

В данной работе исследуется принцип работы электронно-лучевой трубки, определяются чувствительности отклоняющих пластин, а также измеряется частота сигнала с помощью фигур Лиссажу.

Цель работы

Ознакомление с принципом действия и устройством электронного осциллографа, исследование чувствительности отклоняющих пластин осциллографической трубки, а также наблюдение и анализ электрических сигналов с помощью осциллографа.

Решаемые задачи

1. Исследовать чувствительность пластин вертикального и горизонтального отклонения осциллографической трубки.
2. Наблюдать синусоидальное напряжение, поступающее с выхода генератора, с помощью осциллографа.
3. Получить фигуры Лиссажу на экране осциллографа и определить частоту исследуемого сигнала по этим фигурам.

2 Основная часть

2.1 Теоретическая часть

Основным элементом осциллографа является электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), в которой пучок электронов отклоняется электрическими полями между двумя парами пластин и попадает на экран с люминофорным покрытием. Направление и амплитуда отклонения зависят от напряжения, подаваемого на пластины.

При подаче постоянного напряжения пятно смещается, при переменном — образуется светящаяся линия. Чувствительность пластин (смещение на единицу напряжения) рассчитывается как:

$$S = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{L}{U_{\text{eff}}} \approx \frac{0,354 \cdot L}{U_{\text{eff}}},$$

где L — длина линии на экране, U_{eff} — эффективное значение синусоидального напряжения.

При подаче сигналов на обе пары пластин наблюдаются фигуры Лиссажу. Их форма определяется соотношением частот:

$$\frac{f_x}{f_y} = \frac{m}{n},$$

где m , n — число петель по вертикали и горизонтали. Это позволяет определить неизвестную частоту по известной.

Максимальный коэффициент усиления оценивается по формуле:

$$K = \frac{S_{\text{макс}}}{S_{\text{ПВО}}} \approx \frac{354}{0,55} \approx 644.$$

2.2 Эксперимент

Эксперимент состоит из трёх этапов:

1. **Измерение чувствительности пластин.** Подаются синусоидальные сигналы на вертикальные и горизонтальные пластины. Измеряется длина полосы и напряжение.
2. **Максимальная чувствительность входа Y .** При минимальном напряжении и максимальном усилении определяется чувствительность по входу.
3. **Фигуры Лиссажу.** На экран выводятся фигуры при подаче синусоидальных напряжений на обе пары пластин. Частота вычисляется по виду фигуры и известному значению частоты по другой оси.

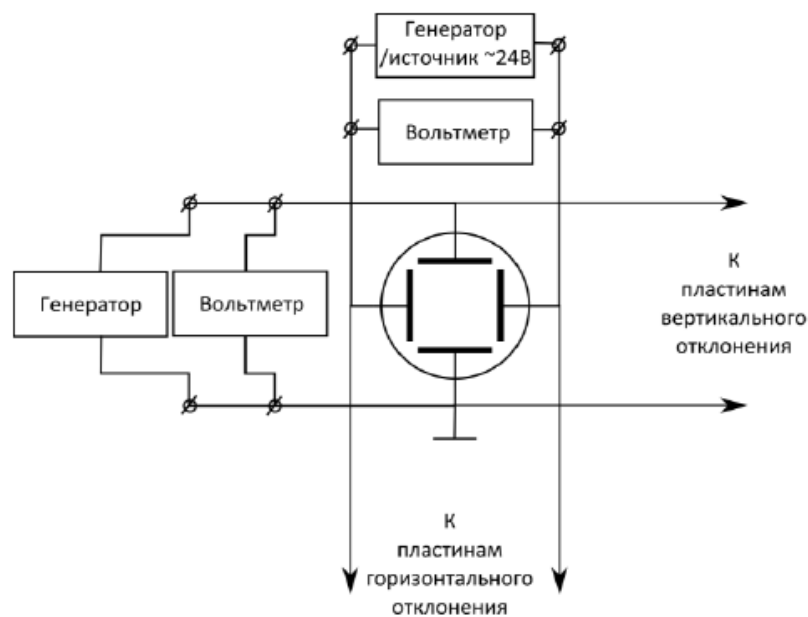


Рис. 1: Схема электрической цепи для исследования чувствительности пластин электронно-лучевой трубки и получения фигур Лиссажу

2.3 Обработка данных и обсуждение результатов

2.3.1 Исходный код

```
1 double calculateSensitivity(double L, double U_eff) {  
2     return (0.354 * L) / U_eff;  
3 }
```

Листинг 1: Функция расчёта чувствительности

```
1 for (auto& row : pvo) row.S = calculateSensitivity(row.L, row.U_eff);
```

Листинг 2: Для каждой строки всех таблиц рассчитывается чувствительность

```
1 void printTable(const std::vector<DataRow>& table, const std::string& title) {
2     std::cout << "\n" << title << ":\n";
3     std::cout << "L ()\tU_eff ()\tS (/)\n";
4     for (const auto& row : table) {
5         std::cout << std::fixed
6             << std::setprecision(2) << row.L << "\t"
7             << std::setprecision(3) << row.U_eff << "\t\t"
8             << std::setprecision(4) << row.S << "\n";
9     }
10 }
```

Листинг 3: Функция для вывода таблиц

2.3.2 Таблицы

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, U_{eff}	Чувствительность, S
(мм)	(В)	(мм/В)
10	6.46	0.5480
20	12.33	0.5742
30	18.14	0.5854
40	26.20	0.5405
50	34.30	0.5160

Таблица 1: Пластины вертикального отклонения(ПВО)

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, U_{eff}	Чувствительность, S
(мм)	(В)	(мм/В)
10	5.30	0.6679
20	10.80	0.6556
30	20.80	0.5106
40	27.70	0.5112
50	35.50	0.4986

Таблица 2: Пластины горизонтального отклонения(ПГО)

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, $U_{\text{эф}}$	Чувствительность, S
(мм)	(В)	(мм/В)
10	0.010	354.0000
20	0.020	354.0000
30	0.031	342.5806
40	0.047	301.2766
50	0.060	295.0000

Таблица 3: Максимальная чувствительность осциллографа

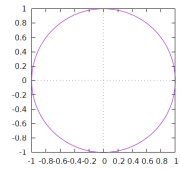
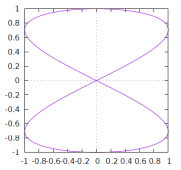
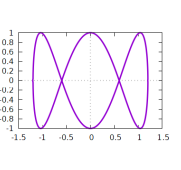
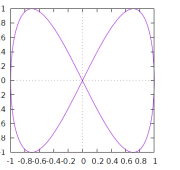
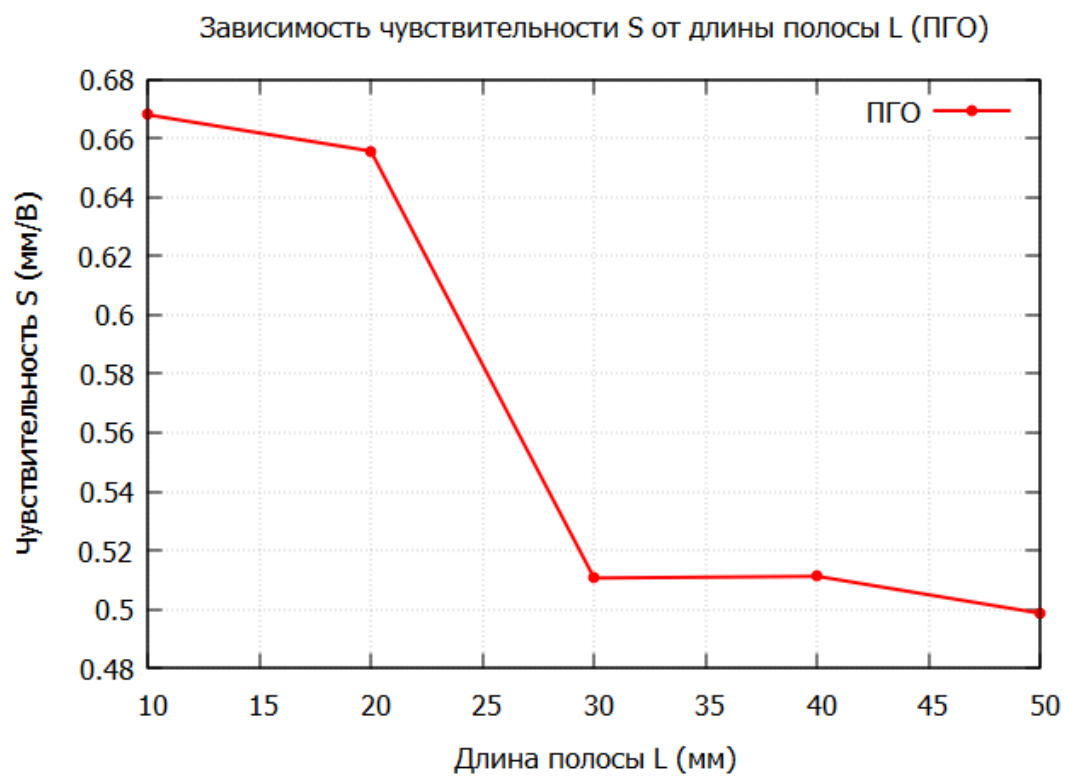
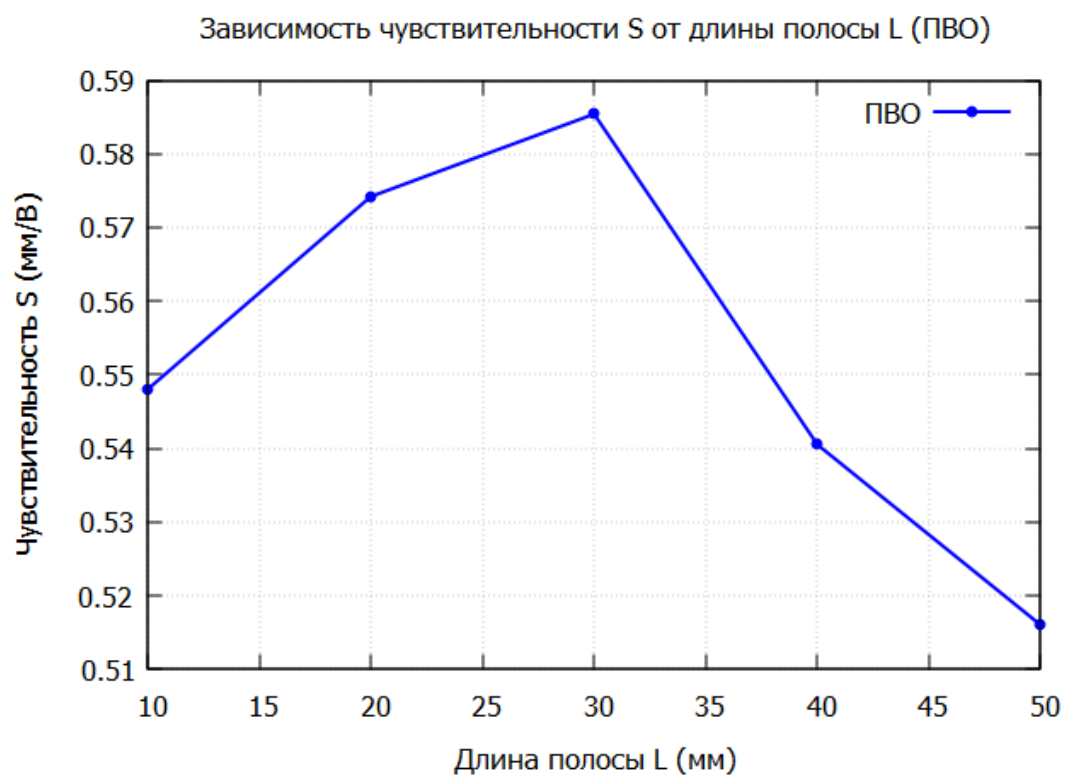
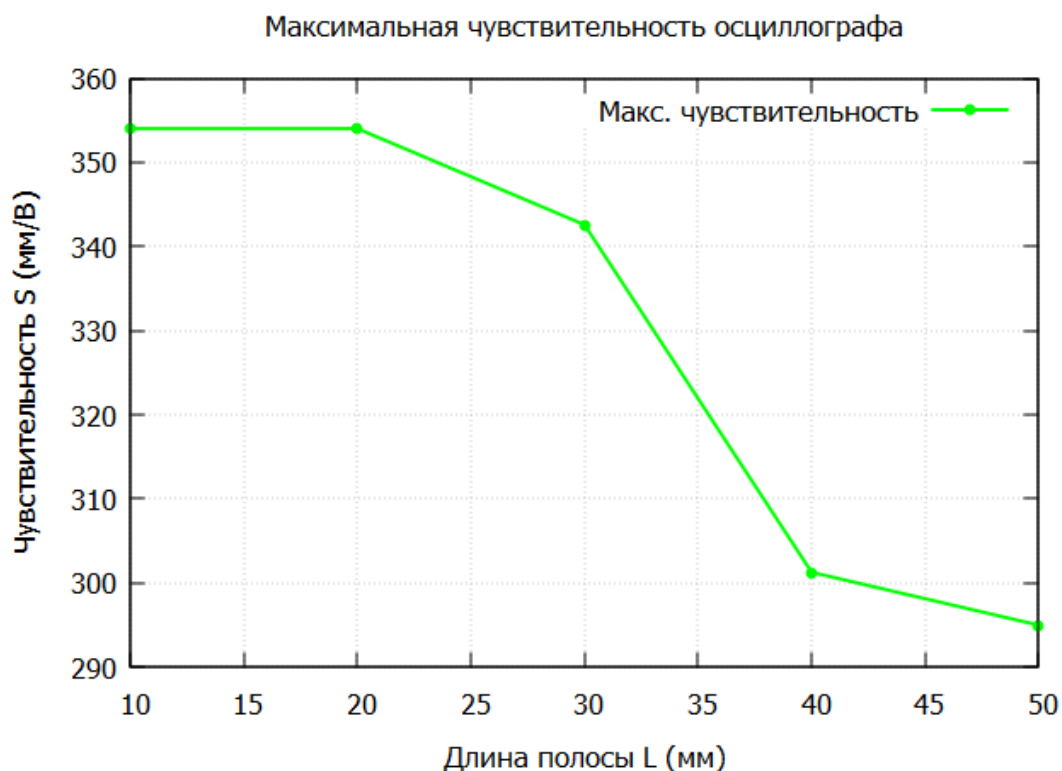
Вид фигуры Лиссажу				
Отношение частот $f_x : f_y$	1:1	2:1	1:3	1:2
Частота по лимбу генератора f_y , Гц	50	25	150	100
Исследуемая частота f_x , Гц	50	50	50	50

Таблица 4: Фигуры Лиссажу и параметры частот

2.3.3 Графики





3 Выводы

В работе исследованы характеристики электронного осциллографа и принцип действия электронно-лучевой трубки. Основные результаты:

- Чувствительность отклоняющих пластин определена как:

$$S_{\text{ПВО}} \approx 0.55 \text{ мм/В}, \quad S_{\text{ПГО}} \approx 0.56 \text{ мм/В}$$

Чувствительность сохранялась стабильной при различных напряжениях, что указывает на линейную зависимость смещения луча от подаваемого сигнала.

- Максимальная чувствительность по входу Y составила:

$$S_{\text{макс}} \approx 354 \text{ мм/В}$$

при минимальном напряжении и максимальном усилении.

- Частота сигнала определена по фигурам Лиссажу. При соотношениях $f_x : f_y = 1 : 1, 2 : 1, 1 : 2, 1 : 3$ получены устойчивые изображения, соответствующие $f_x = 50 \text{ Гц}$, что совпадает с заданным значением.
- Работа позволила на практике освоить управление ЭЛТ, методы измерения амплитуды и частоты сигналов, а также технику построения фигур Лиссажу.