

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:

Евсеева Полина Валерьевна

группа: 23.C02-мм

Проверил:

к.ф.-м.н., доцент

Кац Виктор Михайлович

Санкт-Петербург, 2025 г.

Содержание

1	Введение	2
1.1	Цель работы	2
1.2	Решаемые задачи	2
2	Основная часть	2
2.1	Теоретическая часть	2
2.2	Эксперимент	2
2.3	Обработка данных и обсуждение результатов	4
	Исходный код	4
	Таблицы	6
	Графики	6
3	Вывод	8

1 Введение

1.1 Цель работы

Целью данной лабораторной работы является исследование и анализ характеристик чувствительности осциллографа, а также изучение фигур Лиссажу для разных отношений частот. В процессе работы будет выполнен расчет максимальной чувствительности, коэффициента усиления, а также проведены эксперименты для определения отклонений и их влияния на точность измерений.

1.2 Решаемые задачи

1. Исследовать чувствительность пластин вертикального и горизонтального отклонений осциллографической трубки.
2. Наблюдать с помощью осциллографа синусоидальное напряжение, полученное с выхода генератора.
3. Получить фигуры Лиссажу и определить частоту исследуемого напряжения по фигурам Лиссажу.

2 Основная часть

2.1 Теоретическая часть

Измерения Чувствительность горизонтальных и вертикальных пластин измеряется по формуле:

$$S = \frac{L}{2\sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}} \quad (1)$$

где

- S — чувствительность (мм/В),
- L — длина одного деления экрана осциллографа,
- U_{eff} — эффективное напряжение.

2.2 Эксперимент

Для получения термоэлектронной эмиссии катод трубки нагревают, подавая на нагреватель катода переменное напряжение. Вылетевшие из катода электроны ускоряются электрическим полем и движутся по направлению к аноду. По пути они пролетают через фокусирующий электрод, который собирает вылетевшие электроны в пучок, образуя электронный луч, который проходит

между отклоняющими пластинами двух взаимно перпендикулярных плоских конденсаторов. Если в конденсаторах создать электрическое поле, то первый конденсатор С1 может отклонять луч в одном направлении, а второй конденсатор С2 – в перпендикулярном. Пройдя отклоняющие пластины конденсаторов, электронный луч попадает в широкую часть трубки. Экран электронно-лучевой трубки покрывается веществом, которое светится под действием электронного пучка. В результате на экране видно светящееся пятно F. При правильно подобранных напряжениях на катоде, аноде и фокусирующем электроде это пятно имеет размеры порядка 1 мм в диаметре.

Рис. 1. Схема установки



Рис. 2. Фотография установки - осциллограф

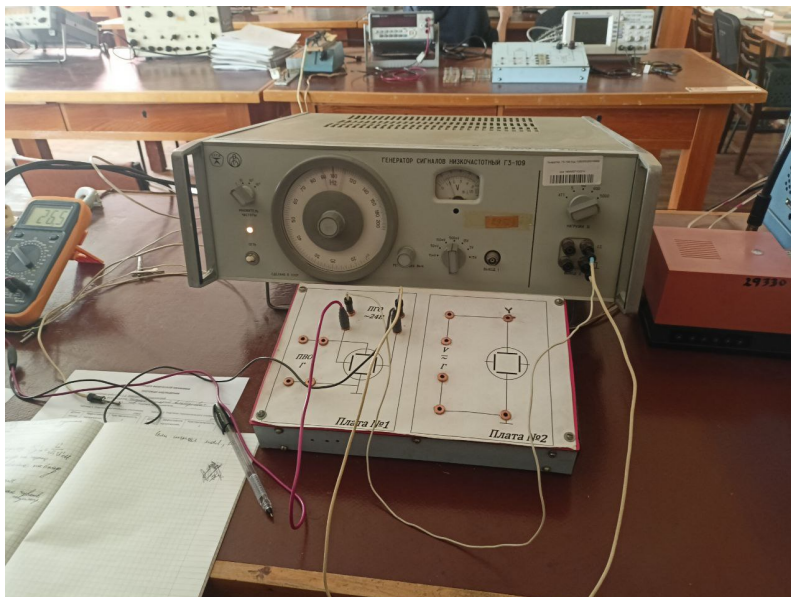


Рис. 3. Фотография установки - генератор сигналов

2.3 Обработка данных и обсуждение результатов

Исходный код

Для написания программы, вычисляющей все требуемые данные, используется язык C++; среда разработки - Visual Studio.

Программа на C++ выполняет следующие задачи:

1. Читает данные из трех файлов: `Ueff_vertical.txt`, `Ueff_horizontal.txt`, `Ueff_max.txt`, содержащих значения напряжений U_{eff} .
2. Рассчитывает чувствительность S по формуле:

$$S = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{eff}}$$

где L — длина, а U_{eff} — значение напряжения для каждой точки.

3. Проверяет соответствие размеров массивов данных. В случае несоответствия выбрасывает исключение.
4. Выводит результаты вычислений в консоль для вертикальных и горизонтальных данных и записывает результаты для данных из `Ueff_max.txt` в файл `output_max.txt`.
5. Обрабатывает ошибки, такие как невозможность открыть файл или несоответствие размеров данных.
6. Устанавливает кодировку консоли в UTF-8 для корректного отображения символов.

Листинг 1. Функция считывания данных из файла

```
1 std::vector<double> readData(const std::string& filename) {  
2     std::ifstream file(filename);  
3     if (!file.is_open()) {  
4         throw std::runtime_error("Не удалось открыть файл " + filename);  
5     }  
6  
7     std::vector<double> data;  
8     double value;  
9     while (file >> value) {  
10         data.push_back(value);  
11     }  
12  
13     return data;  
14 }
```

Листинг 2. Функция расчета чувствительности

```
1 std::vector<double> calculateSensitivity(const std::vector<double>& L,  
2     const std::vector<double>& Ueff) {  
3     std::vector<double> sensitivity;  
4  
5     for (size_t i = 0; i < L.size(); ++i) {  
6         double S = L[i] / (2 * std::sqrt(2) * Ueff[i]);  
7         sensitivity.push_back(S);  
8     }  
9  
10    return sensitivity;  
11 }
```

Листинг 3. Функция для вычисления среднего значения

```
1 double mean(const vector<double>& data) {  
2     double sum = 0.0;  
3     for (double value : data) {  
4         sum += value;  
5     }  
6     return sum / data.size();  
7  
8     // Функция для вычисления стандартного отклонения деление( на  $n(n-1)$ )  
9     double standard_deviation(const vector<double>& data) {  
10         double avg = mean(data);  
11         double sum_squared_diff = 0.0;  
12  
13         // Суммируем квадраты отклонений  
14         for (double value : data) {  
15             sum_squared_diff += pow(value - avg, 2);  
16         }  
17  
18         // Стандартное отклонение деление( на  $n(n-1)$ )  
19         return sqrt(sum_squared_diff / (data.size() * (data.size() - 1)));  
20     }
```

Таблицы

Длина линии на экране, L (мм)	Эффективное напряжение, U_{eff} (В)	Чувствительность, S (мм/В)
10	4,5	0,785674
20	10,9	0,648722
30	17,5	0,606092
40	23,5	0,601793
50	31,6	0,55942

Таблица 1. Опытные данные и чувствительность пластин вертикального отклонения (ПВО)

Длина линии на экране, L (мм)	Эффективное напряжение, U_{eff} (В)	Чувствительность, S (мм/В)
10	3	1,17851
20	8,5	0,83189
30	13,7	0,774205
40	20,2	0,700106
50	26,5	0,667082

Таблица 2. Опытные данные и чувствительность пластин горизонтального отклонения (ПГО)

Длина линии на экране, L (мм)	Эффективное напряжение, U_{eff} (В)	Чувствительность, S (мм/В)
10	0,073	48,432
20	0,12	58,9256
30	0,196	54,1153
40	0,351	40,291

Таблица 3. Максимальная чувствительность осциллографа

Вид фигуры Лиссажу	о	8	ooo	oo
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. Таблица исследования фигур Лиссажу

Графики

Из графиков ПВО и ПГО видим, что ПВО в диапазоне 10,9 – 31,6, ПГО в диапазоне 8,5-26,5 находятся в зоне постоянной чувствительности. Вычислим значения как средние арифметические трех соответствующих измерений, и погрешность как стандартную погрешность этих измерений.

$$S_y = 0.64034 \text{ мм/В}$$

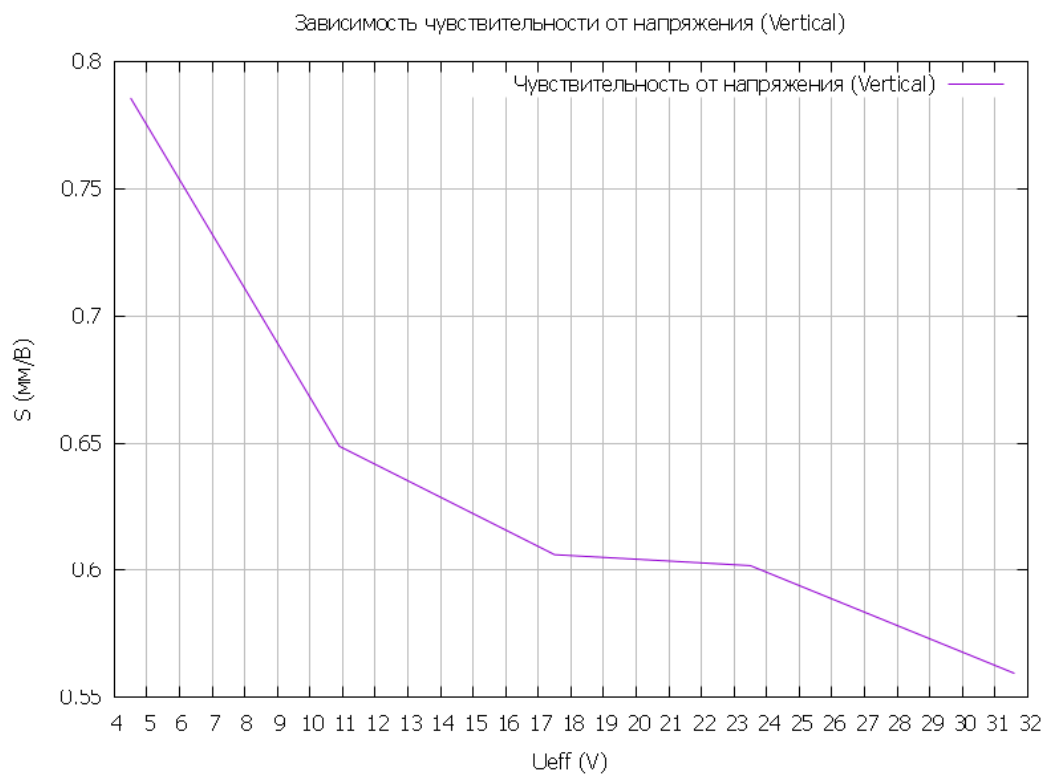


Рис. 4. Зависимость чувствительности пластин вертикального отклонения от напряжения

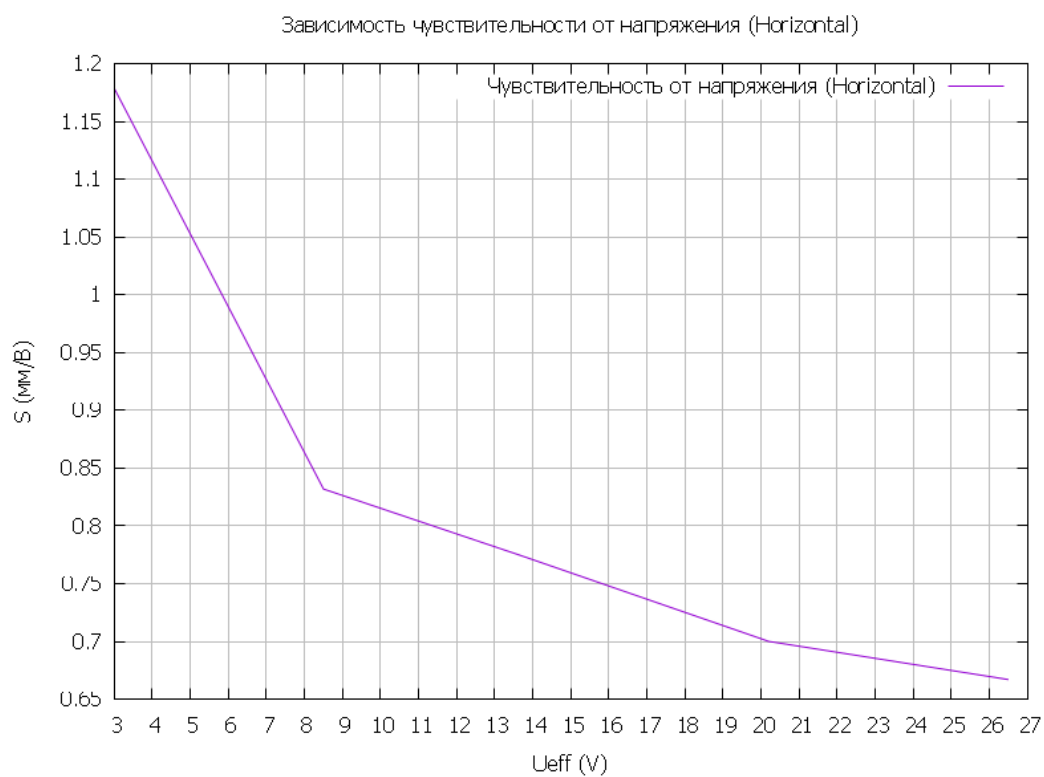


Рис. 5. Зависимость чувствительности пластин горизонтального отклонения от напряжения

$$S_x = 0.830359 \text{ мм/В}$$

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n(n-1)}}$$

Таким образом:

$$\Delta S_y = 0.0389866 \text{ мм/В}, \quad \Delta S_x = 0.0916488 \text{ мм/В}$$

Максимальный коэффициент усиления:

$$K_{\max} = \frac{S}{S_y} = 92.022$$

3 Вывод

Были исследованы чувствительности пластин вертикального и горизонтального отклонений осциллографической трубки. При синусоидальном напряжении были получены различные неподвижные фигуры Лиссажу, вычислено среднее напряжение, равное $50 \pm 0,5$ Гц.

Список литературы

[1] https://github.com/st106773/Workshop2_2