

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:

Голубев Григорий Альбертович

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	5
	Исходный код	5
	Таблицы	8
	Графики	9
3	Вывод	11

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

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.

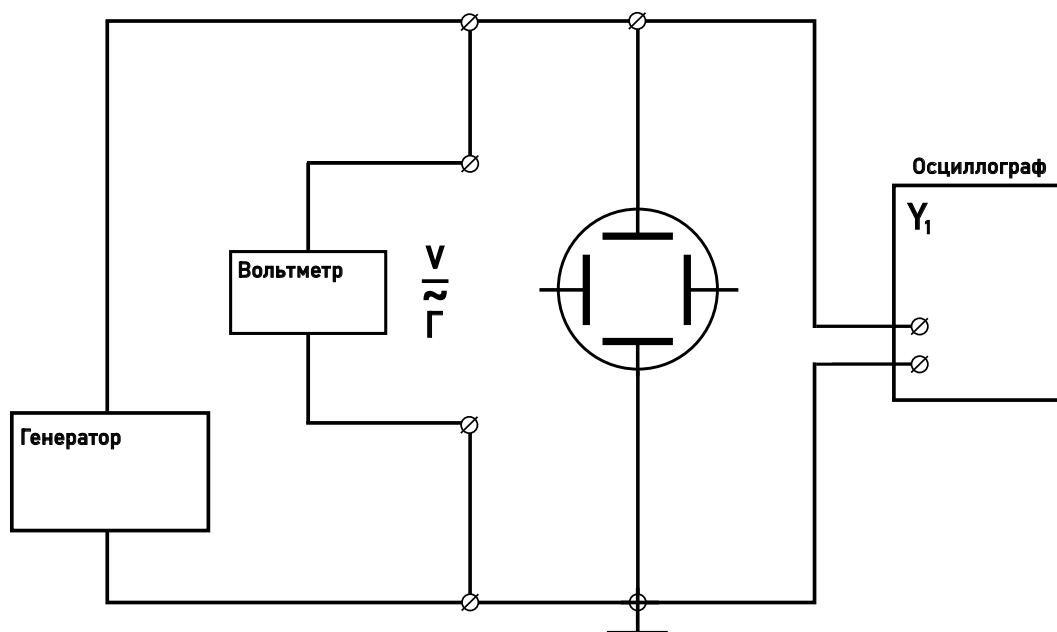


Рис. 1. Схема установки

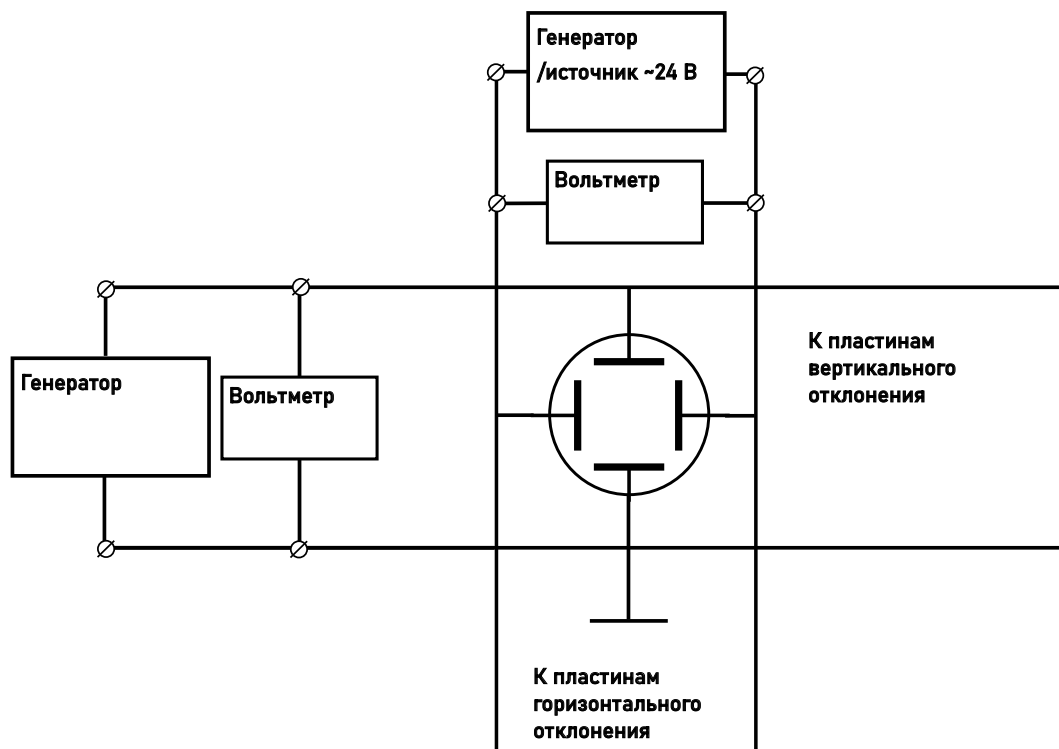


Рис. 2. Схема установки

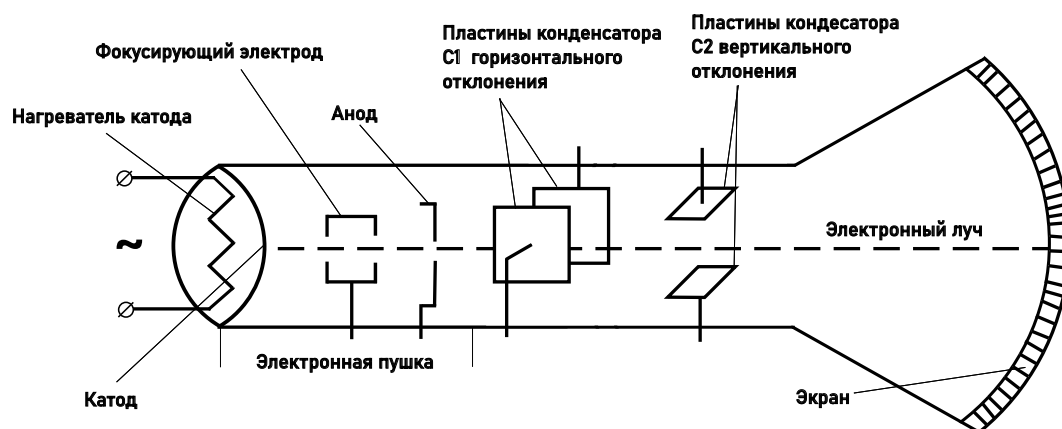


Рис. 3. Схема установки



Рис. 4. Фотография установки - осциллограф

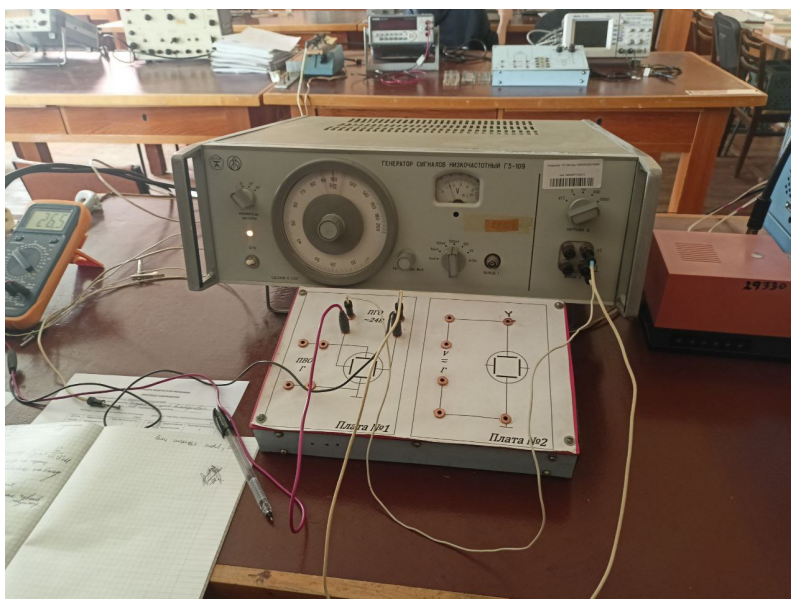


Рис. 5. Фотография установки - генератор сигналов

2.3 Обработка данных и обсуждение результатов

Исходный код

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

Данная программа на языке C++ предназначена для расчета чувствительности на основе данных, прочитанных из файлов. Чувствительность вычисляется по формуле

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

где (L) и (U) - входные данные, считываемые из текстовых файлов. Программа обрабатывает три набора данных: вертикальные, горизонтальные и данные максимальных значений. Результаты расчета чувствительности выводятся на экран и сохраняются в текстовый файл. Программа выполняет следующие шаги:

1. Чтение данных из текстовых файлов.
2. Расчет чувствительности для каждого набора данных.
3. Вывод результатов расчета чувствительности на экран.
4. Запись результатов расчета чувствительности в файл.

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>& U)
3 {
4     std::vector<double> sensitivity;
5
6     for (size_t i = 0; i < L.size(); ++i)
7     {
8         double S = L[i] / (2 * std::sqrt(2) * U[i]);
9         sensitivity.push_back(S);
10     }
11
12     return sensitivity;
13 }
```

Листинг 3. Функция для вычисления среднего значения

```
1 double computeAverage(const std::vector<double>& inputData)
2 {
3     double totalSum = 0.0;
```

```

4     for (double num : inputData)
5     {
6         totalSum += num;
7     }
8     return totalSum / inputData.size();
9 }
10
11 // Функция расчета стандартного отклонения
12 double calculateStdDev(const std::vector<double>& dataVector)
13 {
14     double meanValue = computeAverage(dataVector);
15     double squaredDiffsTotal = 0.0;
16
17     for (double val : dataVector) {
18         squaredDiffsTotal += std::pow(val - meanValue, 2);
19     }
20
21     return std::sqrt(squaredDiffsTotal / (dataVector.size() * (
22         dataVector.size() - 1)));

```


Таблицы

Таблица 1. Результаты наблюдений, расчет чувствительности для ПВО

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, U_{eff}	Чувствительность, S
мм	В	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 2. Результаты наблюдений, расчет чувствительности для ПГО

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, U_{eff}	Чувствительность, S
мм	В	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 3. Максимальная чувствительность осциллографа

Длина линии на экране, L	Эффективное напряжение, U_{eff}	Чувствительность, S
мм	В	мм/В
10	0,073	48.432
20	0,12	58.9256
30	0,196	54.1153
40	0,351	40.291

Таблица 4. Таблица исследования фигур Лиссажу

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

Графики

Исходя из графиков ПВО и ПГО, можно заключить, что в диапазонах 10,9 – 31,6 (ПВО) и 8,5 – 26,5 (ПГО) приборы демонстрируют стабильную чувствительность. Для более точной оценки значений в этих зонах рассчитаем среднее арифметическое значение по трем соответствующим измерениям, а погрешность определим как стандартную ошибку этого среднего.

$$S_y = 0.64034 \text{ мм/В}$$

$$S_x = 0.830359 \text{ мм/В}$$

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

Таким образом:

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

Максимальный коэффициент усиления:

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

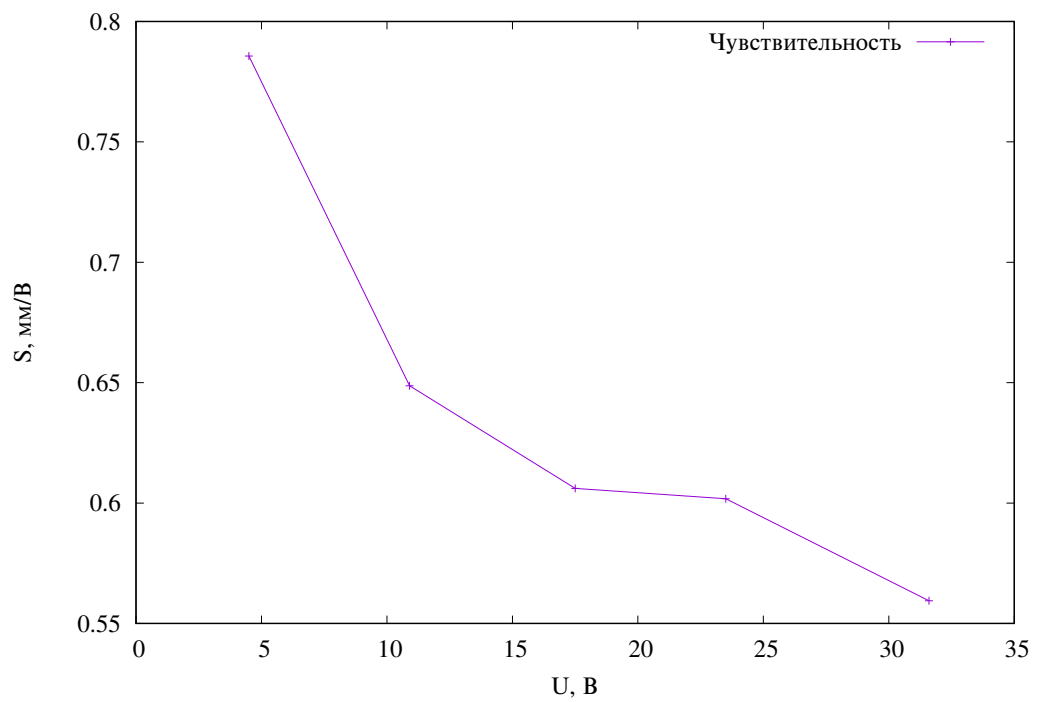


Рис. 6. Зависимость чувствительности пластин вертикального отклонения от напряжения

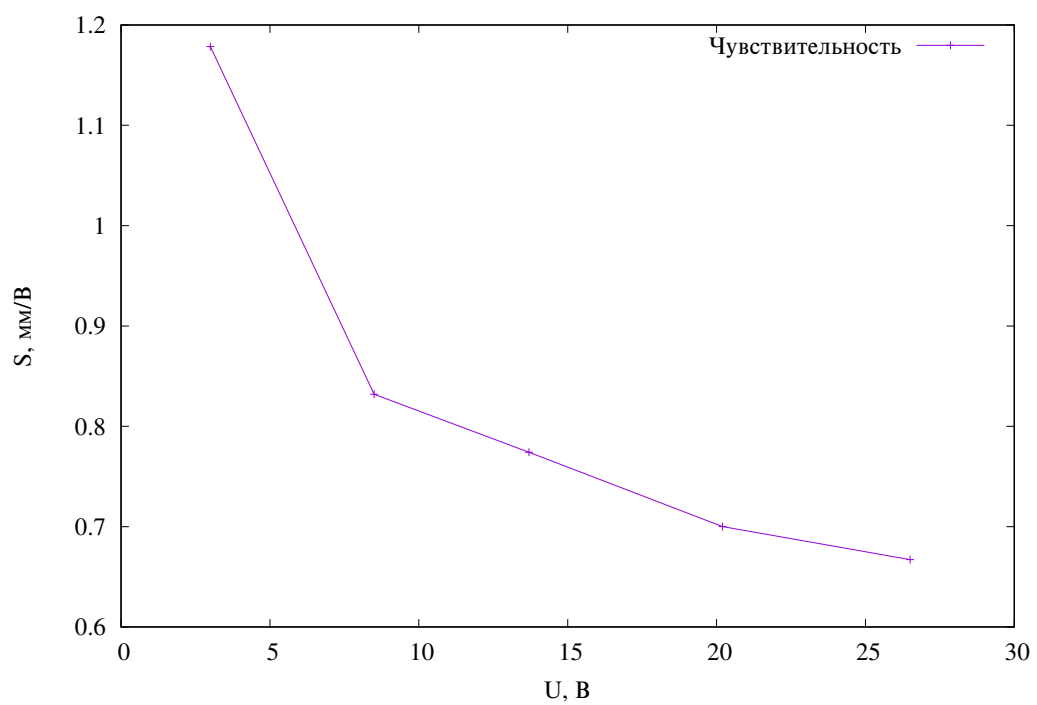


Рис. 7. Зависимость чувствительности пластин горизонтального отклонения от напряжения

3 Вывод

С использованием синусоидального напряжения на экране осциллографа были получены стационарные фигуры Лиссажу. Чувствительность вертикальных и горизонтальных отклоняющих пластин осциллографа была определена с помощью фигур Лиссажу. Частота исследуемого напряжения, вычисленная на основе этих фигур, составила $50 \pm 0,5$ Гц.

Список литературы

[1] <https://github.com/st117210/Workshop2.git>