

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:

Самохин Павел Константинович
группа: 23.Б12-мм

Проверил:

к.ф.-м.н., доцент, профессор
Морозов Виктор Александрович

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	7
	Графики	8
3	Вывод	9

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 катode, аноде и фокусирующем электроде это пятно имеет размеры порядка 1 мм в диаметре.

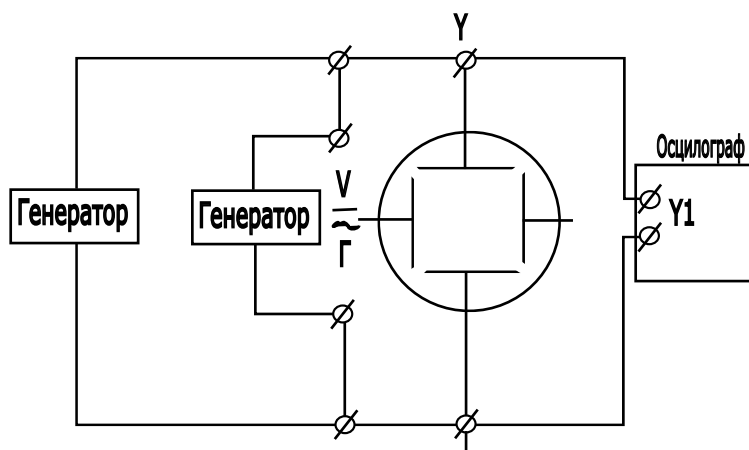


Рис. 1. Схема электрических цепей установки

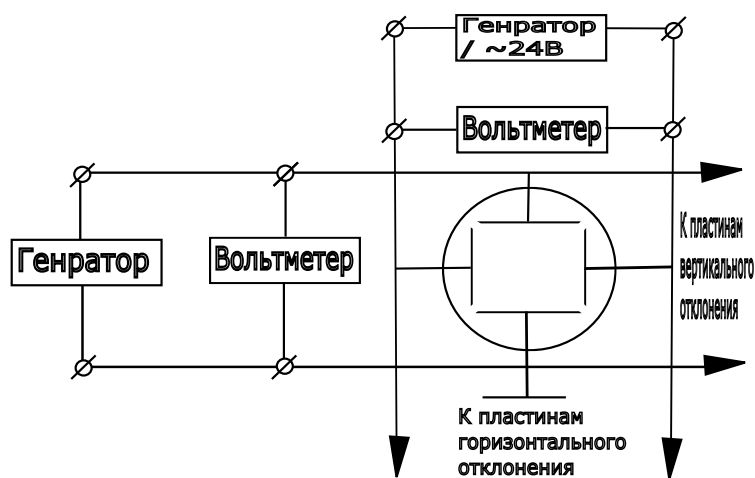


Рис. 2. Блок-схема установки

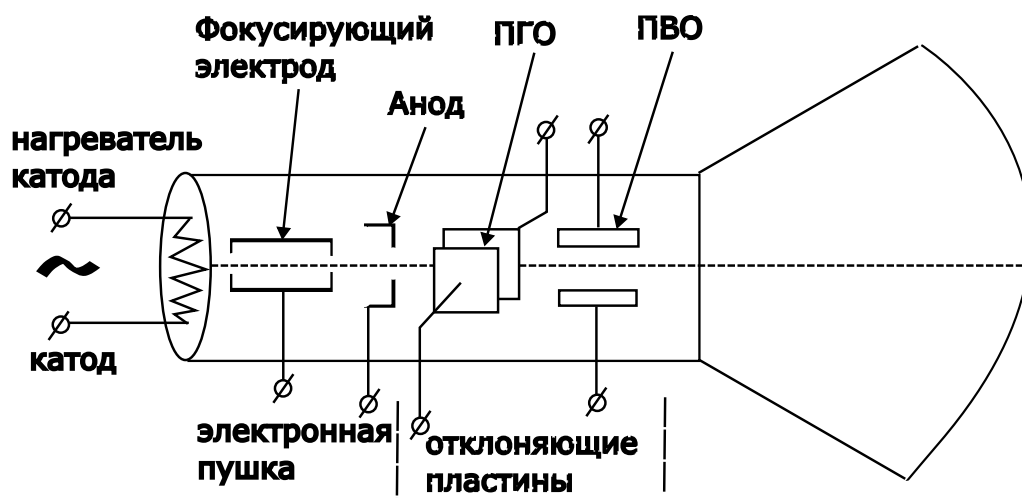


Рис. 3. Схема установки



Рис. 4. Фотография установки - осциллограф

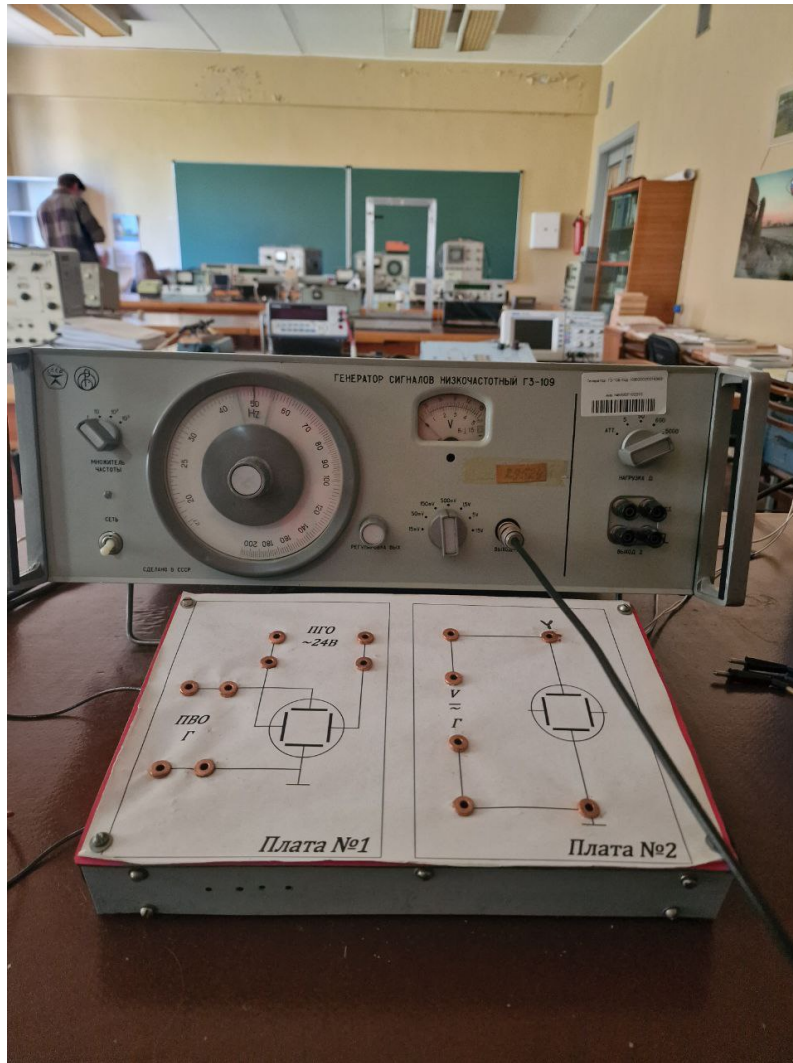


Рис. 5. Фотография установки - генератор сигналов и макетная плата

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. Выводит результаты вычислений в консоль для вертикальных и горизонтальных данных и записывает результаты для данных из `Ueff_max.txt` в файл `output.txt`.

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 }
```

```

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	6,21	0,57
20	12,09	0,58
30	19,13	0,55
40	25,00	0,57
50	30,60	0,58

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	4,17	0,85
20	9,25	0,76
30	16,07	0,66
40	20,90	0,68
50	27,20	0,65

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	0,012	294,628
20	0,025	282,843
30	0,039	271,964
40	0,053	266,833
50	0,073	242,160

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

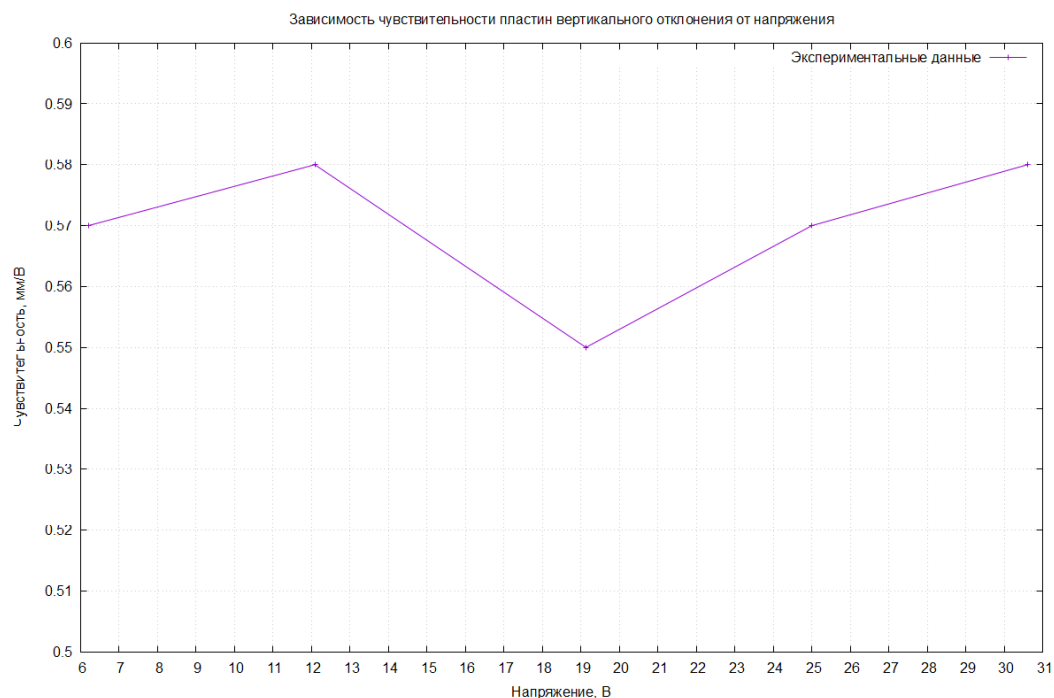


Рис. 6. Зависимость чувствительности пластин вертикального отклонения от напряжения

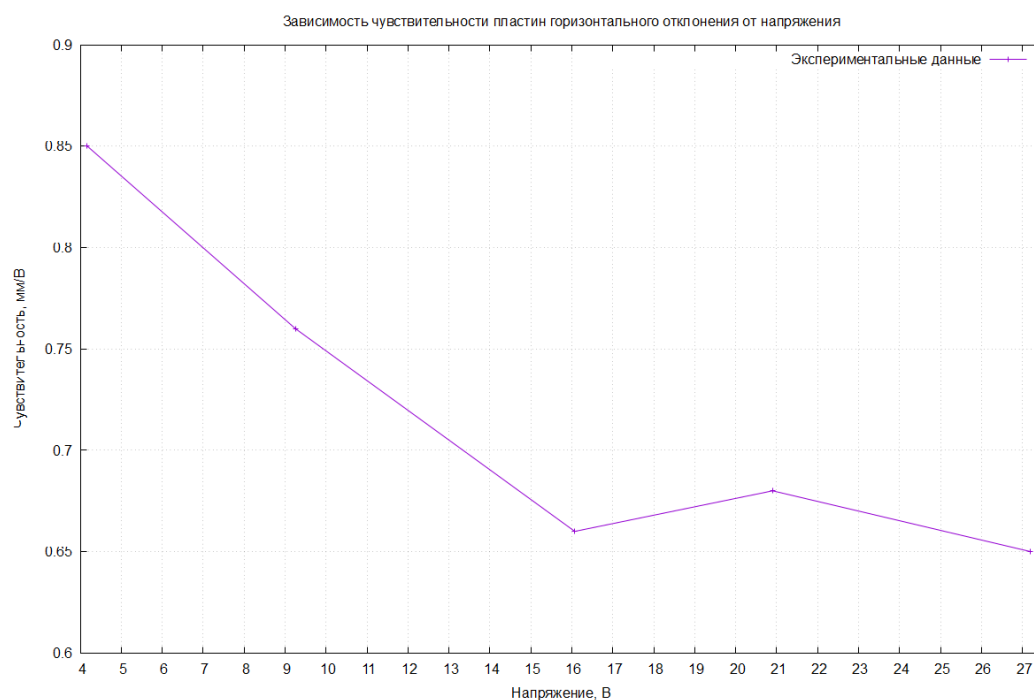


Рис. 7. Зависимость чувствительности пластин горизонтального отклонения от напряжения

Графики

Из графиков ПВО и ПГО видим, что ПВО в диапазоне 6 – 31, ПГО в диапазоне 15-28 находятся в зоне постоянной чувствительности. Вычислим значения как средние арифметические соответствующих измерений, и погрешность как

стандартную погрешность этих измерений.

$$S_y = 0.720 \text{ мм/В}$$

$$S_x = 0.571 \text{ мм/В}$$

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

Таким образом:

$$\Delta S_y = 0.038 \text{ мм/В}, \quad \Delta S_x = 0.007 \text{ мм/В}$$

Максимальный коэффициент усиления:

$$K_{\max} = \frac{S}{S_y} = 409.206$$

Тогда значения:

$$S_x = (0.571 \pm 0.007)/$$

$$S_y = 0.720 \pm 0.038)/$$

3 Вывод

В ходе эксперимента проведено исследование чувствительности пластин вертикального и горизонтального отклонений осциллографической трубки. При подаче синусоидального напряжения наблюдались устойчивые фигуры Лиссажу, анализ которых позволил определить частоту сигнала. Среднее значение напряжения составило $50 \pm 0,5$ Гц, что соответствует ожидаемым параметрам в рамках заданной погрешности.

Полученные результаты подтверждают работоспособность методики и демонстрируют возможность использования осциллографической трубки для точных измерений параметров электрических сигналов.

Список литературы

- [1] https://github.com/st117168/2025-4sem-Measurement_methods/tree/main/Workshop2