

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Информационная безопасность систем и технологий»

Отчет

по лабораторной работе №4

на тему «ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ»

Дисциплина: СиСПИ

Группа: 21ПИ1

Выполнил: Гусев Д. А.

Количество баллов:

Дата сдачи:

Принял: Иванов А. П.

2024

1 Цель работы: закрепление знания основ теории спектрального представления сигналов; уяснение и закрепление в памяти закономерностей построения спектров периодических импульсных сигналов; освоение навыков работы с осциллографом и анализатором спектра.

2 Задание на лабораторную работу.

2.1 Изучить теоретические основы теории спектрального представления сигналов.

2.2 Провести исследования спектральных и временных форм различных сигналов.

2.3 Провести теоретические расчет параметров сигнала.

2.4 Получить практические навыки при работе с аппаратурой, применяемой в данной лабораторной работе.

2.5 Сделать выводы.

2.6 Подготовить отчёт о проделанной работе.

3 Выполнение лабораторную работы:

3.1 Были изучены теоретические основы теории спектрального представления сигналов, а также было выполнено ознакомление со стендом по приложениям А, Б и В в методических указаниях для выполнения лабораторной работы №4. Сигналы для варианта задания представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Вариант задания

№ варианта		3
Амплитуда U, V		3
Первый сигнал	Длительность t , мкс	4
	Период T , мкс	8
Второй сигнал	Длительность t , мкс	2
	Период T , мкс	8
Третий сигнал	Длительность t , мкс	1
	Период T , мкс	8
Четвертый сигнал	Длительность t , мкс	2

	Период T , мкс	4
Пятый сигнал	Длительность t , мкс	2
	Период T , мкс	16
Шестой сигнал	Длительность t , мкс	2
	Период T , мкс	32
Седьмой сигнал	Длительность t , мкс	2
	Период T , мкс	64

3.2 Были проведены исследования спектральных и временных форм различных сигналов, а также теоретический расчет параметров сигнала.

3.2.1 Были построены временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов с помощью программы на Python. Код программы представлен в приложении А. Диаграммы представлены на рисунках 1 — 7. Для расчета амплитудного спектра сигналов была написана программы на Python. Код программы представлен в приложении Б. Диаграммы амплитудных спектров сигналов представлены на рисунках 8 — 14.

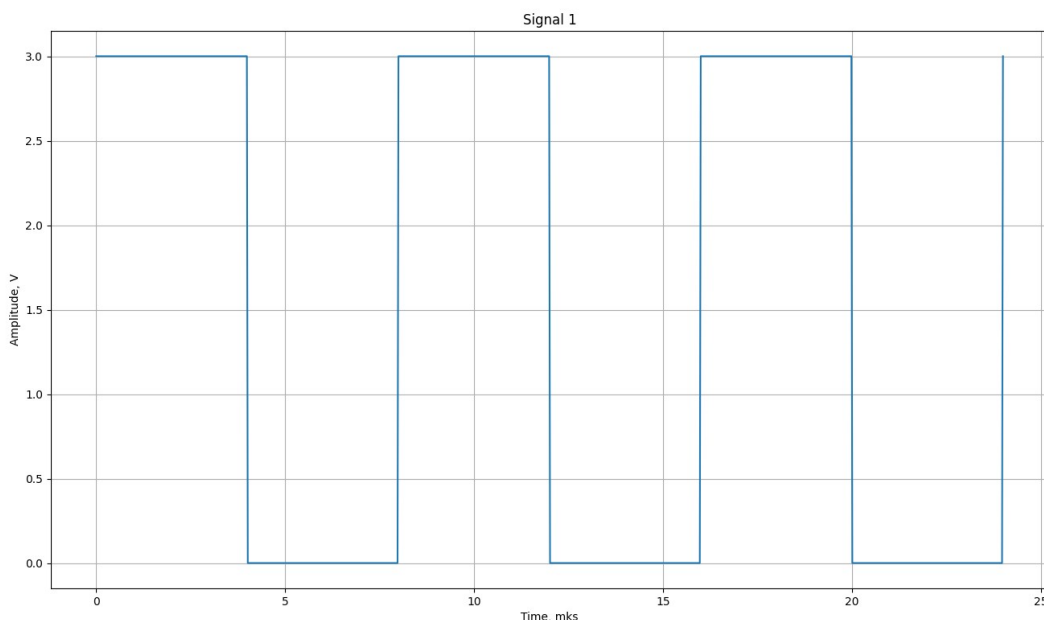


Рисунок 1 — Временная диаграмма первого сигнала

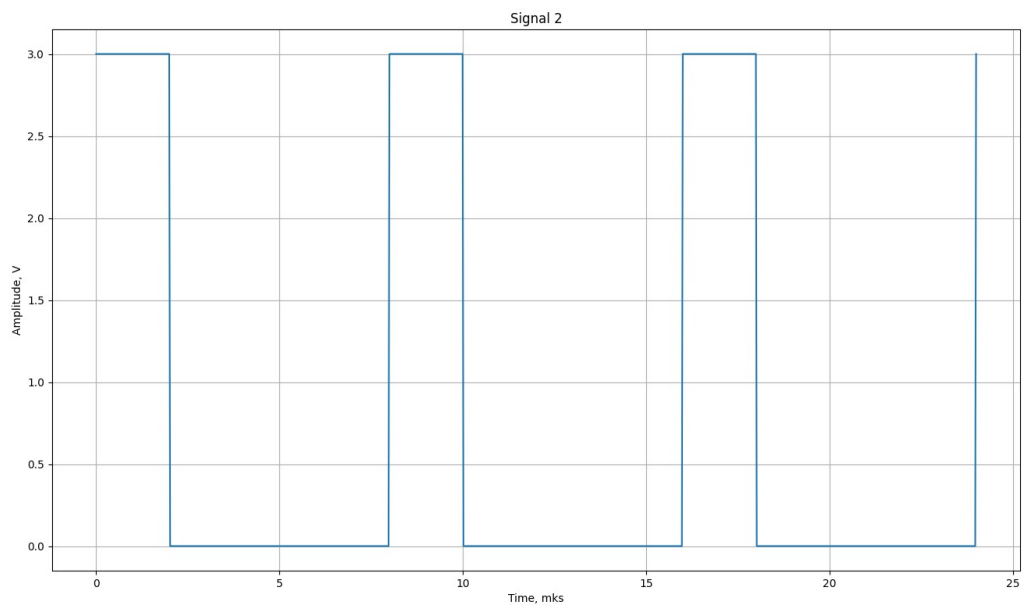


Рисунок 2 — Временная диаграмма второго сигнала

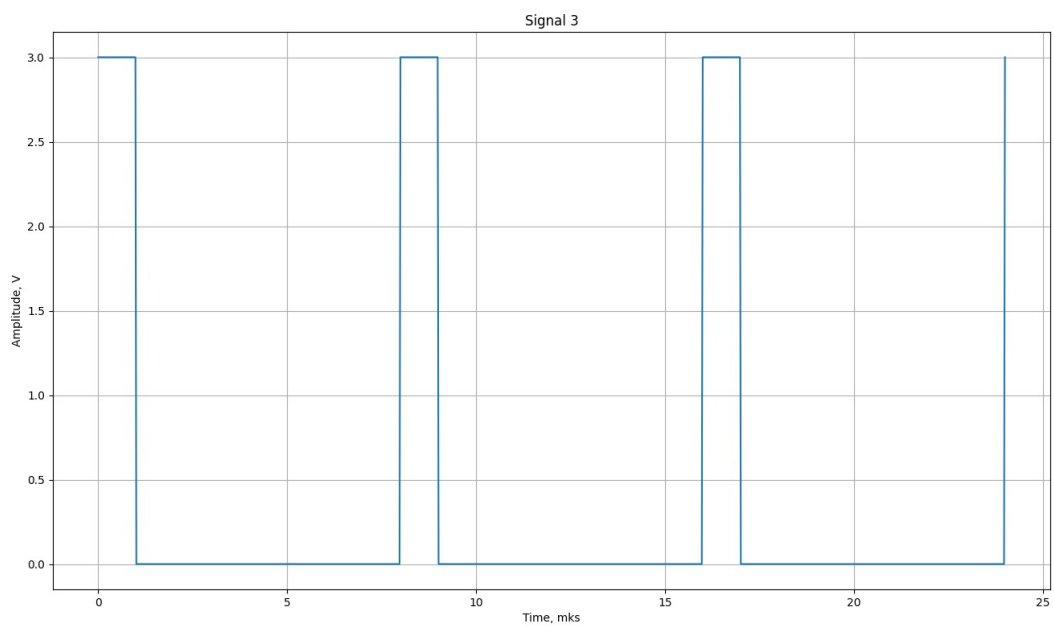


Рисунок 3 — Временная диаграмма третьего сигнала

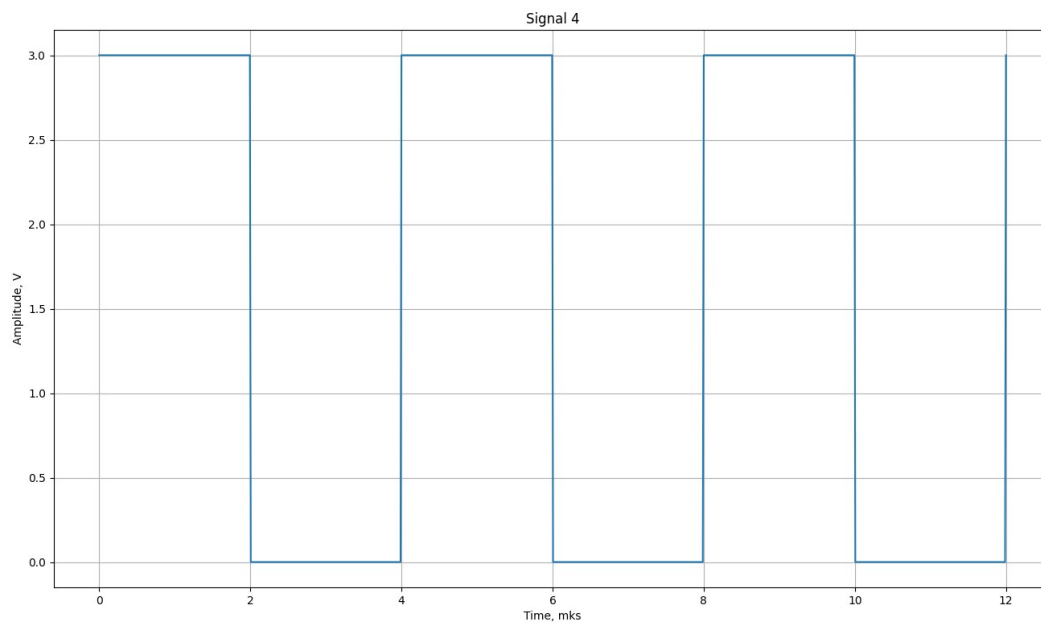


Рисунок 4 — Временная диаграмма четвертого сигнала

Рисунок 5 — Временная диаграмма пятого сигнала

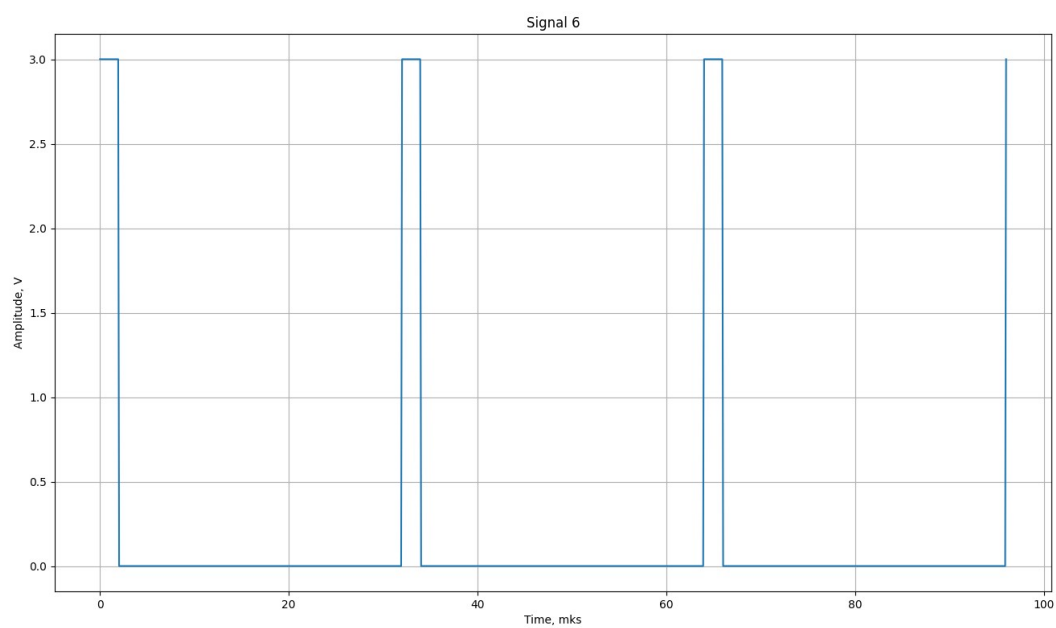


Рисунок 6 — Временная диаграмма шестого сигнала

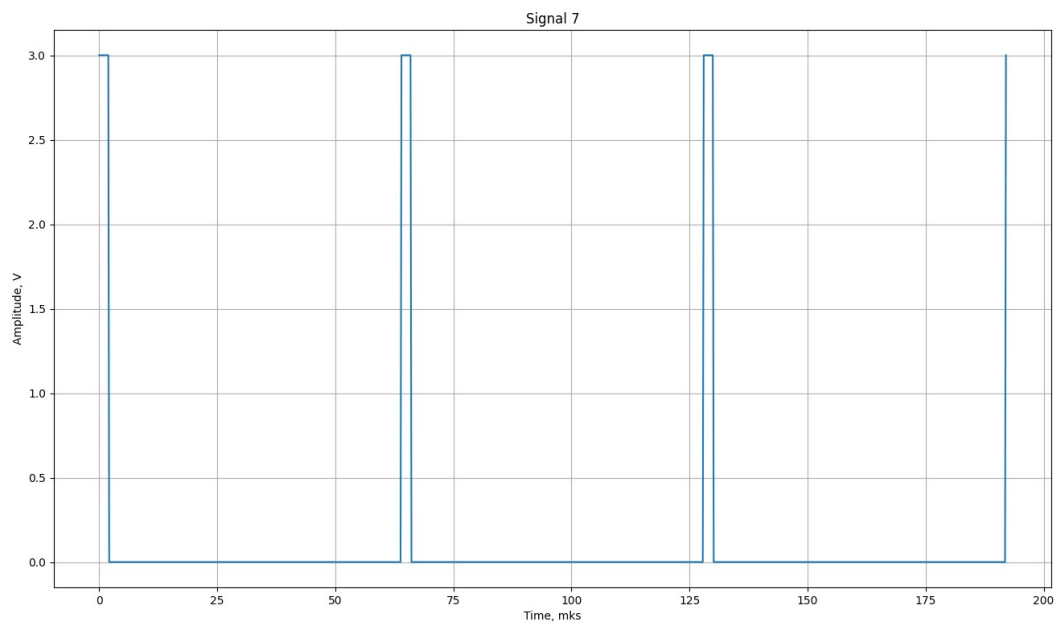


Рисунок 7 — Временная диаграмма седьмого сигнала

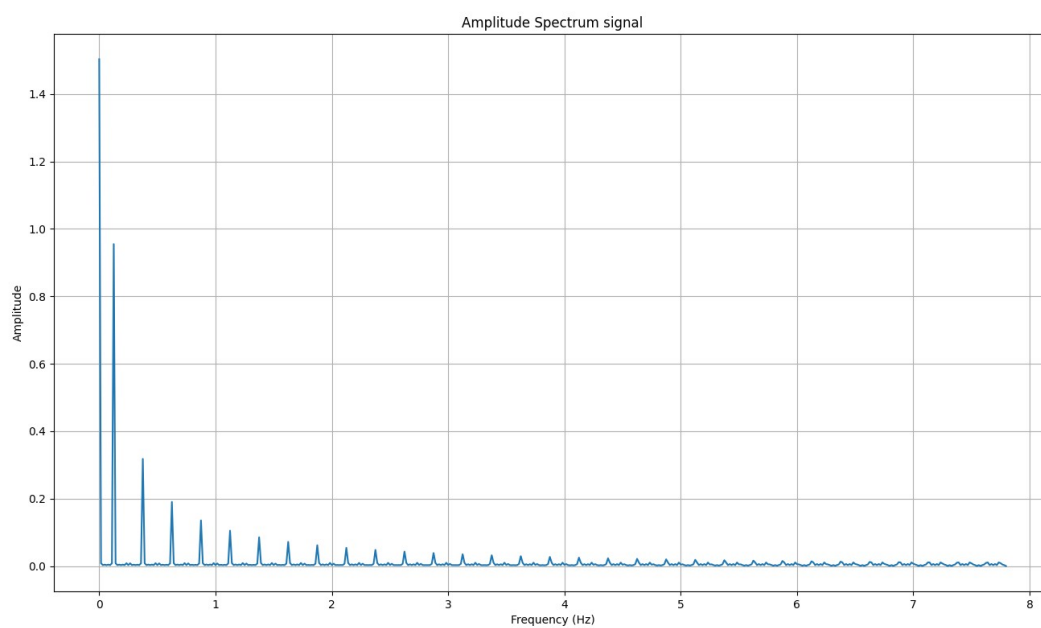


Рисунок 8 - Амплитудный спектр первого сигнала

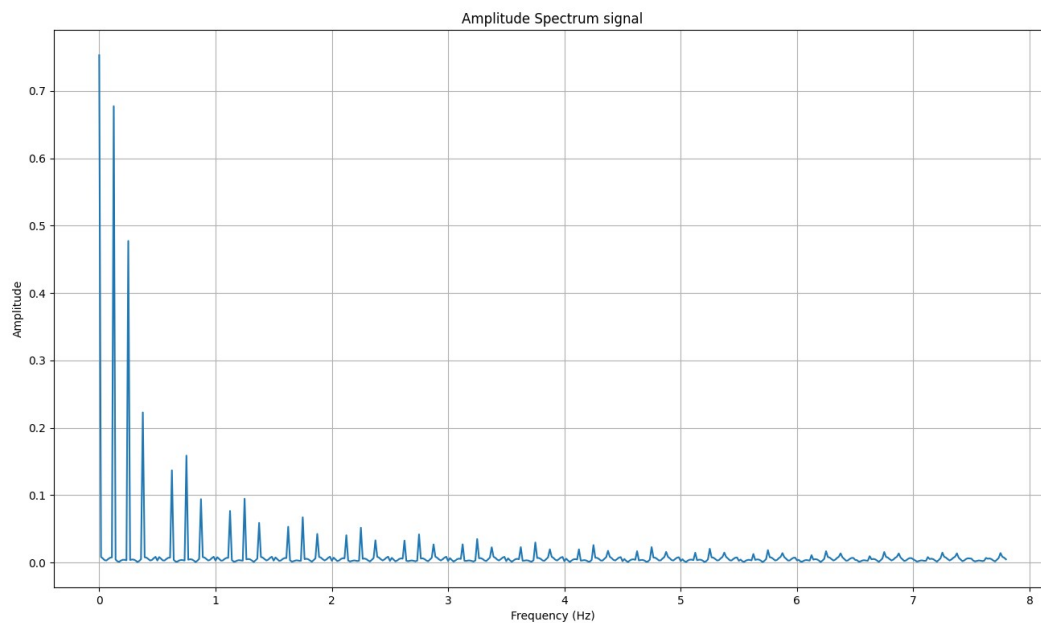


Рисунок 9 - Амплитудный спектр второго сигнала

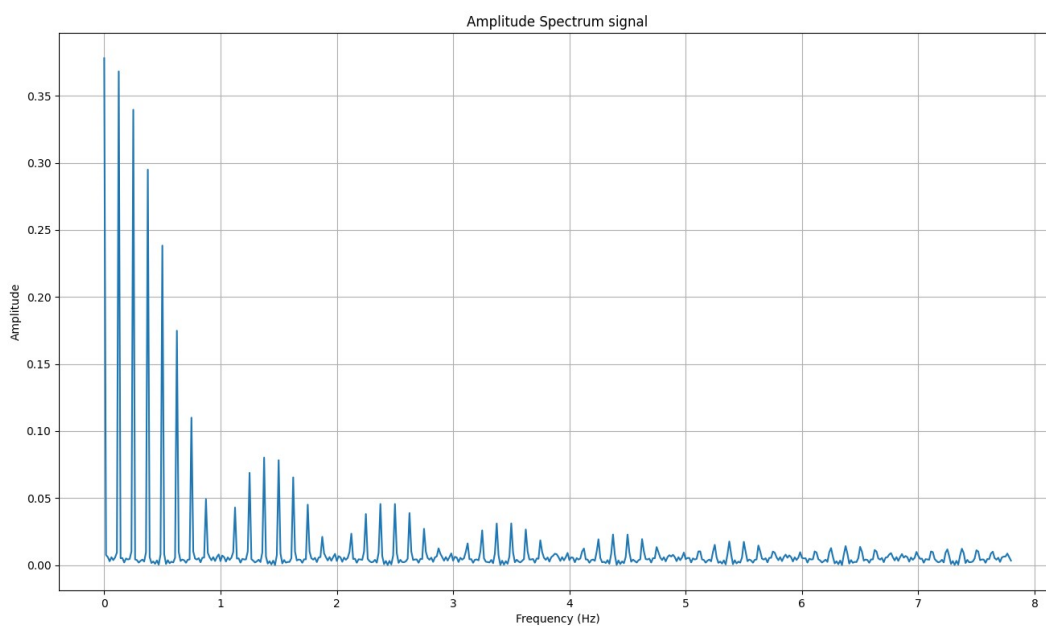


Рисунок 10 - Амплитудный спектр третьего сигнала

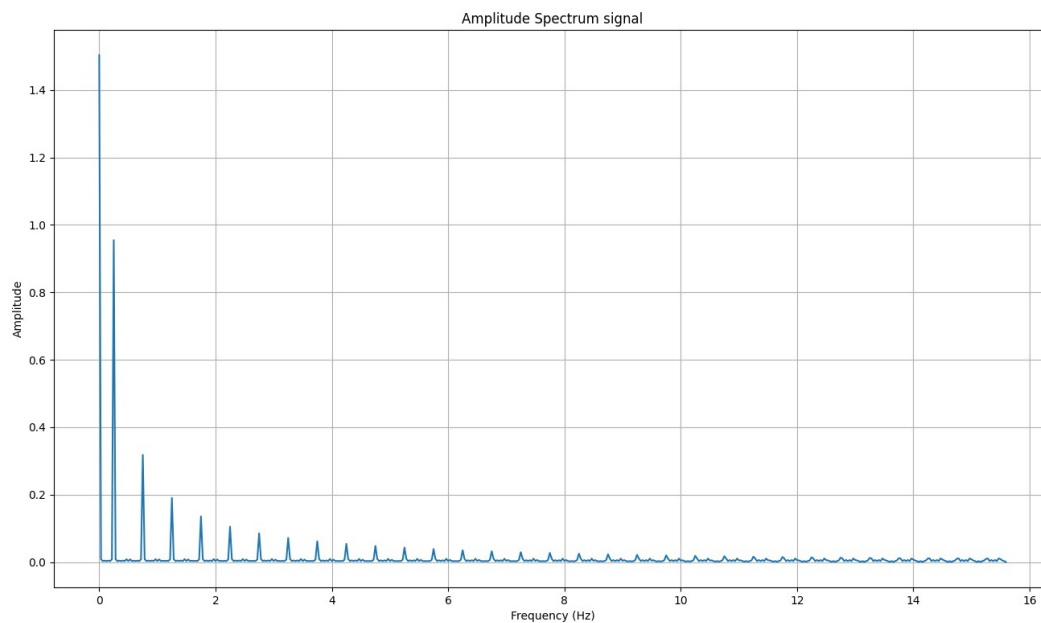


Рисунок 11 - Амплитудный спектр четвертого сигнала

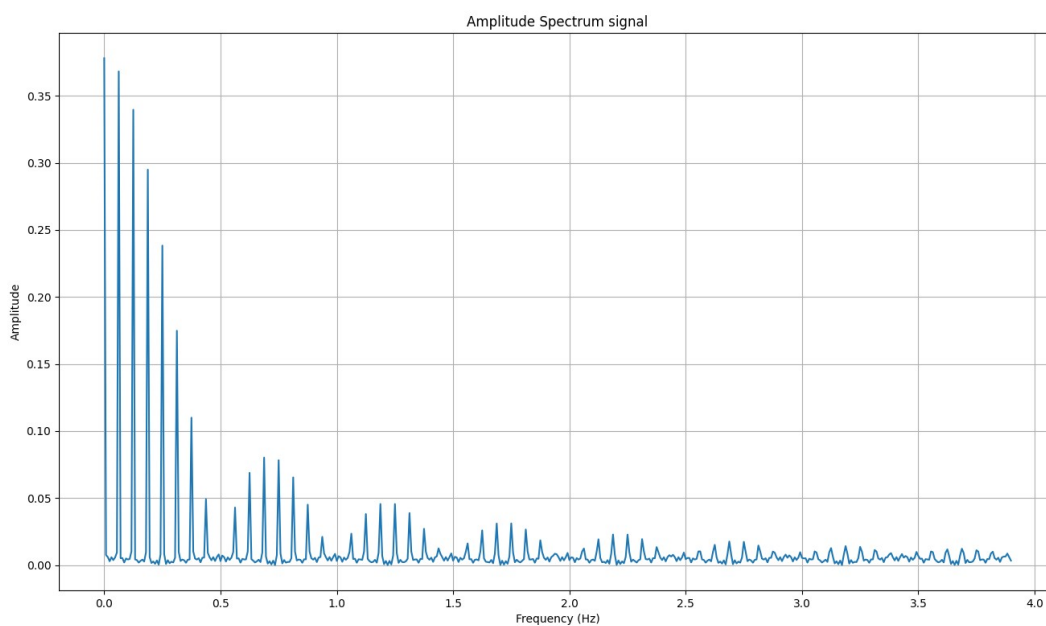


Рисунок 12 - Амплитудный спектр пятого сигнала

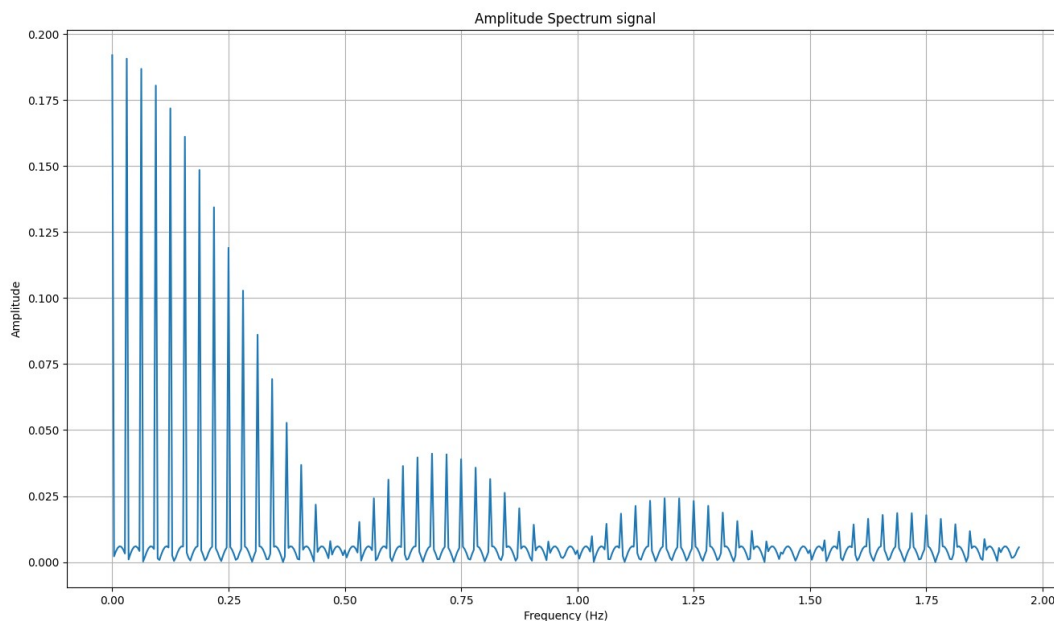


Рисунок 13 - Амплитудный спектр шестого сигнала

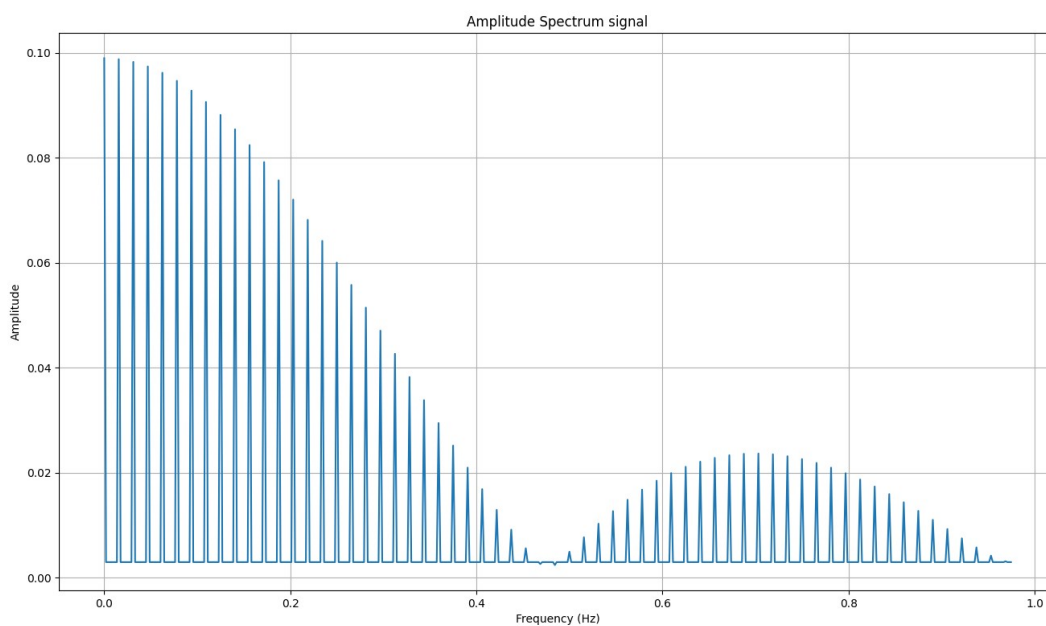


Рисунок 14 — Амплитудный спектр седьмого сигнала

3.2.2 На генераторе были выставлены параметры первого сигнала (рисунок 15). С помощью осциллографа (рисунок 16 - 17) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (4 мкс) и период (8мкс). Также было

измерено расстояние между гармониками (240kHz) и ширина лепестка спектра (250kHz).

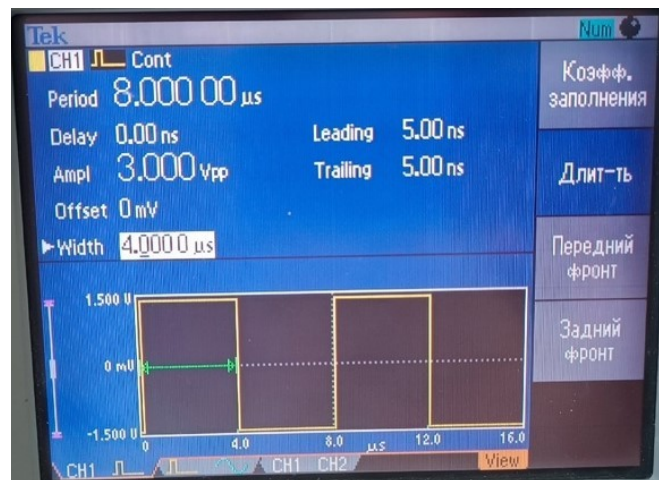


Рисунок 15 — Первый сигнал на генераторе

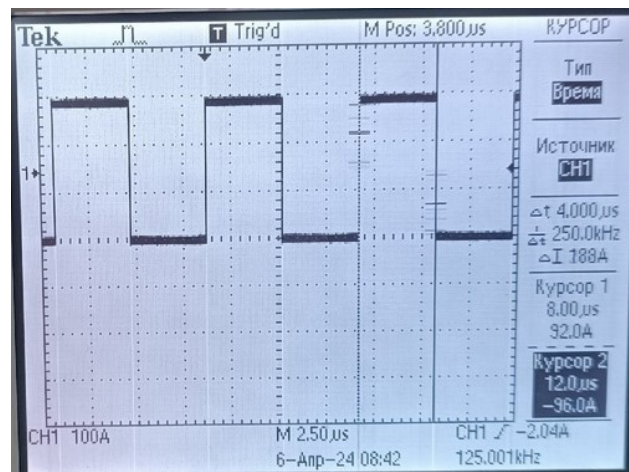


Рисунок 16 — Временная диаграмма на осциллографе

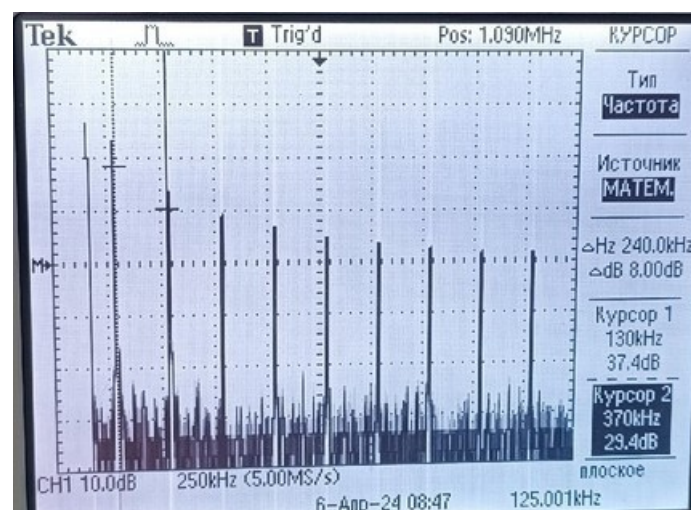


Рисунок 17 — Амплитудный спектр первого сигнала

3.2.3 На генераторе были выставлены параметры второго сигнала (рисунок 18). С помощью осциллографа (рисунок 19 - 20) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (2 мкс) и период (8мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (120 kHz) и ширина лепестка спектра (500 kHz).



Рисунок 18 - Второй сигнал на генераторе

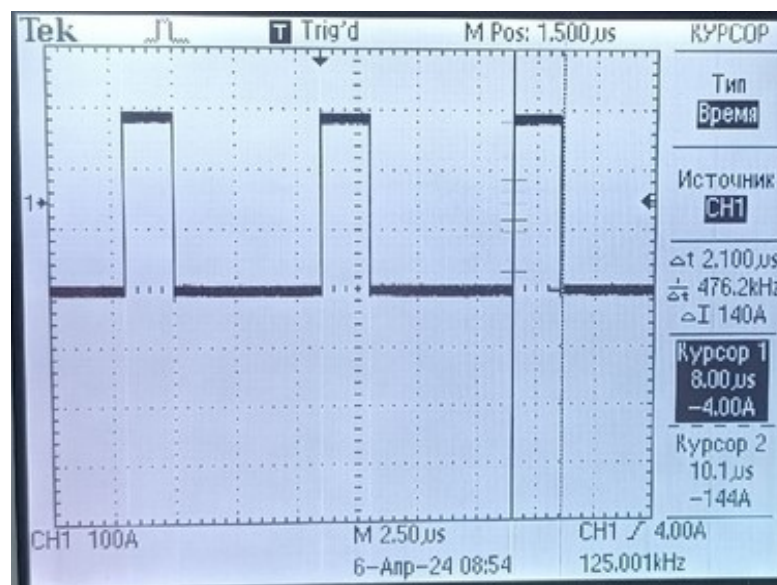


Рисунок 19 - Временная диаграмма второго сигнала

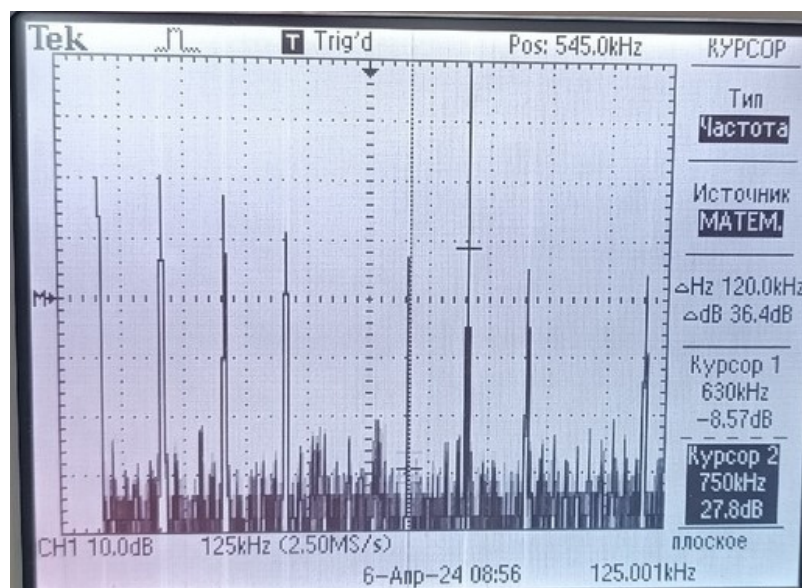


Рисунок 20 - Амплитудный спектр второго сигнала

3.2.4 На генераторе были выставлены параметры третьего сигнала (рисунок 21). С помощью осциллографа (рисунок 22 - 23) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (1 мкс) и период (8мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (110 kHz) и ширина лепестка спектра (1000 kHz).



Рисунок 21 - Третий сигнал на генераторе

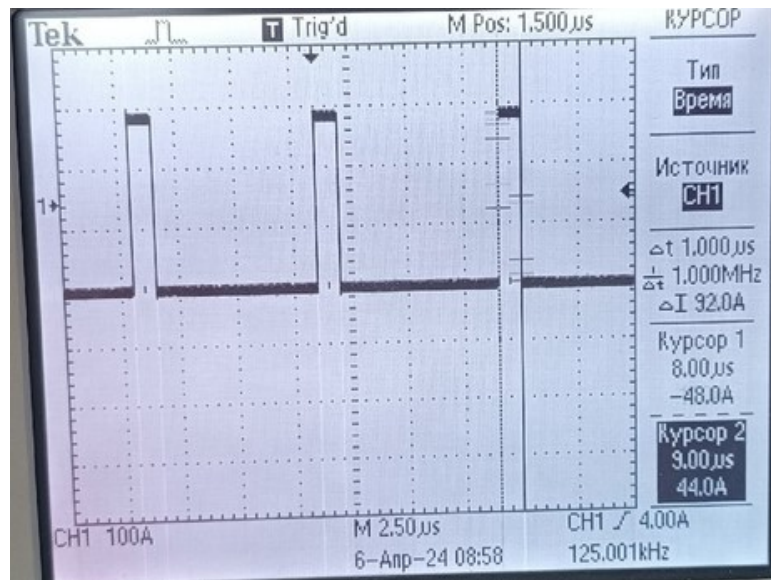


Рисунок 22 - Временная диаграмма третьего сигнала

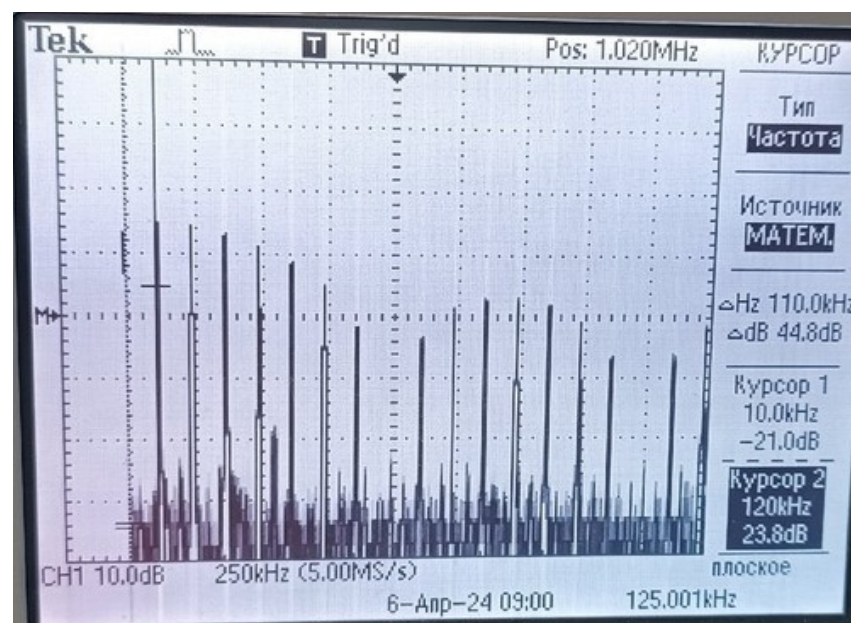


Рисунок 23 - Амплитудный спектр третьего сигнала

3.2.5 На генераторе были выставлены параметры четвертого сигнала (рисунок 24). С помощью осциллографа (рисунок 25 - 26) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (2 мкс) и период (4 мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (250 kHz) и ширина лепестка спектра (500 kHz).



Рисунок 24 - Четвертый сигнал на генераторе

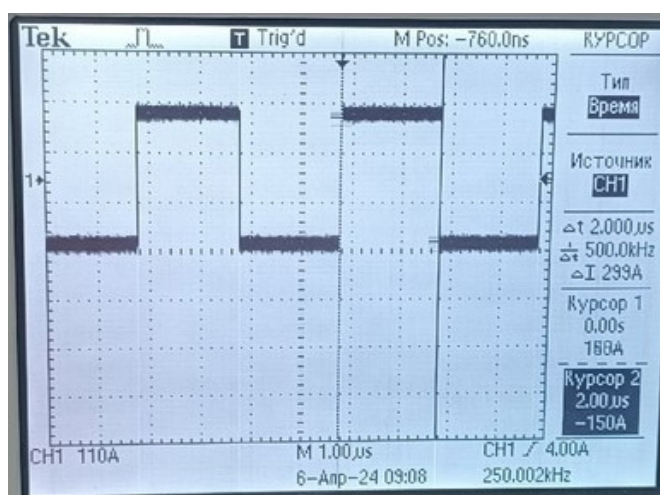


Рисунок 25 - Временная диаграмма четвертого сигнала

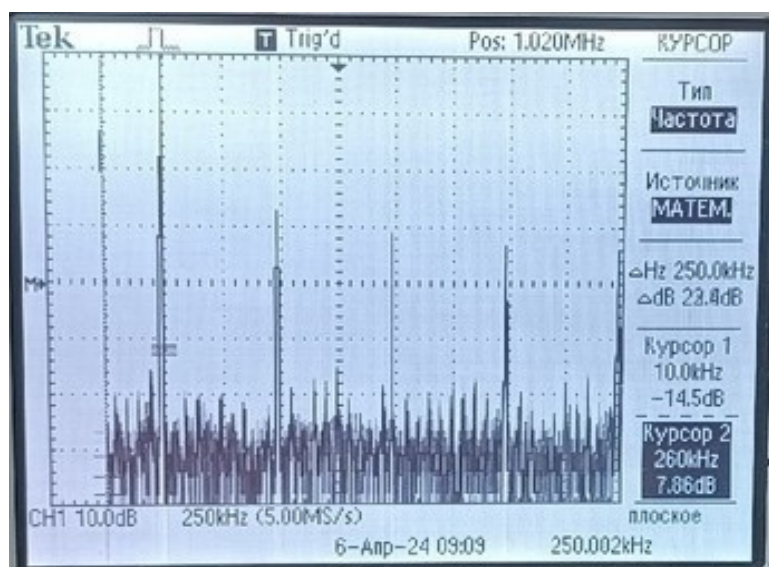


Рисунок 26 - Амплитудный спектр четвертого сигнала

3.2.6 На генераторе были выставлены параметры пятого сигнала (рисунок 27). С помощью осциллографа (рисунок 28 - 29) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (2 мкс) и период (16 мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (60 kHz) и ширина лепестка спектра (500 kHz).

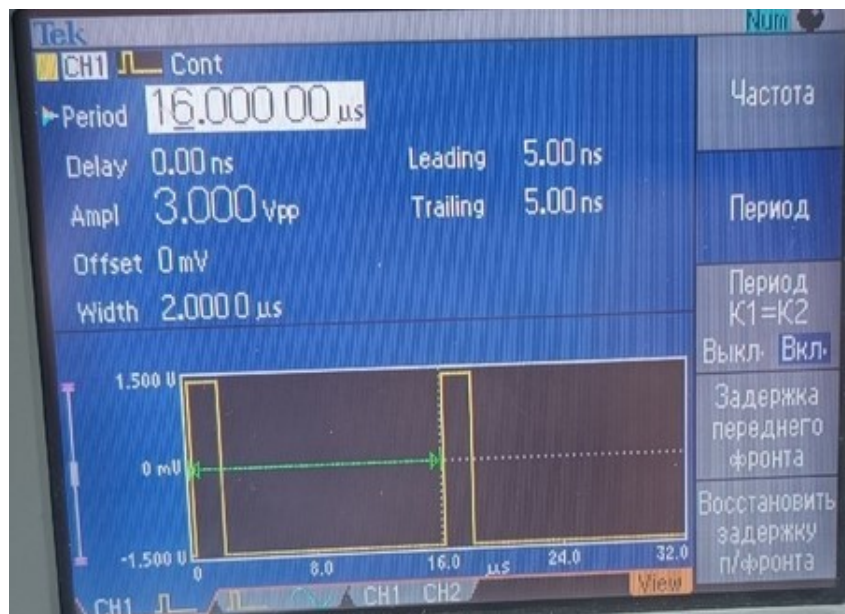


Рисунок 27 - Пятый сигнал на генераторе

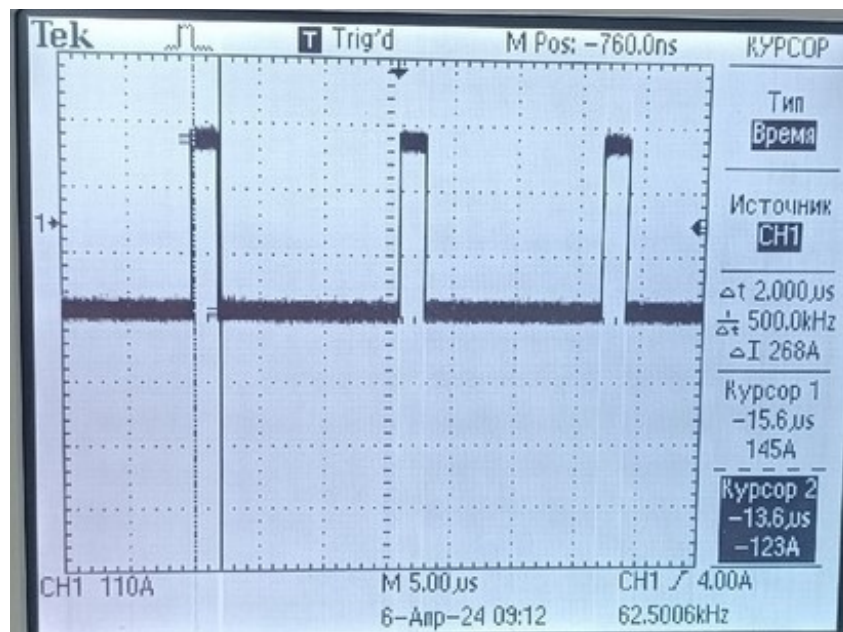


Рисунок 28 - Временная диаграмма пятого сигнала

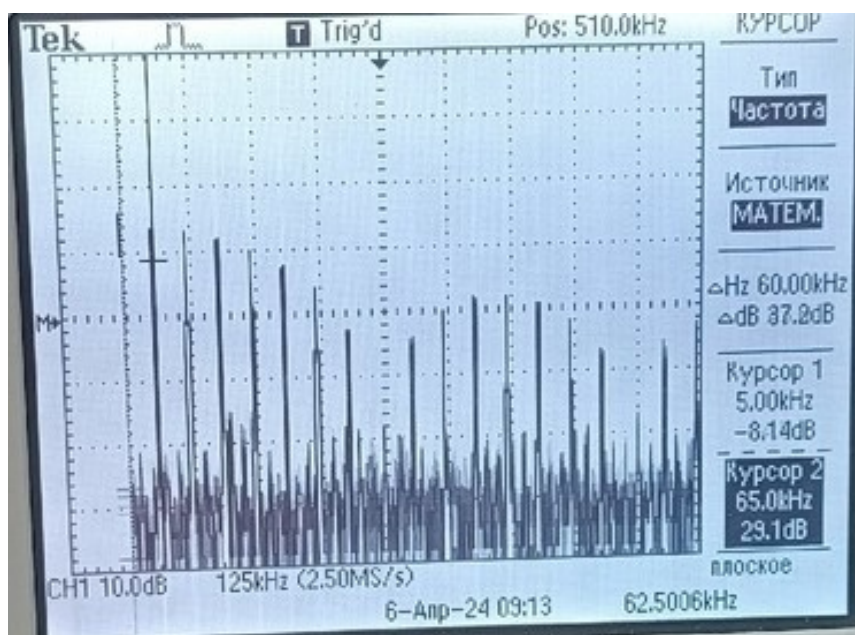


Рисунок 29 - Амплитудный спектр пятого сигнала

3.2.7 На генераторе были выставлены параметры шестого сигнала (рисунок 30). С помощью осциллографа (рисунок 31 - 32) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (2 мкс) и период (32 мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (28 kHz) и ширина лепестка спектра (500 kHz).



Рисунок 30 - Шестой сигнал на генераторе

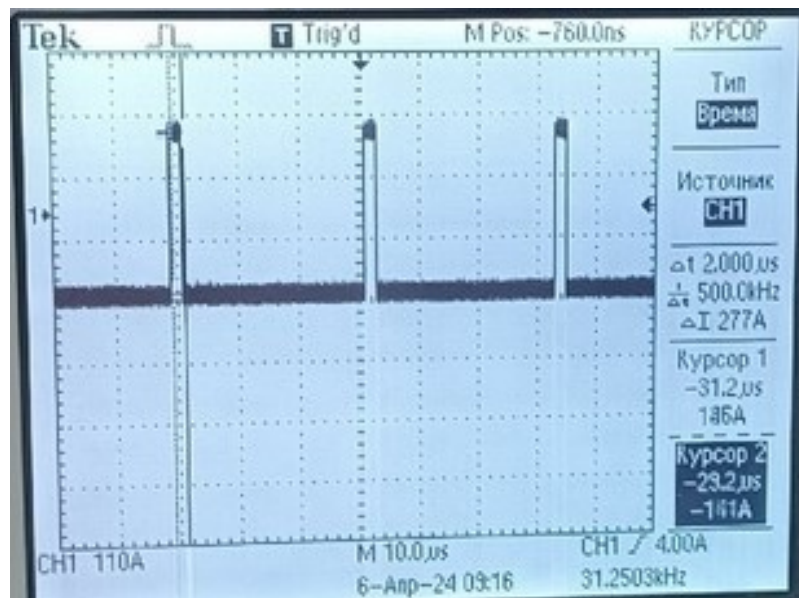


Рисунок 31 - Временная диаграмма шестого сигнала

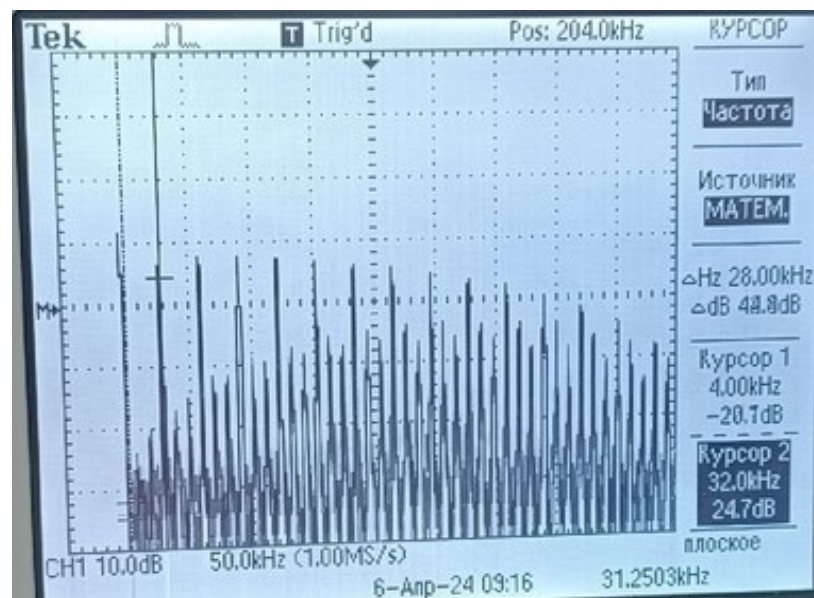


Рисунок 32 - Амплитудный спектр шестого сигнала

3.2.8 На генераторе были выставлены параметры седьмого сигнала (рисунок 33). С помощью осциллографа (рисунок 34 - 35) были измерены амплитуда (3 вольта), длительность (2 мкс) и период (64 мкс). Также было измерено расстояние между гармониками (14 kHz) и ширина лепестка спектра (500 kHz).

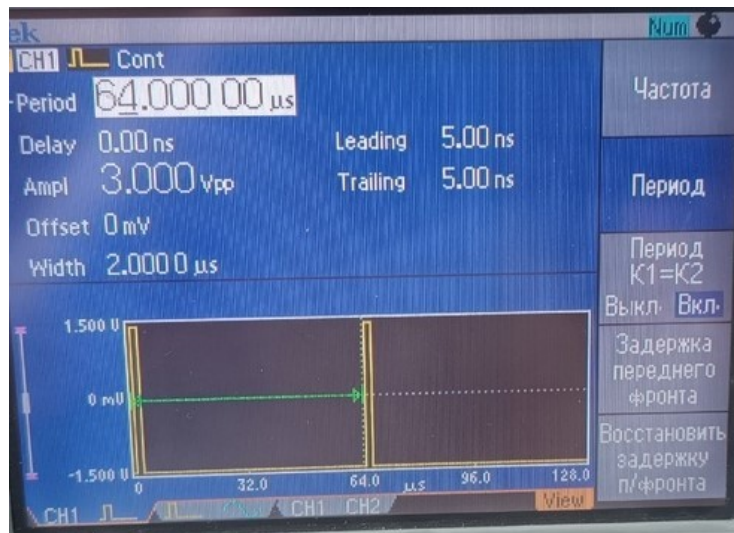


Рисунок 33 - Седьмой сигнал на генераторе

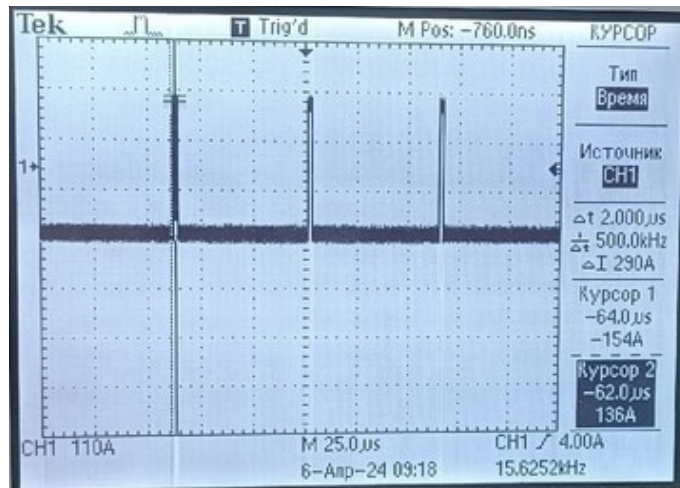


Рисунок 34 — Временная диаграмма седьмого сигнала

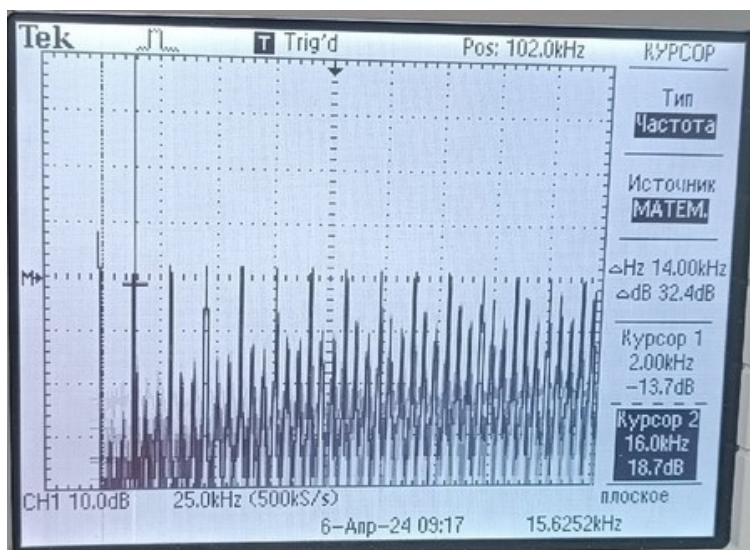


Рисунок 35 - Амплитудный спектр седьмого сигнала

4 Вывод: уменьшение длины сигнала при неизменном периоде (период 8 мкс, длительность 4, 2, 1 мкс для первых трех сигналов) приводит к увеличению ширины лепестка спектра (250 kHz, 500kHz, 1MHz). При увеличении периода повторения импульсов и постоянной их длительности (длительность 2 мкс и период 4, 16, 32, 64 мкс) уменьшается амплитуда гармоник и расстояние между ними (расстояние 250, 60, 28, 14 kHz для четвертого — седьмого сигналов). Таким образом были закреплены знания основ теории спектрального представления сигналов; закономерности построения спектров периодических импульсных сигналов; были получены навыки работы с осциллографом.

Приложение А.

Код программы для построения временных диаграмм

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Функция для генерации прямоугольного сигнала
def generate_square_wave(period, pulse_width, amplitude, total_time):
    t = np.linspace(0, total_time, 1000)
    signal = amplitude * (t % period < pulse_width)
    return t, signal

# Построение диаграммы для каждого сигнала
amplitude = 3
'''Список параметров для каждого сигнала,
где первое значение кортежа это pulse_width, а второе period'''
signals = [(4, 8), (2, 8), (1, 8), (2, 4), (2, 16), (2, 32), (2, 64)]
for n, signal in enumerate(signals):
    total_time = signal[1] * 3
    t, signal = generate_square_wave(signal[1], signal[0], amplitude,
total_time)

    # Построение диаграммы
    plt.figure(figsize=(16, 9))
    plt.plot(t, signal)
    plt.xlabel('Time, mks')
    plt.ylabel('Amplitude, V')
    plt.title(f'Signal {n+1}')
    plt.grid(True)
    plt.show()
```

Приложение Б

Код программы для расчета и построения диаграмм амплитудного спектра

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Функция для генерации прямоугольного сигнала
def generate_square_wave(period, pulse_width, amplitude, total_time):
    t = np.linspace(0, total_time, 1000)
    signal = amplitude * (t % period < pulse_width)
    return t, signal

# Функция для вычисления и построения амплитудного спектра
def plot_amplitude_spectrum(t, signal, total_time):
    n = len(t)
    dt = total_time / n
    # Вычислить частоты, соответствующие каждой точке в дискретном
    # пространстве частот
    frequency = np.fft.fftfreq(n, dt)

    # Преобразование Фурье переводит сигнал из временной области в
    # частотную область
    signal_fft = np.fft.fft(signal)

    amplitude_spectrum = np.abs(signal_fft) / n
    frequencies_positive = frequency[:n//2]
    amplitude_spectrum_positive = amplitude_spectrum[:n//2]

    # Построение амплитудного спектра
    plt.figure(figsize=(16, 9))
    plt.plot(frequencies_positive, amplitude_spectrum_positive)
    plt.xlabel('Frequency (Hz)')
    plt.ylabel('Amplitude')
```

```

plt.title(f'Amplitude Spectrum signal')
plt.grid(True)
return plt

# Параметры для каждого сигнала (pulse_width, period)
signals = [(4, 8), (2, 8), (1, 8), (2, 4), (2, 16), (2, 32), (2, 64)]
amplitude = 3
for n, signal_params in enumerate(signals):
    total_time = signal_params[1] * 8
    t, signal = generate_square_wave(signal_params[1], signal_params[0],
    amplitude, total_time)

    # Построение амплитудного спектра для каждого сигнала
    diagram = plot_amplitude_spectrum(t, signal, total_time)
    diagram.savefig(f'signal_{n+1}.png')
    diagram.close()

```