

Спектральный анализ электрических сигналов.

Дмитрий Павлов, 790

6 декабря 2018 г.

Содержание

1. Вступление.	3
1.1. Цель работы.	3
1.2. Оборудование.	3
1.3. Экспериментальная установка.	3
2. Словарь.	3
3. Практическая часть.	4
3.1. Исследуем спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.	4
3.2. Исследуем спектр периодической последовательности цугов гармонических колебаний.	7
3.3. Исследуем спектры гармонических сигналов, модулированных по амплитуде.	12
4. Вывод.	13

1. Вступление.

1.1. Цель работы.

Изучение спектрального состава периодических электрических сигналов.

1.2. Оборудование.

- Персональный компьютер;
- USB-осциллограф АКИП-4107;
- Функциональный генератор WaveStation 2012;
- Соединительные кабели.

1.3. Экспериментальная установка.

Функциональный генератор WaveStation 2012 позволяет сформировать два различных электрических сигнала, которые выводятся на два независимых канала - «CH1» и «CH2». Сигнал с каналов подается на входы осциллографа. Затем эти сигналы подаются на вход компьютера через USB-соединение. В режиме спектроанализатора можно наблюдать спектры этих сигналов.

2. Словарь.

1. Спектр сигнала - разложение сигнала на более простые в базисе ортогональных функций.

2. Амплитудная модуляция - вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

3. Пусть заданная $f(t)$ периодически повторяется с частотой $\Omega_1 = 2\pi/T$, T – период повторения. Ее разложение в ряд Фурье:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos n\Omega_1 t + b_n \sin n\Omega_1 t]$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} f(t) \cos n\Omega_1 t dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} f(t) \sin n\Omega_1 t dt.$$

Амплитуда и фаза n -й гармоники:

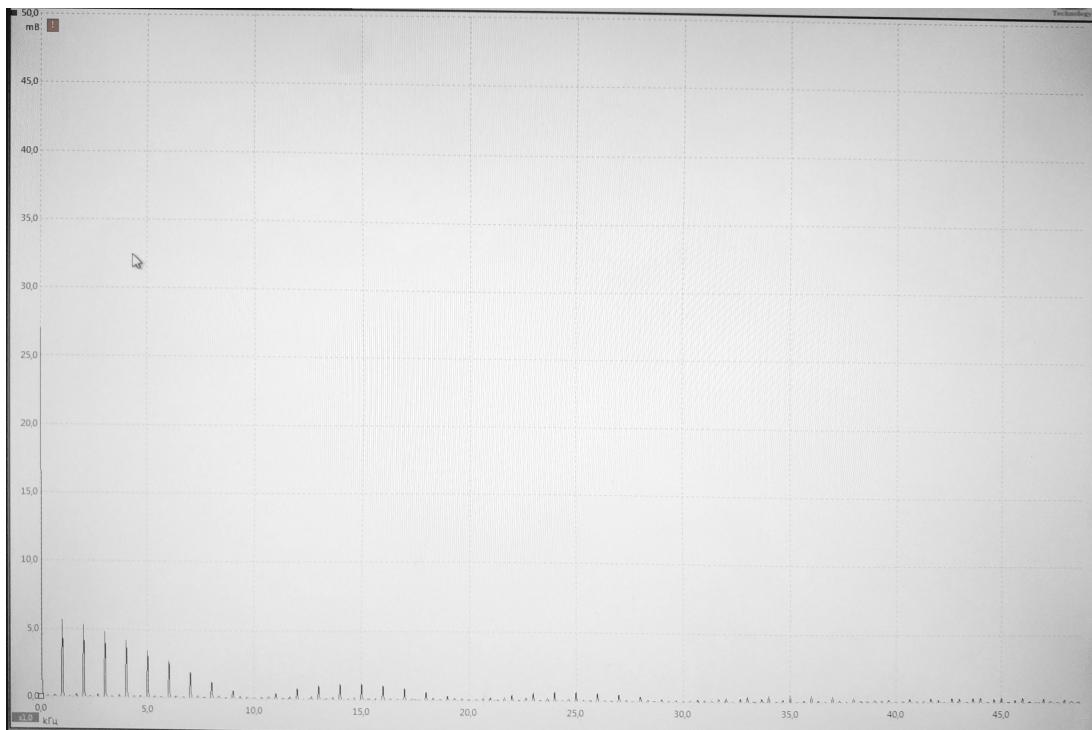
$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2},$$

$$\psi_n = \arctan \frac{b_n}{a_n}.$$

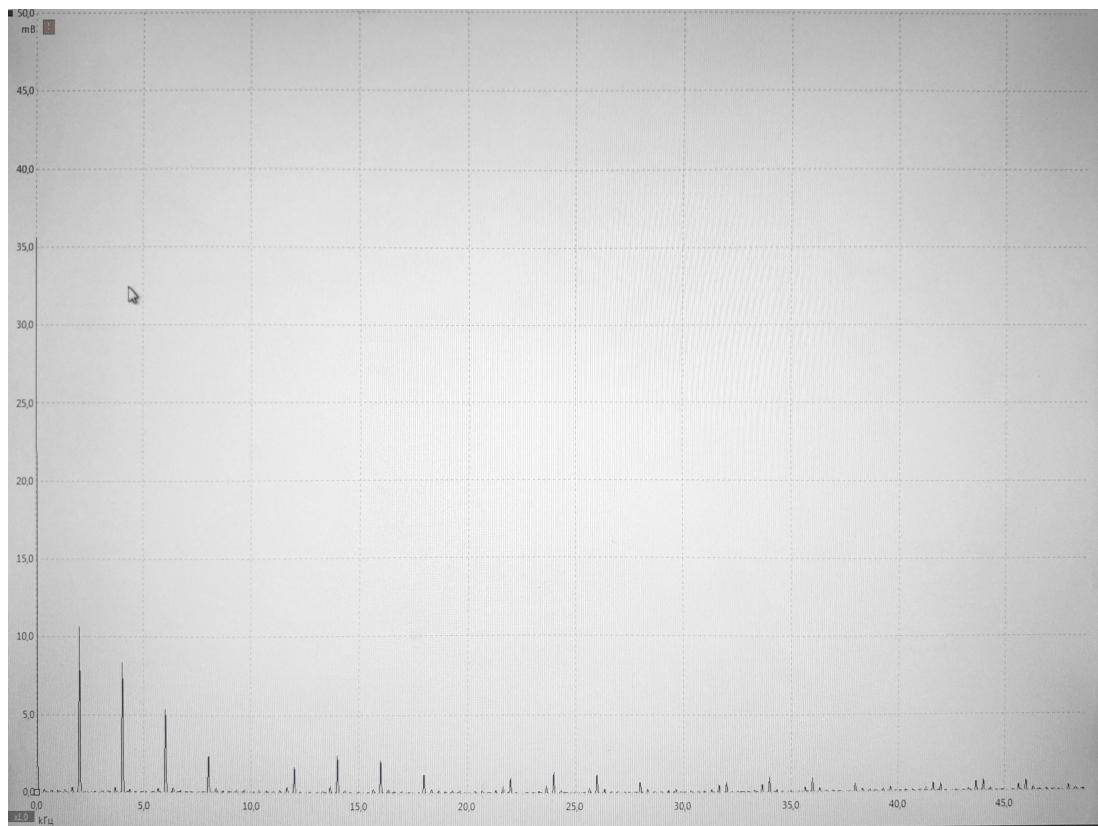
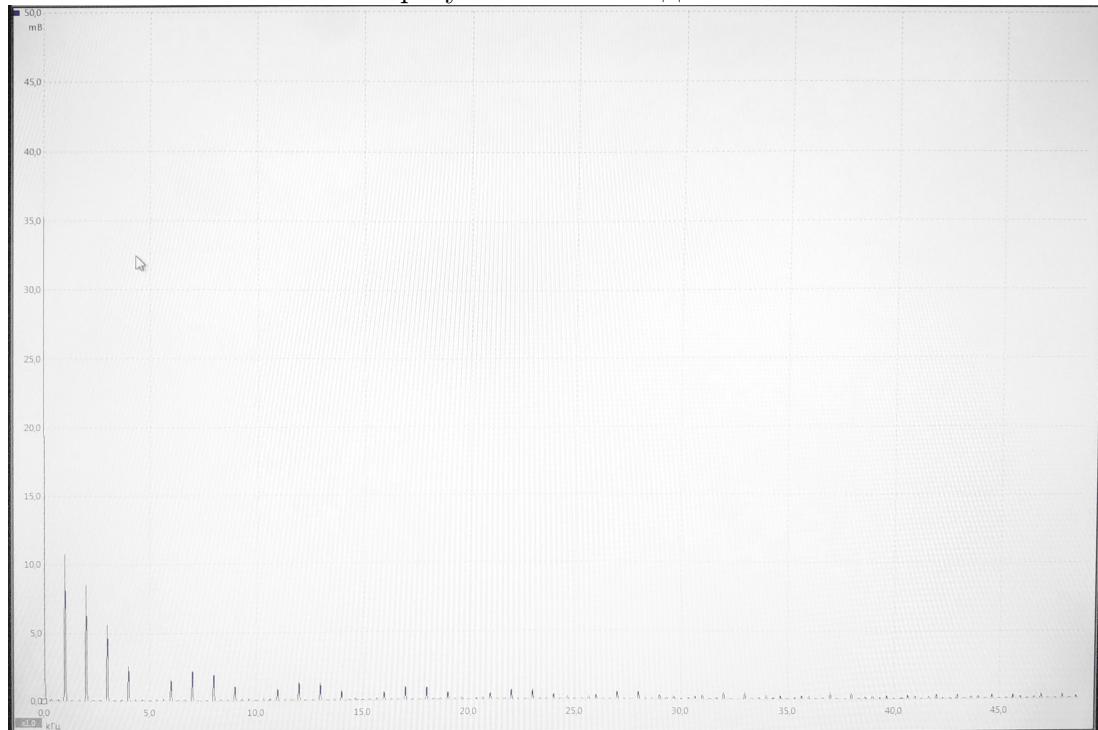
3. Практическая часть.

3.1. Исследуем спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.

Проанализируем, как меняется спектр при увеличении длительности импульсов или частоте повтора вдвое.



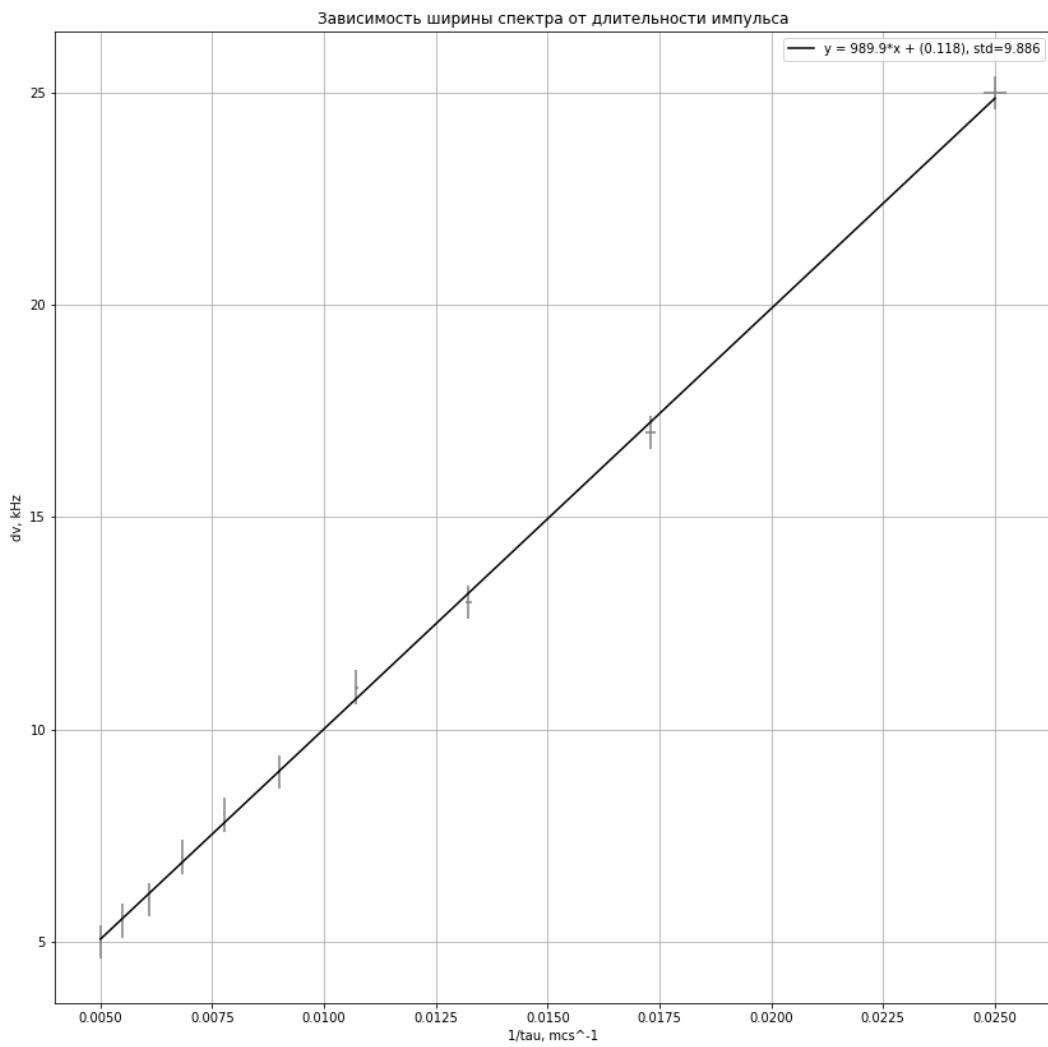
При $\tau = 100\mu\text{s}$, $f_{\text{повт}} = 1\text{kHz}$.

При увеличении τ вдвое.При увеличении $f_{\text{повт}}$ вдвое.

Проведем измерения зависимости ширины спектра Δv от длительности импульса τ :

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δv , kHz	25.0	17.0	13.0	11.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	5.0
τ , μs	40.0	57.8	75.6	93.3	111.1	128.9	146.7	164.4	182.2	200.0

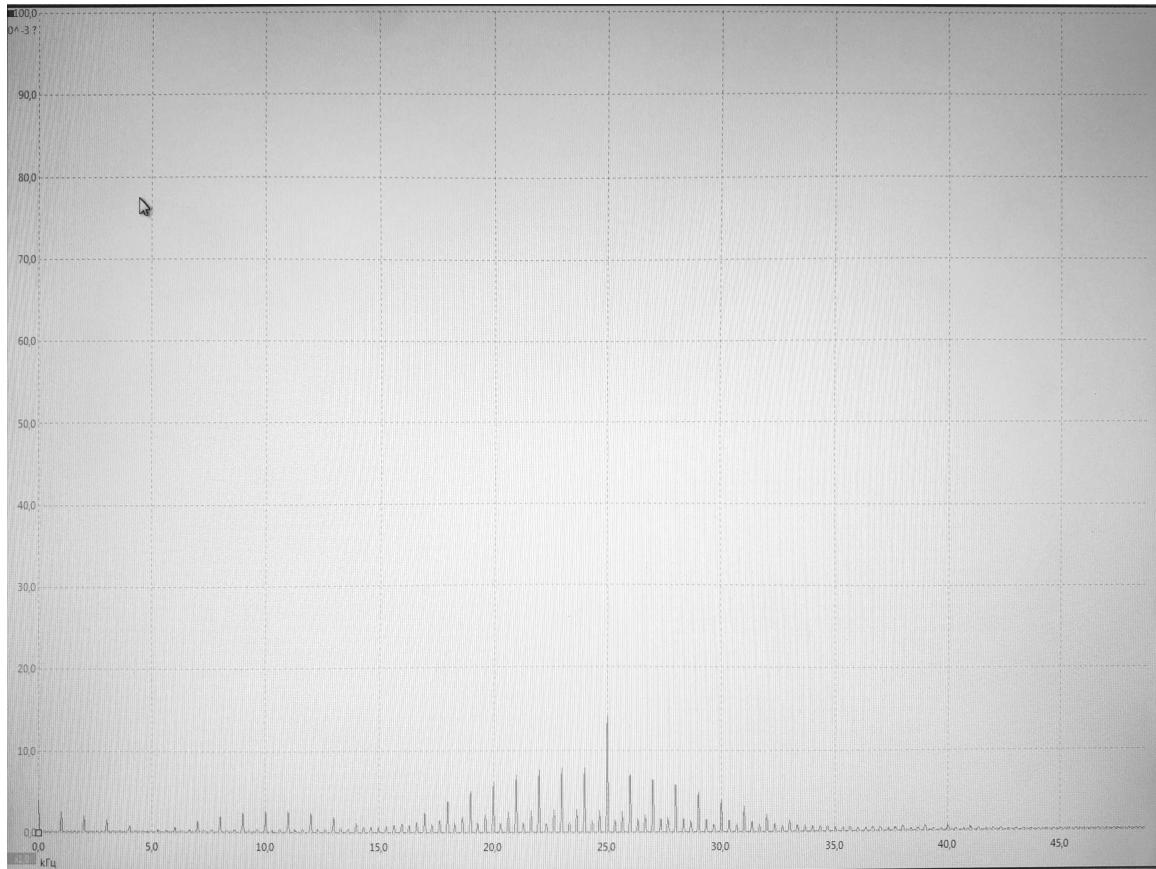
Построим график.



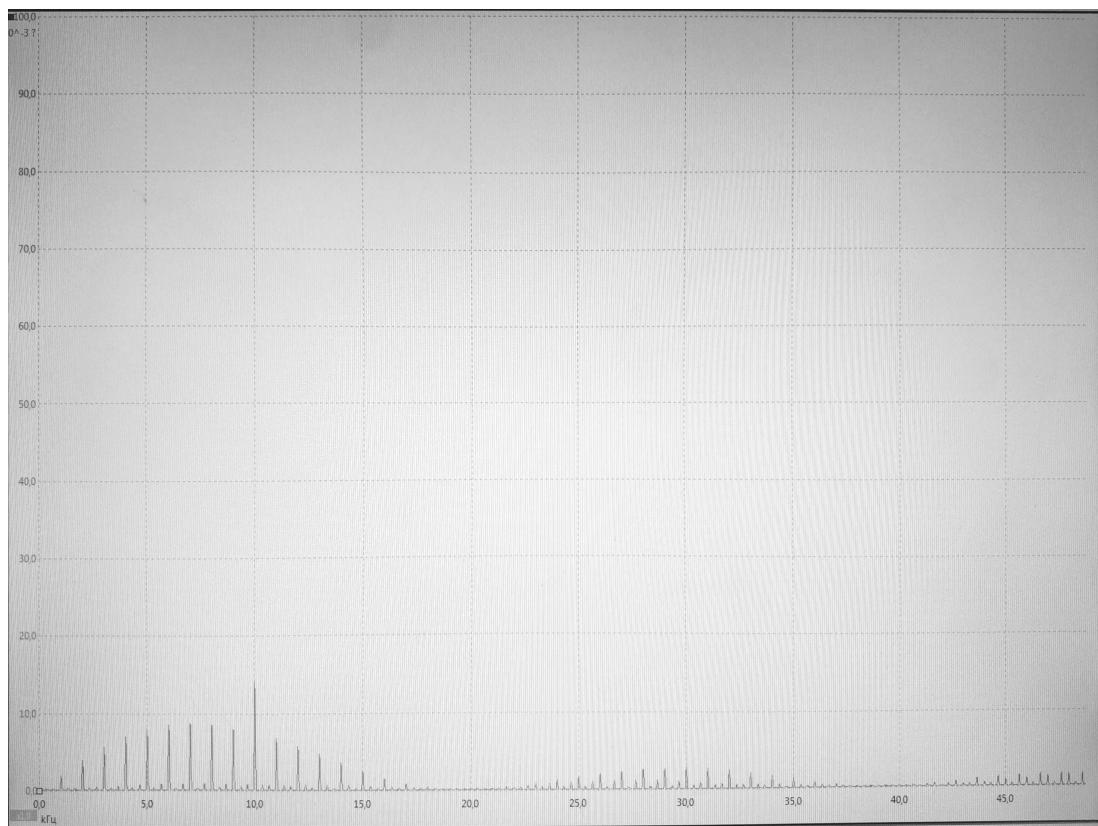
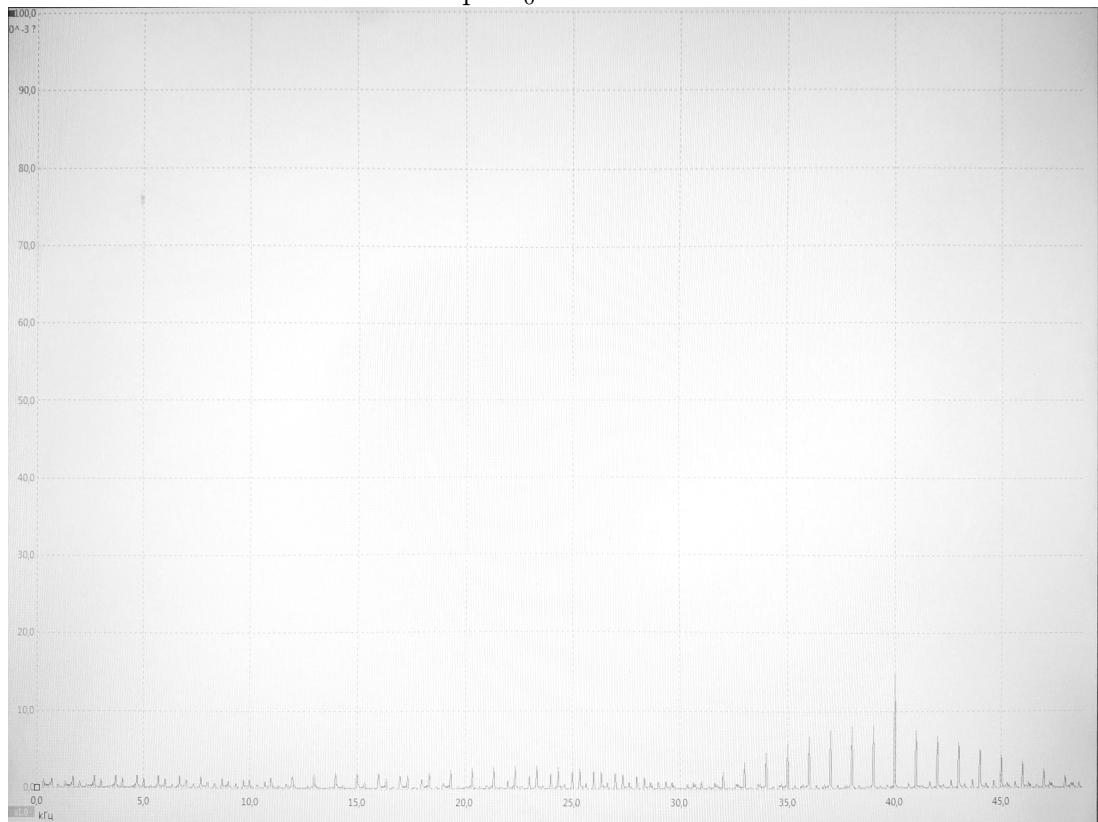
Видим, что по наклону прямой можно убедиться в справедливости соотношения неопределенностей.

3.2. Исследуем спектр периодической последовательности щугов гармонических колебаний.

Установим длительность импульса $\tau = 100\mu\text{s}$. Проследим, как меняется картина спектра при изменении несущей частоты.



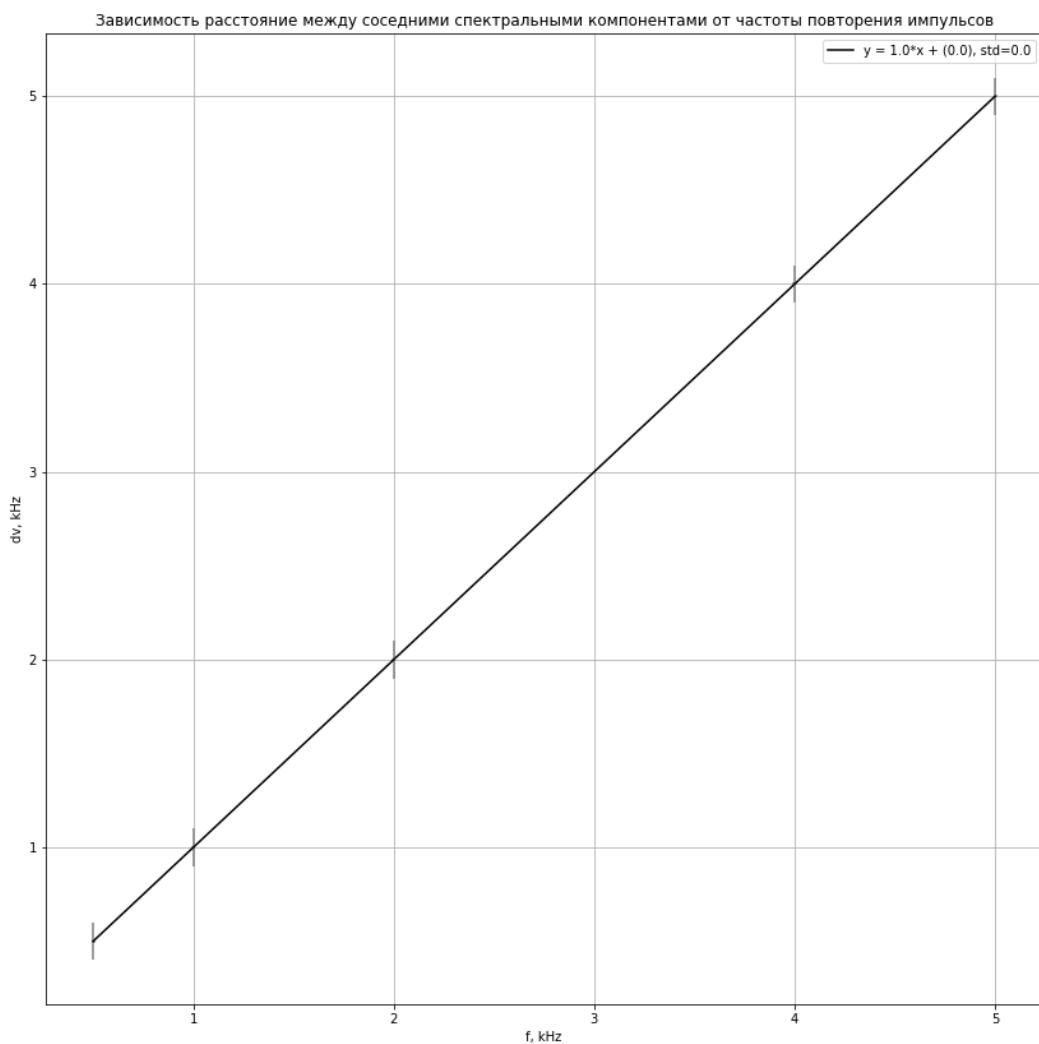
При $v_0 = 25\text{kHz}$.

При $v_0 = 10\text{kHz}$.При $v_0 = 40\text{kHz}$.

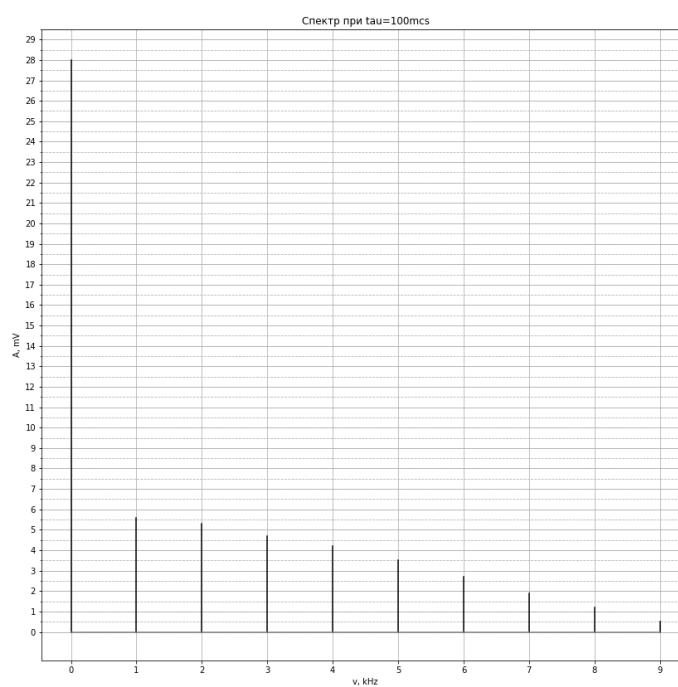
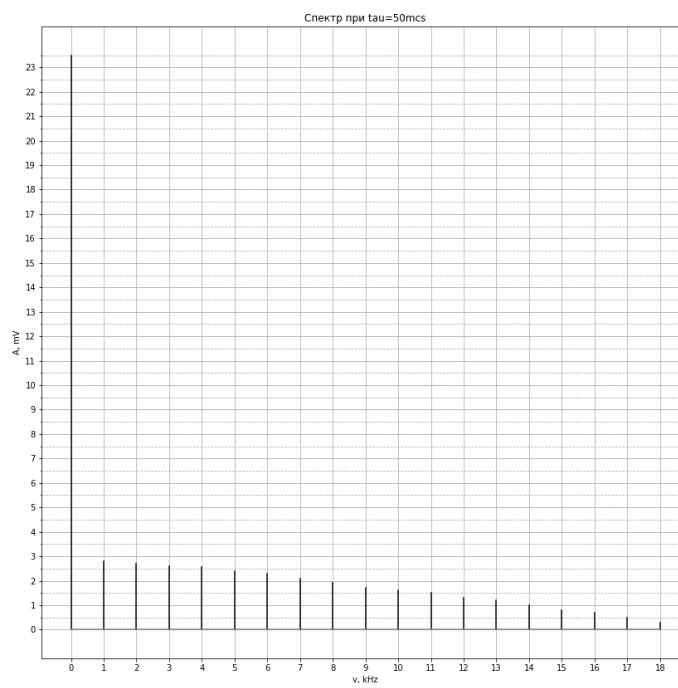
Определим зависимость расстояния δv между соседними спектральными компонентами для разных частот повторения импульсов $f_{\text{повт}}$:

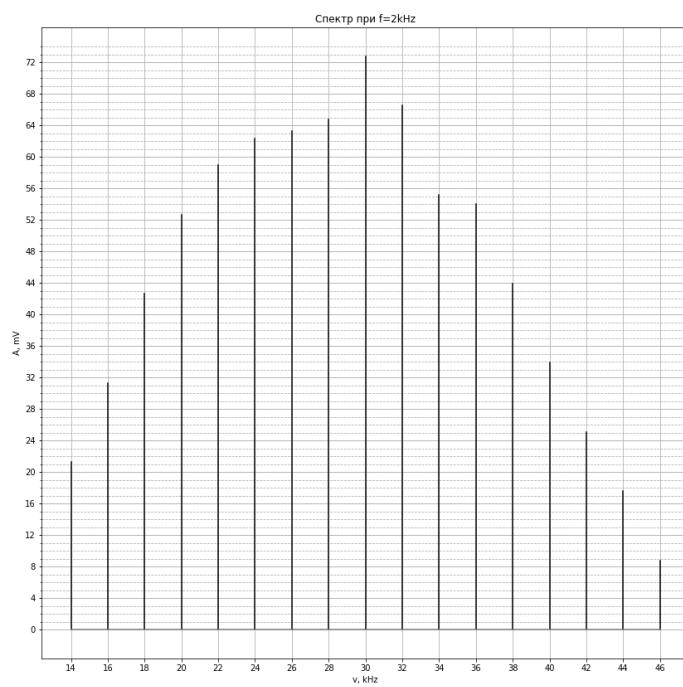
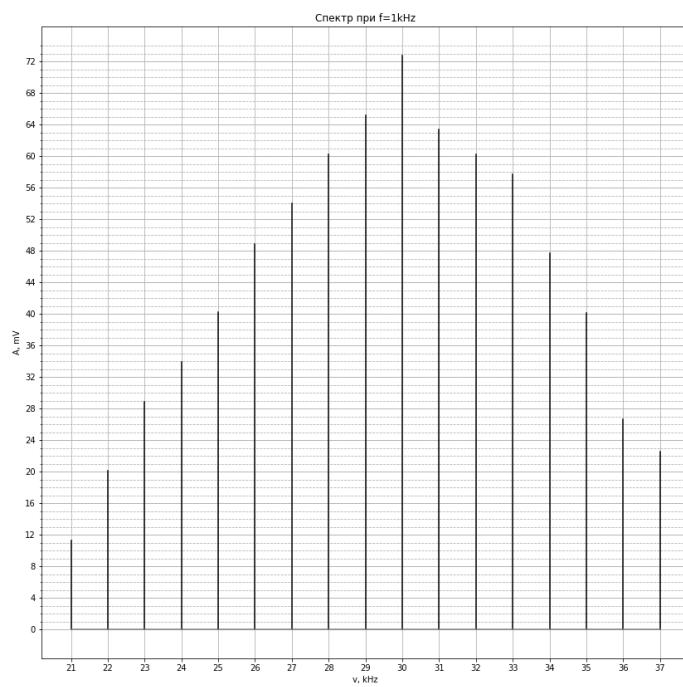
N	1	2	3	4	5
δv , kHz	0.5	1	2	4	5
f , kHz	0.5	1	2	4	5

Построим график.



Сравним спектры различных прямоугольных импульсов при $f_{\text{повт}} = 1000\text{Hz}$ и цугов при $\tau = 100\mu\text{s}$:

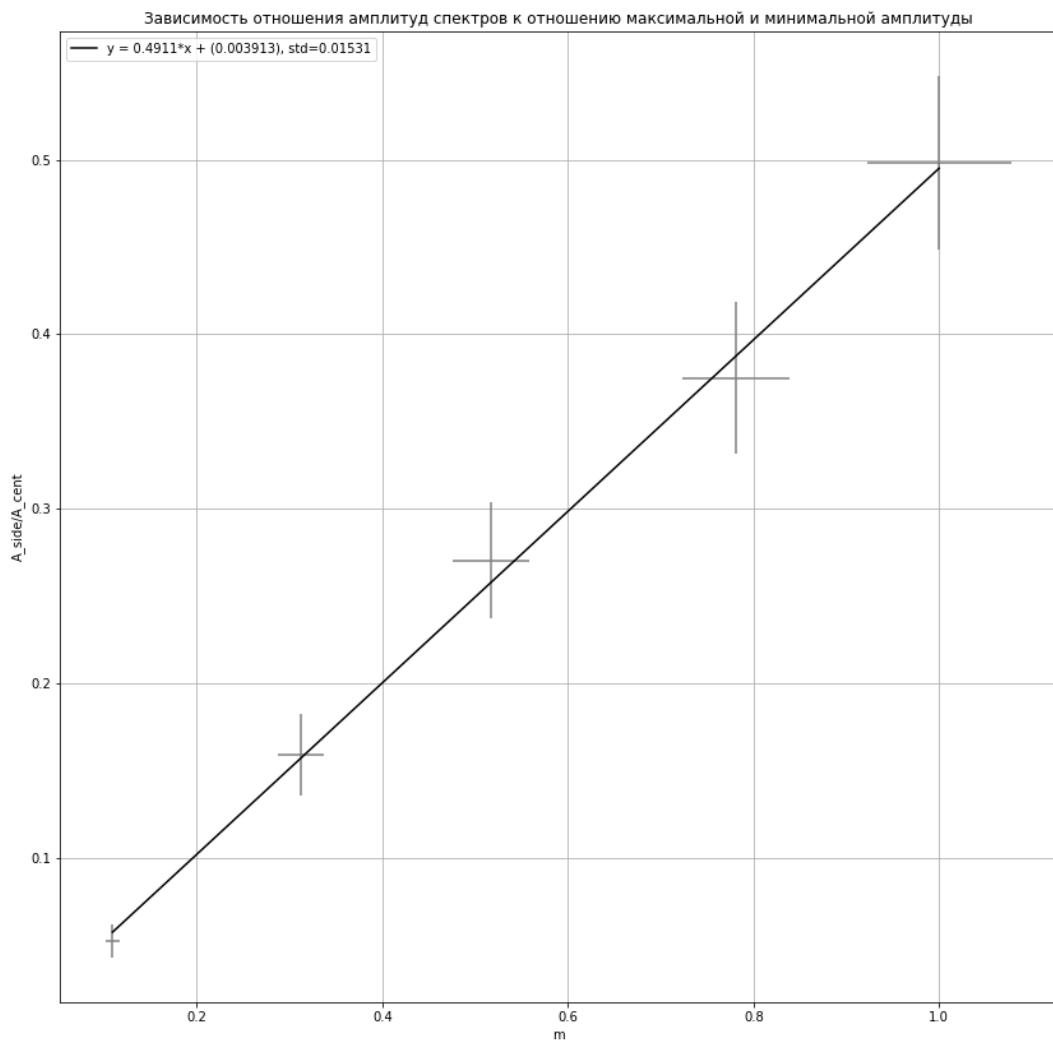




3.3. Исследуем спектры гармонических сигналов, модулированных по амплитуде.

	AV	A_{cent} V	A_{max} V	A_{min} V	левый A_{side} V	правый A_{side} V	$meanA_{side}$ V	m
0	0.20	0.6478	1.146	0.9200	0.0339	0.0339	0.03390	0.109390
1	0.65	0.6496	1.343	0.7036	0.1054	0.1016	0.10350	0.312421
2	1.10	0.6509	1.560	0.4969	0.1801	0.1719	0.17600	0.516846
3	1.55	0.6478	1.796	0.2214	0.2428	0.2428	0.24280	0.780510
4	2.00	0.6422	2.000	0.0000	0.3309	0.3090	0.31995	1.000000

Построим график отношения A_{side}/A_{cent} в зависимости от m :



4. Вывод.

В работе был проведен спектральный анализ электрических спектров, представляющих из себя последовательность прямоугольных импульсов, последовательность щугов, амплитудно-модулированных гармонических колебаний.

Проверено выполнение соотношений неопределенностей для первых двух видов спектра.