

3.6.1 Спектральный анализ электрических сигналов

Радькин Кирилл Б01-005

19.11.21

Цель работы: изучение спектрального состава периодических электрических сигналов

В работе используются: анализатор спектра, генератор прямоугольных импульсов, генератор сигналов специальной формы, осциллограф

В работе изучается спектральный состав периодических сигналов различной формы: последовательности прямоугольных импульсов, последовательности цугов и амплитудно-модулированных гармонических колебаний. Спектры этих сигналов наблюдаются с помощью промышленного анализатора спектра и сравниваются с расчетанными теоретически.

Принцип работы спектроанализатора. Для исследования спектров в работе используется гетеродинный анализатор спектра типа СК4-56. Упрощенная структурная схема, поясняющая последовательный супергетеродинный метод спектрального анализа внешнего сигнала, изображена на рис. 1.

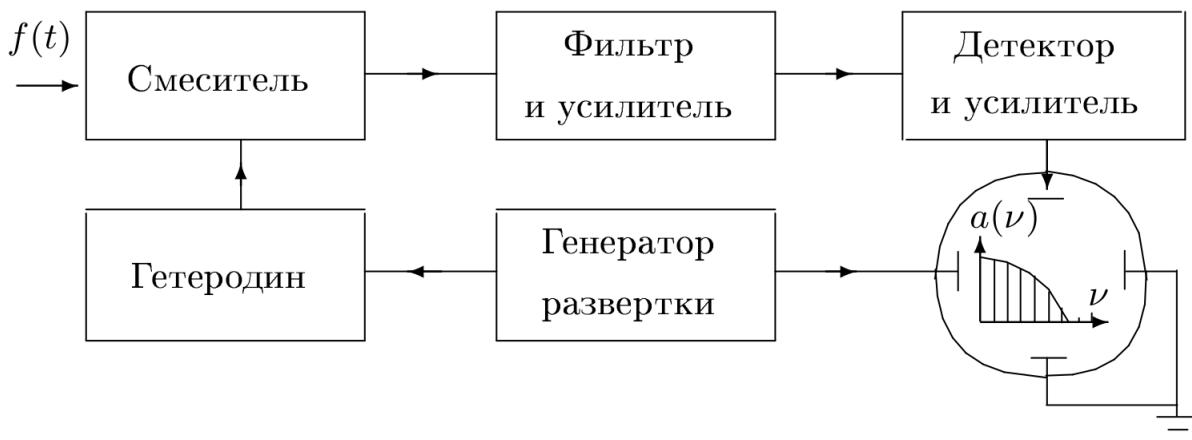


Рис. 1. структурная схема анализатора спектра

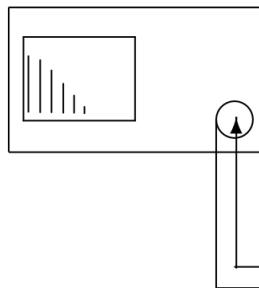
A. Исследование спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

Экспериментальная установка. Схема для исследования спектра периодической последовательности импульсов представлена на рис. 2.

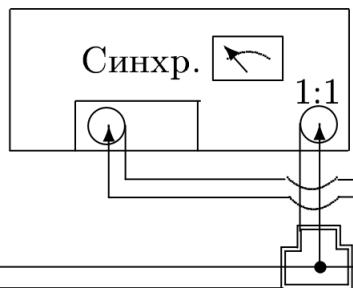
В наблюдаемом спектре отсутствует информация об амплитуде нулевой гармоники, т. е. о величине постоянной составляющей; ее местоположение (начало отсчета шкалы частот) отмечено небольшим выбросом.

Анализатор спектра

СК4-56



Генератор Г5-54



Осциллограф

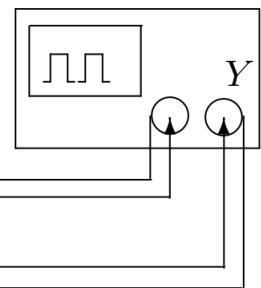
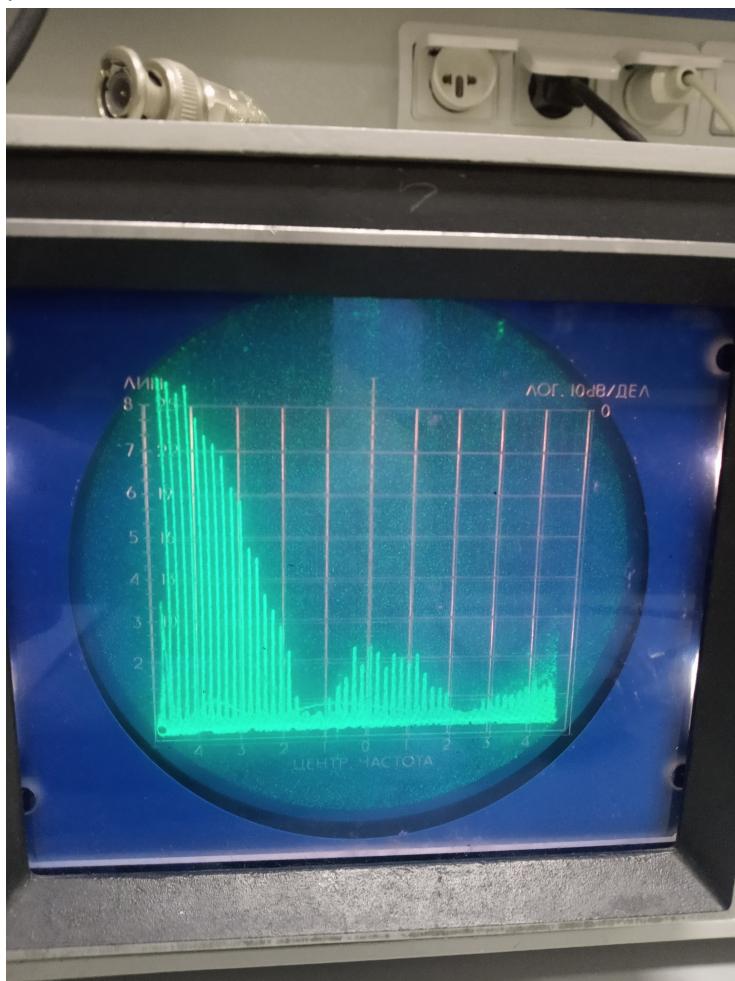


Рис. 2. Схема для исследования спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

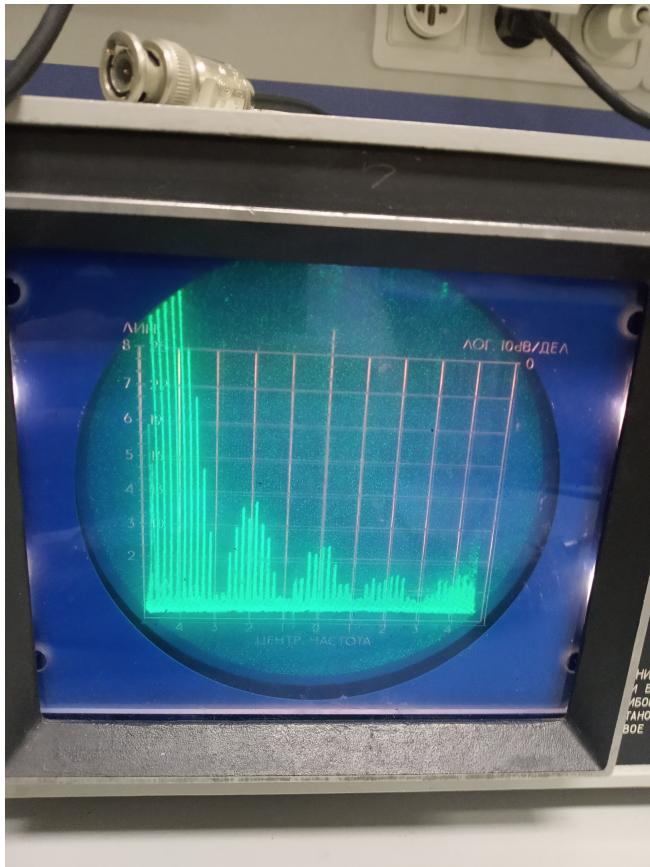
Задание.

1. Соберем схему согласно рис. 2 и подготовим приборы к работе, следя за техническому описанию, расположенному на установке.
2. Установим на анализаторе спектра режим работы с однократной разверткой и получим на экране спектр импульсов с параметрами (частотный масштаб $m_x = 5$ кГц/дел.):

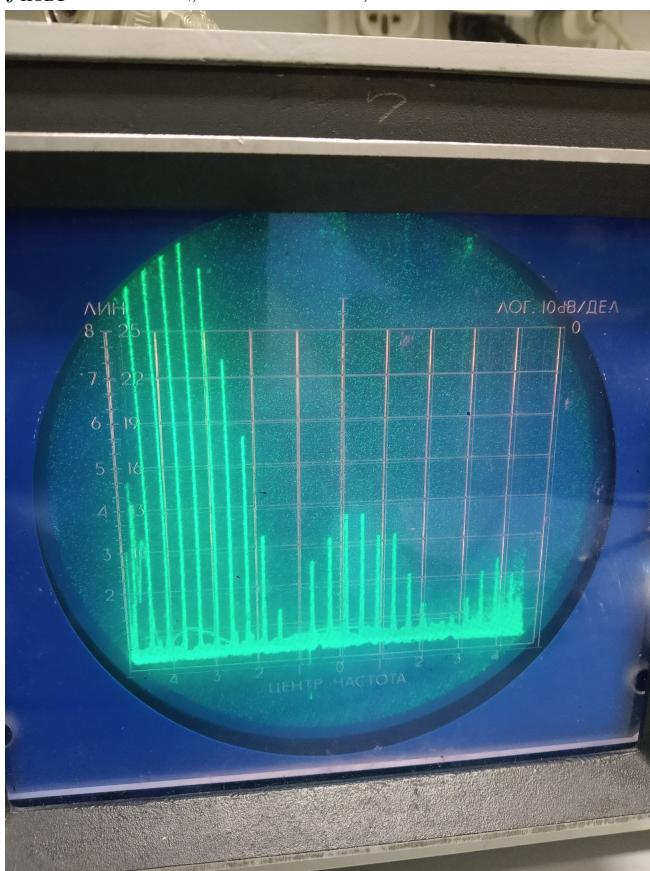
- $f_{\text{повт}} = 1$ кГц, $\tau = 50$ мкс,



- $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$, $\tau = 100 \text{ мкс}$,



- $f_{\text{повт}} = 2 \text{ кГц}$, $\tau = 50 \text{ мкс}$,



3. Проведем измерения зависимости ширины спектра от длительности импульса при увеличении τ от 25 до 200 мкс (1 деление для $\Delta\nu = 5 \text{ кГц}$).

$\Delta\nu$, дел.	8	4	3	2	1.5	1.2	1.1	0.9
τ , мкс	25	50	75	100	125	150	175	200

4. Построим график $\Delta\nu(1/\tau)$ и по его наклону убедимся, что выполняется соотношение неопределенностей.

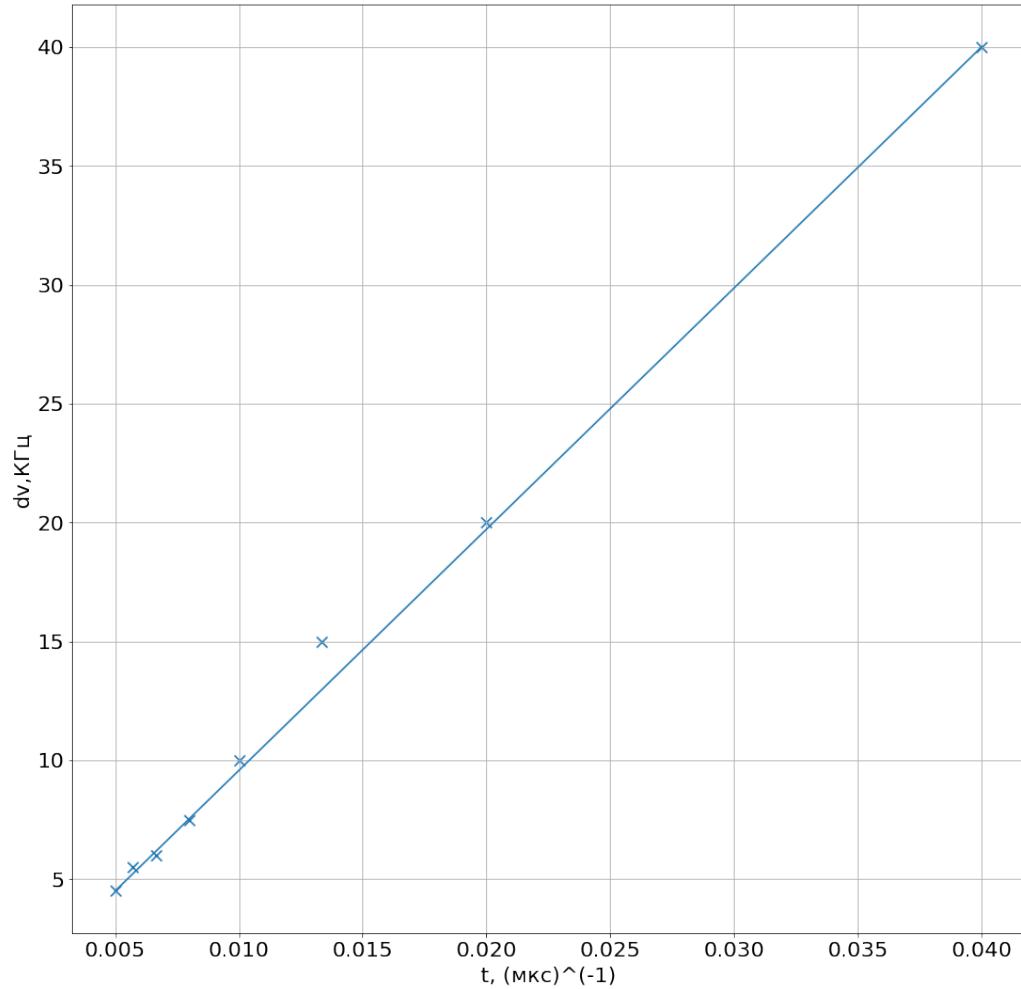


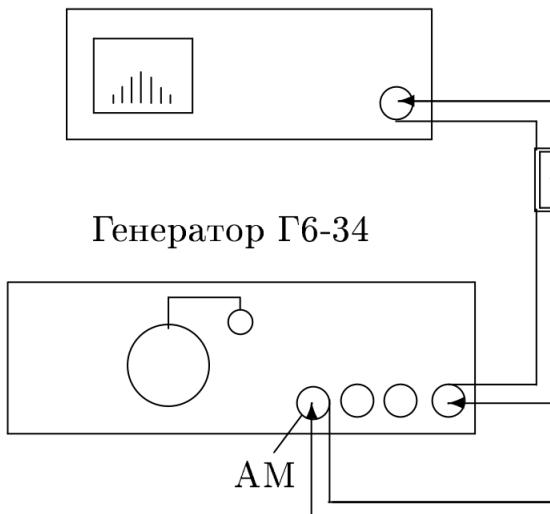
Рис. 3. График $\Delta\nu$ от τ

Из графика: $\Delta\nu \cdot \Delta\tau = 1.09 \pm 0.03$

Б. Исследование спектра периодической последовательности цугов гармонических колебаний

Экспериментальная установка. Исследование спектра периодически чередующихся цугов гармонических колебаний проводится по схеме, изображенной на рис. 4. Генератор Г6-34 вырабатывает синусоидальные колебания высокой частоты. На вход АМ (амплитудная модуляция) этого генератора подаются прямоугольные импульсы с генератора

Анализатор спектра



Осциллограф

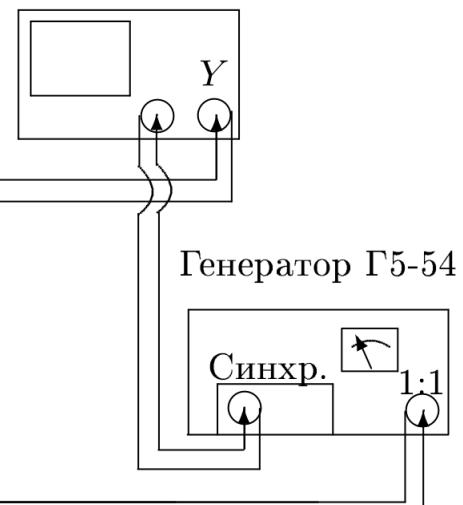


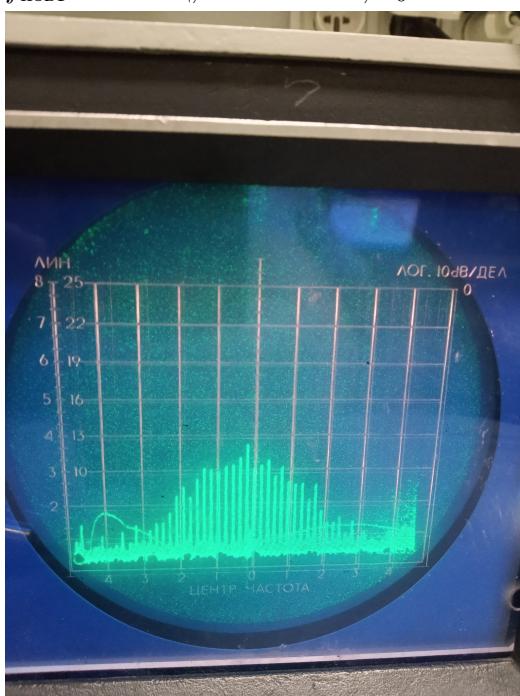
Рис. 4. Схема для исследования спектра периодической последовательности цугов высокочастотных колебаний

Г5-54, а на выходе мы получаем высокочастотные модулированные колебания в виде отдельных кусков синусоиды — цугов. Эти цуги с выхода генератора Г6-34 поступают на вход спектроанализатора и одновременно на вход Y осциллографа. Сигнал синхронизации подается на вход X осциллографа с генератора импульсов.

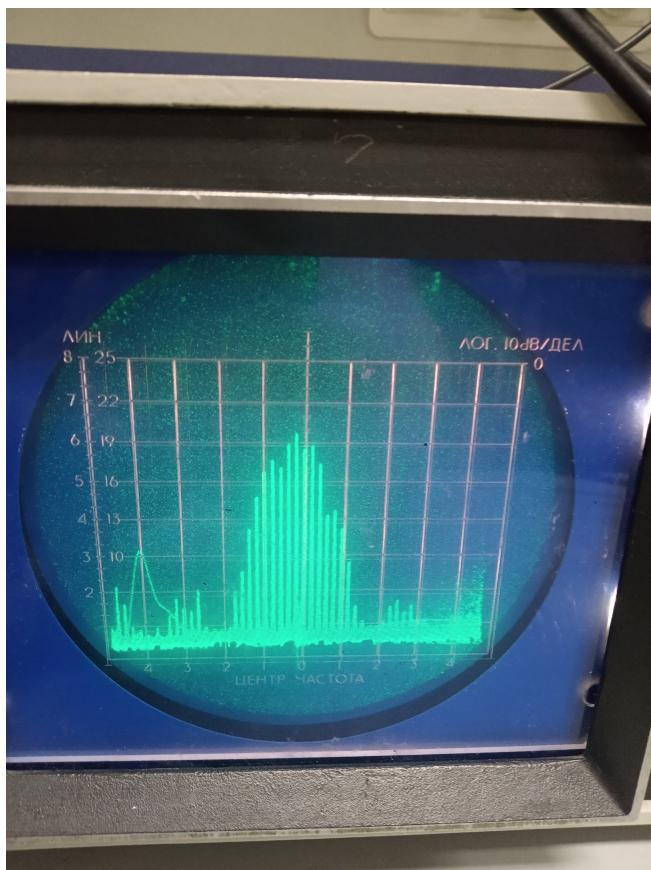
Задание.

- Соберем схему, указанную на рис. 4, и подготовим приборы к работе, руководствуясь техническим описанием.
- Установим частоту несущей $\nu_0 = 25$ кГц и проанаблюдаем изменения спектра:

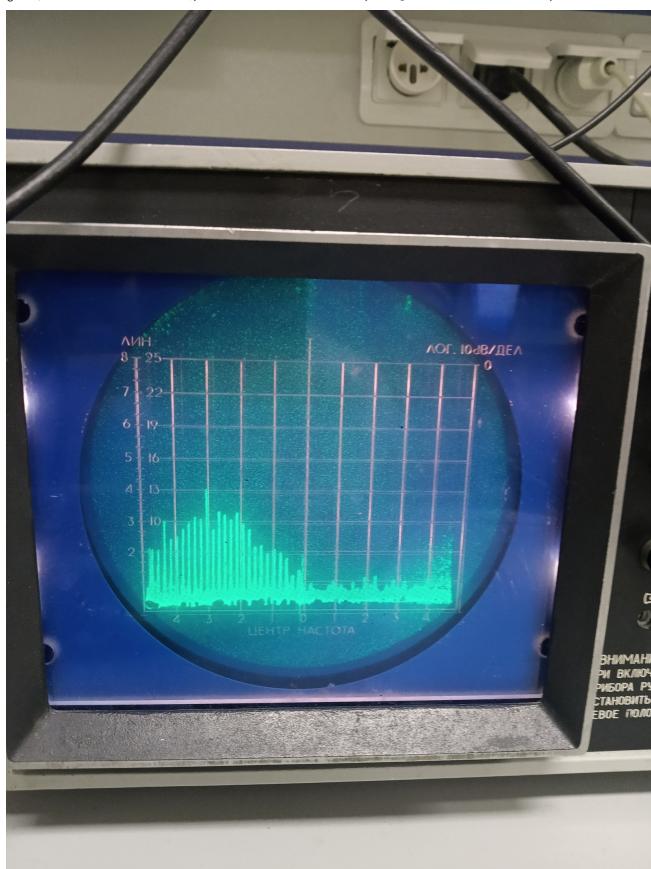
- $f_{\text{повт}} = 1$ кГц, $\tau = 50$ мкс, $\nu_0 = 25$ кГц,



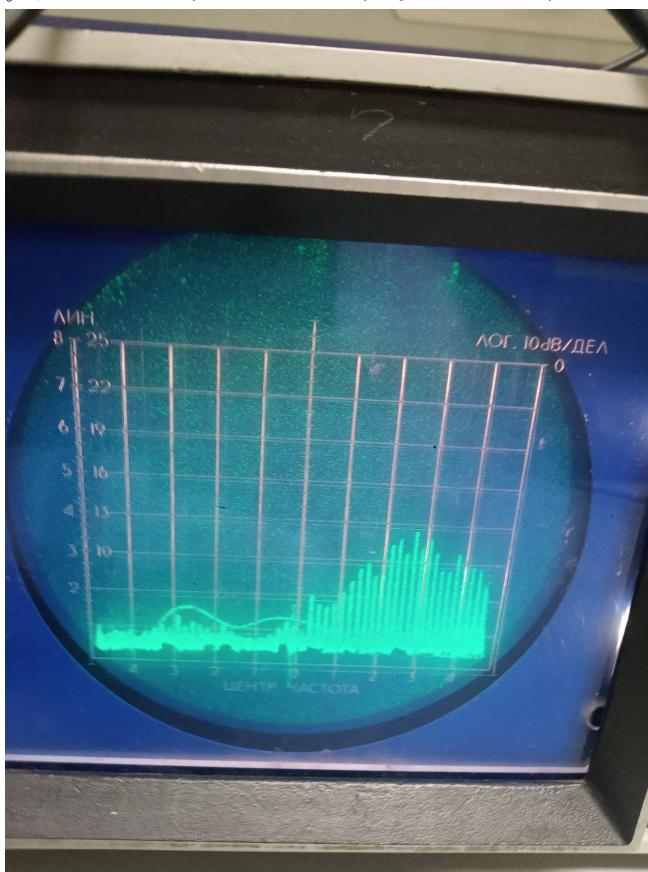
- $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$, $\tau = 100 \text{ мкс}$, $\nu_0 = 25 \text{ кГц}$,



- $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$, $\tau = 50 \text{ мкс}$, $\nu_0 = 10 \text{ кГц}$,



- $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$, $\tau = 50 \text{ мкс}$, $\nu_0 = 40 \text{ кГц}$,



3. При фиксированной длине импульсов $\tau = 50 \text{ мкс}$ исследуем зависимость расстояния $\delta\nu$ между соседними спектральными компонентами от периода T (частоты повторения импульсов $f_{\text{повт}}$ в диапазоне 1-7 кГц).

$\delta\nu, \text{ Гц}$	555	2500	3333	5000	5000	6666	7500
$f_{\text{повт}}, \text{ Гц}$	1	2	3	4	5	6	7

4. Построим график $\delta\nu(f_{\text{повт}})$ (рис. 5)

В. Исследование спектра гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

Экспериментальная установка. Схема для исследования амплитудно-модулированного сигнала представлена на рис. 6. Модуляционный генератор встроен в левую часть генератора сигналов Г6-34. Синусоидальный сигнал с частотой модуляции $f_{\text{мод}} = 1 \text{ кГц}$ подается с модуляционного генератора на вход АМ (амплитудная модуляция) генератора, вырабатывающего синусоидальный сигнал высокой частоты. Амплитудно-модулированный сигнал с основного выхода генератора поступает на осциллограф и на анализатор спектра.

Задание.

1. Соберем схему, изображенную на рис. 6.
2. Исследуем зависимость отношения $a_{\text{бок}}/a_{\text{осн}}$ от $m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$ (A_{\max}, A_{\min} — максимальная и минимальная амплитуда сигнала на осциллографе, $a_{\text{бок}}, a_{\text{осн}}$ — амплитуда боковой линии спектра и основной линии спектра)

Генератор Г6-34

Анализатор спектра

Осциллограф

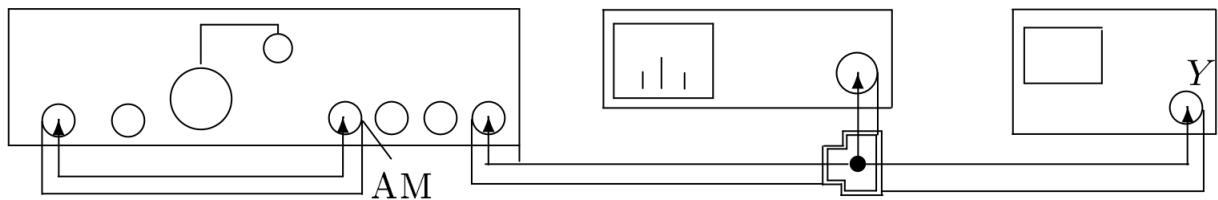


Рис. 5. Схема для исследования спектра высокочастотного гармонического сигнала, промодулированного по амплитуде низкочастотным гармоническим сигналом

$a_{бок}/a_{осн}$	0.0497	0.146	0.2329	0.3323	0.4317	0.4752
A_{max}	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2
A_{min}	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	0

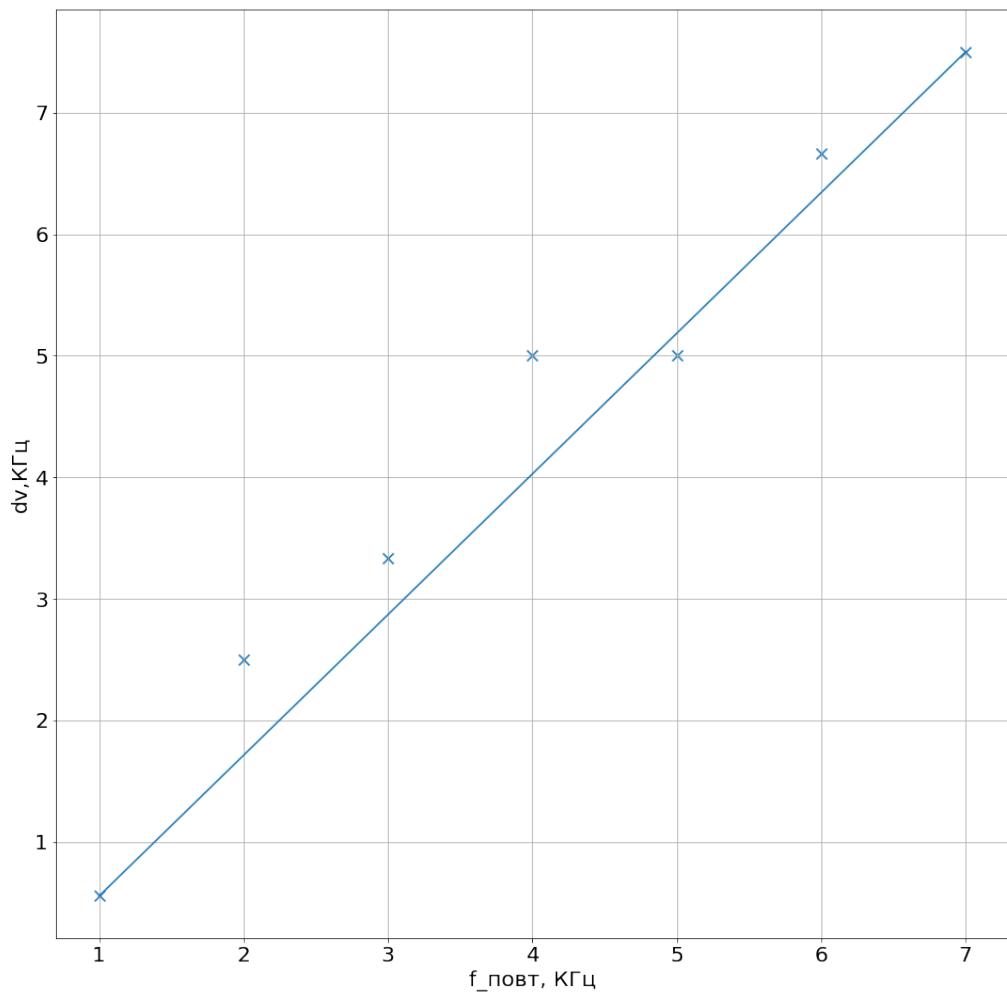


Рис. 6. График $\delta\nu (f_{\text{повт}})$

3. Посторим график $a_{бок}/a_{осн}$ от m

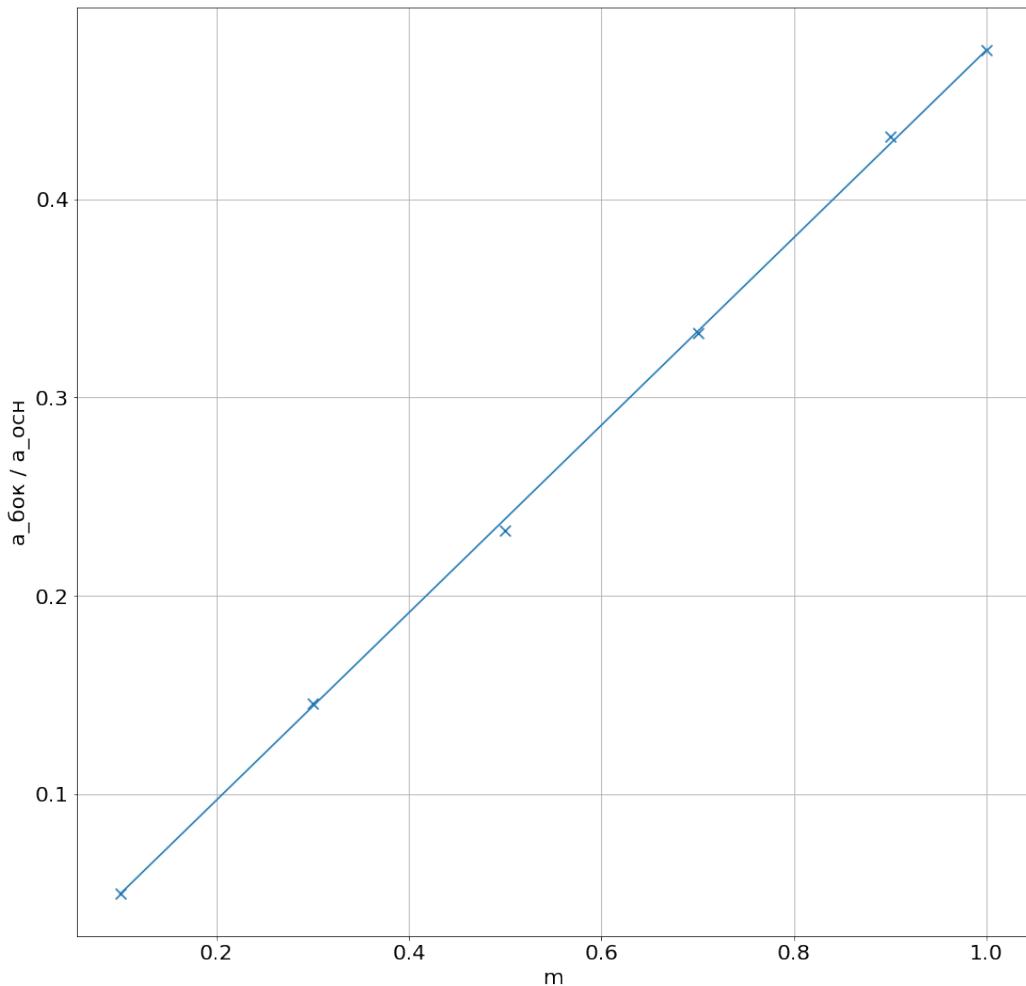


Рис. 7. График $a_{бок}/a_{осн}$ от m

4. Определим угол наклона графика:

$$\alpha_{граф} = \arctan 0.473 = 0.44$$

$$\alpha_{теор} = \arctan 0.5 = 0.46$$