

---

**Лабораторная работа №3.6.1Б**  
**Спектральный анализ (цифровой осциллограф)**  
**Мещеряков Всеволод, Б02-001, 26.10.2021**

**Исследование спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов**

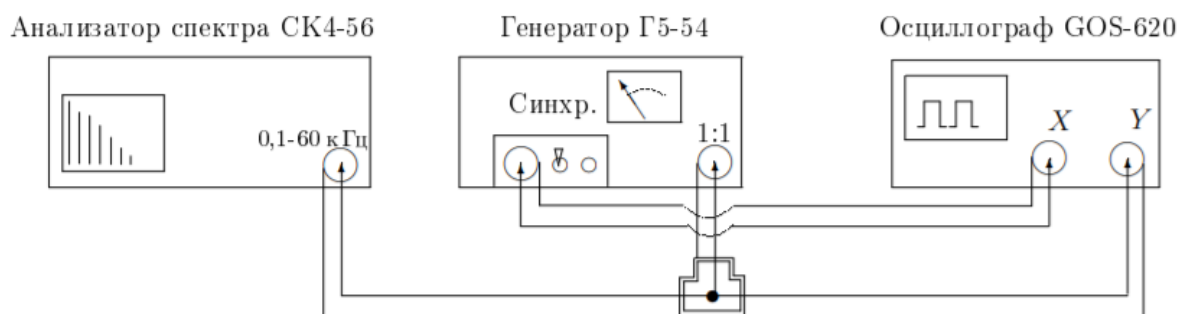


Рис. 1 — Схема для исследования спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

На рисунке 1 представлена схема для исследования спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов. Сигнал с выхода генератора прямоугольных импульсов Г5-54 подаётся на вход анализатора спектра и одновременно на вход Y осциллографа. С генератора импульсов на осциллограф также подаётся сигнал синхронизации, запускающий ждущую развертку осциллографа. При этом на экране осциллографа можно наблюдать саму последовательность прямоугольных импульсов, а на экране анализатора спектра – распределение амплитуд спектральных составляющих этой последовательности.

В наблюдаемом спектре отсутствует информация об амплитуде нулевой гармоники, т.е. о величине постоянной составляющей; её положение (начало отсчёта шкалы частот) отмечено небольшим вертикальным выбросом.

Установим на анализаторе спектра режим работы с однократной разверткой и получим на экране спектр импульсов с параметрами  $f_{\text{повт}} = 10^3 \text{ Гц}$ ;  $\tau = 25 \text{ мкс}$ ; частотный масштаб  $m_x = 5 \text{ кГц/дел}$ . Проведем измерения зависимости ширины спектра от длительности импульса  $\Delta\nu(\tau)$  при

увеличении  $\tau$  от 25 до 200 мкс. Результаты занесем в таблицу 1.

$1/\tau, 10^{-3}\text{с}$	$\Delta\nu(\tau), \text{кГц}$
40	36
20	18,5
13,3	12
10	10
8	8
6,7	7
5,7	6

Таблица 1 — Результаты измерения после пересчёта в единицы измерения,  $m_x = 5\text{кГц/дел}$

Видно, что соотношение неопределенности  $\Delta\nu(\tau)\tau = 1$  выполняется с большой точностью и правая часть равна  $0,98 \pm 0,06$ .

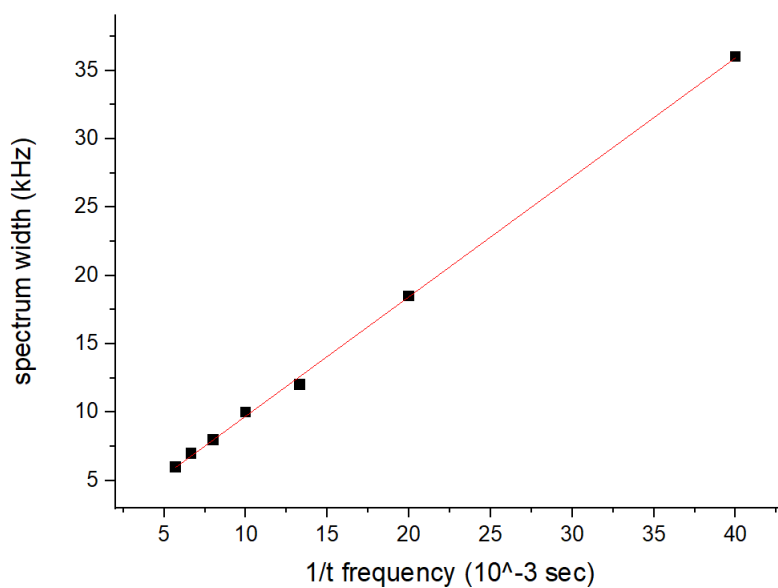


Рис. 2 — График снятой зависимости  $\Delta\nu(1/\tau)$

## Исследование спектра периодической последовательности цугов гармонических колебаний

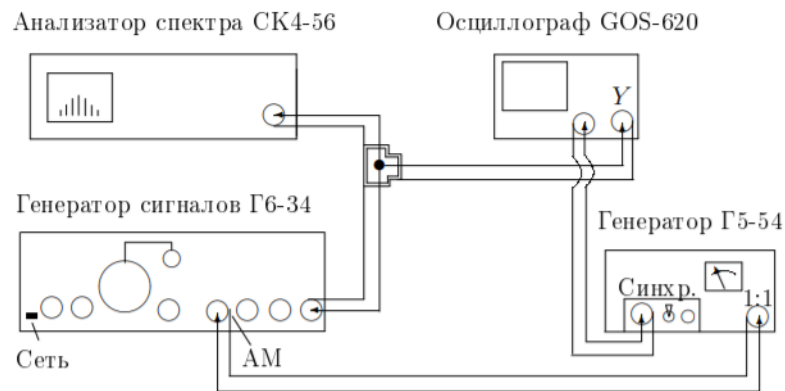


Рис. 3 — Схема для исследования спектра периодической последовательности цугов гармонических колебаний

Установим частоту несущей  $\nu_0 = 25\text{кГц}$ . Посмотрим, как меняется вид спектра при увеличении длительности вдвое – рисунок 3. Видно, что с увеличением длительности импульса в два раза ширина спектра уменьшается в два раза, а амплитуды гармоник возрастают в два раза.

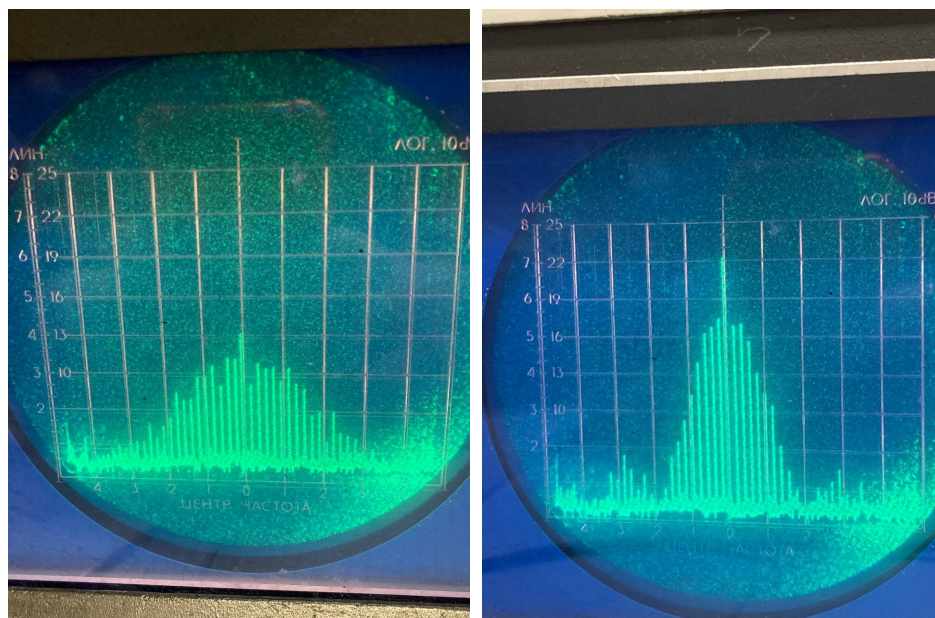


Рис. 4 — Спектры при длительности импульса 50мкс (левая фотография), 100мкс (правая фотография)

Теперь будем изменять несущую частоту  $\nu_0$  при фиксированных значениях  $f_{\text{повт}} = 1\text{кГц}$ ,  $\tau = 100\text{мкс}$  и частотном масштабе  $m_x = 5\text{кГц/дел}$ . Видно, что при её увеличении пик сдвигается от начала отсчёта вправо. Для нас это значит, что колебания проходят с теми же амплитудами, но уже на бОльших частотах (гармониках).

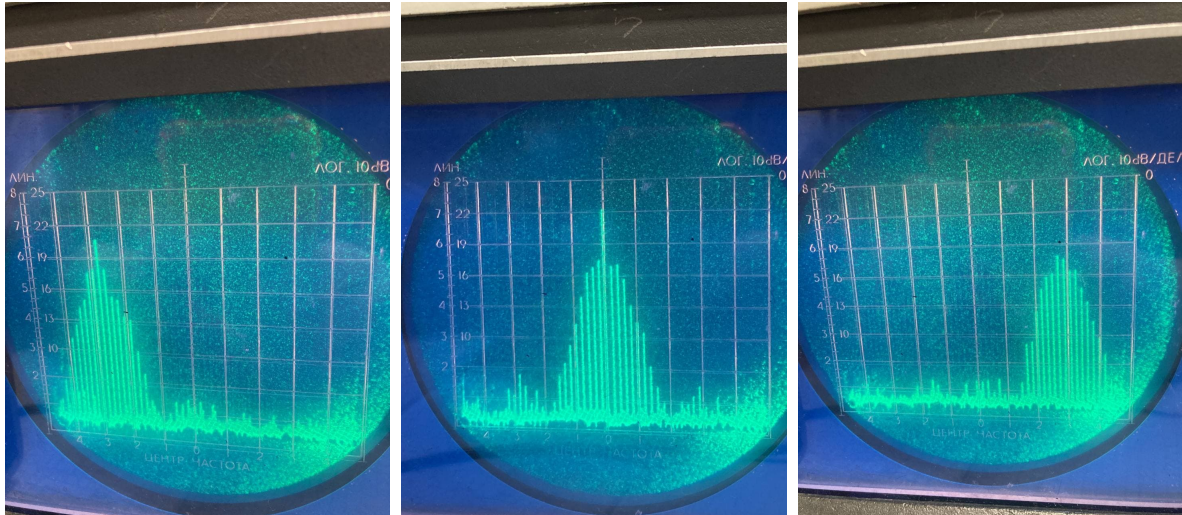


Рис. 5 — Спектры при несущей частоте  $\nu_0$  10 кГц (слева), 25 кГц (по центру), 40 кГц (справа)

Зафиксируем длительность импульсов  $\tau = 50\text{мкс}$  и изучим зависимость  $\delta\nu$  между соседними спектральными компонентами от периода  $T$  (частоты повторения  $f_{\text{повт}}$  в диапазоне 1-8 кГц, подбирая удобный для измерения горизонтальный масштаб  $m_x$ . Результаты измерений нанесем на плоскость и получим график зависимости  $\delta\nu(f_{\text{повт}})$  – рисунок 6.

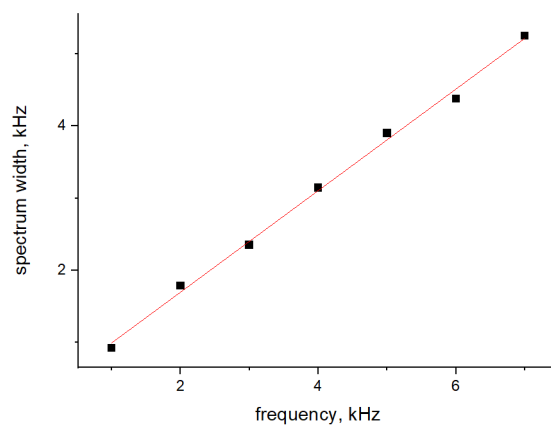


Рис. 6 —  $\delta\nu(f_{\text{повт}})$

## Исследование спектра гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

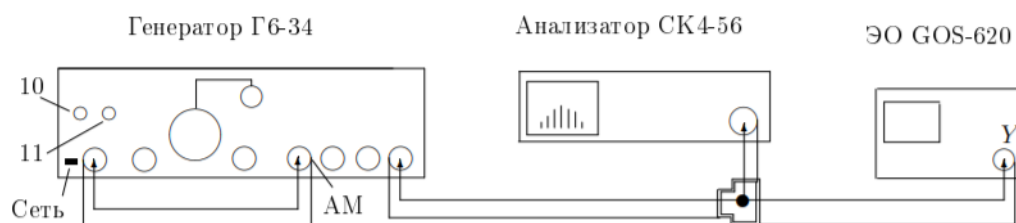


Рис. 7 — Схема установки для исследования спектра гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

Будем изменять глубину модуляции и снимать зависимость отношения амплитуды боковой линии спектра к амплитуде основной линии ( $a_{\text{бок}}/a_{\text{осн}}$ ). На рисунке 8 отразим полученную зависимость. Из графика получаем угол наклона прямой  $f(m)$  равным  $0,58 \pm 0,05$ .

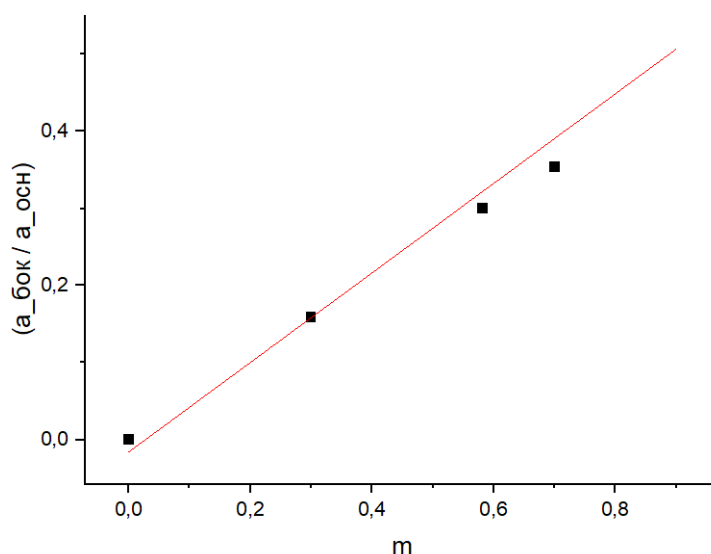


Рис. 8 — График зависимости  $\frac{a_{\text{бок}}}{a_{\text{осн}}}(m)$

Выставим глубину модуляции нулевой ( $m = 0$ ) и посмотрим, как меняется спектр при увеличении частоты модулирующего сигнала. На качественном уровне происходит расширение спектра, количество и высота гармоник остаются прежними. Боковые пики отдаляются от основного, который стоит на месте.