

## Лабораторная работа 3.6.1

### Спектральный анализ электрических сигналов

**Цель работы:** изучение спектрального состава периодических электрических сигналов.

**Оборудование:** анализатор спектра, генератор прямоугольных импульсов, генератор сигналов, осциллограф.

### Теория

#### А. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

Коэффициенты при косинусных составляющих в разложении в ряд Фурье прямоугольных импульсов с амплитудой  $V_0$ , длительностью  $\tau$ , частотой повторения  $\Omega_1 = 2\frac{\pi}{T}$  равны

$$a_n = 2V_0 \frac{\tau}{T} \frac{\sin(n \cdot \Omega_1 \tau / 2)}{n \cdot \Omega_1 \tau / 2}$$

Коэффициенты при синусах равны нулю в силу четности. Отсюда следуют соотношения неопределенности

$$\Delta\omega \cdot \tau \approx 2\pi \text{ или } \Delta\nu \cdot \tau \approx 1$$

И спектр будет выглядеть так:

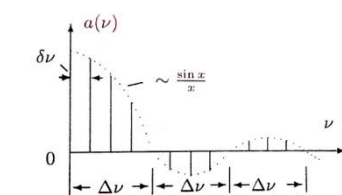


Рис. 6.3. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов

#### Б. Периодическая последовательность цугов

Аналогичное выражение для цугов будет

$$a_n = V_0 \frac{\tau}{T} \left( \frac{\sin\left[(\omega_0 - n\Omega_1) \frac{\tau}{2}\right]}{(\omega_0 - n\Omega_1) \frac{\tau}{2}} + \frac{\sin\left[(\omega_0 + n\Omega_1) \frac{\tau}{2}\right]}{(\omega_0 + n\Omega_1) \frac{\tau}{2}} \right)$$

Тогда, спектр цугов аналогичен спектру прямоугольных импульсов, но сдвинут по частоте, потому соотношения неопределенностей сохраняются.

#### В. Амплитудно-модулированные колебания.

Пусть гармонические колебания описываются формулой

$$f(t) = A_0 [1 + m \cdot \cos(\Omega \cdot t)] \cdot \cos(\omega_0 t)$$

причем  $\Omega \ll \omega_0$ .  $m$  - глубина модуляции. Легко видеть, что

$$m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$$

А спектр колебаний

$$f(t) = A_0 \cdot \cos(\omega_0 t) + \frac{A_0 \cdot m}{2} \cdot \cos((\omega_0 + \Omega)t) + \frac{A_0 \cdot m}{2} \cdot \cos((\omega_0 - \Omega)t)$$

И потому будет выглядеть следующим образом:

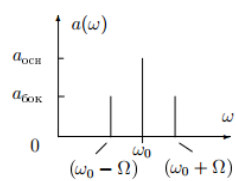


Рис. 6. 7. Спектр колебаний,  
модулированных по амплитуде

## Ход работы

### А. Исследование спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

Соберем следующую схему

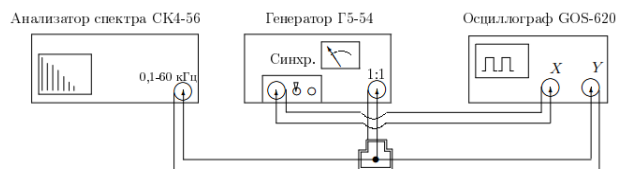
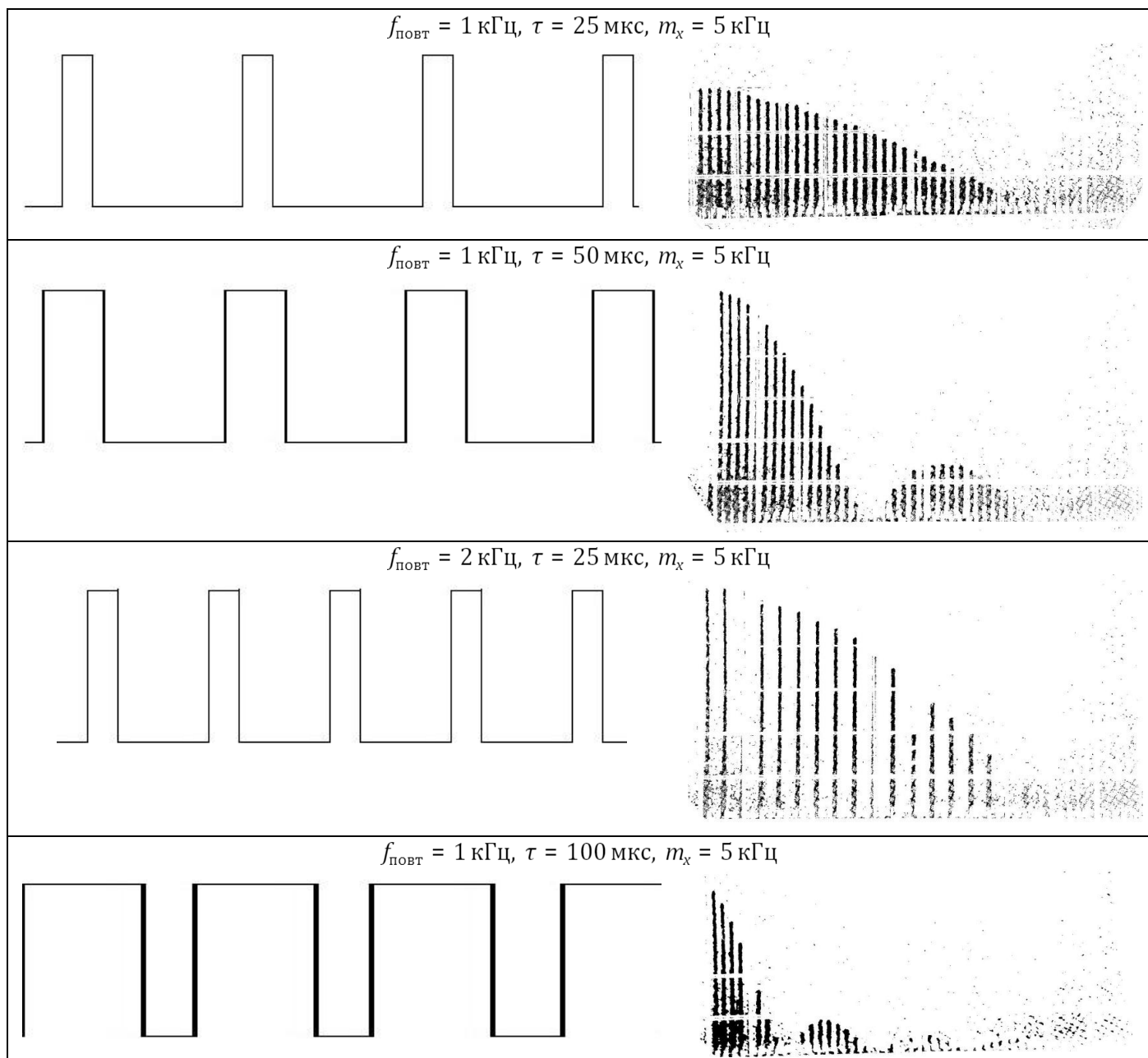


Рис. 2 Схема для исследования спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

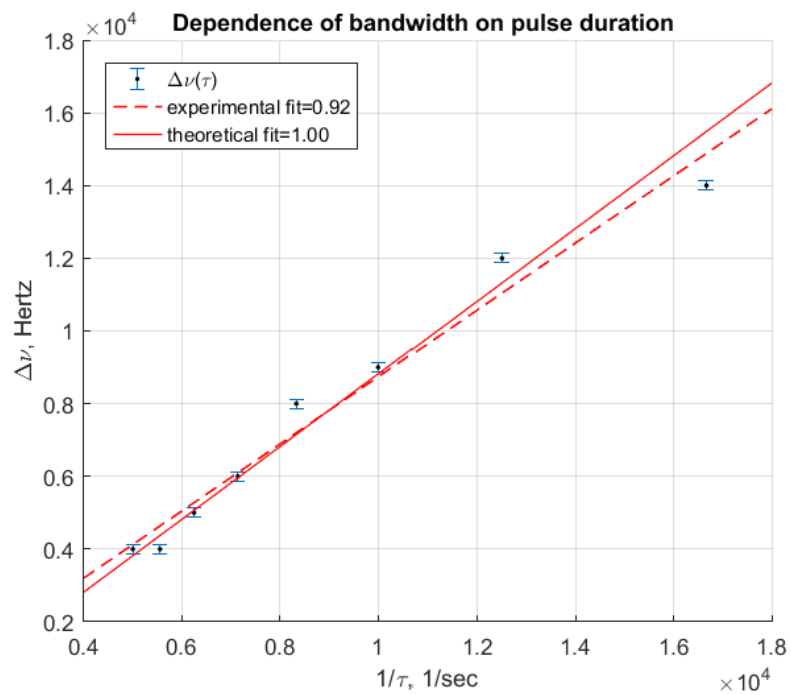
Получим на экране анализатора спектр импульсов с параметрами:



## Проверка соотношения неопределенностей

Снимем зависимость  $\Delta\nu(\tau)$  при  $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$  и построим график.

$\tau$ , мкс	$\Delta\nu$ , кГц
60	14
80	12
100	9
120	8
140	6
160	5
180	4
200	4



## Б. Исследование спектра периодической последовательности цугов гармонических колебаний

Соберем установку как на схеме

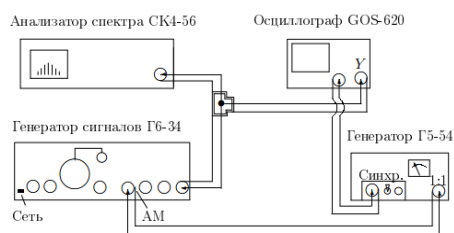
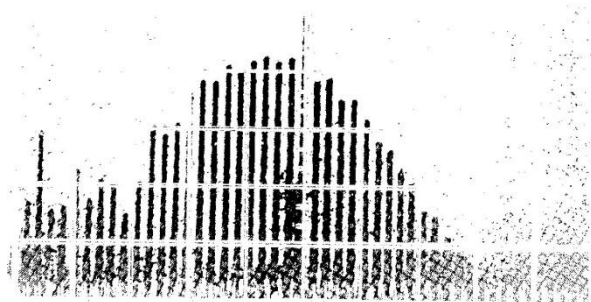


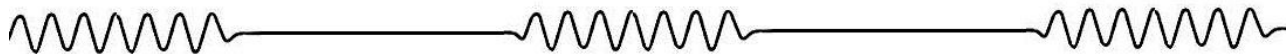
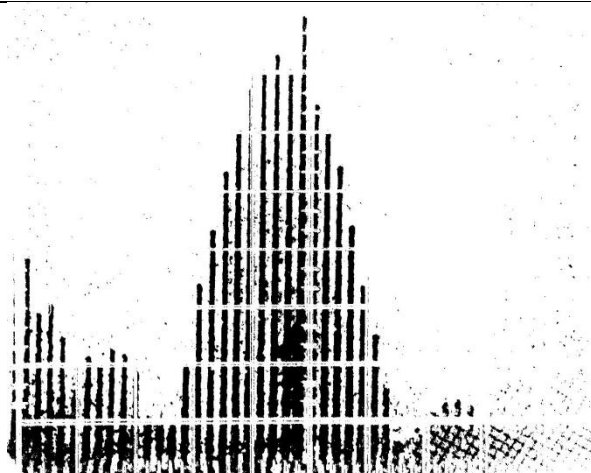
Рис. 3. Схема для исследования спектра периодической последовательности цугов высокочастотных колебаний

Получим на экране анализатора спектр цугов с параметрами

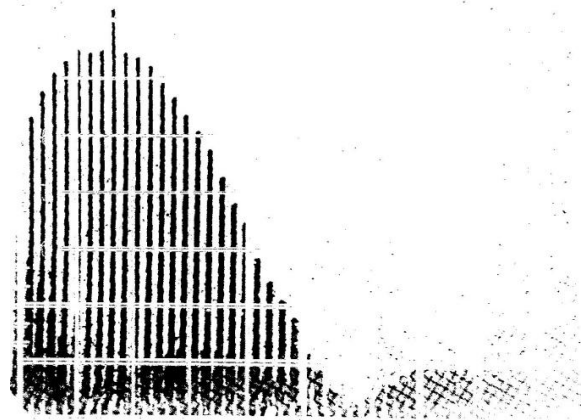
$$\tau = 50 \text{ мкс}, f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}, \nu_0 = 25 \text{ кГц}$$



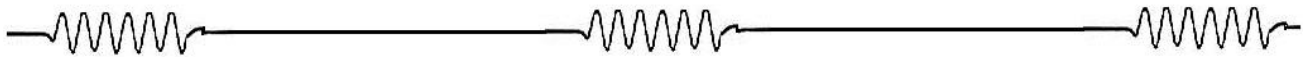
$$\tau = 100 \text{ мкс}, f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}, \nu_0 = 25 \text{ кГц}$$



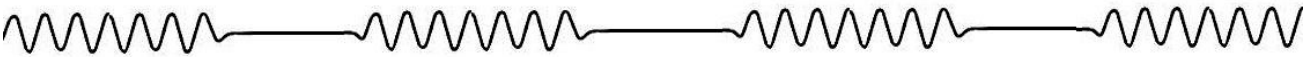
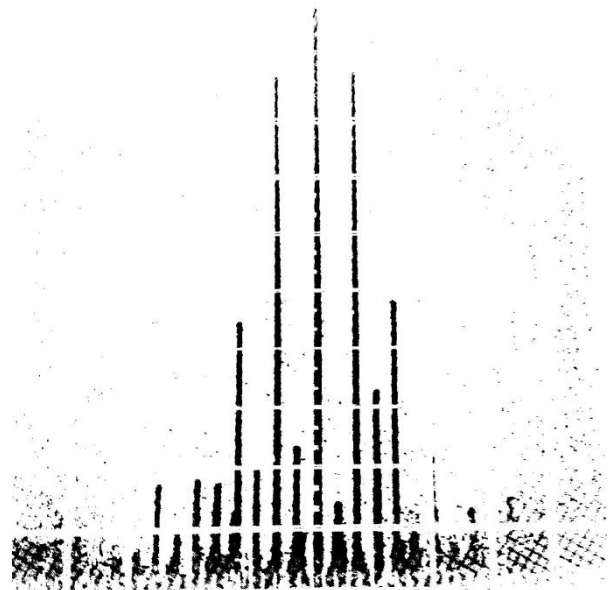
$$\tau = 50 \text{ мкс}, f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}, \nu_0 = 10 \text{ кГц}$$



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



$$\tau = 100 \text{ мкс}, f_{\text{повт}} = 2 \text{ кГц}, \nu_0 = 25 \text{ кГц}$$





## В. Исследование спектра гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

Соберем следующую установку:



Рис. 4. Схема для исследования спектра высокочастотного гармонич. сигнала, промодулированного по амплитуде низкочастотным гармонич. сигналом

Снимем зависимость отношения амплитуды боковой линии спектра к амплитуде основной линии от глубины модуляции и построим график.

$\frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$	$\frac{a_{бок}}{a_{осн}}$
1.0000	0.5263
0.9200	0.5000
0.7701	0.4367
0.6610	0.3745
0.5652	0.3448
0.4595	0.2632

