

Московский Физико-Технический Институт  
(государственный университет)

---

## Работа 3.6.1

---

Сибгатуллин Булат, ФРКТ

**Цель работы:** изучить спектральный состав периодических сигналов.

text

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

text

## Описание работы

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

Периодическая функция может быть представлена в виде бесконечного ряда гармонических функций - ряда Фурье:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega_0 t} \quad \text{или} \quad f = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n).$$

Здесь  $\omega_0 = 2\pi/T$ , где  $T$  - период функции  $f(t)$ . Коэффициенты  $c_n$  могут быть найдены по формулы:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-in\omega_0 t} dt.$$

Наборы коэффициентов разложения в комплексной  $c_n$  и действительной  $a_n, \phi_n$  формах связаны соотношением:

$$a_n = 2|c_n|, \quad \phi_n = \arg c_n.$$

В качестве простейшего спектрального анализатора можно использовать высокочастотный колебательный контур с подстраиваемой ёмкостью или индуктивностью. Такой контур усиливает те гармоники входного сигнала  $f(t)$ , частота которых близка к резонансной  $\nu_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$  и практически не реагируют на частоты, далёкие от  $\nu_0$ . С точки зрения преобразования гармоник колебательный контур является узкополосным фильтром с шириной полосы пропускания порядка  $\Delta \sim \nu_0/Q$ , где  $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \gg 1$  - его добротность. Амплитуда колебаний в контуре пропорциональна амплитуде  $|c(\nu_0)|$  гармоники в спектре функции  $f(t)$ , частота которой совпадает с  $\nu_0$ . Таким образом, меняя резонансную частоту контура, можно «просканировать» весь спектр входного сигнала.

## Экспериментальная установка

Функциональный генератор WaveStation 2012 позволяет сформировать два различных электрических сигнала, которые выводятся на два независимых канала – "CH1" и "CH2". Сигнал с канала "CH1" подается на вход "А" а сигнал с канала "CH2" – на вход "В" USB-осциллографа. Затем эти сигналы подаются на вход компьютера через USB-соединение. При работе USB-осциллографа в режиме осциллографа, на экране компьютера можно наблюдать каждый из сигналов в отдельности, а также их произведение. В режиме спектроанализатора можно наблюдать спектры этих сигналов. При включении функционального

генератора, на его экране отображается информация о параметрах электрического сигнала.

Схема установки приведена на рис. 1.



Рис. 1