

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ)  
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ  
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа 3.6.1

## **Спектральный анализ электрических сигналов**

*выполнил студент 2 курса  
группы Б04-006*  
**Белостоцкий Артемий**

Долгопрудный, 2021

# 1. Цель работы.

Изучить спектральный состав периодических электрических сигналов

## 2. В работе используются

Анализатор спектра (аналоговый или цифровой), генератор прямоугольных импульсов и сигналов специальной формы, осциллограф.

## 3. Теоретические сведения

В работе изучается спектральный состав периодических электрических сигналов различной формы: последовательности прямоугольных импульсов, последовательности цугов и амплитудно-модулированных гармонических 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:

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

Здесь  $\omega_0 = 2\pi/T$ , где  $T$  — период функции  $f(t)$ . Коэффициенты  $\{c_n\}$  могут быть найдены по формуле

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

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

$$a_n = 2|c_n| \quad \varphi_n = \arg c_n$$

В качестве простейшего спектрального анализатора можно использовать высокочастотный колебательный контур с подстраиваемой ёмкостью или индуктивностью, рис. 1. Такой контур усиливает те гармоники входного сигнала  $f(t)$ , частота которых близка к резонансной  $\nu_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$  и практически не реагирует на частоты, далёкие от  $\nu_0$ .

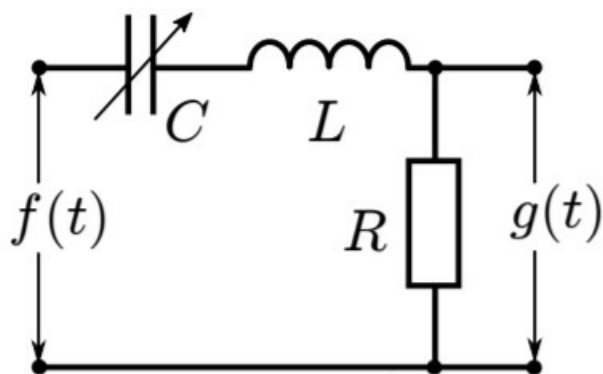


Рис.1.Колебательный контур как узкополосный фильтр

С точки зрения преобразования гармоник колебательный контур является узкополосным ф с шириной полосы пропускания порядка  $\Delta\nu \sim \nu_0/Q$ , где  $Q = 1/R \sqrt{L/C} \gg 1$  — 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.

## 4. Экспериментальная установка

У описанной выше схемы есть существенный недостаток: при изменении  $L$  или  $C$  меняется также и добротность, а значит, и ширина полосы пропускания. Кроме того, проще изготовить высокодобротный контур с фиксированными параметрами, нежели с настраиваемой частотой. В связи с этим, как правило, для фильтрации сигнала применяется другая схема

Исследуемый сигнал  $f(t)$  и синусоидальный сигнал от вспомогательного генератора, называемого в таких системах гетеродином, подаются на вход смесителя. Смеситель — элемент, преобразующий колебания с частотами  $\nu_1$  и  $\nu_2$  в колебания на комбинированных частотах:  $\nu_1 + \nu_2$  и  $\nu_1 - \nu_2$ . «Разностный» сигнал смесителя поступает на фильтр — высокодобротный колебательный контур, настроенный на некоторую фиксированную резонансную частоту  $\nu_0$ . Таким образом, если  $f(t)$  содержит гармонику  $\nu = \nu_{\text{гет}} - \nu_0$  ( $\nu_{\text{гет}}$  — частота гетеродина), она будет усилена, а отклик будет пропорционален её амплитуде.

Отметим, что смещение частот исследуемого сигнала и частоты гетеродина лежит в основе большинства современных радиоприёмных устройств — супергетеродинов.

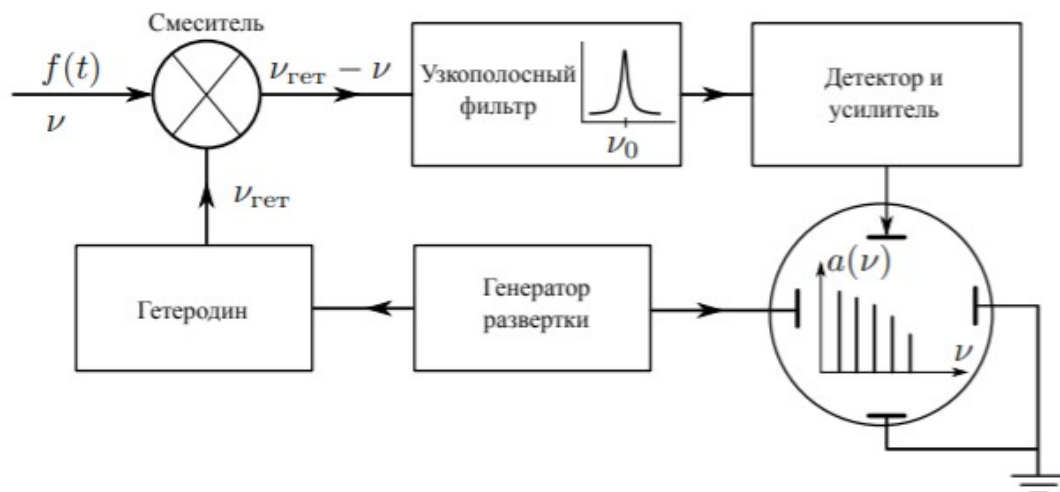


Рис.2. Структурная схема анализатора спектра