

Лабораторная работа № 3.6.1 "Спектральный анализ электрических сигналов"

Кирилл Шевцов Б03-402

27 ноября 2025 г.

Задача об изучении спектров сигналов сводится к поиску отклика системы $g(t)$ на внешнее воздействие $f(t)$.

1. Исследование спектра периодических последовательностей импульсов.

Пусть на вход последовательной RLC-цепочки подается периодическая последовательность импульсов, с длительностью τ и периодом T . Изобразим спектры этого сигнала, изменяя длительность сигнала в диапазоне $50\mu s - 200\mu s$.

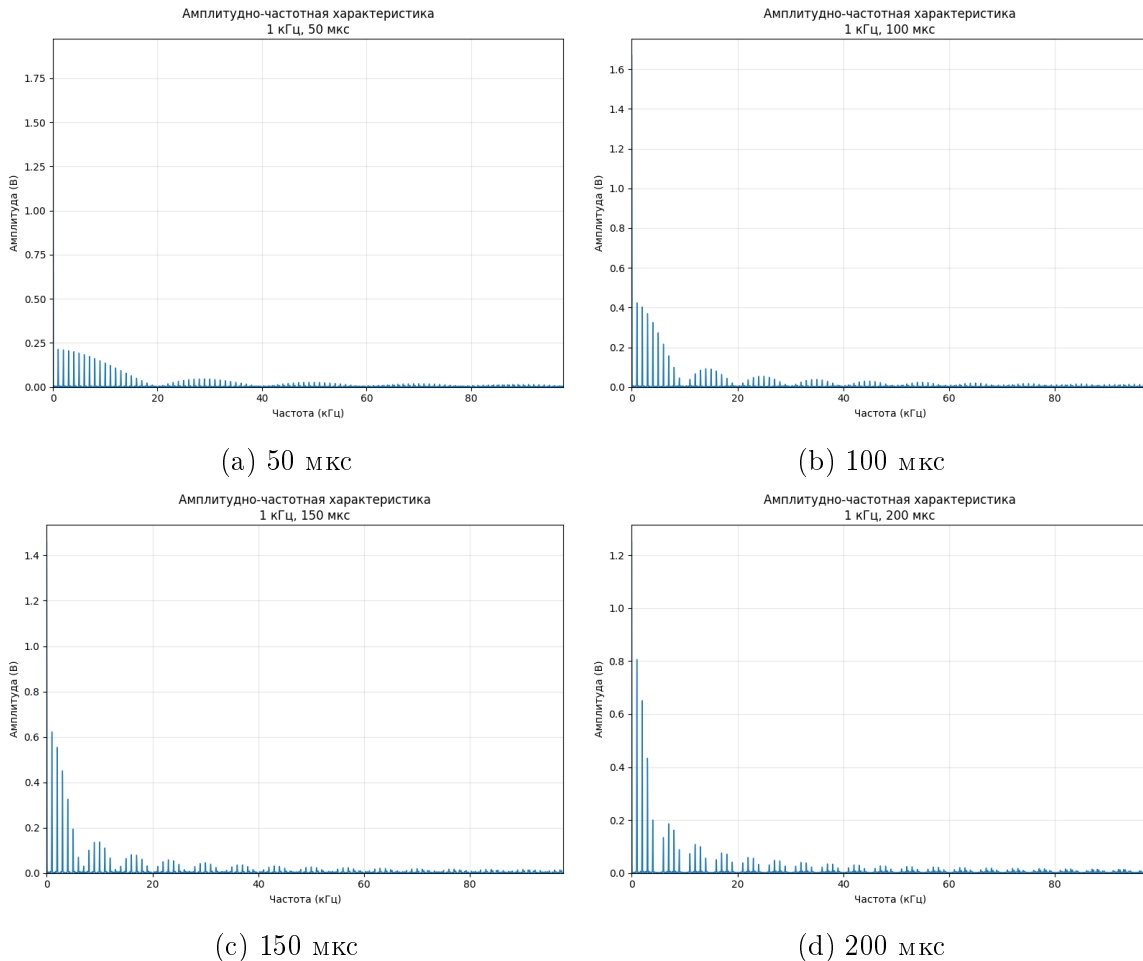


Рис. 1: Спектры при переменном τ

Как видно, при увеличении длительности сигнала, ширина спектра становится уже. Поскольку сигнал периодический, при уменьшении длительности сигнала, его ширина уменьшается $\nu_0\tau \sim 1$, графики это демонстрируют.

2. Исследование периодической последовательности цугов гармонических колебаний

Цуг - это "обрывок" синусоиды / косинусоиды. Получим спектр этого сигнала, изменяя частоту

повторения импульсов.

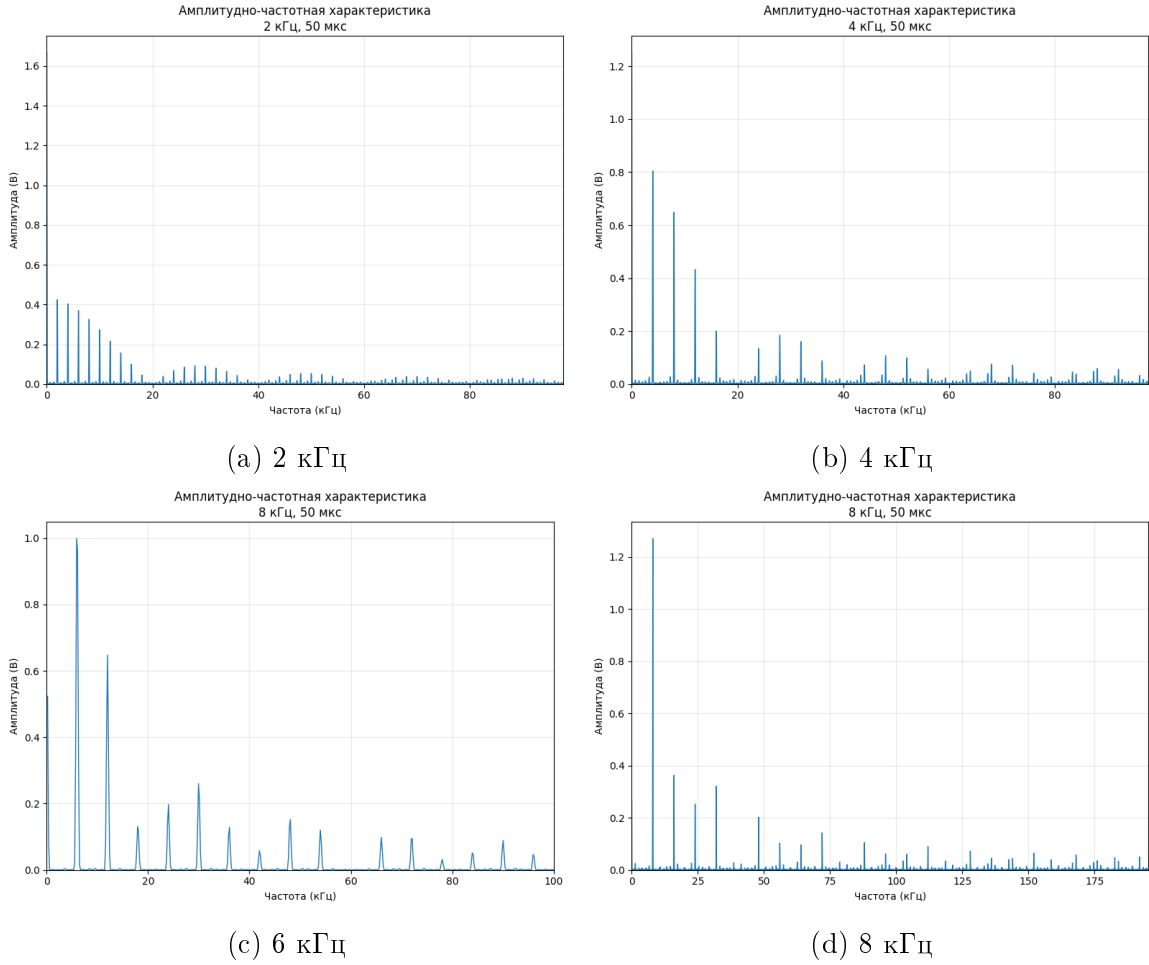


Рис. 2: Спектры при переменном τ

На фотографиях спектра видно, что ширина цуга неизменна и равна $\nu_0 = 1/\tau = 20$ кГц, частота самого большого пика соответствует частоте несущей.

3. Исследование спектров гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

Говорят, что сигнал модулирован по амплитуде, если

$$f(t) = a_0 [1 + m \cos(\Omega t)] \sin(\omega t) = a(t) \sin(\omega t) \quad (1)$$

Для амплитудно-модулированного сигнала делают приближение $\Omega \ll \omega$ (так как интересно посмотреть на амплитуды близ лежащих частот), $m \ll 1$. Получим спектр амплитудно модулированного сигнала.

$$f(t) = a_0 \sin(\omega t) + a_0 m \cos(\Omega t) \sin(\omega t) = a_0 \sin(\omega t) + \frac{a_0 m}{2} \sin((\omega - \Omega)t) + \frac{a_0 m}{2} \sin((\omega + \Omega)t)$$

Аналогичные рассуждения, если модулированный по амплитуде сигнал содержит $\cos(\omega t)$. Сигнал, модулированный по амплитуде, очень сильно осциллирует (фотография сделана с прибора) поэтому фильтруют его, усредняя квадрат сигнала. Именно так и детектируют амплитудно-модулированный сигнал.

$$f(t) = a_0^2 [1 + m \cos(\Omega t)]^2 \sin^2(\omega t) = \frac{a_0^2(t)}{2} [1 + 2m \cos(\Omega t)] + \Sigma$$

А затем отрезают слагаемые Σ с высокими частотами (слагаемыми, содержащими косинусы частот $2\Omega \pm 2\omega$, $\Omega \pm 2\omega$)

Сигнал, модулированный по амплитуде, с параметром глубины модуляции $m = 0.5$.

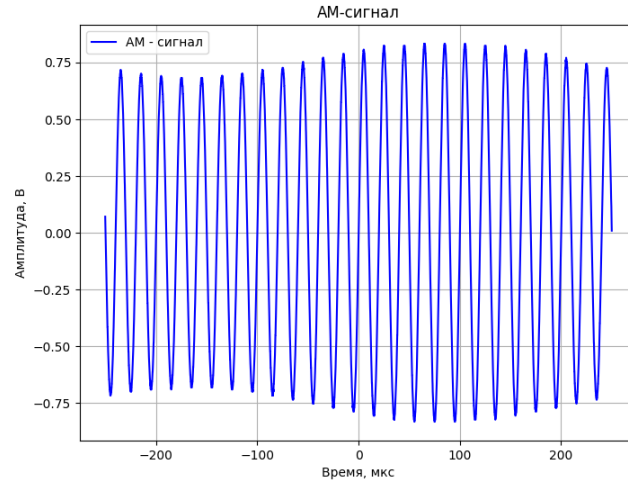


Рис. 3: Амплитудно-модулированный сигнал

Никакой полезной информации из такого сигнала без фильтрации не достать. После фильтрования сигнал выглядит понятнее.

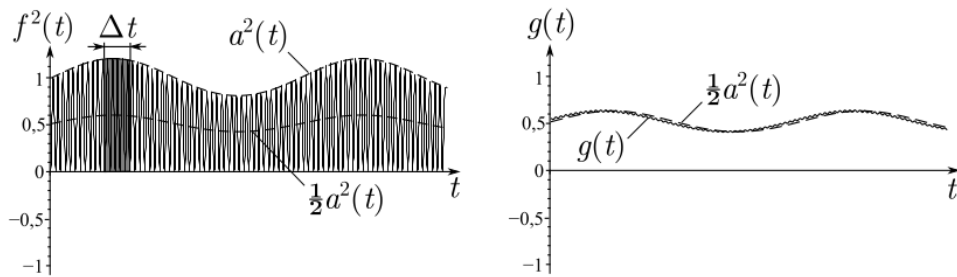
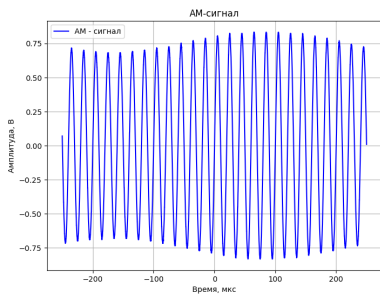
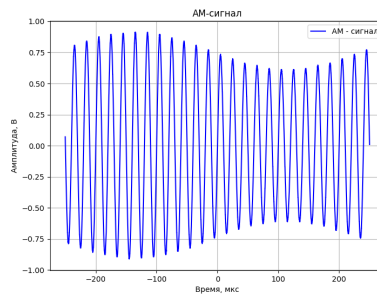


Рис. 4: Отфильтрованный АМ - сигнал

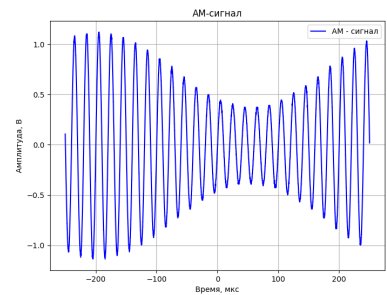
Последний график представляет собой огибающую ам-сигнала - это и есть зашифрованная информация, которую нам пытаются донести. При изменении параметра глубины модуляции, график входного сигнала изменяется.



(a) $m = 0.05$



(b) $m = 0.1$



(c) $m = 0.25$