

Отчет по лабораторной работе №1

**Исследование рабочих характеристик оптимального
обнаружителя сложных радиолокационных сигналов.**

Выполнил студент группы 0420ДМР1Г
Шиков А.П.

Нижний Новгород, 2020

1. Введение

2. Практическая часть

2.1. Задание 1

В начале отчета привести блок-схемы оптимального приемника радиолокационного сигнала с использованием корреляторов и согласованного фильтра, объяснить назначение их элементов. Привести теоретические формулы для РХП в случае обнаружения известного сигнала и сигнала со случайной фазой и амплитудой.

Согласованный фильтр — это линейный оптимальный фильтр, построенный исходя из известных спектральных характеристик полезного сигнала и шума. Согласованные фильтры предназначены для выделения сигналов известной формы на фоне шумов. Под оптимальностью понимается максимальное отношение сигнал/шум на выходе фильтра, и так как фильтр линейный форма сигнала на выходе остается неизменной.

По определению детектор огибающей должен осуществлять измерение огибающей входного сигнала, т.е. формировать выходной сигнал вида $u_{\text{вых}}(t) = K_{\text{дет}} A(t)$.

Пороговое устройство фильтрует сигнал в зависимости от амплитуды выходного сигнала.

Устройство синхронизации запускает генерацию сигнала и интегрирование, а по окончании этого процесса подключает к выходу интегратора пороговое устройство.

Для обнаружителя детерминированного сигнала на фоне белого гауссова шума РХП получается только в параметрическом виде, где параметром выступает порог обнаружения l_0 :

$$P_{\text{ПО}} = F\left(\frac{\ln(l_0)}{d} - d/2\right), \quad P_{\text{ЛТ}} = 1 - F\left(\frac{\ln(l_0)}{d} + d/2\right), \quad (1)$$

где $P_{\text{ПО}}$ - вероятность правильного обнаружения, $P_{\text{ЛТ}}$ - вероятность ложной тревоги, $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy$ - интеграл Лапласа, $d^2 = 2E/N_0$ - отношение энергии сигнала к спектральной плотности мощности (СПМ) шума.

При неизвестной фазе выражение для РХП имеет вид

$$P_{\text{ПО}} = Q(d, \sqrt{2 \ln(1/P_{\text{ЛТ}})}). \quad (2)$$

Здесь $Q(v, u) = \int_u^\infty x I_0(vx) \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2}\right) dx$ - функция Маркума.

Если случайными являются фаза и амплитуда, выражение для РХП примет следующий вид (при условии что распределение амплитуды имеет вид Рэлеевского):

$$P_{\text{ПО}} = P_{\text{ЛТ}}^{\frac{1}{1+d^2/2}}. \quad (3)$$

Для обнаружителя сигнала со случайной фазой нужно использовать два идентичных коррелятора на которые в качестве опорных подается излучаемый сигнал и его квадратура. На выходах корреляторов формируются действительная I и мнимая Q составляющие некоторого аналитического сигнала.

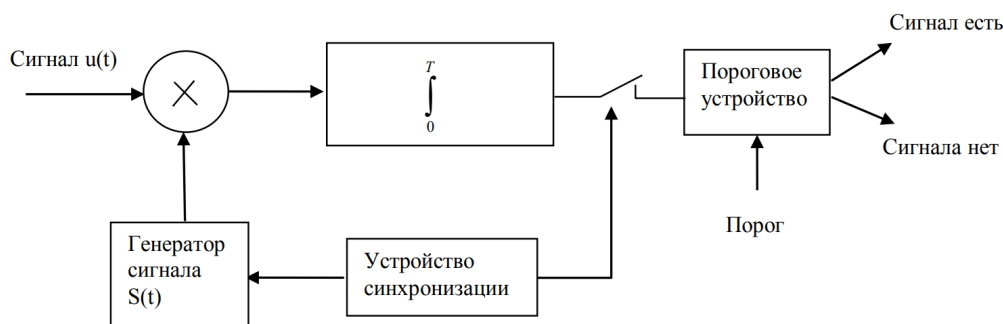


Рис. 1: Блок-схема оптимального обнаружителя известного сигнала на фоне белого гауссова шума

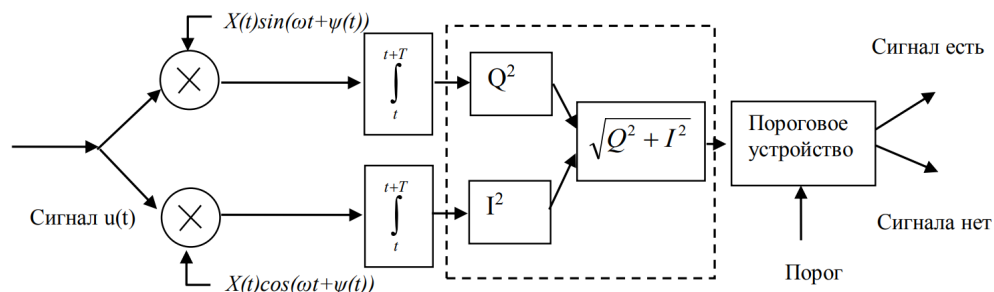


Рис. 2: Блок-схема обнаружителя сигнала со случайной фазой и амплитудой на фоне белого гауссова шума с использованием двух корреляторов (устройство синхронизации на данной схеме отсутствует, т.к. интегрирование ведется в скользящем окне)

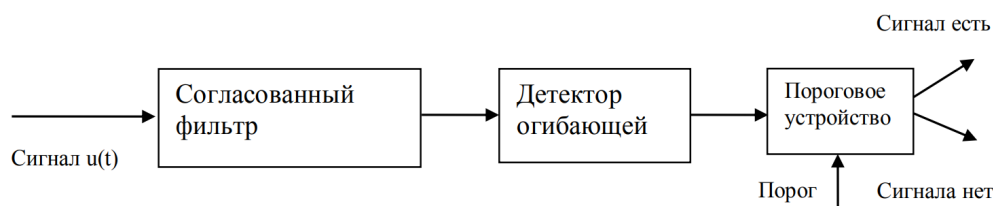
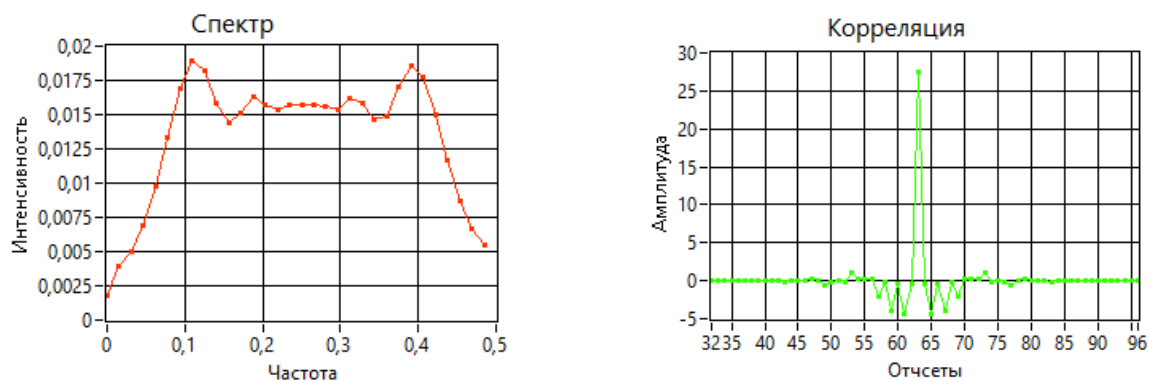
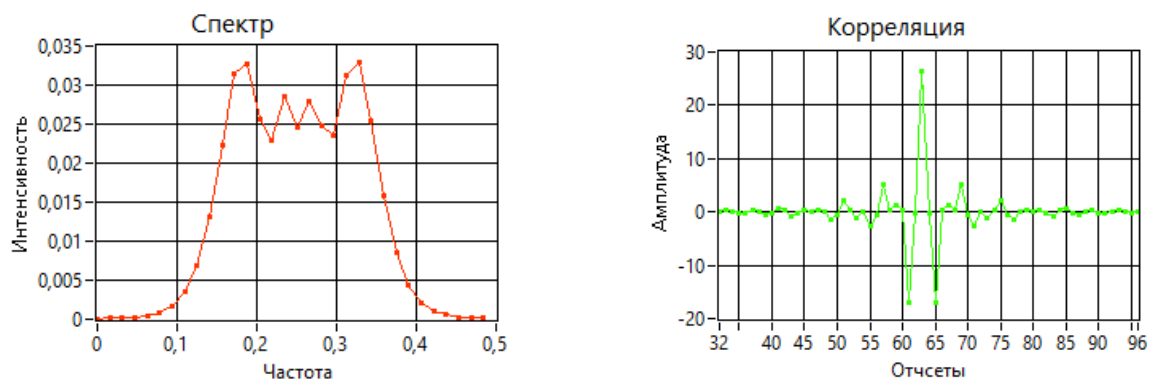
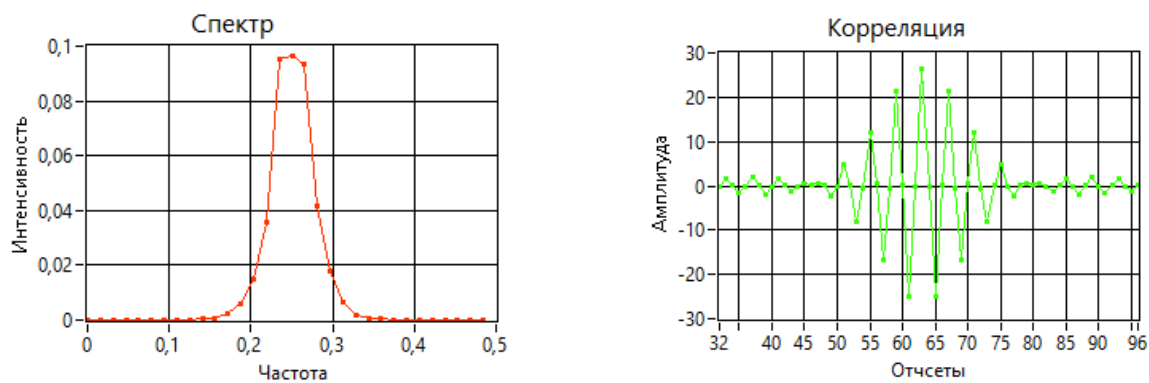


Рис. 3: Блок-схема обнаружителя сигнала со случайной фазой и амплитудой на фоне белого гауссова шума с использованием согласованного фильтра и детектора огибающей

2.2. Задание 2

Было проведено сравнение спектра и корреляционной функции ЛЧМ-сигнала для окна с плоской вершиной при различных значениях разности начальной частоты f_s и конечной частоты f_e . Полученные графики приведены на рис. 4-7

Рис. 4: Разница частот 0.5 ($f_s = 0, f_e = 0.5$). Разница фаз = 0Рис. 5: Разница частот 0.3 ($f_s = 0.1, f_e = 0.4$). Разница фаз = 0Рис. 6: Разница частот 0.1 ($f_s = 0.2, f_e = 0.3$). Разница фаз = 0

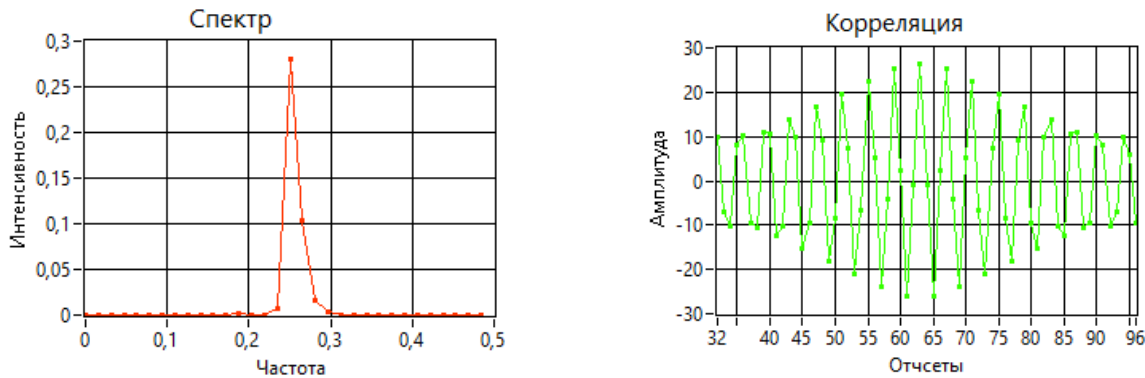


Рис. 7: Разница частот 0.01 ($f_s = 0.25$, $f_e = 0.26$). Разница фаз = 0

Из полученных результатов видно, что при уменьшении разницы между начальной и конечной частотой ширина корреляционной функции увеличивается, ширина спектра уменьшается, а значение базы сигнала уменьшается.

Очевидно, что при изменении частотной полосы ЛЧМ-сигнала его спектр пропорционально увеличивается. Исследуемый сигнал является стационарным в широком смысле случайным процессом, а значит его спектр связан с корреляционной функцией обратным преобразованием Фурье:

$$K(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp\{+j\omega\tau\} d\omega \quad (4)$$

А для пары преобразований Фурье мы можем написать соотношение неопределенности в виде:

$$\Delta\tau\Delta\omega \geq 2\pi, \text{ где} \quad (5)$$

$\Delta\omega$ – характерная ширина спектра, $\Delta\tau$ – характерное время корреляции.

Уменьшение ширины спектра объясняется уменьшением количества частотных компонент, использованных в сигнале. Таким образом, при устремлении разницы частот к нулю, вид спектра будет приближаться к δ -функции.

2.3. Задание 3

Построить на одном графике зависимости вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги для трех значений отношения сигнал/шум при известном сигнале. Сделать то же для сигнала со случайной фазой и случайной фазой и амплитудой.

Для детерминированного сигнала использовались формулы (1), энергия сигнала рассчитывалась как $E = 0.5A^2\tau_i$ (A - амплитуда сигнала, τ_i - длительность импульса), а СПМ шума как $N_0 =$

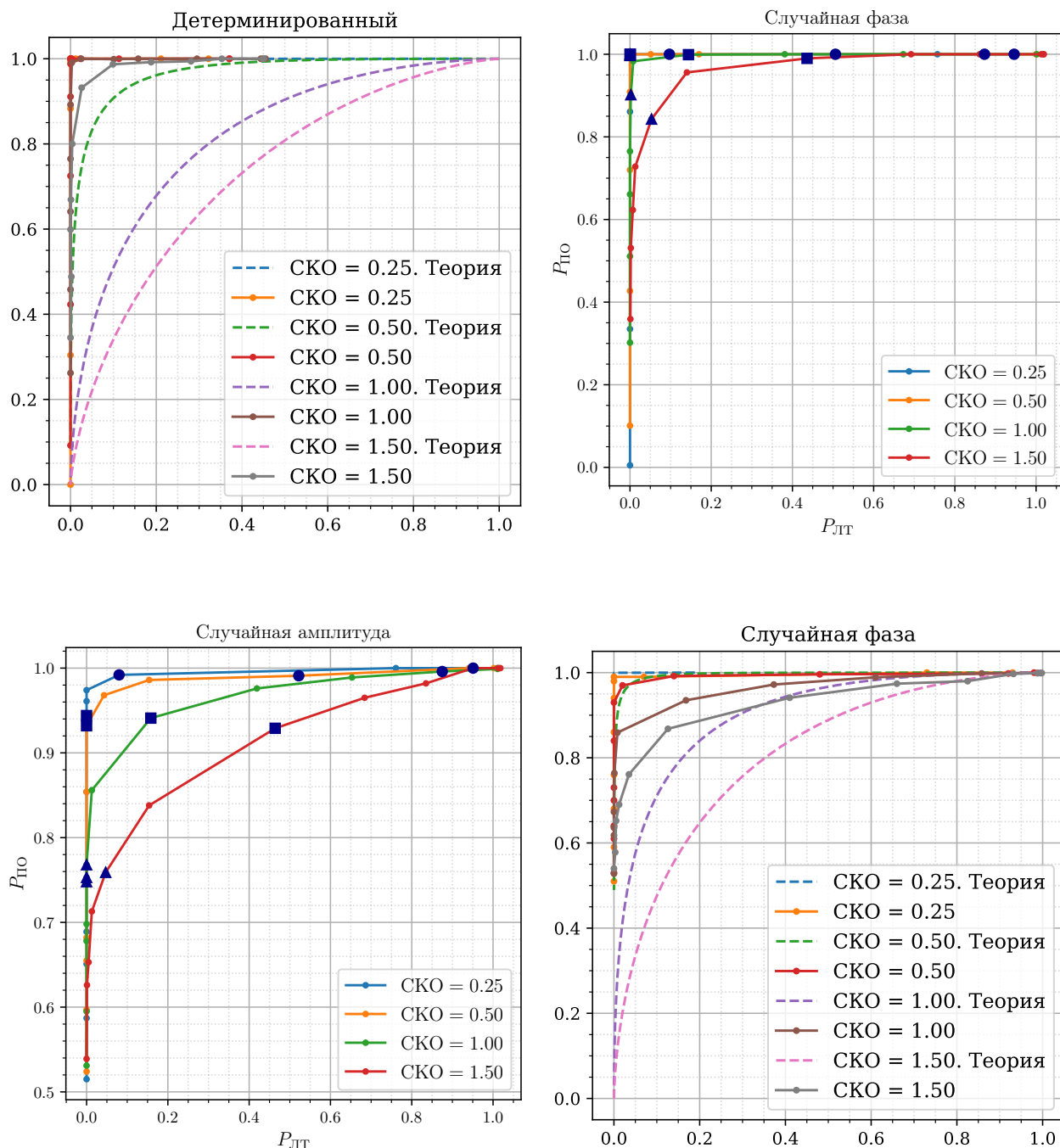


Рис. 9: Графики зависимости РХП для различных сигналов и различных значений СКО. Также на графике отмечены одинаковые значения порога: \triangle – 3, \square – 10, \circ – 20.

2.4. Задание 4

На графиках указать несколько одинаковых значений порога. Объяснить различия между графиками. Используя формулы для РХП, сравнить экспериментальные результаты с теоретическими.

3. Вывод