

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

АНАЛОГОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Руководитель
_____ Н. В. Богач

Выполнил
_____ Л. Д. Кони́на
группа 33501/3

Санкт-Петербург
2018

Цель:

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала

Постановка задачи:

- 1) Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты
- 2) Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ для различных значений глубины модуляции M .
- 3) Получить спектр модулированного сигнала
- 4) Выполнить модуляцию с подавлением несущей $u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Получить спектр
- 5) Выполнить однополосную модуляцию $u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n \cos((\omega_0 + \Omega_n)t + \varphi_0 + \Phi_n)$ положив $n = 1$
- 6) Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал
- 7) Рассчитать КПД модуляции $\eta(t) = \frac{U_m^2(t)M^2/4}{P_U} = \frac{M^2}{2+M^2}$

Теоретический раздел

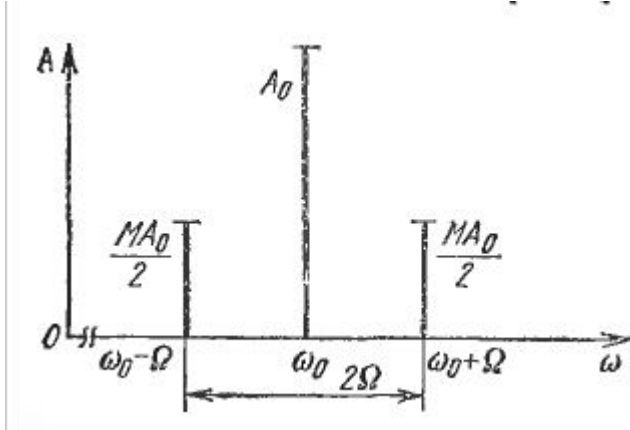
Модуляция

Модуляция — это перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту. Это применяется для передачи сигнала в заданном частотном диапазоне. Для модулирующего (исходного) сигнала $S(t)$ в канале связи для передачи формируется вспомогательный периодический высокочастотный сигнал $u(t) = f(t, [a_1, a_2, \dots, a_m])$. Параметры a_i определяют форму сигнала. При модуляции исходный сигнал $S(t)$ переносят на один из параметров a_i , форма сигнала $u(t)$ (несущей) изменяется и служит для переноса информации, содержащейся в сигнале $S(t)$. Обратная операция выделения сигнала $S(t)$ из модулированного сигнала $u(t)$ называется демодуляцией.

Однотональный сигнал

Для генерации гармонического сигнала можно воспользоваться формулой $signal = A * \cos(2 * \pi * f * t + \varphi)$, где A — амплитуда сигнала, f — частота, t — вектор отсчетов времени, φ — смещение по фазе.

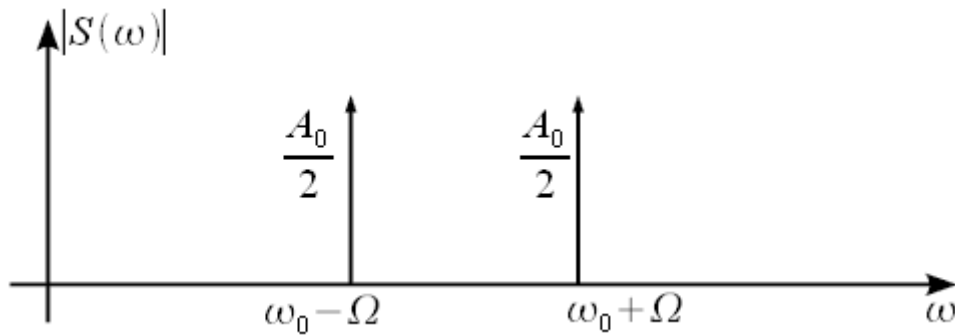
Типы модуляции Амплитудная модуляция Формула амплитудной модуляции имеет вид: $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ Спектр сигнала с амплитудной модуляцией показан на рисунке, где ω_0 — частота несущей, Ω — частота модуляции.



Амплитудная модуляция имеет низкий КПД и применяется очень редко.

Амплитудная модуляция с подавлением несущей Основная мощность АМ сигнала приходится на несущую частоту. При АМ с подавлением несущей производится перемножение двух сигналов — модулирующего и несущего. В результате несущая частота подавляется и КПД модуляции становится 100%. Формула такой модуляции: $u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

Спектр сигнала с амплитудной модуляцией с подавлением несущей представлен на рисунке, где ω_0 — частота несущей, Ω — частота модуляции. Видно, что в спектре отсутствует несущая частота.



Однополосная модуляция При идентичности информации в группах верхних и нижних боковых частот нет необходимости в их одновременной передаче. Можно удалить одну из боковых частот и получить сигнал с одной боковой полосой (ОБП). Функция сигнала с ОБП имеет вид: $u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n \cos((\omega_0 + \Omega_n)t + \varphi_0 + \Phi_n)$

Форма ОБП сигнала похожа на форму сигнала с АМ, но ее огибающая имеет меньшую амплитуду. Для демодуляции ОБП сигнала может использоваться как двухполупериодное, так и синхронное детектирование, со всеми особенностями, присущими этим методам. Результаты демодуляции отличаются от демодуляции АМ сигналов только меньшей амплитудой выходных сигналов.

Спектр однополосно-модулированного сигнала представлен на рисунке.



Демодуляция с помощью синхронного детектирования При синхронном детектировании модулированный сигнал умножается на опорное колебание с частотой несущего колебания: $y(t) = U(t) \cos(\omega_0 t) \cos(\omega_0 t) = \frac{U(t)}{2} (1 + \cos(2\omega_0 t))$. Сигнал разделяется на два слагаемых, первое из которых повторяет исходный модулирующий сигнал, а второе повторяет модулированный сигнал на удвоенной несущей частоте $2\omega_0$.

Амплитудный спектр сигналов после демодуляции однозначно соотносится со спектром входного модулированного сигнала: амплитуды гармоник модулированного сигнала на частоте $2\omega_0$ в два раза меньше амплитуд входного сигнала, постоянная составляющая равна амплитуде несущей частоты ω_0 и не зависит от глубины модуляции, амплитуда информационного демодулированного сигнала в два раза меньше амплитуды исходного модулирующего сигнала.

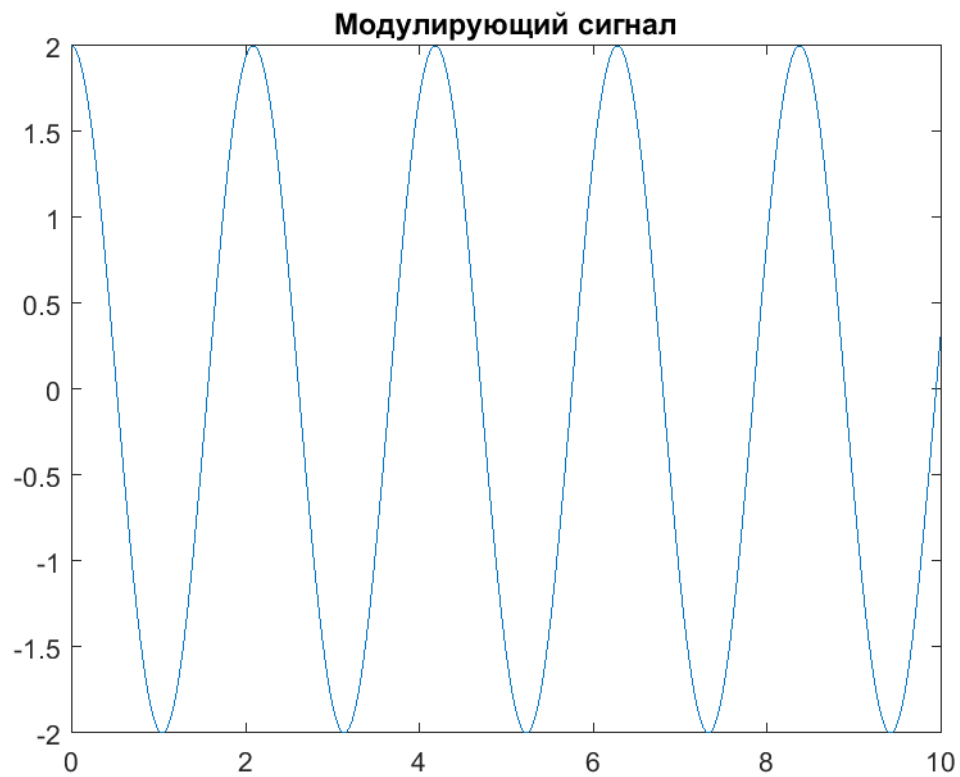
Особенностью синхронного детектирования является независимость от глубины модуляции, т.е. коэффициент модуляции сигнала может быть больше единицы. При

синхронном детектировании требуется точное совпадение фаз и частот опорного колебания демодулятора и несущей гармоники АМ сигнала.

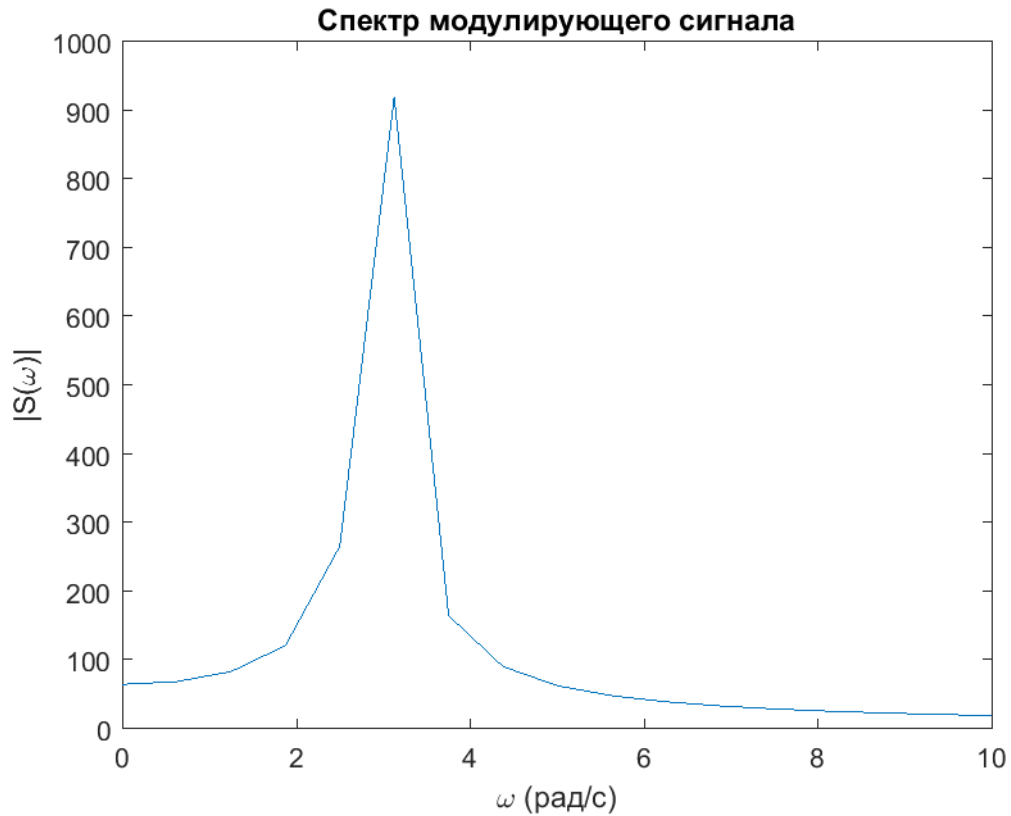
КПД модуляции КПД амплитудной модуляции зависит от коэффициента модуляции и может быть рассчитано по следующей формуле: $\eta(t) = \frac{U_m^2(t)M^2/4}{P_U} = \frac{M^2}{2+M^2}$

Ход работы

Генерация однотонового сигнала Для получения гармонического сигнала используется функция $s(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi)$. Сгенерированный однотоновый сигнал представлен на рисунке.

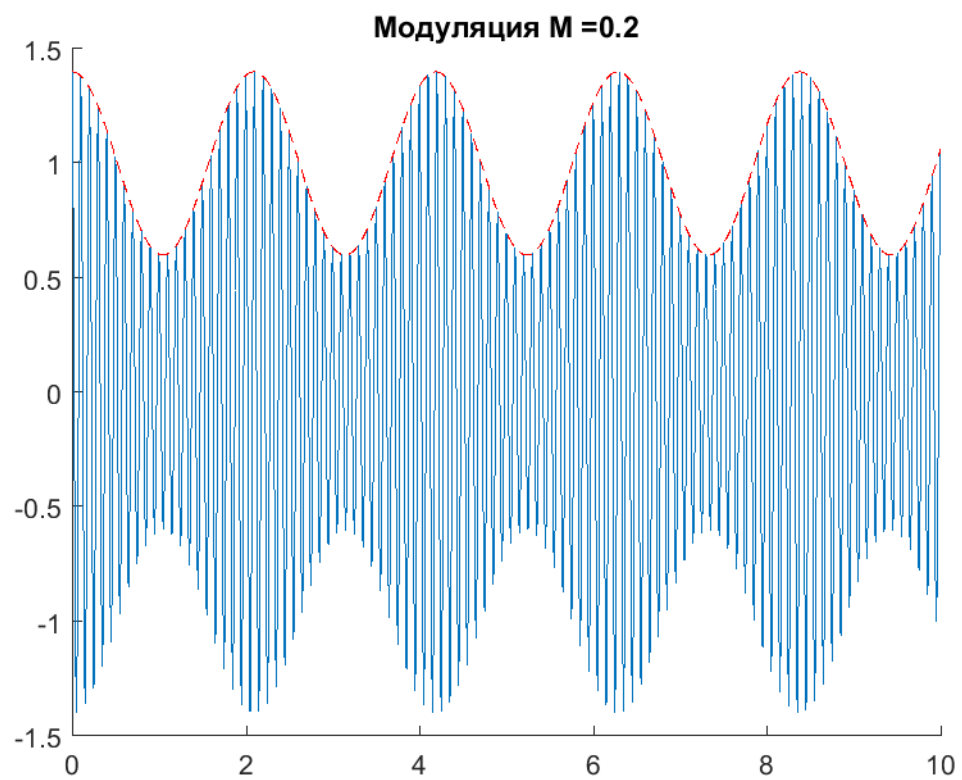


Спектр однотонового сигнала:

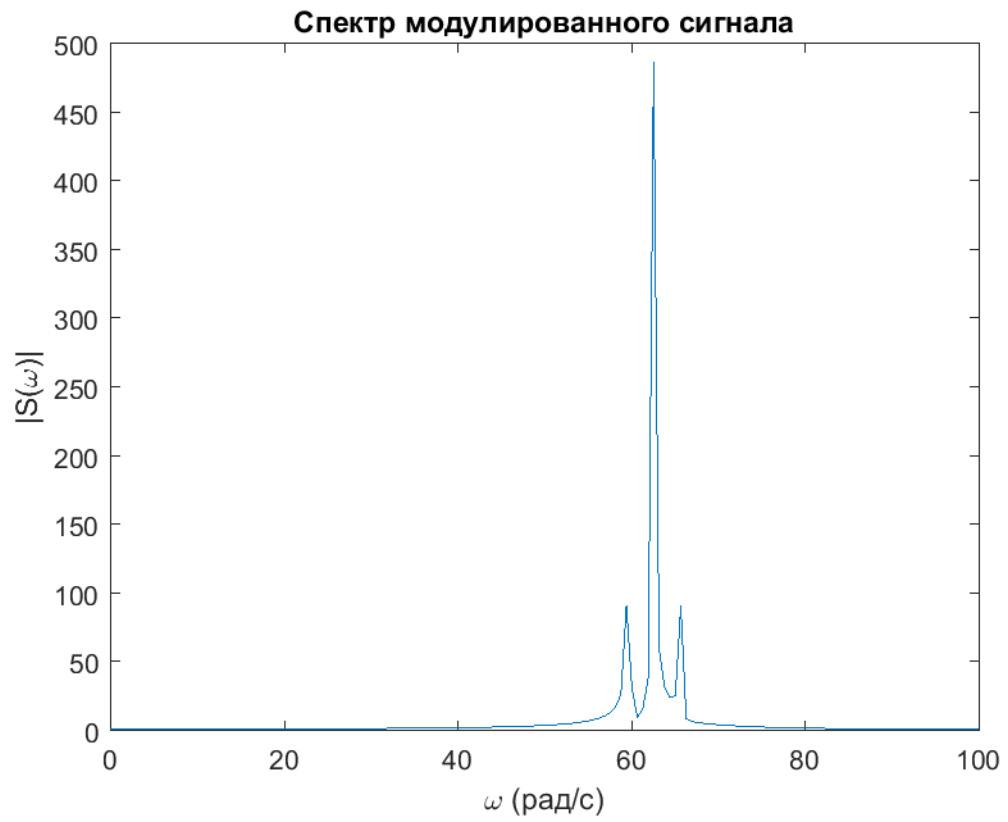


Амплитудная модуляция Для сгенерированного однотонового сигнала получим амплитудную модуляцию с различными коэффициентами модуляции M (соотношением амплитуды модулирующего сигнала и амплитуды несущей), для каждого модулированного сигнала построим спектр. Кроме гармоники информационного сигнала в спектре видно две гармоники несущего сигнала по бокам.

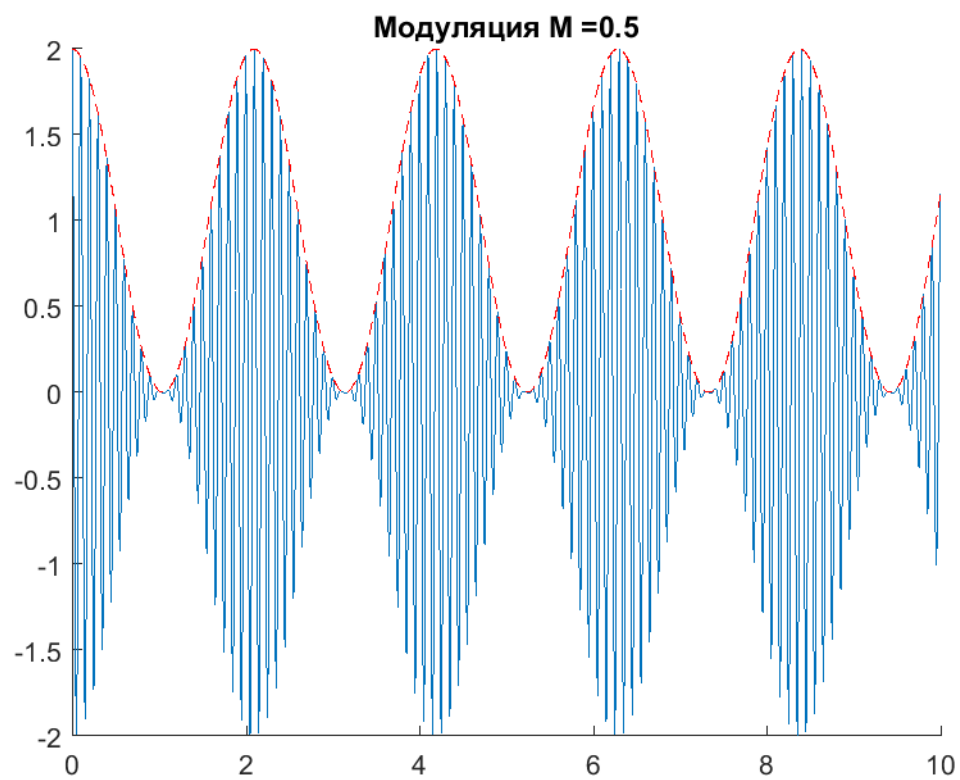
1) Коэффициент $M = 0.2$ Амплитудно-модулированный сигнал:



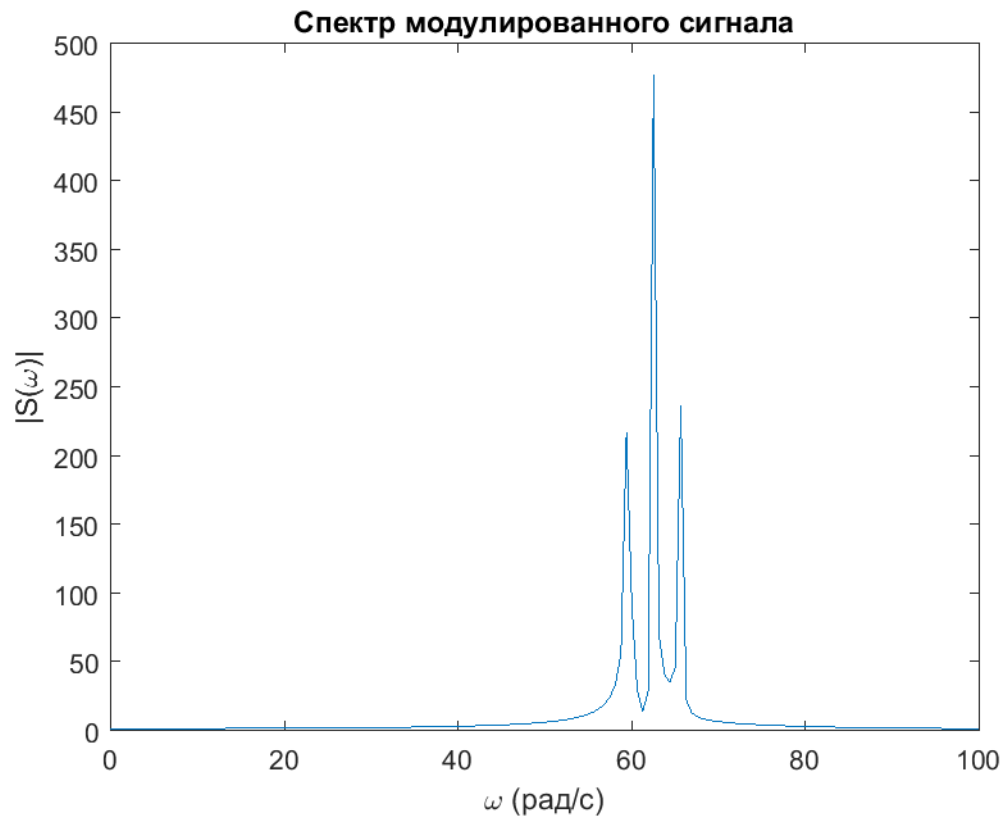
Спектр:



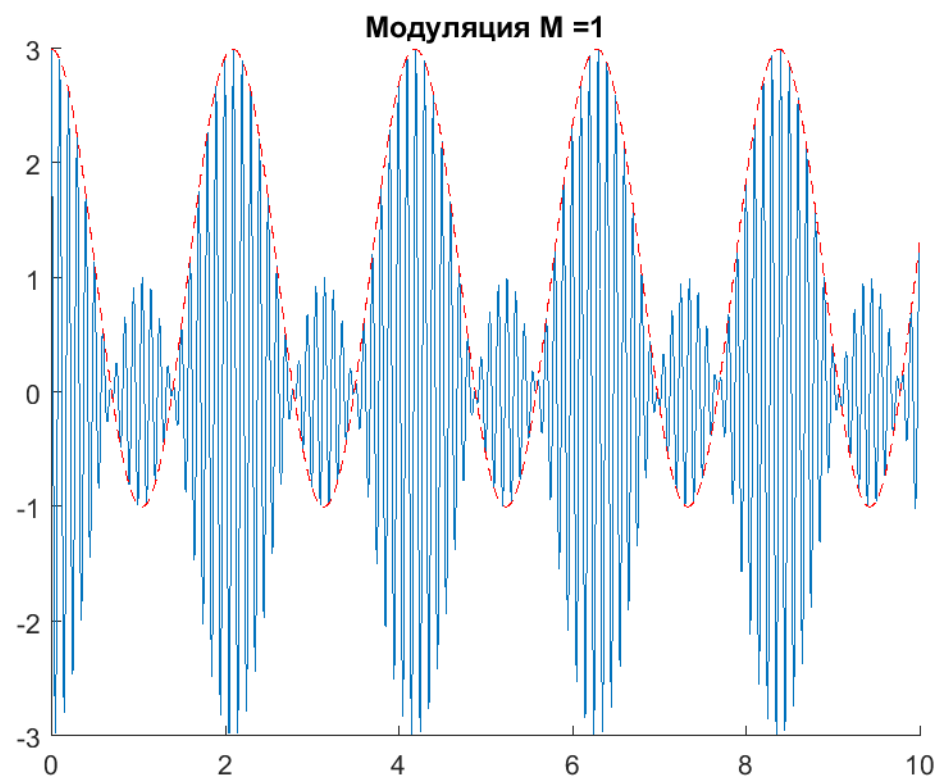
2) Коэффициент $M = 0.5$ Амплитудно-модулированный сигнал:



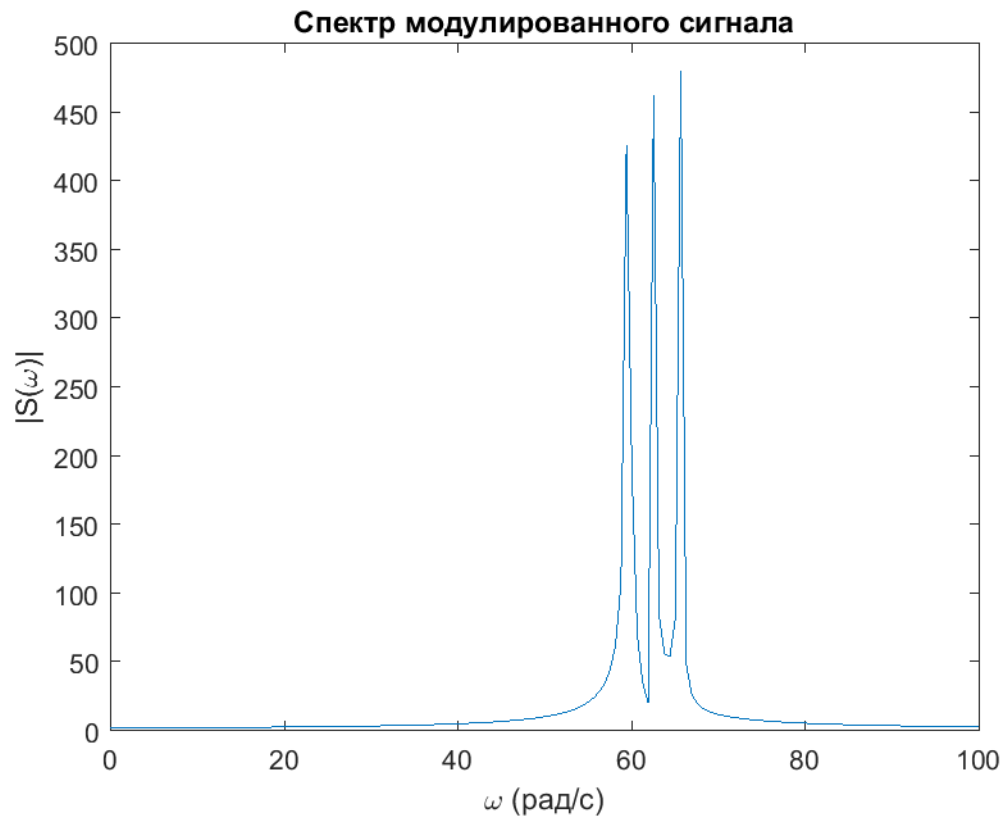
Спектр:



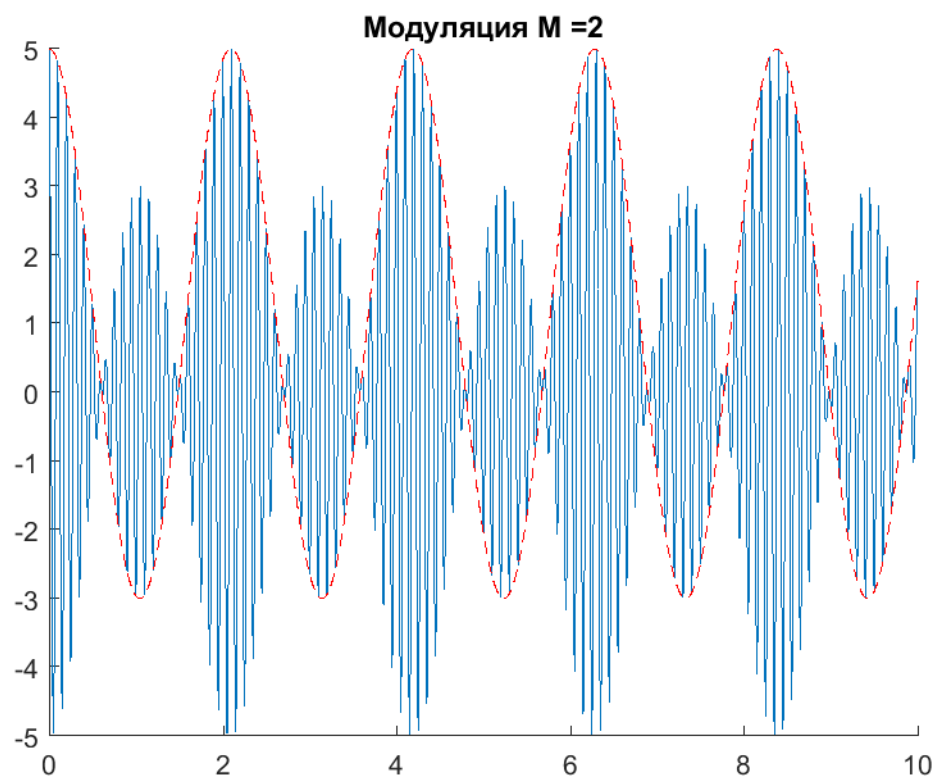
3) Коэффициент $M = 1.0$ Амплитудно-модулированный сигнал:



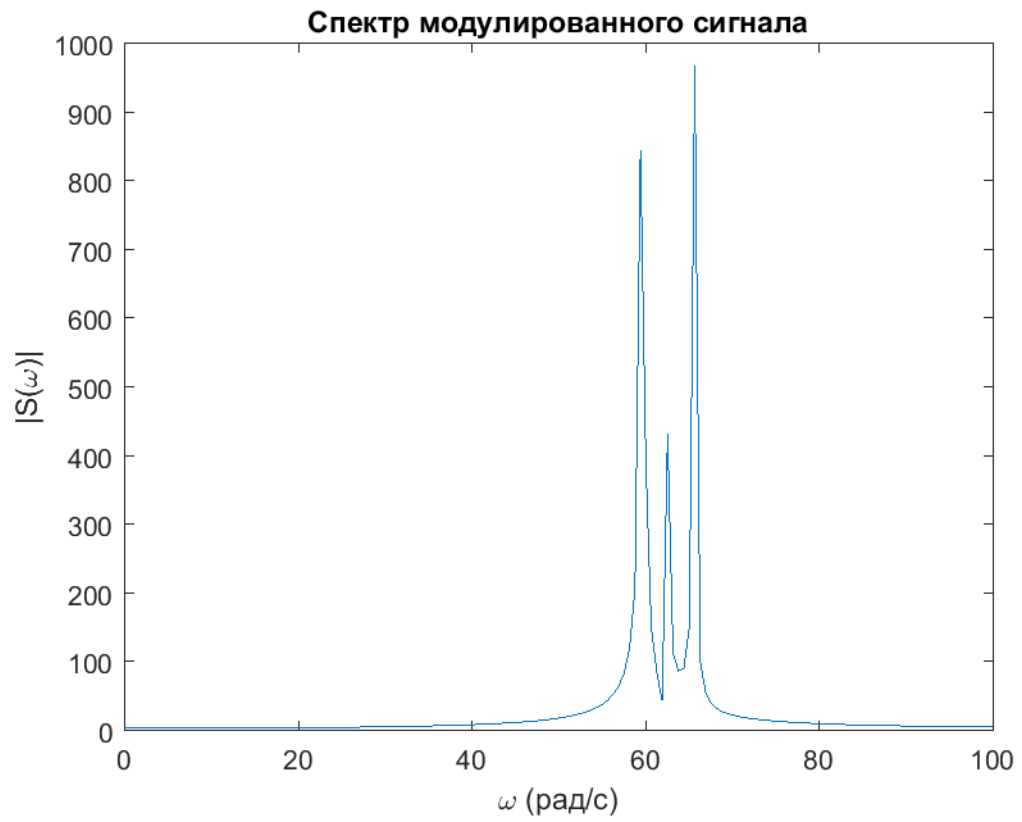
Спектр:



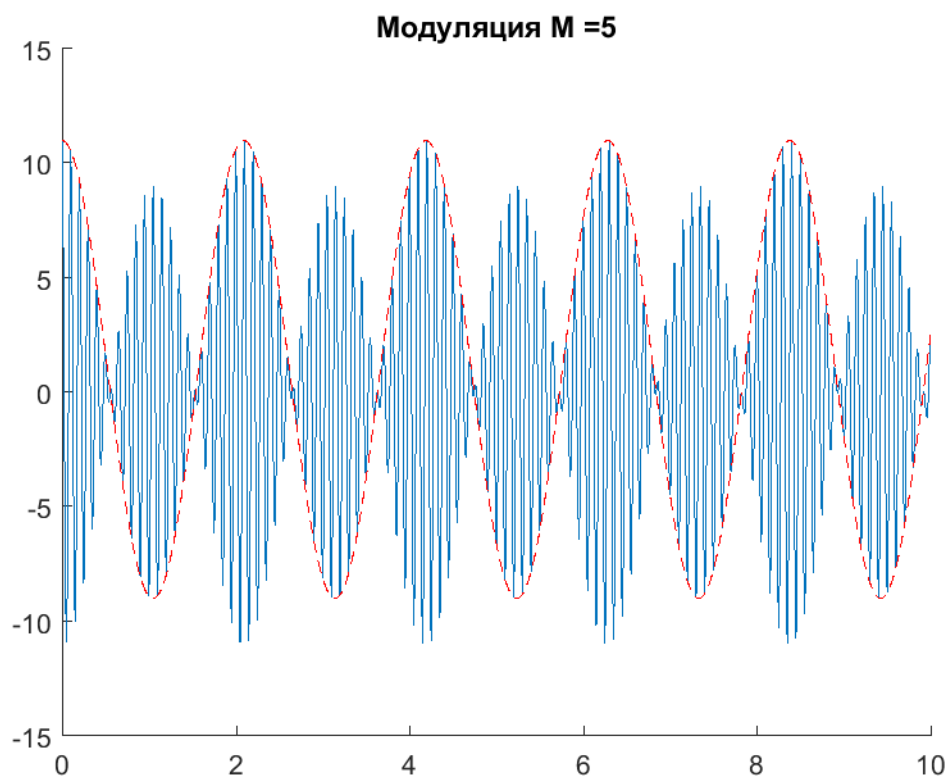
4) Коэффициент $M = 2.0$ Амплитудно-модулированный сигнал:



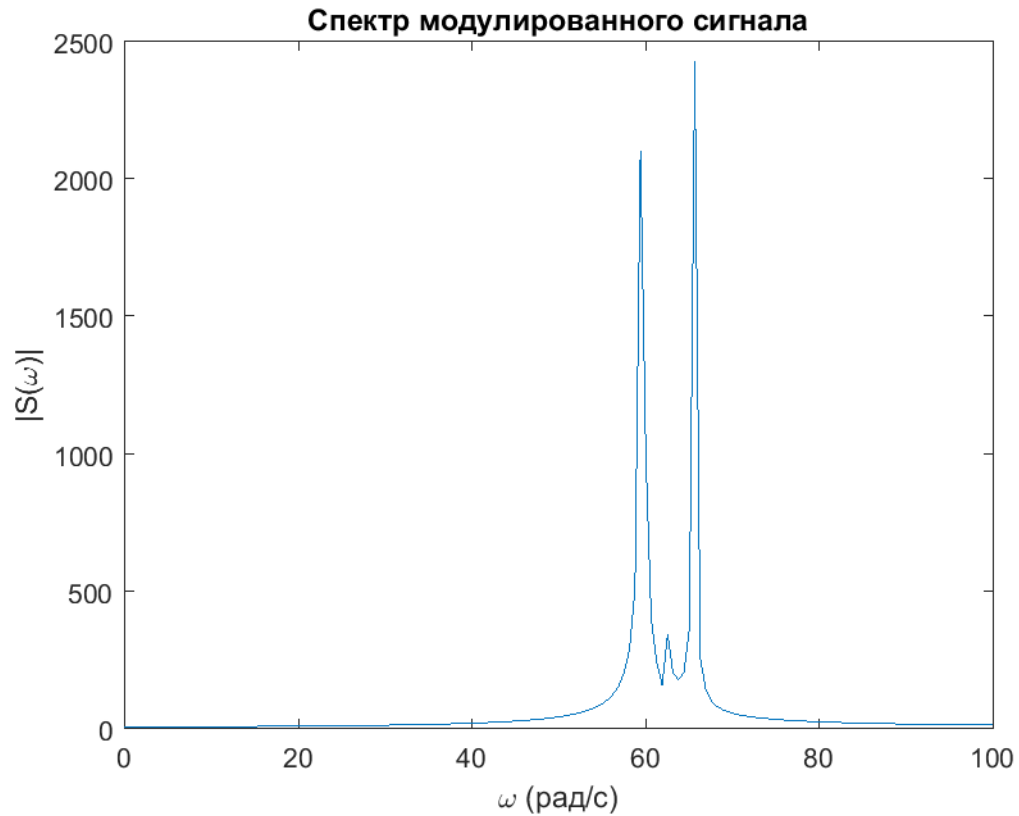
Спектр:



5) Коэффициент $M = 5.0$ Амплитудно-модулированный сигнал:

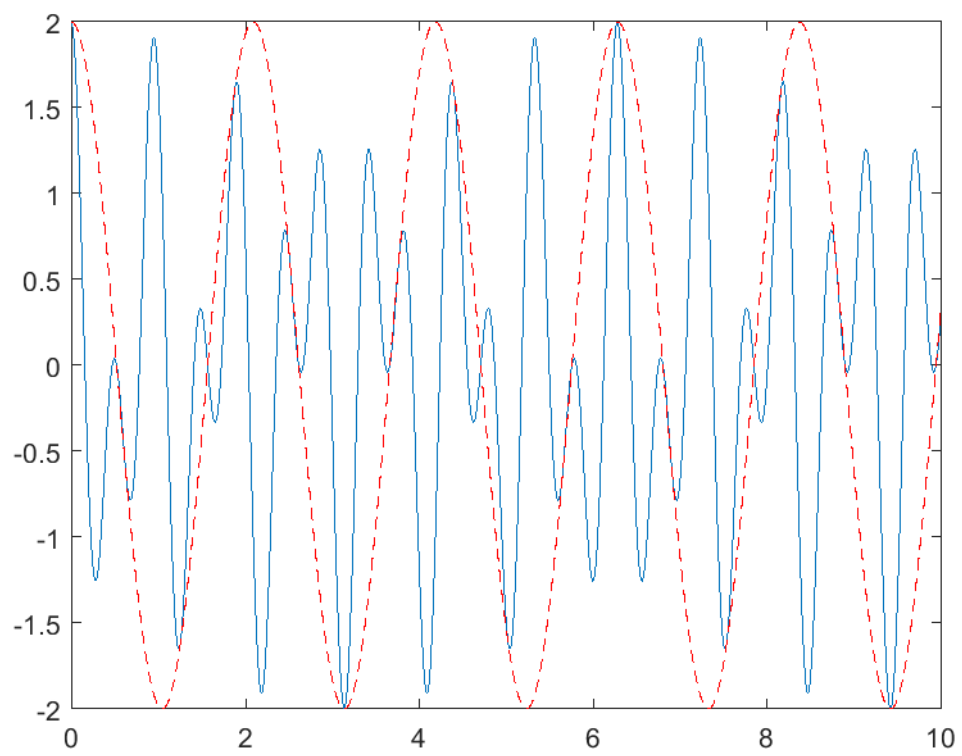


Спектр:

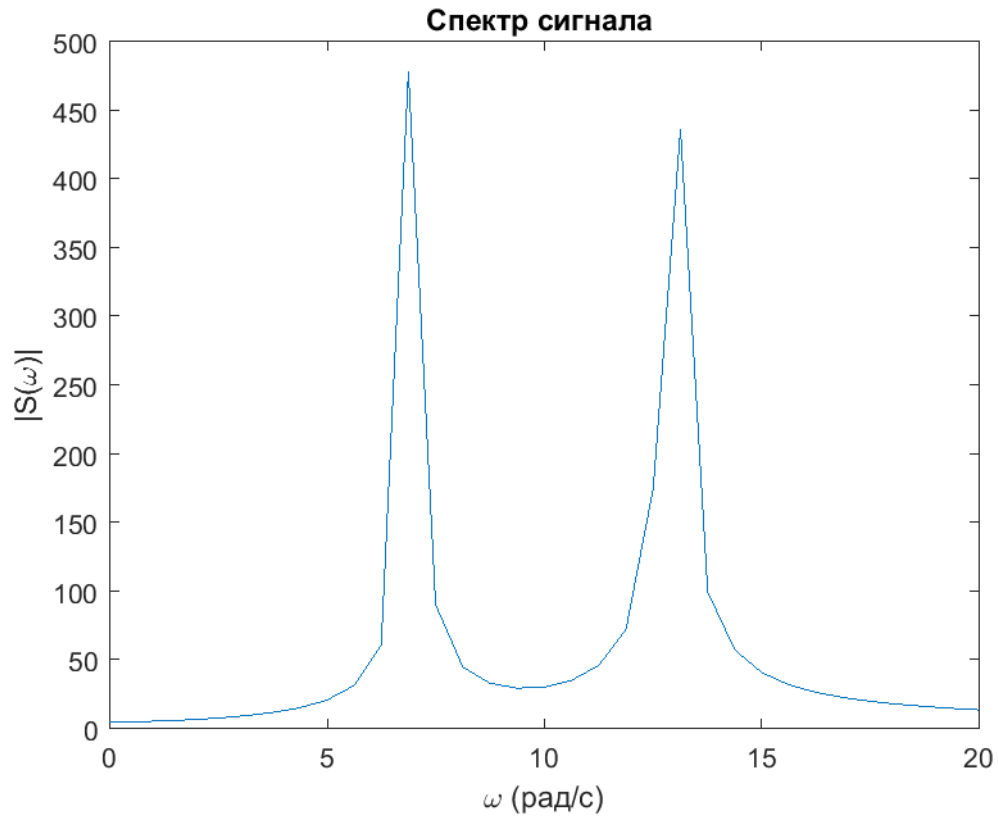


При $M > 1$ имеем случай перемодуляции, при $M = 1$ - случай глубокой модуляции, а при $M < 1$ - обычный случай модуляции без совмещений полупериодов гармонического сигнала огибающей.

Амплитудная модуляция с подавлением несущей Подавление несущей осуществляется узкополосной фильтрацией сигнала на частоте информационного. Сигнал с АМ с подавлением несущей представлен на рисунке:

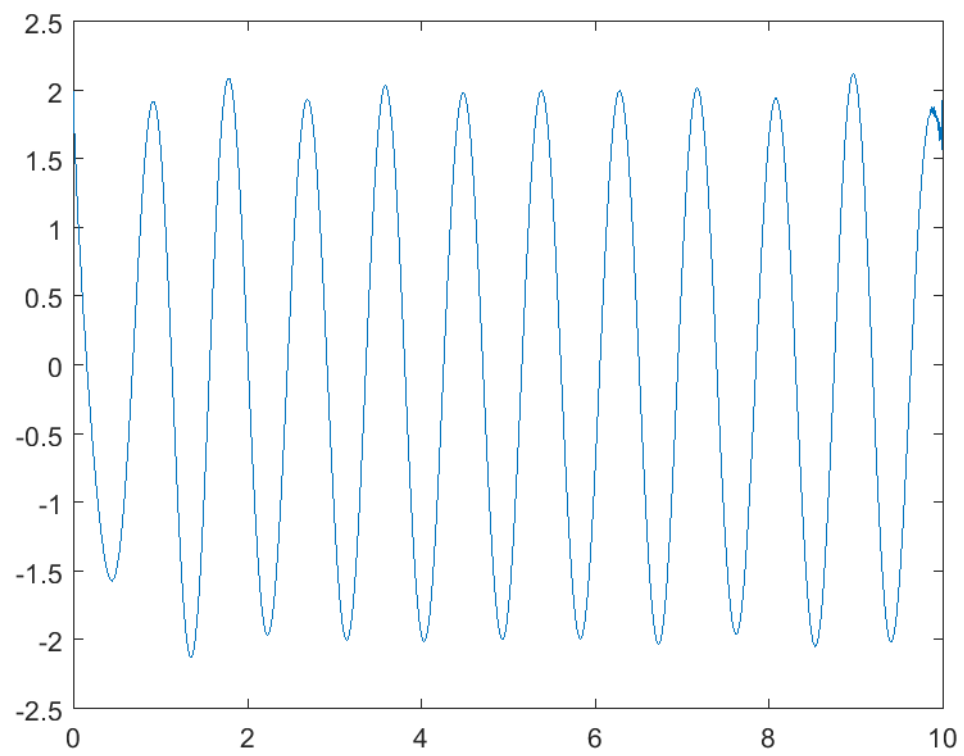


Спектр модулированного сигнала:

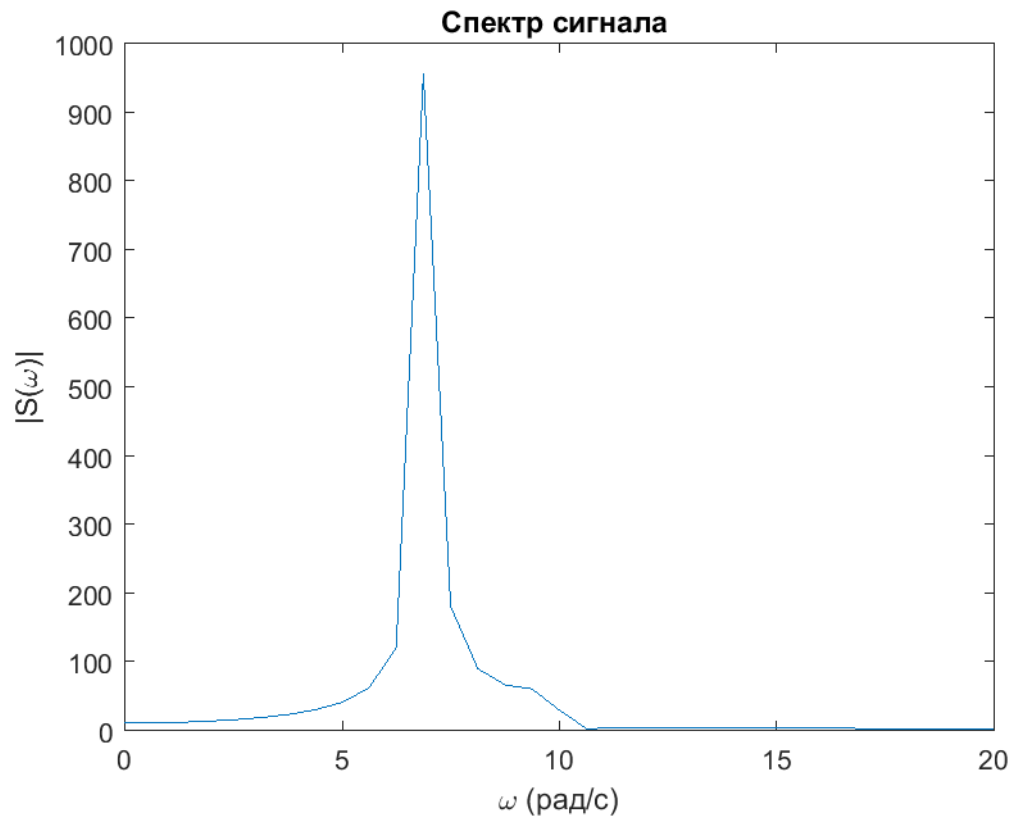


В спектре видно отсутствие несущей, что соответствует АМ с подавлением несущей. Подавление несущей приводит к тому, что основная мощность сигнала фильтруется. Демодулировать такой сигнал невозможно, поэтому применяют частичную фильтрацию, то есть сохранение амплитуды несущей гармоники ненулевой, но более низкой, чем у информационной составляющей.

Однополосная амплитудная модуляция Помимо подавления несущей, можно избавиться от лишней (дублирующейся) боковой полосы спектра с помощью фильтра низких частот. Модулированный сигнал:



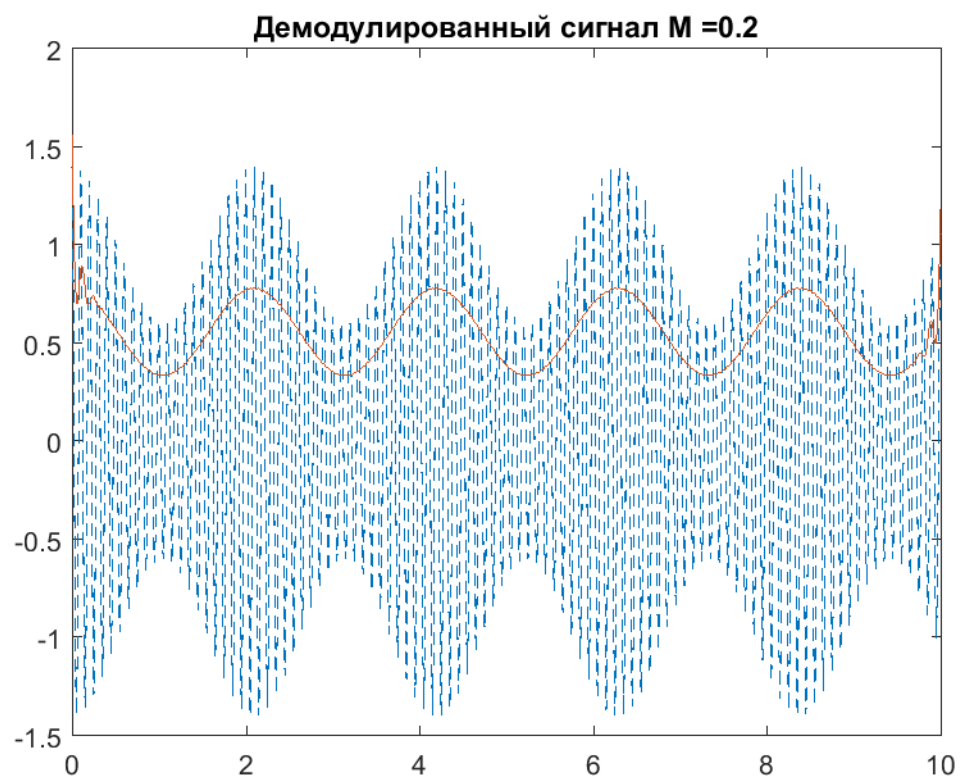
Спектр сигнала:



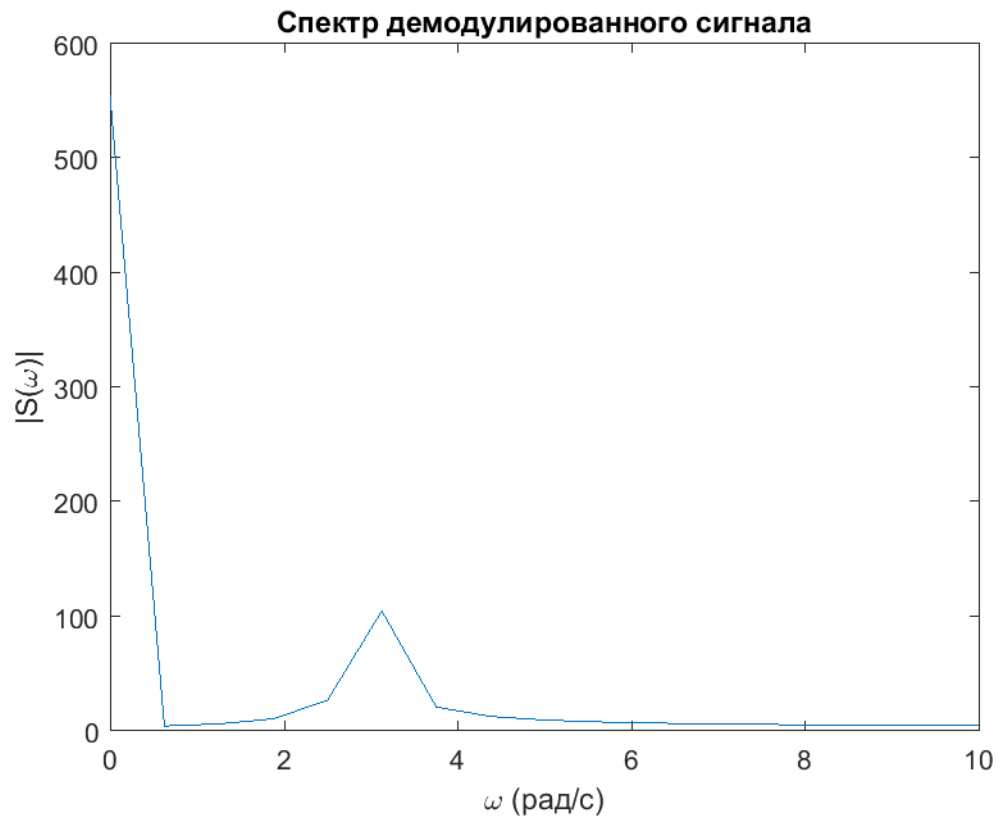
Спектр содержит одну полосу, что соответствует однополосной амплитудной модуляции.

Демодуляция с помощью синхронного детектирования Произведем демодуляцию сигналов модулированных с разными коэффициентами

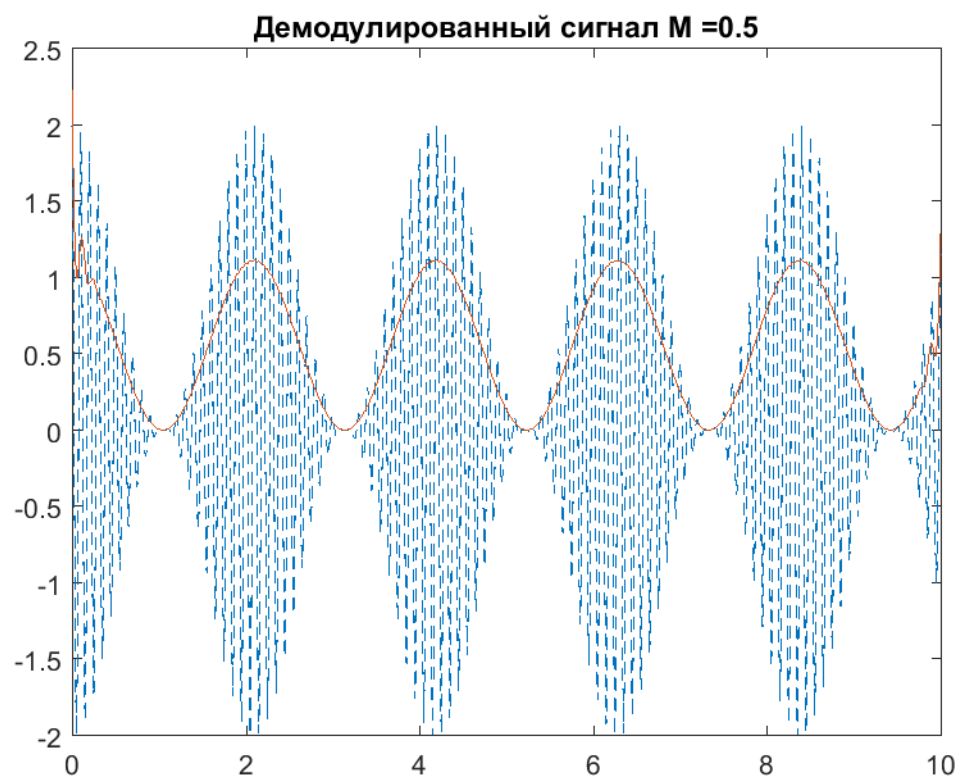
1) Коэффициент $M = 0.2$ Сигнал:



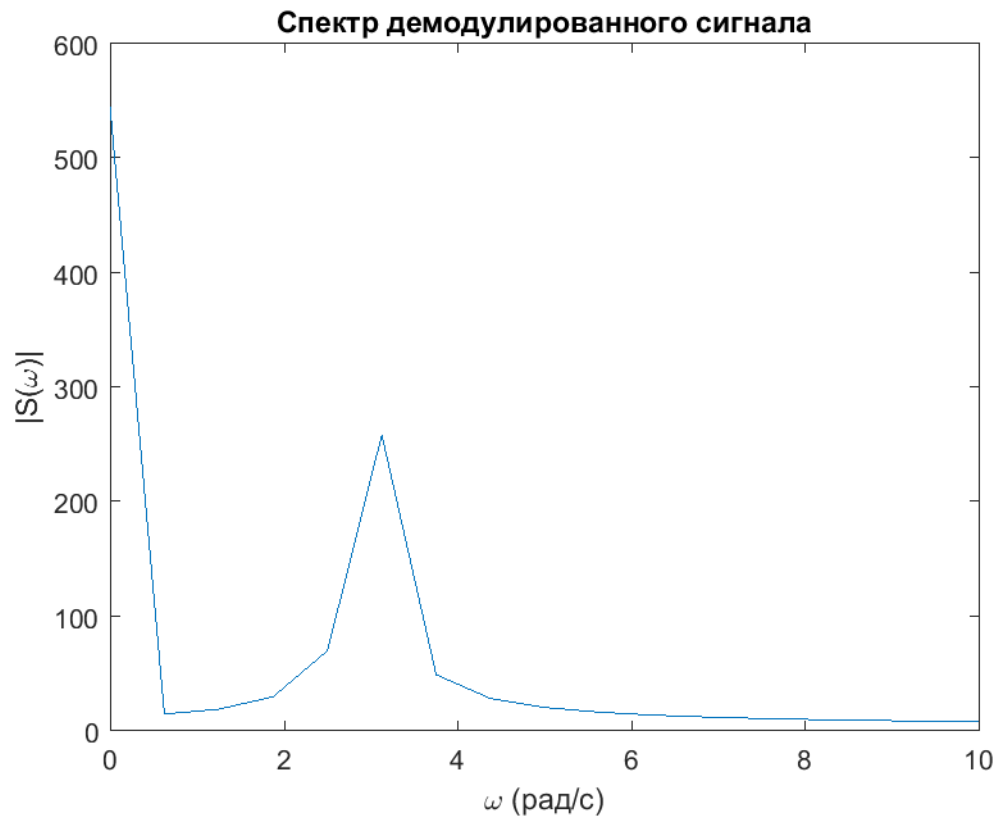
Спектр:



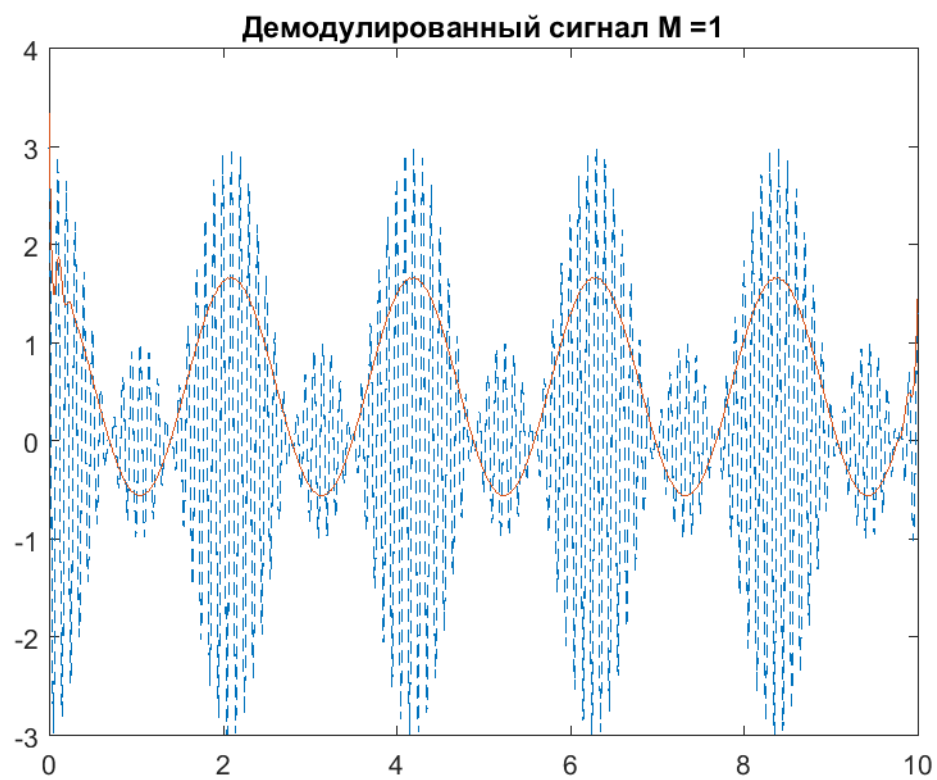
2) Коэффициент $M = 0.5$ Сигнал:



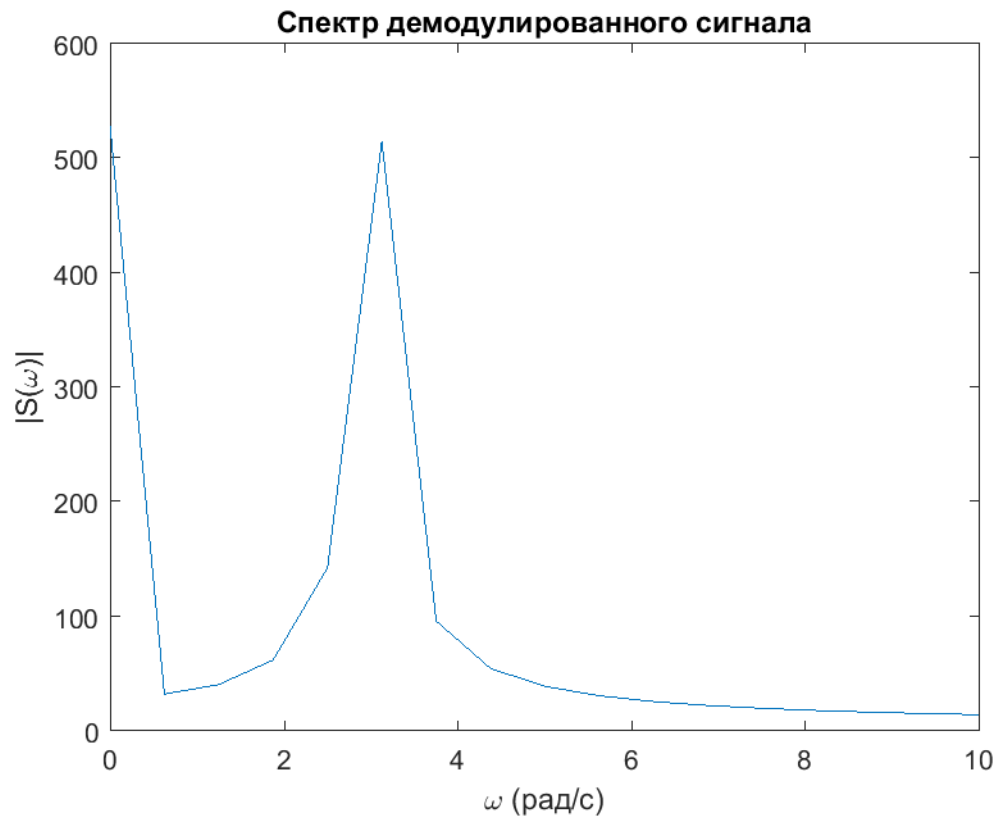
Спектр:



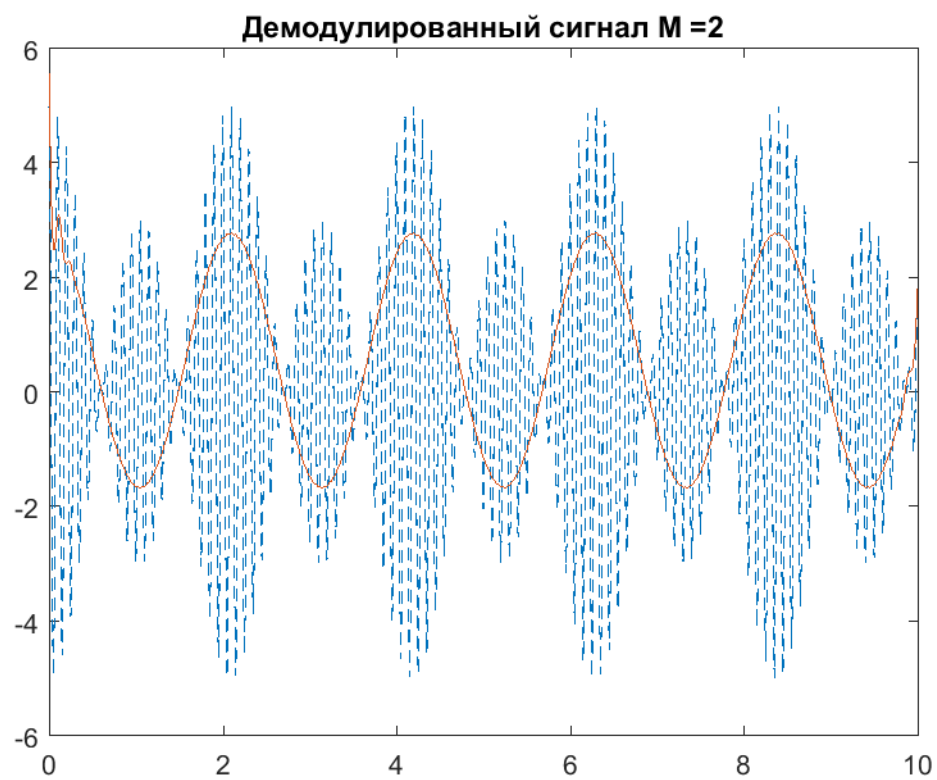
3) Коэффициент $M = 1.0$ Сигнал:



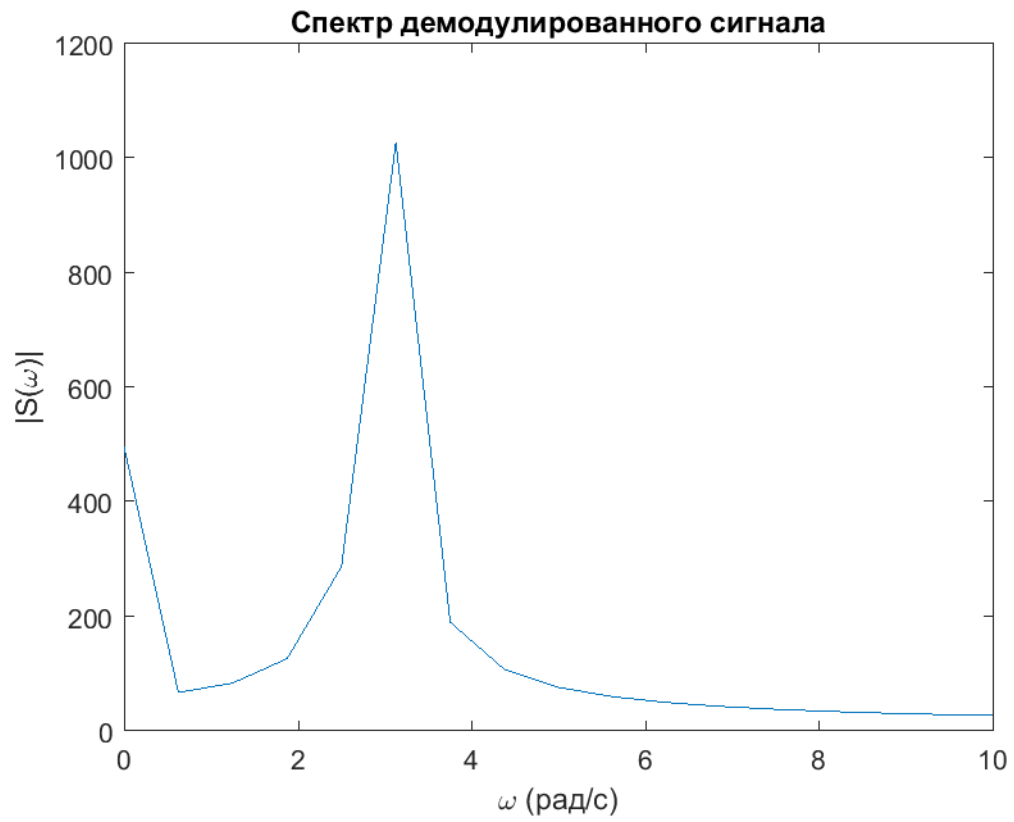
Спектр:



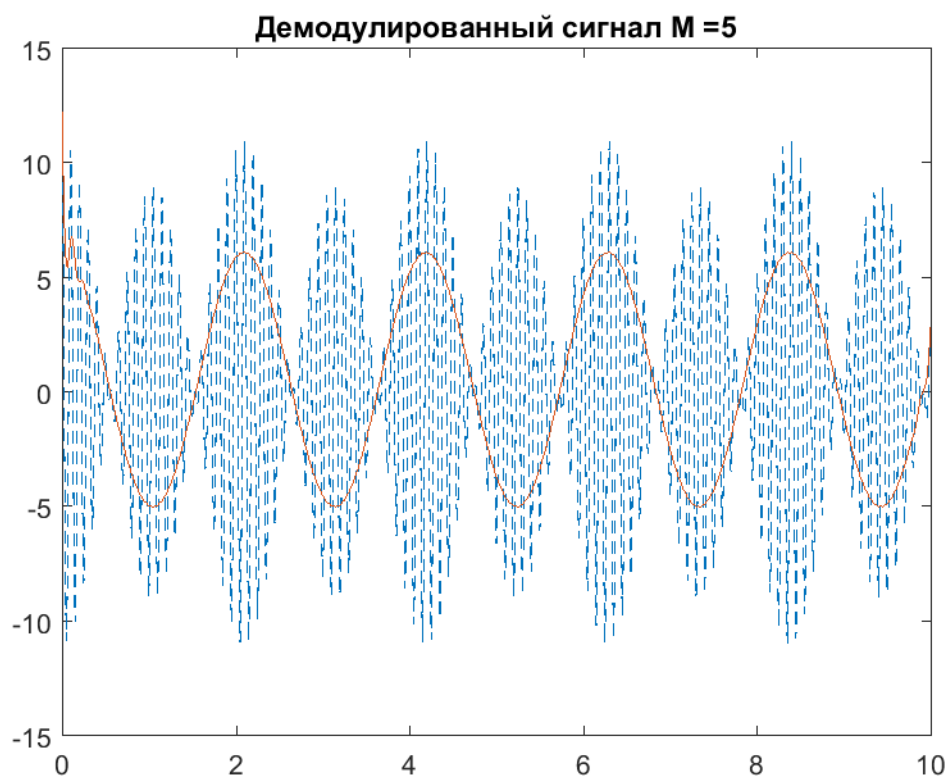
4) Коэффициент $M = 2.0$ Сигнал:



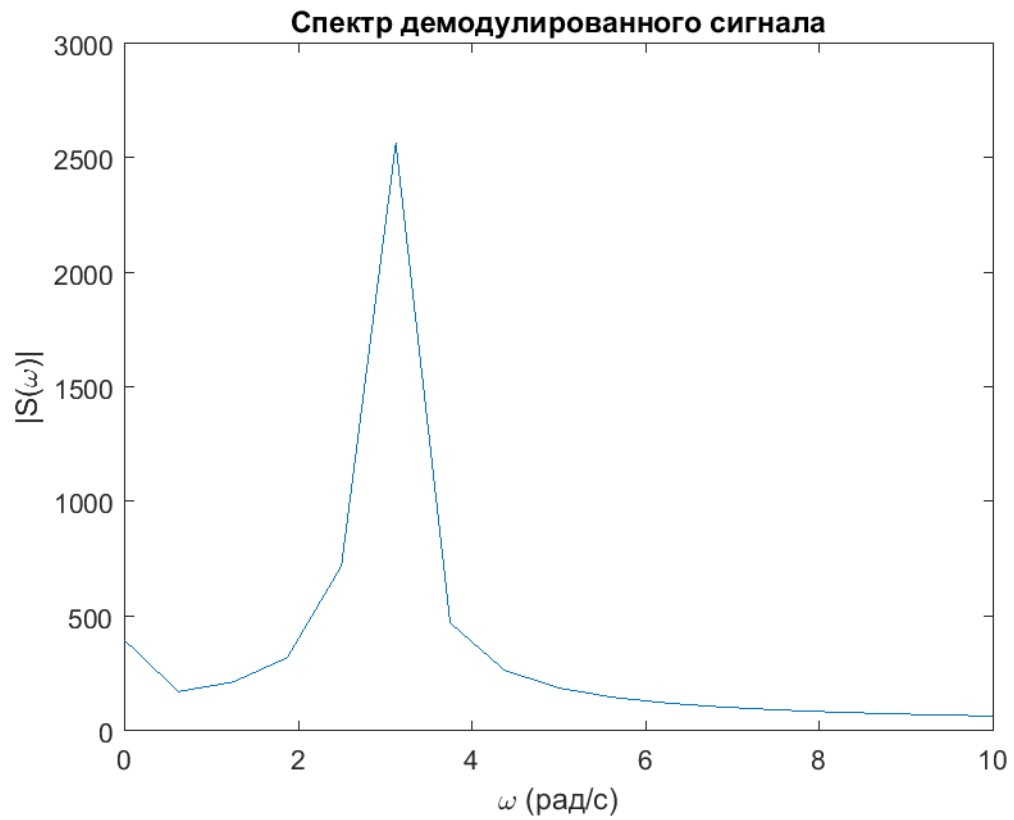
Спектр:



5) Коэффициент $M = 5.0$ Сигнал:

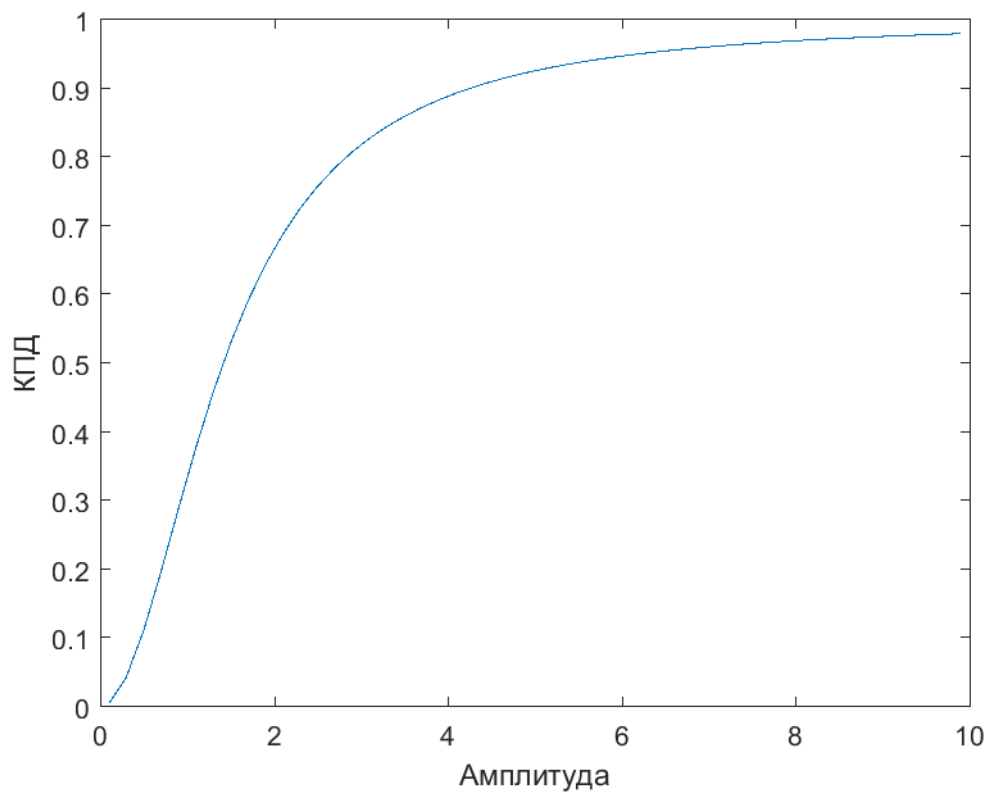


Спектр:



Можно заметить, что чем больше коэффициент модуляции, тем меньше нелинейные искажения сигнала при демодуляции.

КПД модуляции Зависимость КПД модуляции от коэффициента модуляции:



Выводы

В ходе работы были изучены виды аналоговой модуляции: амплитудная, с подавлением несущей и однополосная, также исследован способ демодуляции с помощью синхронного детектирования и построена зависимость КПД модуляции от коэффициента модуляции. Для модулированных сигналов были построены спектры. По результатам работы можно сделать вывод о низкой эффективности амплитудной модуляции. Качество модуляции зависит от амплитуды несущего сигнала (для обеспечения высокого качества нужна высокая амплитуда). Из-за этого появляется необходимость использовать для передачи сигнал с большой амплитудой, что приводит к высоким потребностям энергии.