

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема: Аналоговая, частотная и фазовая модуляция.

Выполнил студент гр. 33501/4
Преподаватель

Мальцев М.С.
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
29 апреля 2018 г.

0 Содержание

1	Цель работы	2
2	Постановка задачи	2
3	Теоретический раздел	3
3.1	Амплитудная модуляции	4
3.2	Частотная модуляции	5
3.3	Фазовая модуляции	6
4	Ход работы	7
5	Амплитудная модуляция	7
6	Частотная модуляция	12
7	Фазовая модуляция	14
8	Выводы	16
9	Используемые материалы	17

1 Цель работы

Изучение амплитудной частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
2. Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону

$$u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

для различных значений глубины модуляции M . Используйте встроенную функцию MatLab *ammod*.

Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t + ks(t))$$

используя встроенную функцию MatLab *pmmod*, *pmdemod*

3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей.

$$u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

получить спектр.

5. Выполнить однополосную модуляцию:

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n (\cos(\omega_0 + \Omega_n)t + \phi_0 + \Phi_n)$$

положив $n=1$.

6. Выполнить частотную модуляцию/демодуляцию по закону

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k \int_0^t s(t) dt + \phi_0)$$

используя встроенные функции MatLab *fmmod*, *fmdemod*.

7. Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал.
8. Рассчитать КПД модуляции.

$$\eta_{AM} = \frac{U_m^2 M^2 / 4}{P_U} = \frac{M^2}{M^2 + 2}$$

3 Теоретический раздел

Модуляция — процесс изменения одного или нескольких параметров модулируемого несущего сигнала при помощи модулирующего сигнала.

В некоторых случаях параметры переносчика изменяются под действием модулирующей дискретной последовательности и принимают дискретные значения. Такой процесс называют манипуляцией в отличие от модуляции, при которой параметры переносчика изменяются непрерывно.

Если в качестве переносчика выбрано синусоидальное высокочастотное колебание, то реализуется аналоговая модуляция.

Если в качестве переносчика используется периодическая последовательность импульсов, основными параметрами которой являются амплитуда импульсов, длительность импульсов, их временное положение и частота следования, то можно получить следующие виды модуляции: амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), фазо-импульсную (ФИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ). Следует иметь в виду, что импульсные способы модуляции не используются для передачи информации на большие расстояния. Поэтому когда говорят о системах с импульсной модуляцией, то имеется в виду двойная модуляция, т. е. модуляция импульсной последовательности исходным сообщением, а затем модуляция высокочастотного гармонического колебания импульсной последовательностью.

Обратные операции по восстановлению величин, вызвавших изменение параметров переносчика при модуляции, называются демодуляцией.

Использование модуляции позволяет:

- согласовать параметры сигнала с параметрами линии;
- повысить помехоустойчивость сигналов;
- увеличить дальность передачи сигналов;
- организовать многоканальные системы передачи (МСП с ЧРК).

В качестве несущего сигнала может использоваться:

- гармоническое колебание, при этом модуляция называется аналоговой или непрерывной;
- периодическая последовательность импульсов, при этом модуляция называется импульсной;
- постоянный ток, при этом модуляция называется шумоподобной.

В зависимости от изменяемого параметра различают три основных вида модуляции — **амплитудную, частотную и фазовую**.

3.1 Амплитудная модуляция

Амплитудная модуляция – вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

Основными достоинствами амплитудной модуляции являются:

- узкая ширина спектра АМ сигнала;
- простота получения модулированных сигналов.

Недостатками этой модуляции являются:

- низкая помехоустойчивость (т. к. при воздействии помехи на сигнал искажается его форма — огибающая, которая и содержит передаваемое сообщение);
- неэффективное использование мощности передатчика (т. к. наибольшая часть энергии модулированного сигнала содержится в составляющей несущего сигнала до 64%, а на информационные боковые полосы приходится по 18%).

Амплитудная модуляция нашла широкое применение:

- в системах телевизионного вещания (для передачи телевизионных сигналов);
- в системах звукового радиовещания и радиосвязи на длинных и средних волнах;
- в системе трехпрограммного проводного вещания.

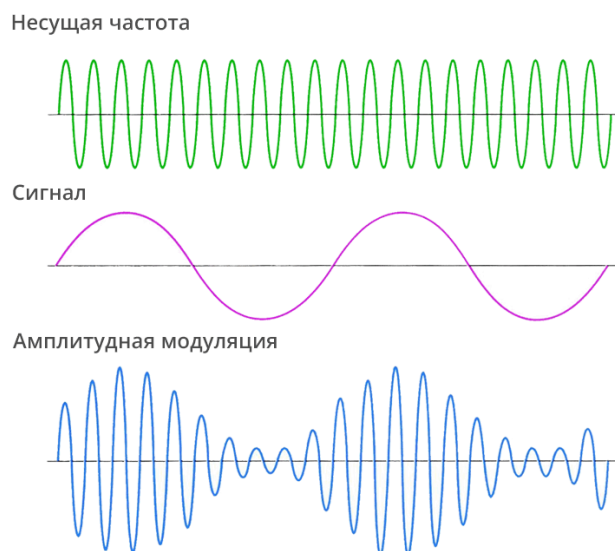


Рис. 3.1: Амплитудная модуляция

3.2 Частотная модуляция

При частотной модуляции изменяемым параметром несущего сигнала является его частота. Важной особенностью спектра ЧМ сигнала является то, что можно добиться отсутствия составляющей несущего сигнала или сделать ее амплитуду значительно меньше амплитуд информационных составляющих без дополнительных технических усложнений модулятора.

Достоинством частотной модуляции являются:

- высокая помехоустойчивость;
- более эффективное использование мощности передатчика;
- сравнительная простота получения модулированных сигналов.

Основным недостатком данной модуляции является большая ширина спектра модулированного сигнала.

Частотная модуляция используется:

- в системах телевизионного вещания (для передачи сигналов звукового сопровождения);
- системах спутникового теле- и радиовещания;
- системах высококачественного стереофонического вещания (FM диапазон);
- радиорелейных линиях (РРЛ);
- сотовой телефонной связи.

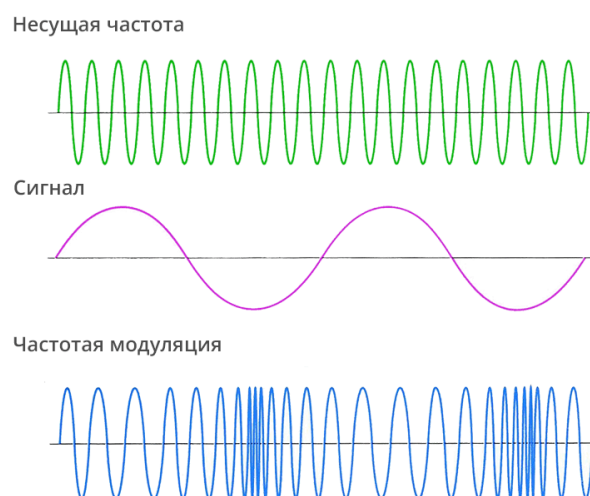


Рис. 3.2: Частотная модуляция

3.3 Фазовая модуляция

Фазовая модуляция – один из видов модуляции колебаний, при которой фаза несущего колебания управляется информационным сигналом.

Достоинствами фазовой модуляции являются:

- высокая помехоустойчивость;
- более эффективное использование мощности передатчика.

Недостатками фазовой модуляции являются:

- большая ширина спектра;
- сравнительная трудность получения модулированных сигналов и их детектирование.

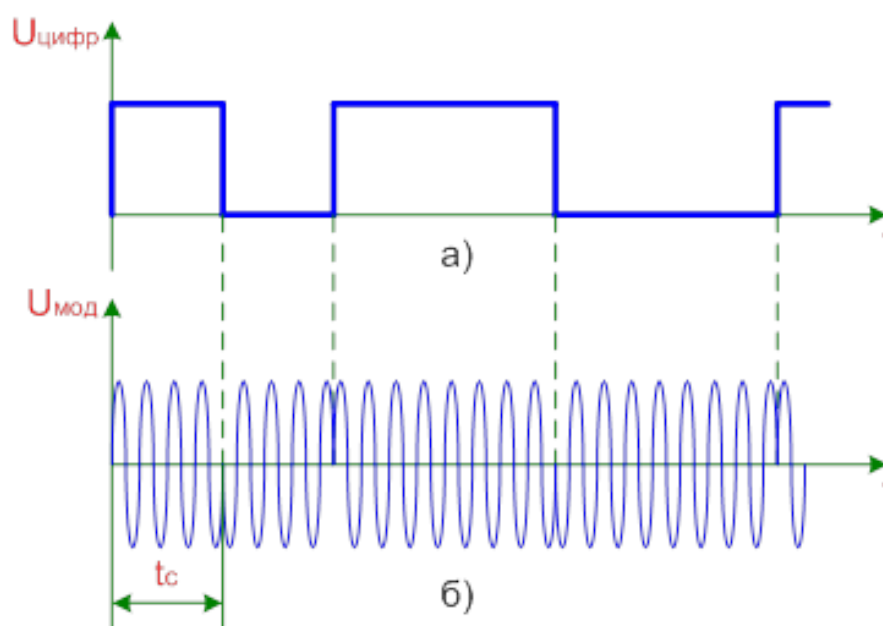


Рис. 3.3: Фазовая модуляция

4 Ход работы

Была синтезирована схема, для моделирования синусоидального сигнала. Синтезированная схема представлена на рисунке 4.1, а результат симуляции на рисунке 4.2.

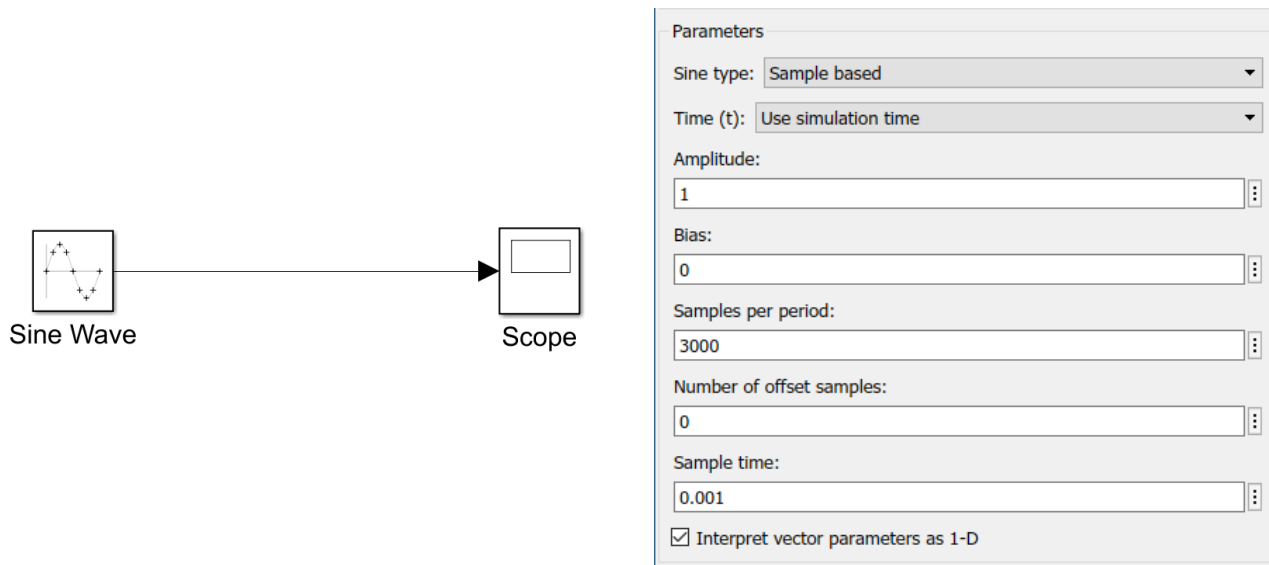


Рис. 4.1: Схема моделирующая синусоидальный сигнал

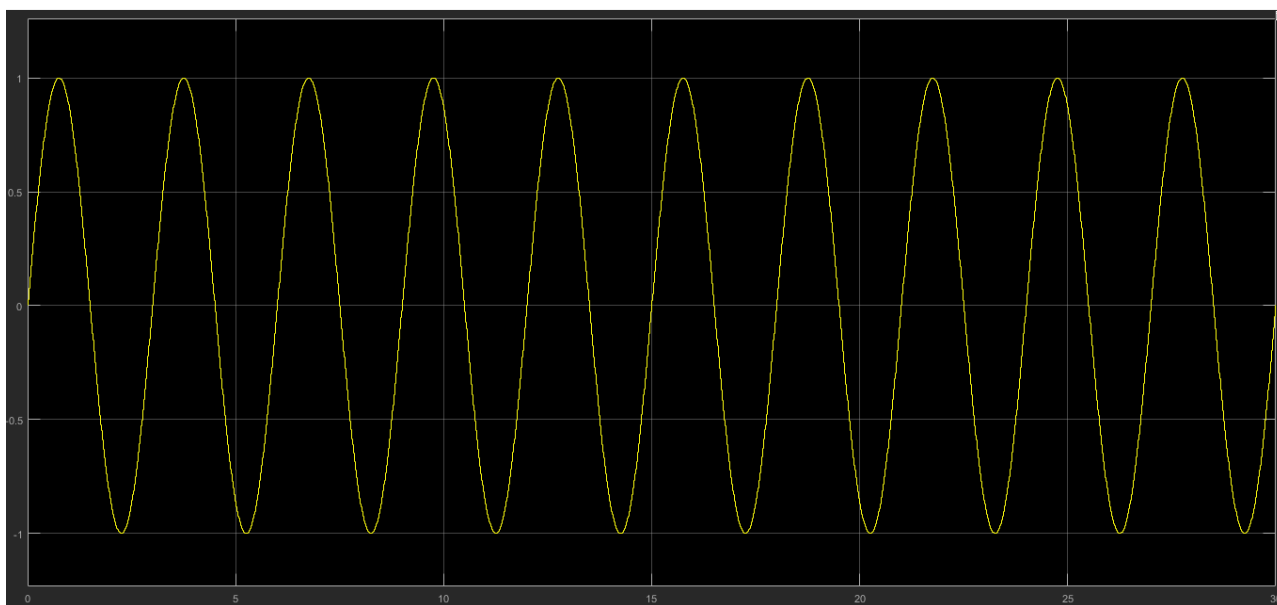


Рис. 4.2: Результат симуляции синтезированной схемы

5 Амплитудная модуляция

Схема с рисунка 4.1 была модифицирована. Новая схема представлена на рисунке 5.1, а результат симуляции представлен на рисунке 5.2.

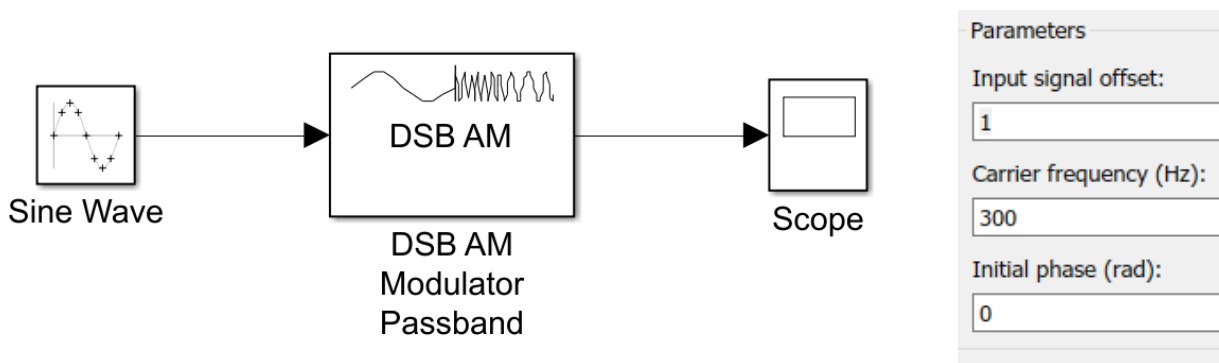


Рис. 5.1: Модифицированная схема для амплитудной модуляции

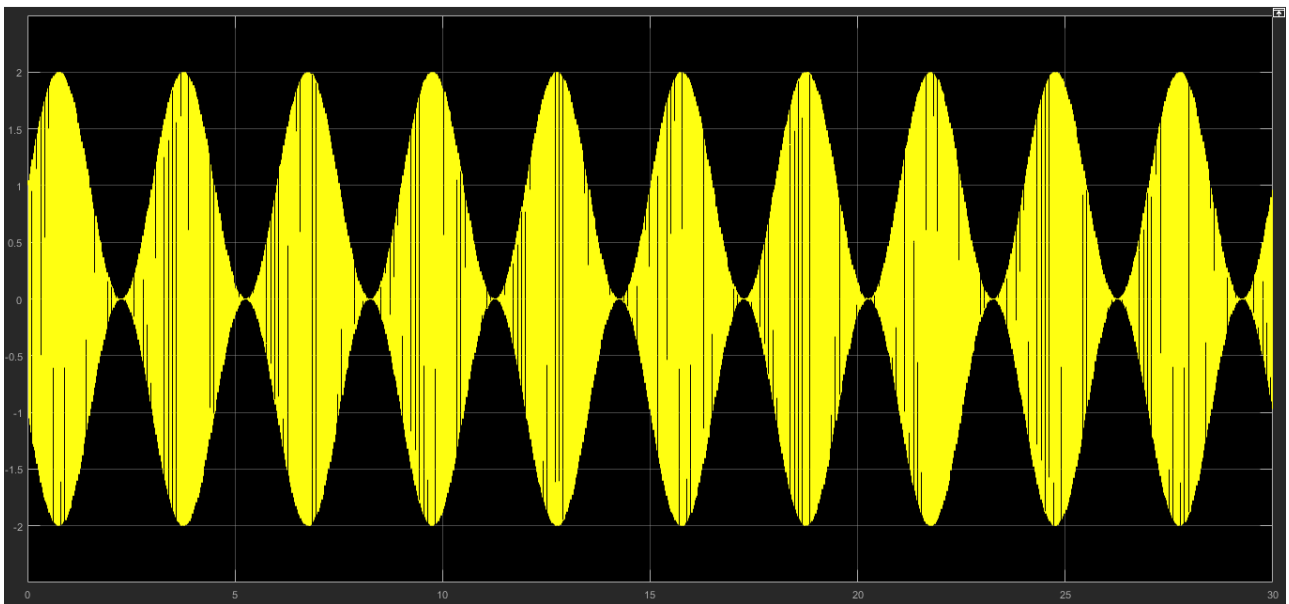


Рис. 5.2: Амплитудная модуляция

Чтобы снова получить информационный сигнал необходимо провести демодуляцию. На рисунке 5.3 представлена модифицированная схема для демодуляции. Результат демодуляции представлен на рисунке 5.4, причём желтым цветом обозначен сигнал после демодуляции, а синим исходный сигнал.

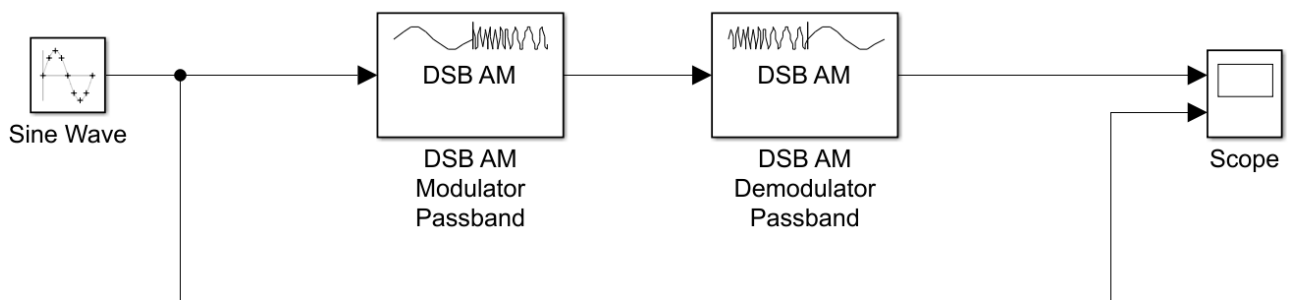


Рис. 5.3: Модифицированная схема для амплитудной демодуляции

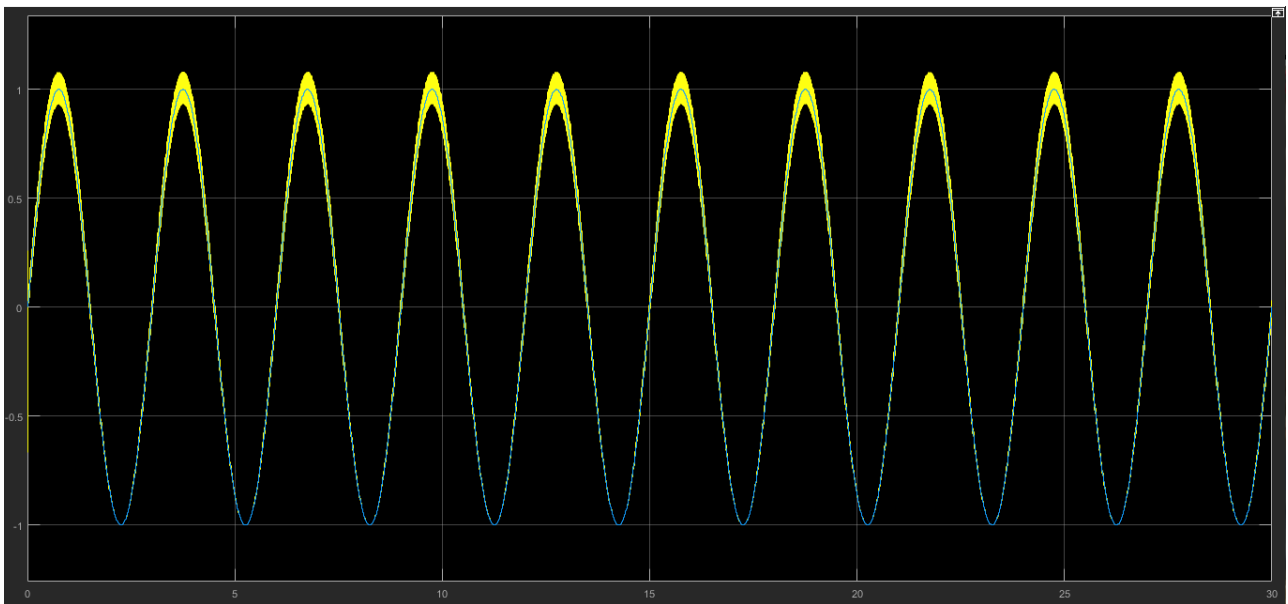


Рис. 5.4: Результат демодуляции

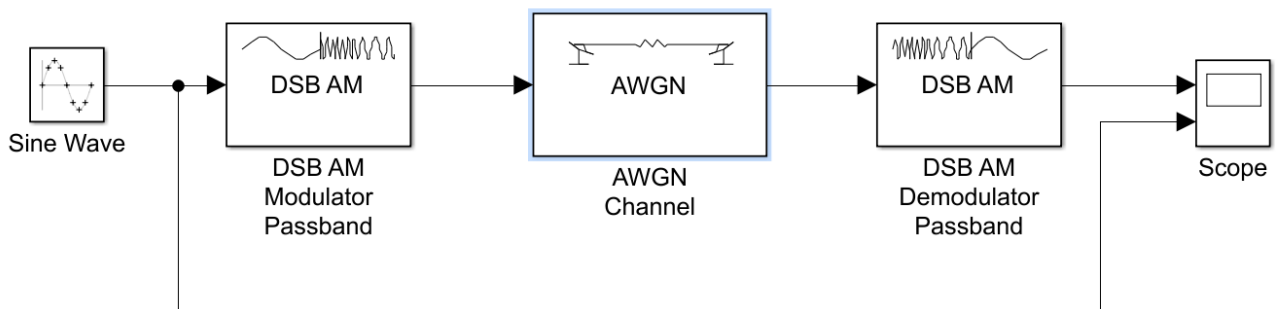


Рис. 5.5: Модифицированная схема с добавлением шума в канал передачи

Parameters	
Input processing:	Columns as channels (frame based)
Initial seed:	67
Mode:	Signal to noise ratio (Eb/No)
Eb/No (dB):	50
Number of bits per symbol:	1
Input signal power, referenced to 1 ohm (watts):	1
Symbol period (s):	1

Рис. 5.6: Параметры устройства, добавляющего в канал передачи белый шум

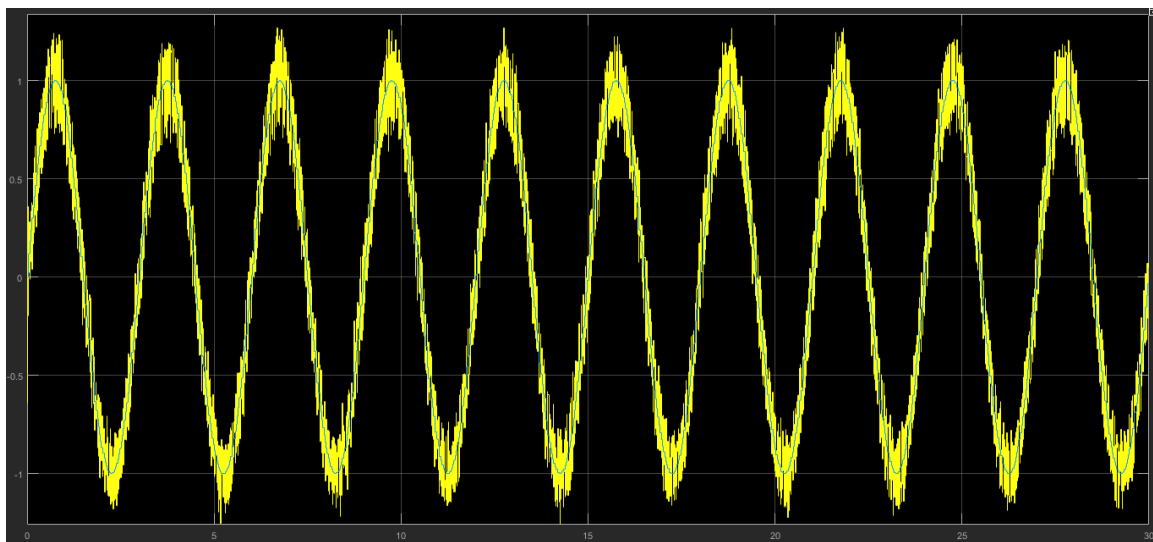


Рис. 5.7: Результат демодуляции после добавления в канал передачи шума

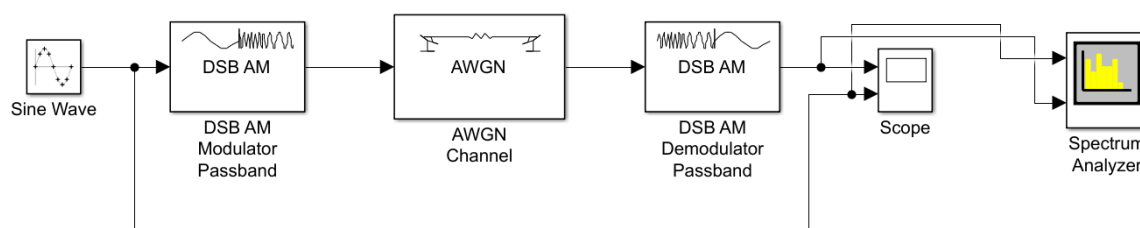


Рис. 5.8: Модифицированная схема для изучения спектра моделируемого сигнала

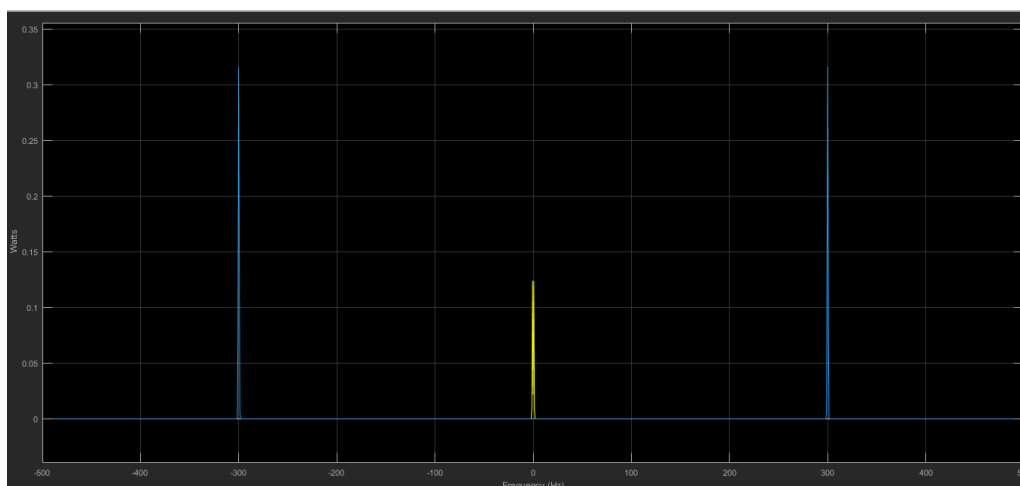


Рис. 5.9: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в *Watts*

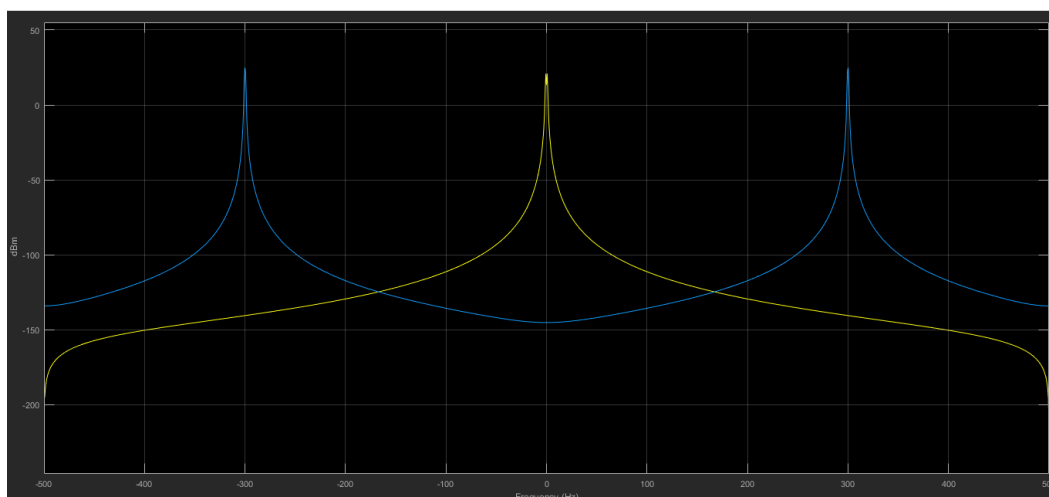


Рис. 5.10: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в dBm

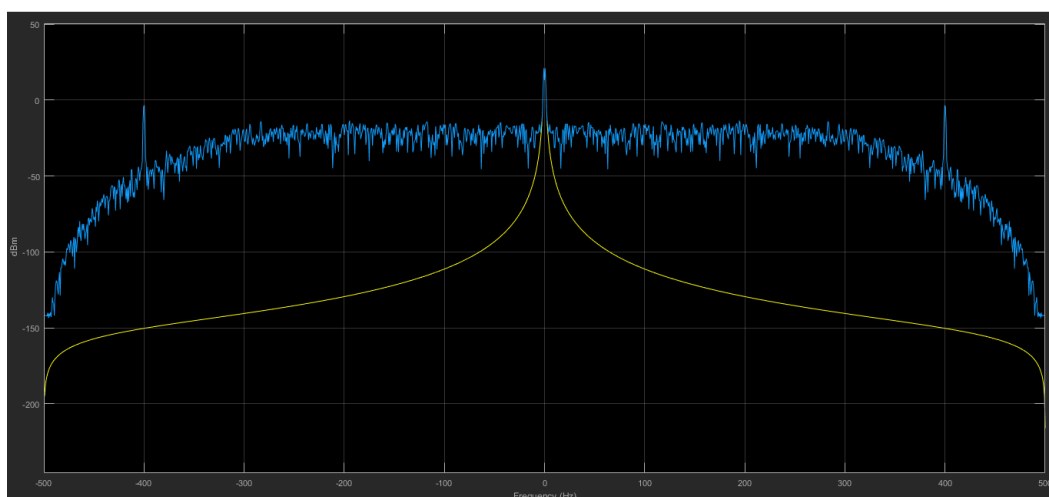


Рис. 5.11: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в dBm

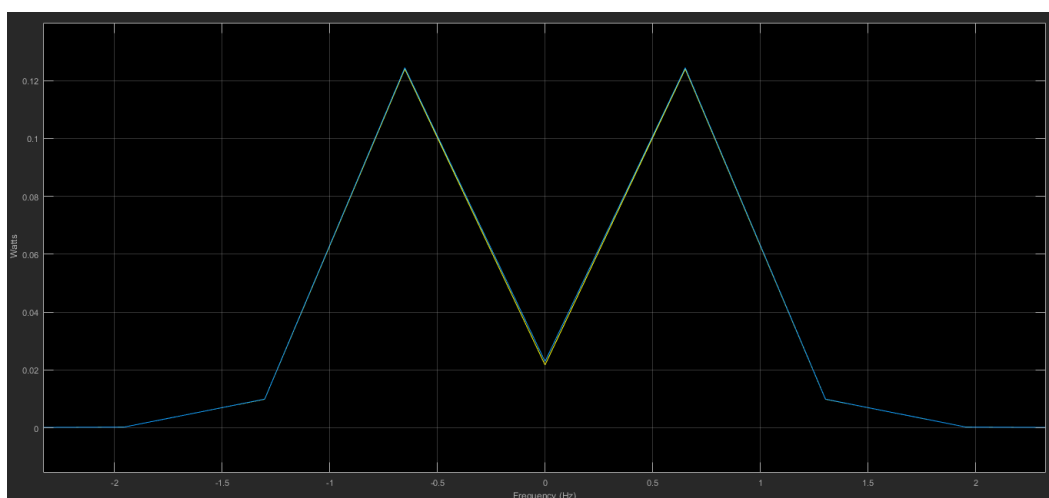


Рис. 5.12: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в $Watts$

6 Частотная модуляция

Модифицируем схему используемую для исследования амплитудной модуляции, представленную на рисунке 5.8 для исследования частотной модуляции. Модифицированная схема представлена на рисунке 6.1.

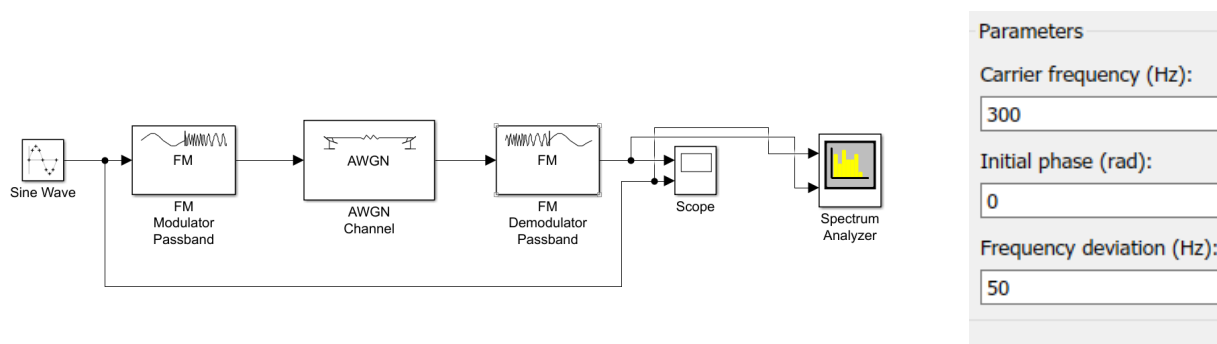


Рис. 6.1: Модифицированная схема для исследования частотной модуляции

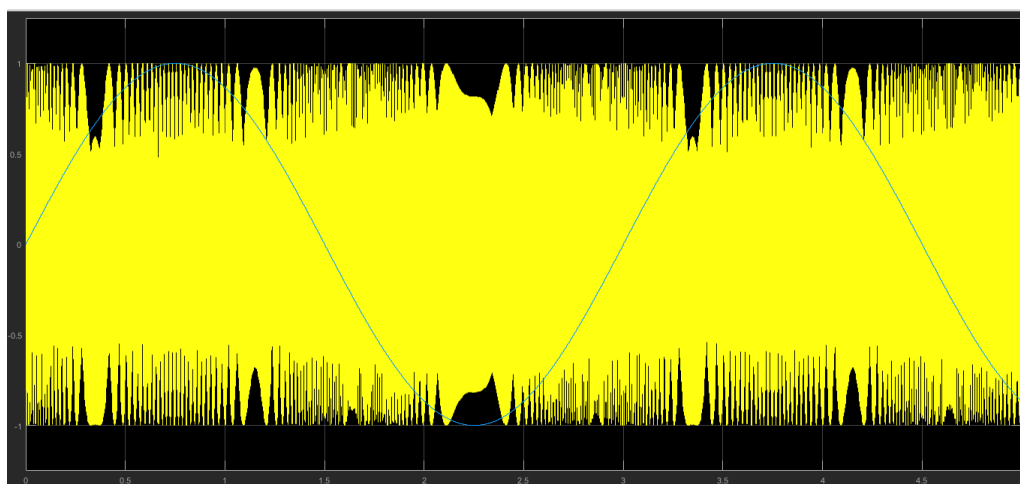


Рис. 6.2: Результат частотной модуляции синусоидального сигнала

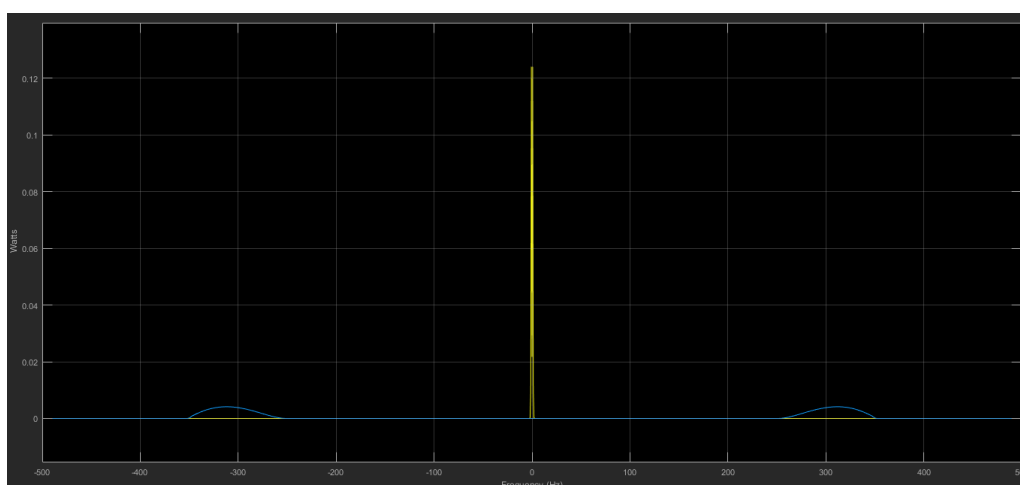


Рис. 6.3: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в *Watts*

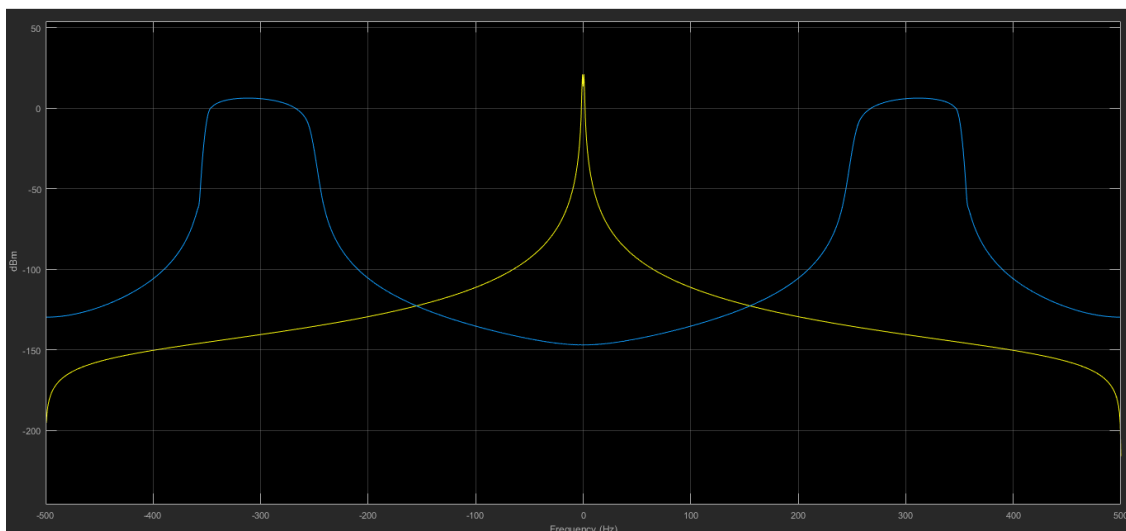


Рис. 6.4: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в dBm

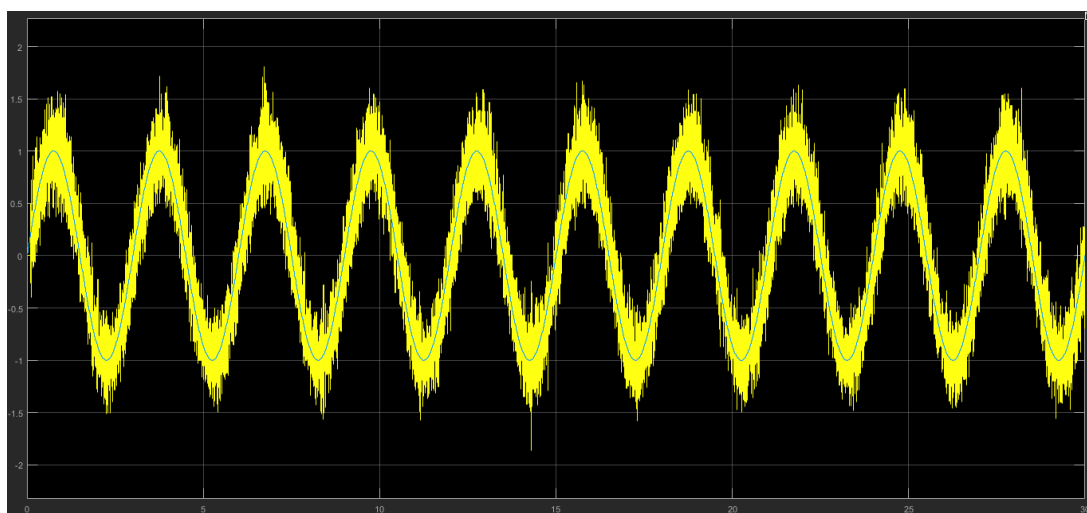


Рис. 6.5: Результат демодуляции

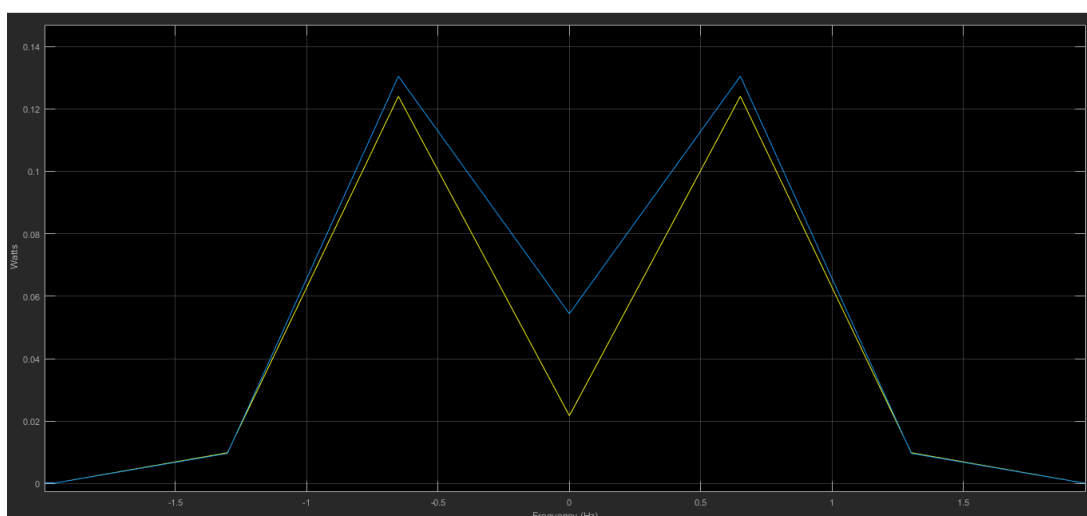


Рис. 6.6: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в dBm

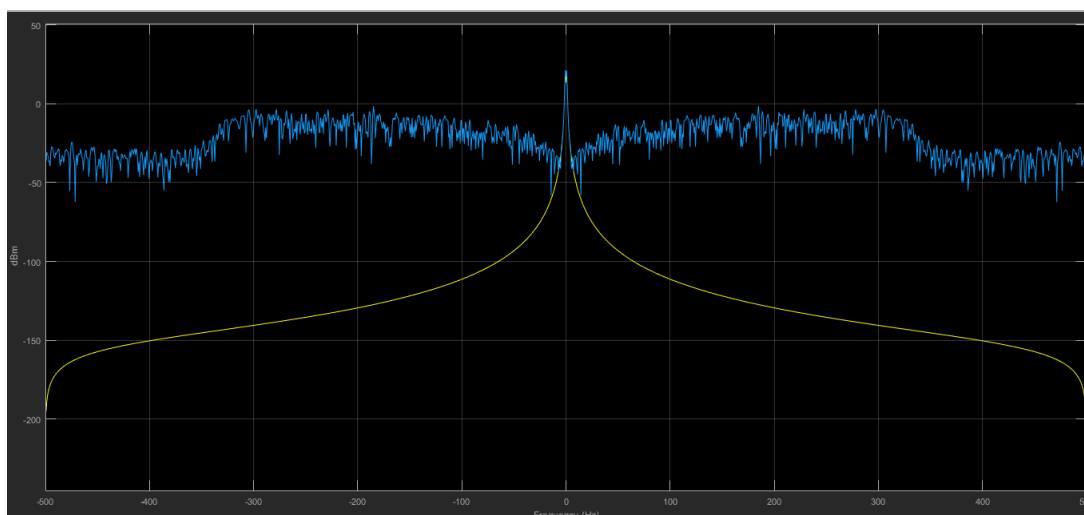


Рис. 6.7: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в *Watts*

7 Фазовая модуляция

Модифицируем схему используемую для исследования частотной модуляции, представленную на рисунке 6.1 для исследования фазовой модуляции. Модифицированная схема представлена на рисунке 7.1.

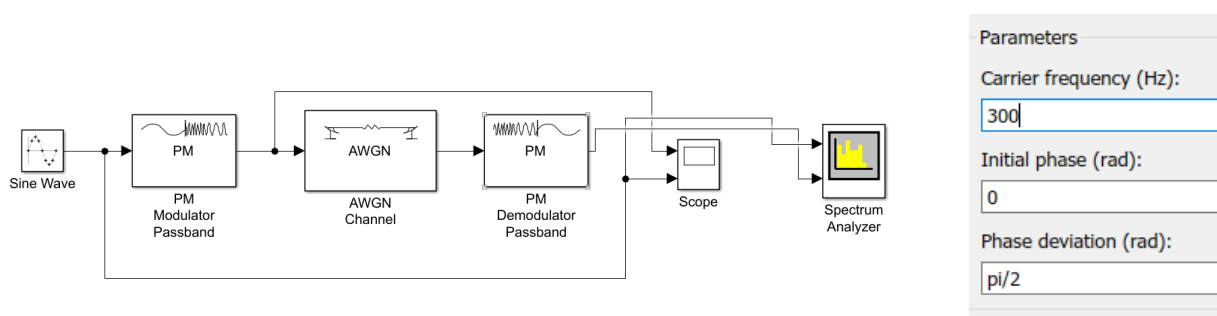


Рис. 7.1: Модифицированная схема для исследования фазовой модуляции

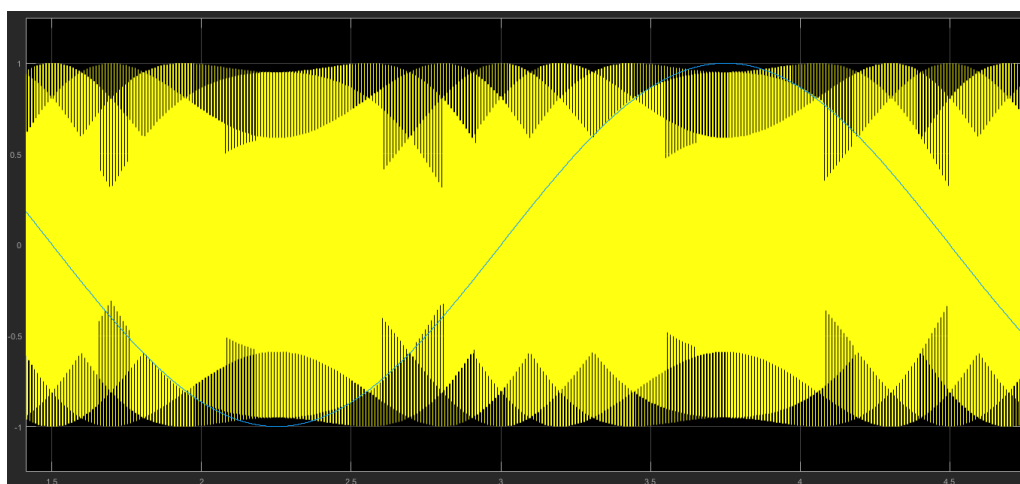


Рис. 7.2: Результат частотной модуляции синусоидального сигнала

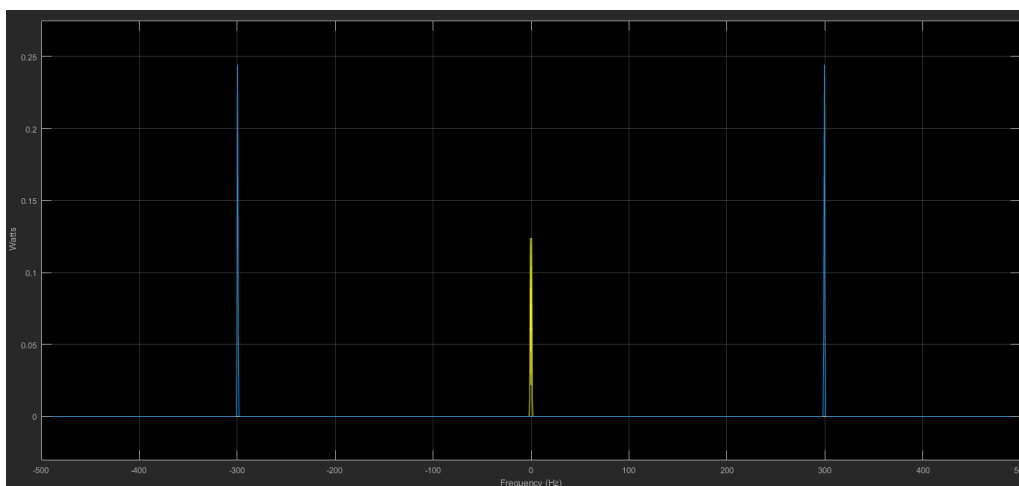


Рис. 7.3: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в $Watts$

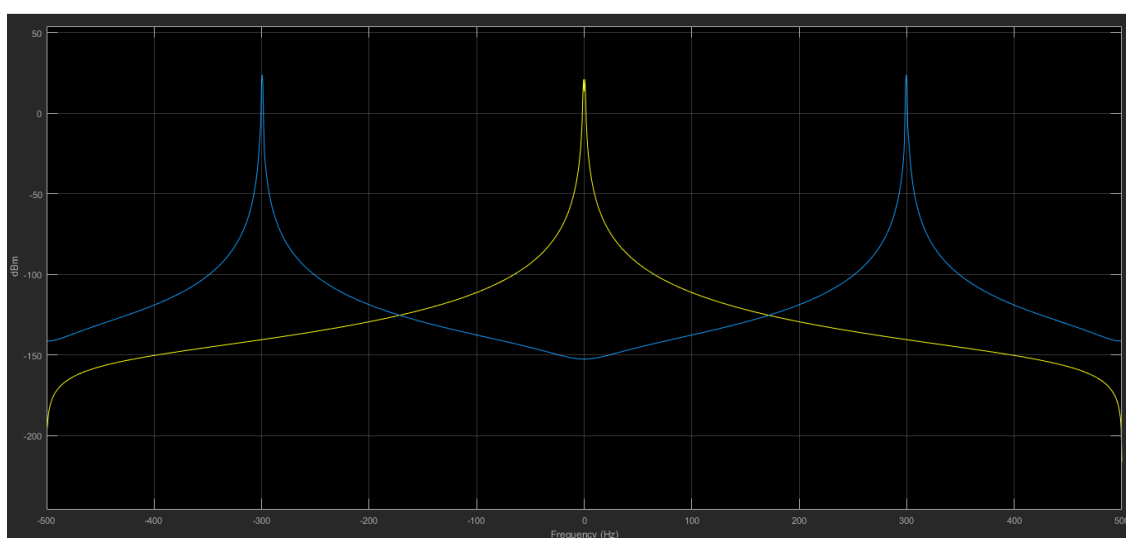


Рис. 7.4: Спектры моделированного и исходного сигнала выраженные в dBm

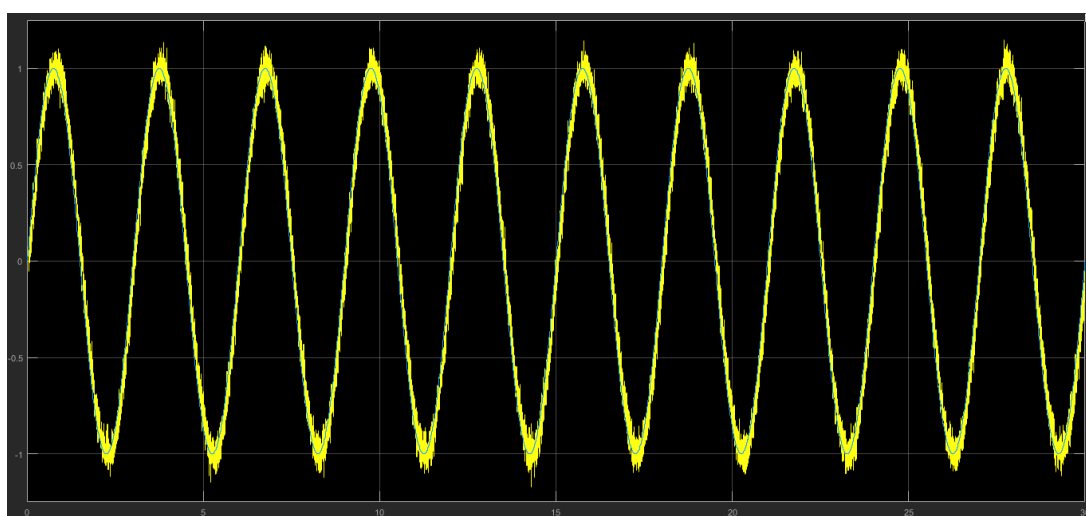


Рис. 7.5: Результат демодуляции

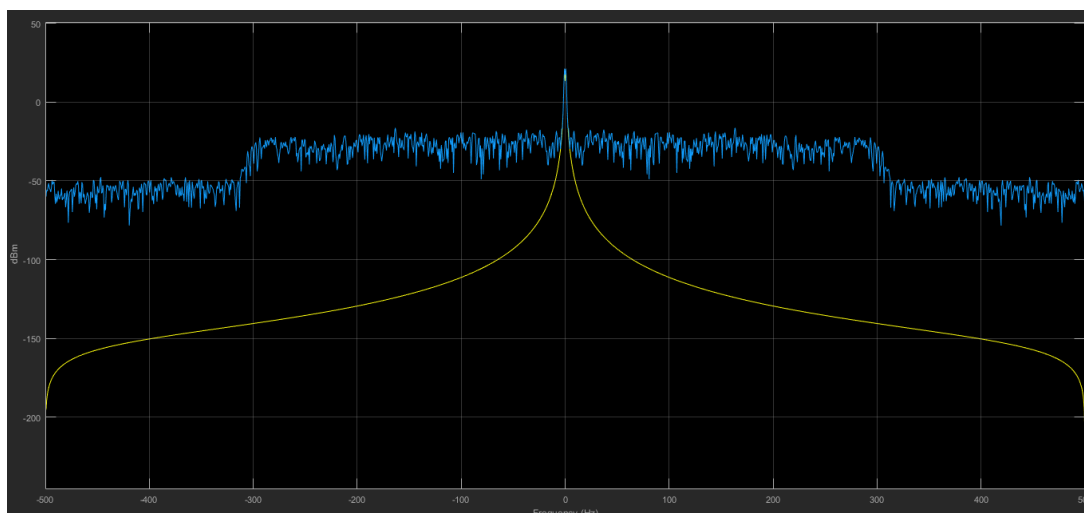


Рис. 7.6: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в dBm

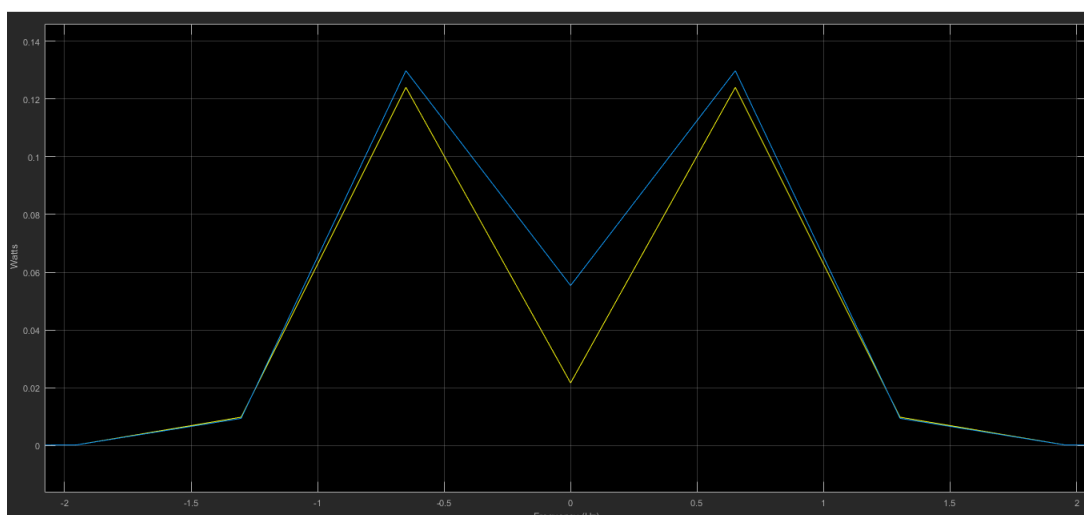


Рис. 7.7: Спектры демодулированного и исходного сигнала выраженные в $Watts$

8 Выводы

Модуляция позволяет передавать информационные сигналы на большие расстояния. Она делится на:

- Амплитудная модуляция

Помехонеустойчивость возникает вследствие узкой полосы модулируемого сигнала. Ее используют в основном в средне- и низкочастотных интервалах электромагнитного спектра.

- Частотная модуляция

Такая модуляция характеризуется высокой помехоустойчивостью, однако для ее применения следует использовать высокочастотный диапазон.

- Фазовая модуляция

Фазовая модуляция активно используется для формирования помехозащищенной связи в микроволновом диапазоне.

9 Используемые материалы

1. [Modulation \(Wikipedia\)](#)
2. [Лекция 1: Организация беспроводных сетей \(стр. 3\)](#)
3. [Лекция №9 Модуляция сигналов](#)
4. [Что такое модуляция и разновидности модулированных сигналов?](#)