

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

Отчёт по лабораторной работе

Телекоммуникационные технологии
Сигналы телекоммуникационных систем

Работу выполнил
Студена группы 33501/3
Ромашенко Д.Ю.
Преподаватель
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2018

Содержание

1	Цель работы	2
2	Программа работы	2
3	Теоретический материал	2
4	Ход работы	5
5	Амлитудная модуляция	5
6	Амлитудная модуляция с подавлением несущей	9
7	Однополосная амплитудная модуляция	10
8	Фазовая модуляция	11
9	Частотная модуляция	12
10	Выводы	12

1 Цель работы

Изучение амплитудной модуляции и демодуляции сигнала.

2 Программа работы

Смоделировать однотоновый сигнал низкой частоты. Выполнить полную амплитудную модуляцию, амплитудную модуляцию с подавлением несущей и однопольсную модуляцию. Демодулировать сигнал методом синхронного детектирования.

3 Теоретический материал

Сигналы от любых источников информации передаются по линиям связи к приемникам, например, в измерительно-вычислительные системы регистрации и обработки данных. Как правило, информационные сигналы являются низкочастотными и ограниченными по ширине спектра, тогда как методы передачи сигналов рассчитаны на работу с высокочастотным сигналом. При этом важным вопросом является частотное разделение каналов передачи информации с целью эффективного использования каналообразующего оборудования и выделенного для передачи частотного диапазона. Перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту, т.е. в выделенную для их передачи область высоких частот выполняется операцией модуляции.

Сигнал $u(t)$ называется несущим сигналом, а физический процесс переноса информации на параметры несущего сигнала – его модуляцией. Исходный информационный сигнал $s(t)$ называют модулирующим, результат модуляции – модулированным сигналом. Обратную операцию выделения модулирующего сигнала из модулированного колебания называют демодуляцией или детектированием.

Наиболее распространенной формой несущих сигналов являются гармонические колебания:

$$u(t) = U \cos(\omega t + \phi) \quad (1)$$

которые имеют три свободных параметра: U , ω и ϕ . В зависимости от того, на какой из данных параметров переносится информация, различают амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) или фазовую (ФМ) модуляцию несущего сигнала.

Амплитудная модуляция исторически была первым видом модуляции, освоенным на практике. В настоящее время АМ применяется в основном только для радиовещания на сравнительно низких частотах (не выше коротких волн) и для передачи изображения в телевизионном вещании. Это вызвано низким КПД использования энергии модулированных сигналов. При АМ выполняется перенос информации $s(t)$ на $U(t)$ при постоянных значениях параметров несущей частоты ω и ϕ . АМ – сигнал представляет собой произведение информационной огибающей $U(t)$ и гармонического колебания ее заполнения с более высокими частотами:

$$U(t) = U_m [1 + M_s(t)] \quad (2)$$

где U_m – постоянная амплитуда несущего колебания при отсутствии входного (модулирующего) сигнала $s(t)$, – глубина АМ.

В простейшем случае, если модулирующий сигнал представлен одночастотным гармоническим колебанием с амплитудой S_o , то коэффициент модуляции равен отношению амплитуд модулирующего и несущего колебания $= \frac{S_o}{U_m}$. Значение должно находиться в пределах от

0 до 1 для всех гармоник модулирующего сигнала. При значении $M < 1$ форма огибающей несущего колебания полностью повторяет форму модулирующего сигнала $s(t)$.

Простейшая форма модулированного сигнала создается при однотоновой амплитудной модуляции – модуляции несущего сигнала гармоническим колебанием с одной частотой Ω

$$u(t) = U_m[1 + M\cos(\Omega t)]\cos(\omega_0 t) \quad (3)$$

Коэффициент полезного действия данного типа модуляции определяется отношением мощности боковых частот к общей средней мощности модулированного сигнала

$$\eta_A M = \frac{M^2}{M^2 + 2} \quad (4)$$

Отсюда следует, что при $M=1$ КПД амплитудной модуляции составляет только 33%, а на практике обычно меньше 20%.

При балансной модуляции или АМ с подавлением несущей частоты производится перемножение двух сигналов – модулирующего и несущего, при котором происходит подавление несущего колебания, соответственно, КПД модуляции становится равным 100%. Так, для однотонового сигнала (без учета начальных фаз колебаний) при

$$U(t) = M\cos(\Omega t) : u(t) = U_m M\cos(\Omega t)\cos(\omega_0 t) = \frac{U_M M}{2}(\cos[(\omega_0 + \Omega)t] + \cos[(\omega_0 - \Omega)t]). \quad (5)$$

т.е. два одинаковых по амплитуде гармонических сигнала с верхней и нижней боковыми частотами.

Физическая сущность подавления несущей частоты заключается в следующем. При переходе огибающей биений $U(t)$ через нуль фаза несущей частоты скачком изменяется на 180, поскольку функция косинуса огибающей имеет разные знаки слева и справа от нуля. При этом в достаточно высокочастотной системе (с малыми потерями энергии), настроенной на частоту ω_0 , колебания, возбужденные одним периодом биений, будут гаситься последующим периодом.

При идентичности информации в группах верхних и нижних боковых частот нет необходимости в их одновременной передаче. Одна из них перед подачей сигнала в канал связи может быть удалена, чем достигается двукратное сокращение полосы занимаемых сигналом частот. Уравнение сигнала для верхней или нижней боковой полосы:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t) + \frac{U_M}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t] \quad (6)$$

Внешняя форма ОБП-сигнала сходна с обычным АМ-сигналом, но ее огибающая имеет в два раза меньшую амплитуду по сравнению с АМ при $M = 1$. 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 в два раза меньшей амплитудой выходных сигналов.

Демодуляция АМ-сигналов может выполняться несколькими способами. Рассмотрим пространственный метод демодуляции – синхронное детектирование. При синхронном детектировании модулированный сигнал умножается на опорное колебание с частотой несущего колебания. Без учета начальных фаз колебаний

$$y(t) = u(t)\cos(\omega_0 t) = U(t)\cos\omega_0 t\cos\omega_0 t = \frac{1}{2}U(t) + \frac{1}{2}U(t)\cos 2\omega_0 t \quad (7)$$

Сигнал разделяется на два слагаемых, первое из которых повторяет исходный модулирующий сигнал, а второе повторяет модулированный сигнал на удвоенной несущей частоте $2\omega_0$. Форма новой несущей при синхронном детектировании является чистой гармоникой, в отличие от двухполупериодного детектирования, где новая несущая содержит дополнительные гармоники более высоких частот. Физический амплитудный спектр сигналов после демодуляции подобен спектру двухполупериодного детектирования, но 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.

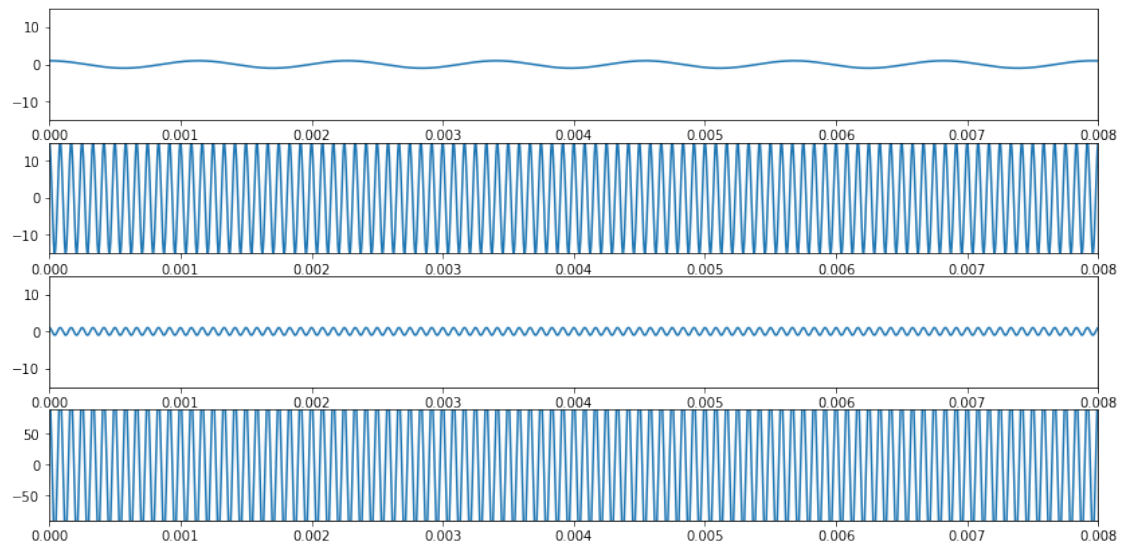
Частотная модуляция- модуляция, при которой модулирующий сигнал связан с мгновенной частотой колебания.

$$\omega(t) = \omega_0 + kSm(t) \quad (8)$$

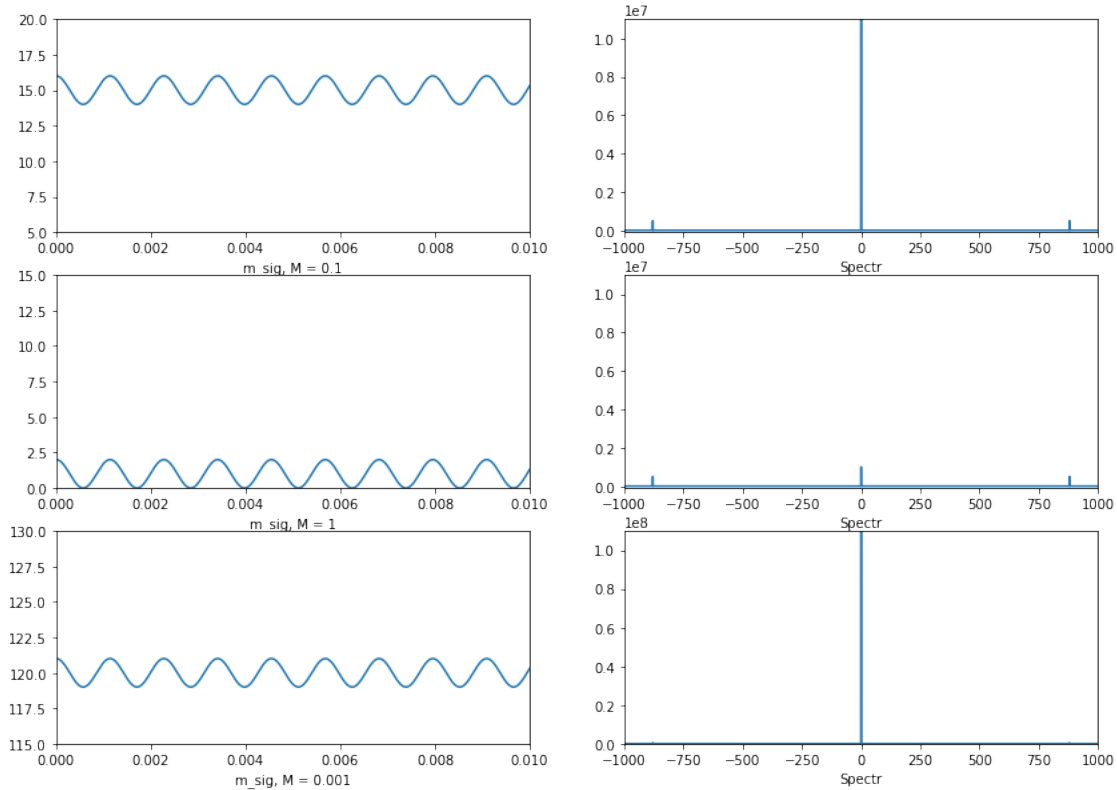
Частотная и фазовая модуляция взаимосвязаны: если изменить начальную фазу колебания, то изменится и его оменная частота.

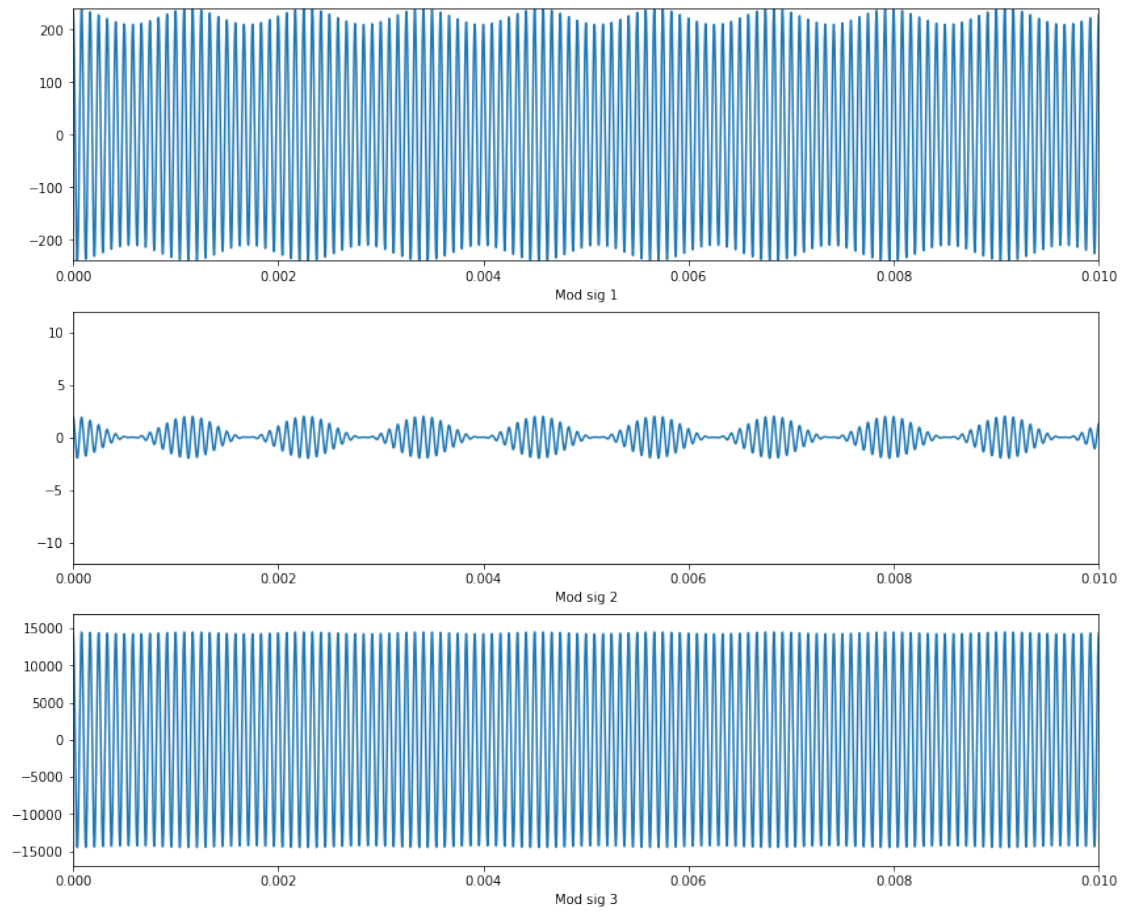
4 Ход работы

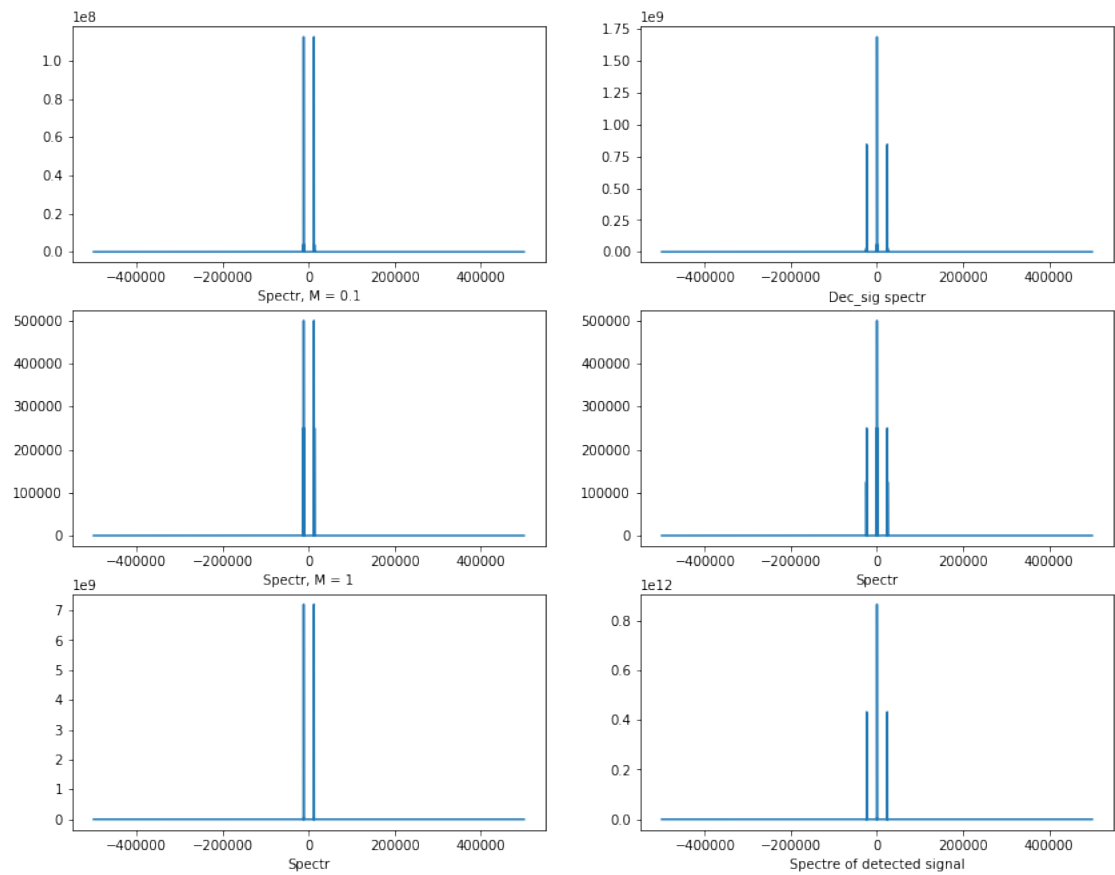
5 Амлитудная модуляция



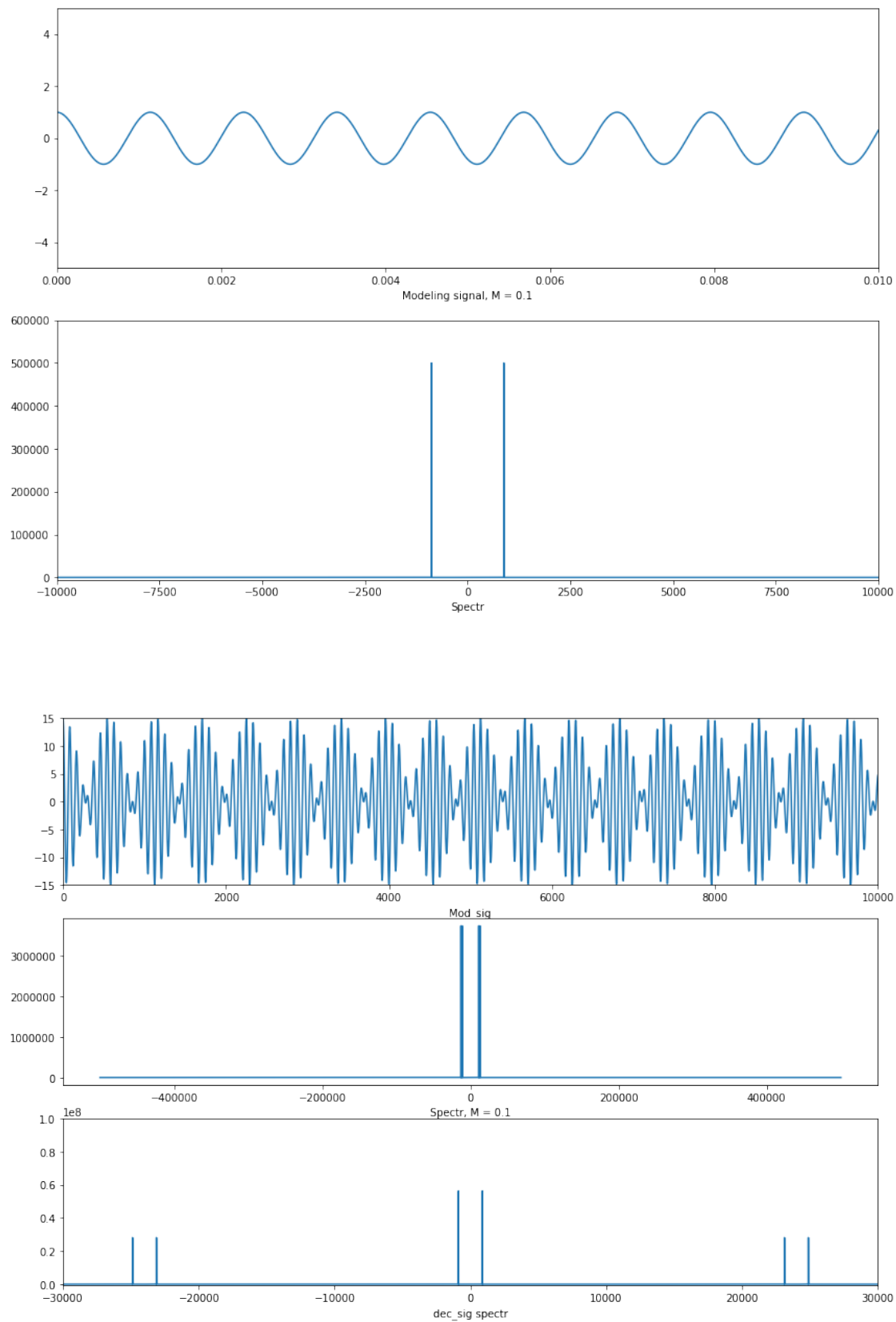
```
for M = 0.10    eta = 0.498
for M = 1.00    eta = 33.333
for M = 0.01    eta = 0.005
```



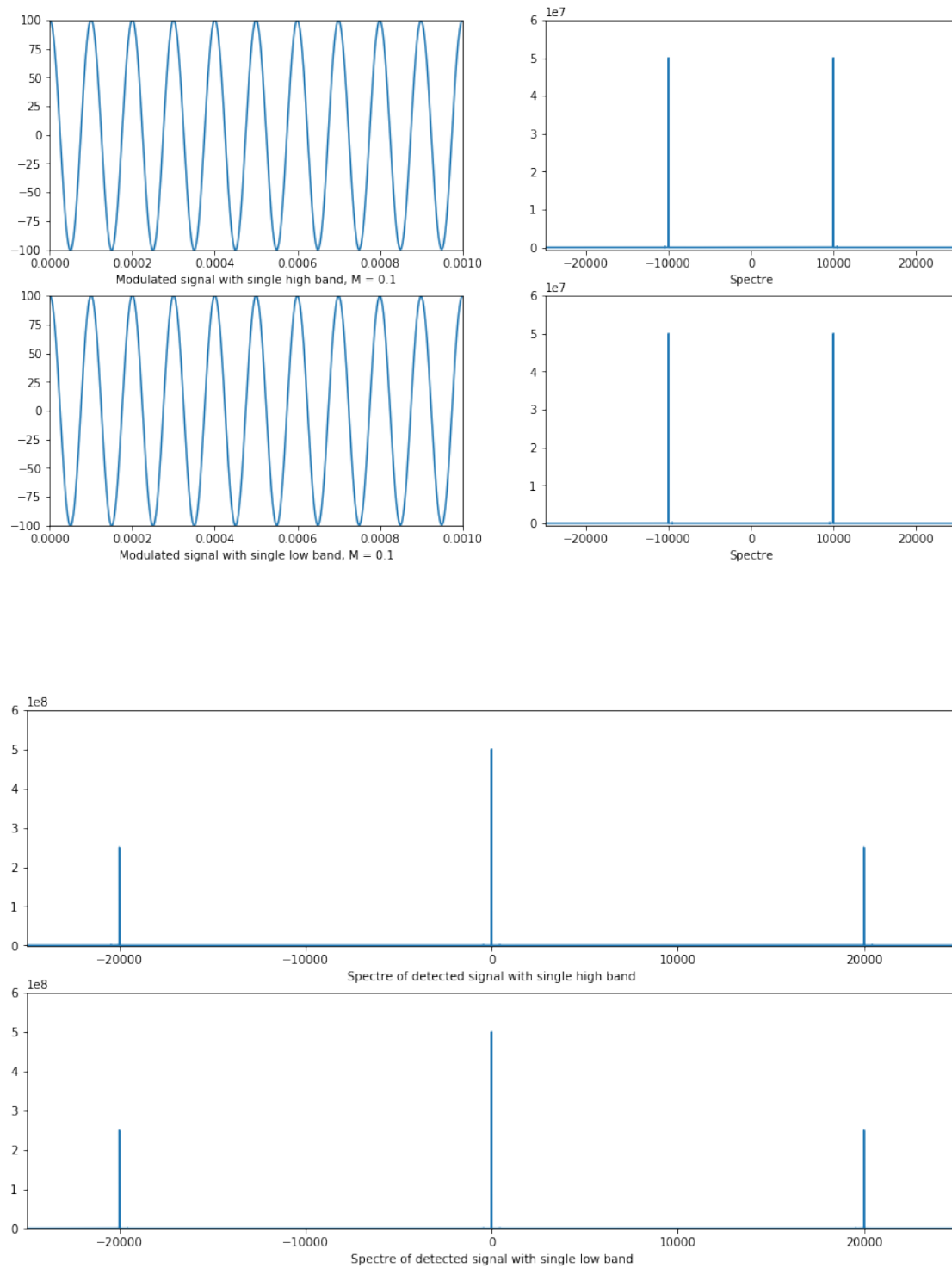




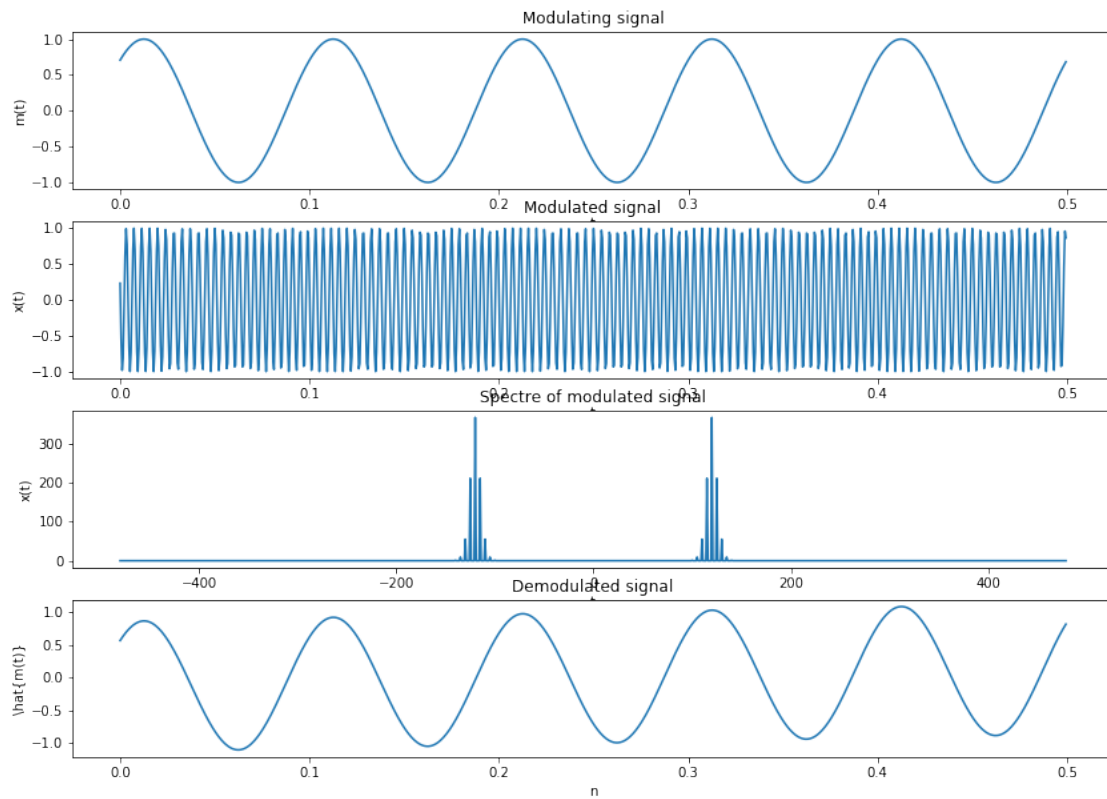
6 Амлитудная модуляция с подавлением несущей



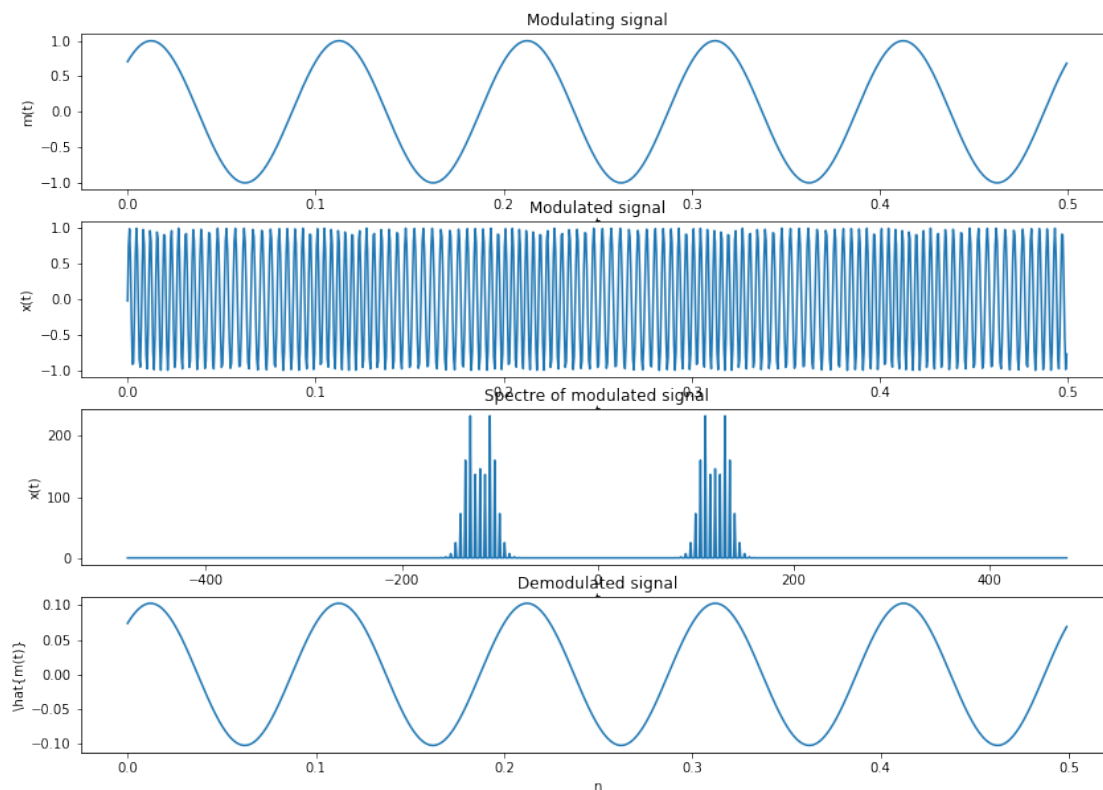
7 Однополосная амплитудная модуляция



8 Фазовая модуляция



9 Частотная модуляция



10 Выводы

В проделанной лабораторной работе были рассмотрены основные типы амплитудной модуляции. Сгенерированный однтональный низкочастотный сигнал был промодулирован, а затем декодирован. Полученные графики демодулированного сигнала соответствуют теоретическому ожиданию.