

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

**Отчёт по лабораторным работам №4, №5.**

**Дисциплина:** Телекоммуникационные технологии

**Тема:** Аналоговая модуляция. Частотная и фазовая модуляция.

Выполнил студент гр. 33501/4

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(подпись) Жуйков А.А.

\_\_\_\_\_  
(подпись) Богач Н.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## 1 Цель работы.

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала. Изучение 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*.
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей  $u(t) = MU_m \cos(\Omega_0 t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ . 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 синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал.
7. Рассчитать КПД модуляции:

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

8. Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону  $u(t) = (U_m \cos(\Omega t + ks(t)))$ , используя встроенную функцию MatLab *pmmod*, *pmdemod*.
9. Получить спектр модулированного сигнала.
10. 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*.

### 3 Теоретические положения.

*Модуляция* – это процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного колебания в соответствии с законом информационного низкочастотного сообщения. Результатом этого является перенос спектра управляющего сигнала в область высоких частот. Благодаря этому процессу информационные колебания помещаются на несущую, априорно известную. Высокочастотное колебание играет роль переносчика информации, за счет чего приобретает статус несущего. В управляющем сигнале заложены передаваемые данные.

В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции: амплитудная, частотная, фазовая и др. Ниже на Рис. 3.1 представлены виды модуляции. При дискретном сигнале принято говорить о манипуляции.

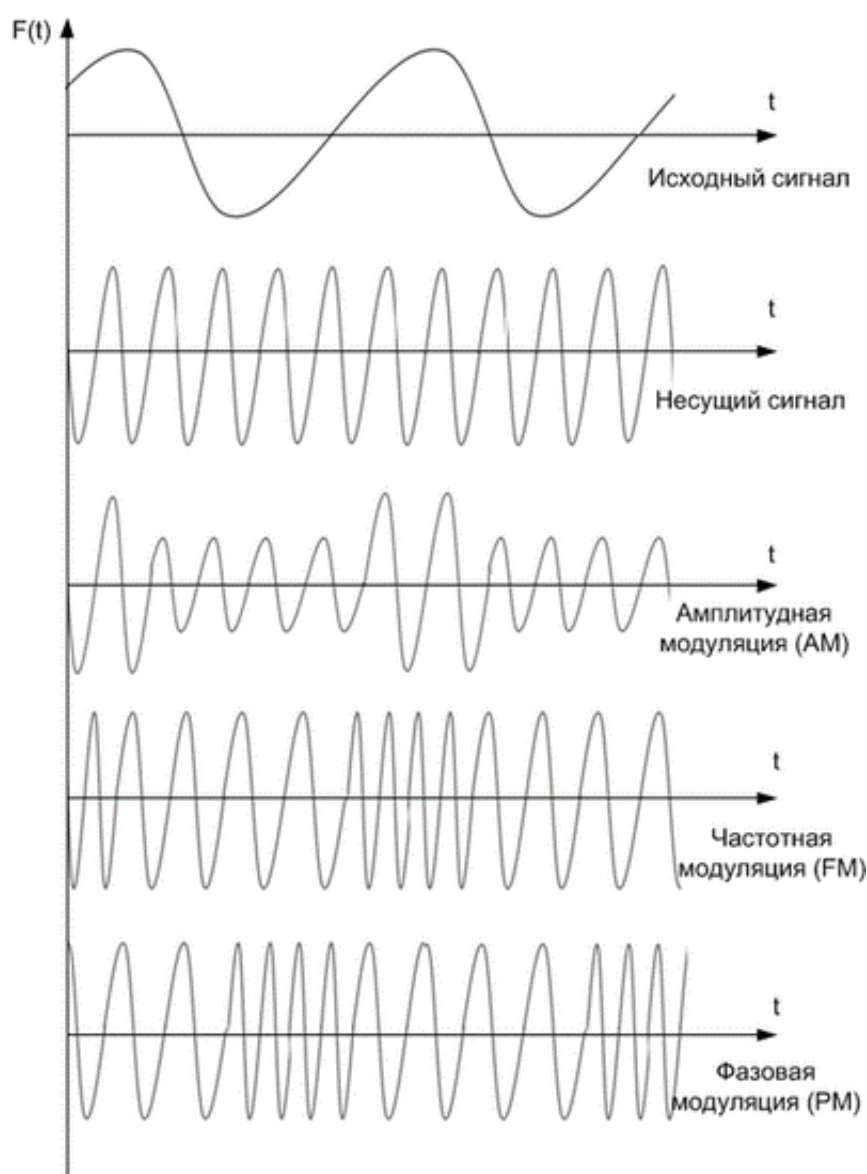


Рис. 3.1: Виды аналоговой модуляции.

## 4 Ход работы.

Для модуляции был сгенерирован однотональный сигнал  $s$ , представленный на Рис. 4.1. Частота сигнала  $f_0 = 1$  Гц, амплитуда  $A = 1$ .

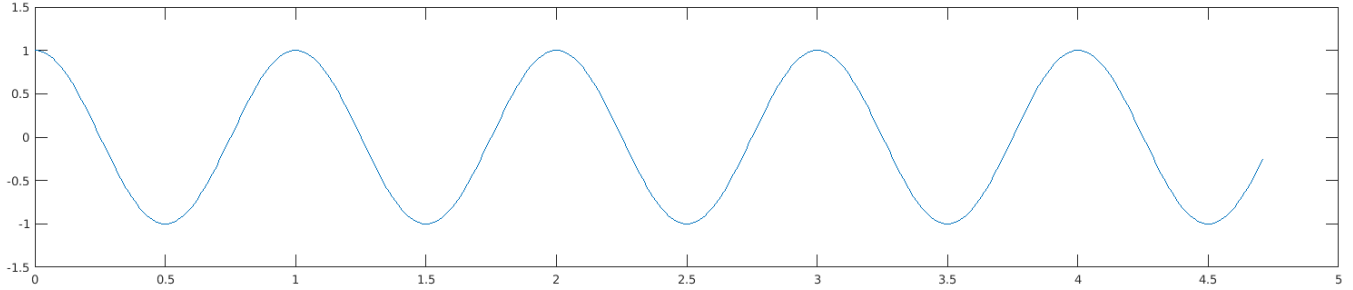


Рис. 4.1: Сигнал  $s = A \cos(2\pi f_0 t)$ .

К сигналу были применены различные виды модуляции.

### 4.1 Амплитудная модуляция.

Для сигнала  $s$  была выполнена амплитудная модуляция/демодуляция (АМ) по закону

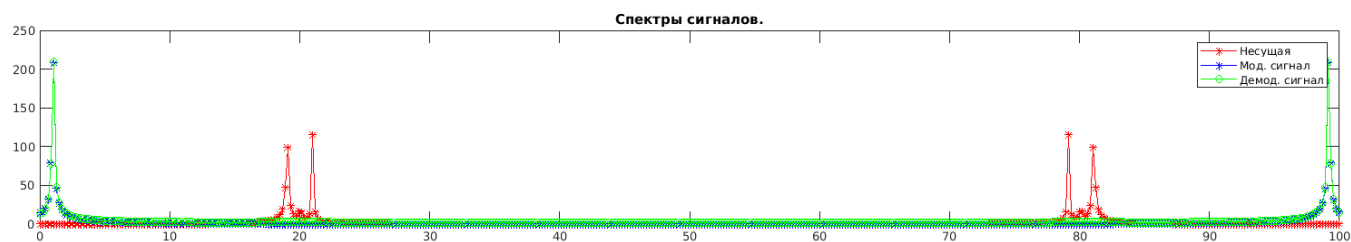
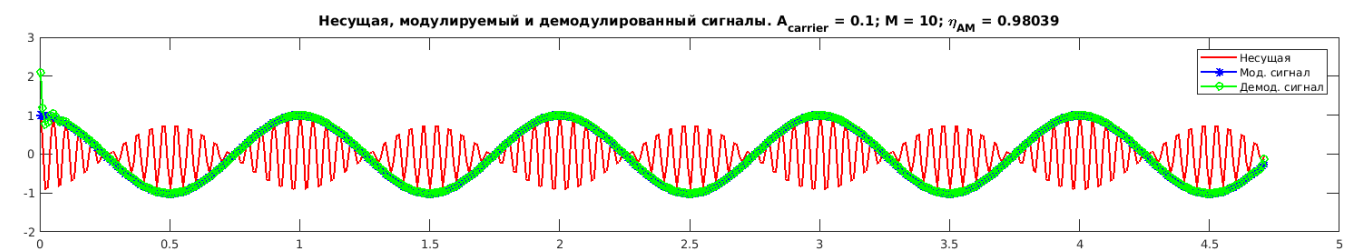
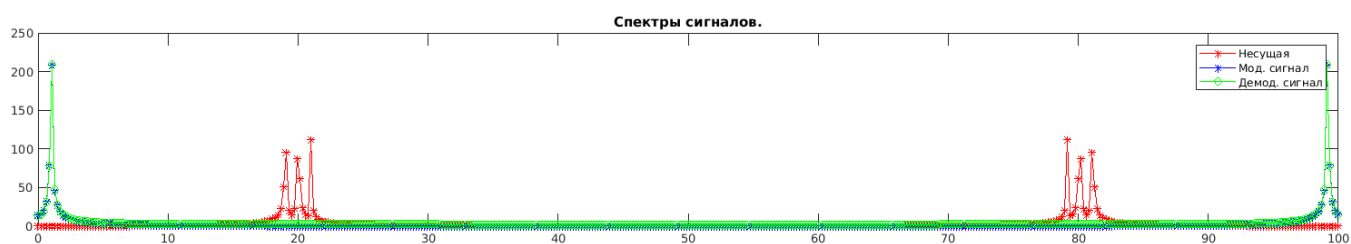
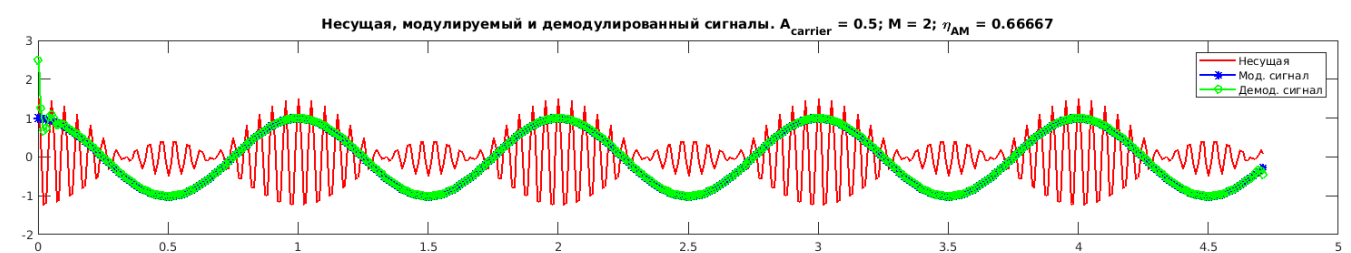
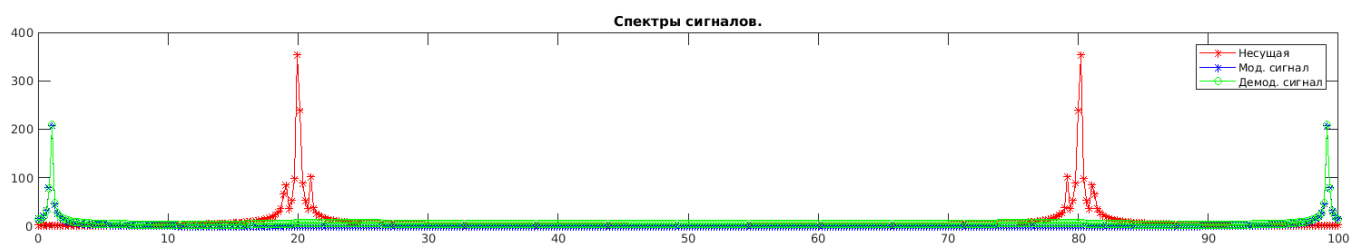
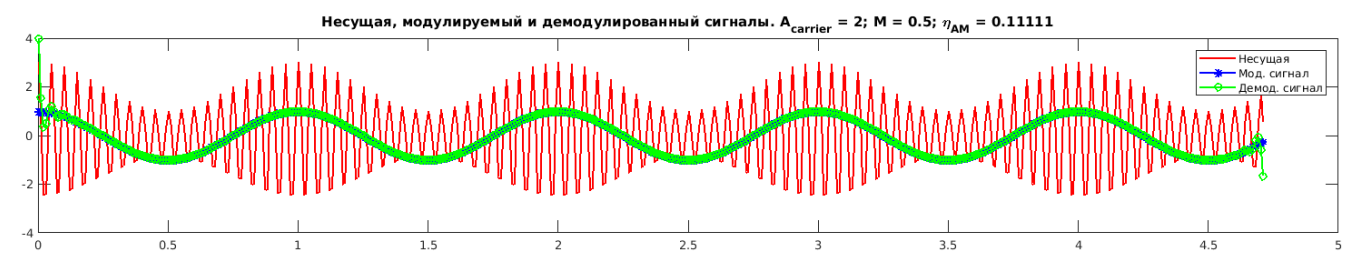
$$u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0).$$

Частота несущей –  $f_{car} = 20$  Гц. Амплитуда несущей  $A_{car}$  принимала следующие значения: 2, 0.5, 0.1, 5, 1, 0; таким образом, производилась модуляция для различных значений глубины модуляции  $M$ . При  $A_{car} = 0$  модуляция производится с подавлением несущей:  $u(t) = MU_m \cos(\Omega_0 t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ .

Для всех значений  $M$  вычислено значение КПД модуляции:

$$\eta_{AM} = \frac{M^2}{M^2 + 2}.$$

На Рис. 4.2 представлены результаты модуляции и демодуляции при изменяющейся  $M$ , а также спектры несущей, модулируемого и демодулированного сигналов. На Рис. 4.3 приведен результат выполнения модуляции с подавлением несущей.



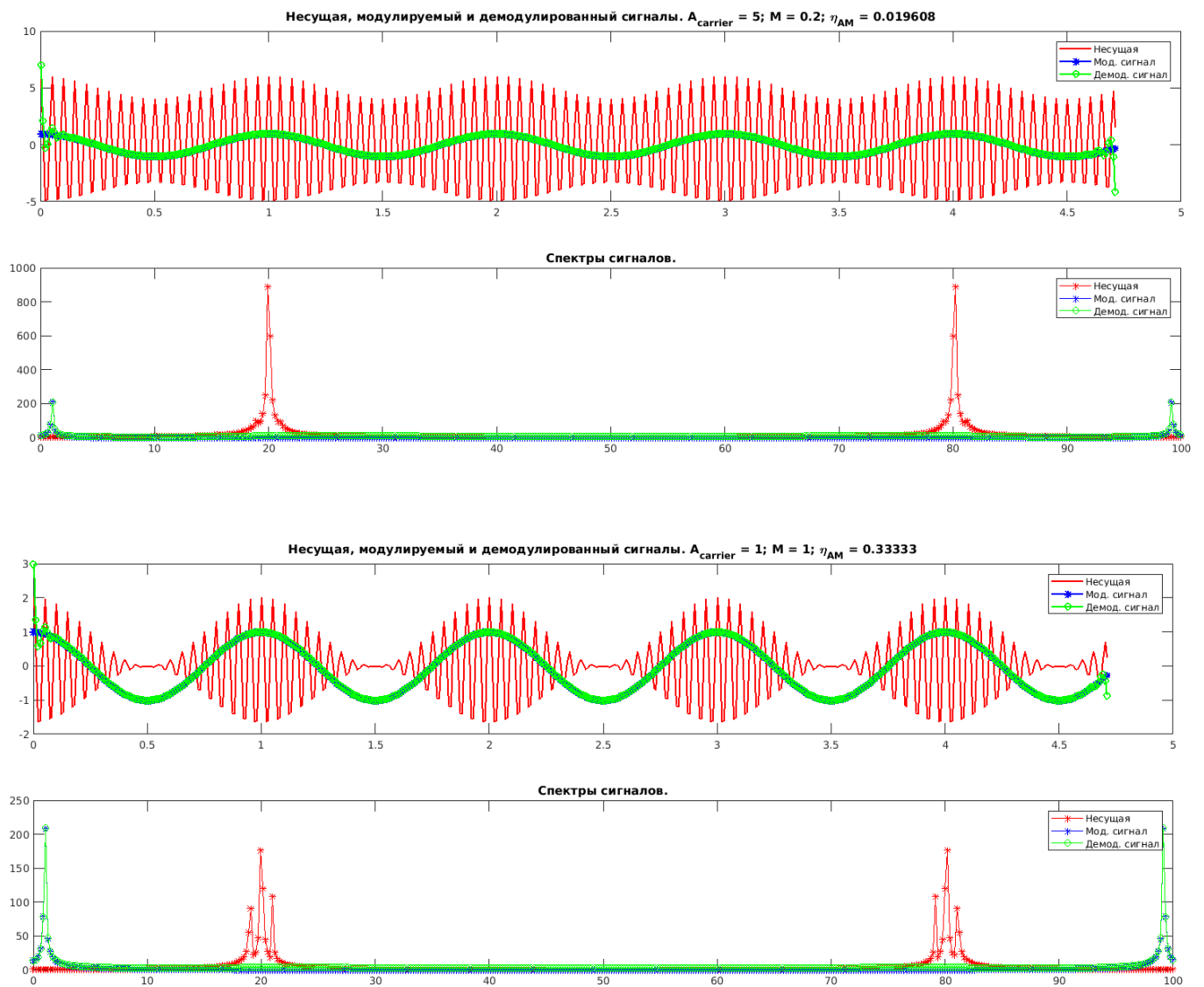


Рис. 4.2: Результаты амплитудной модуляции и демодуляции исходного сигнала.

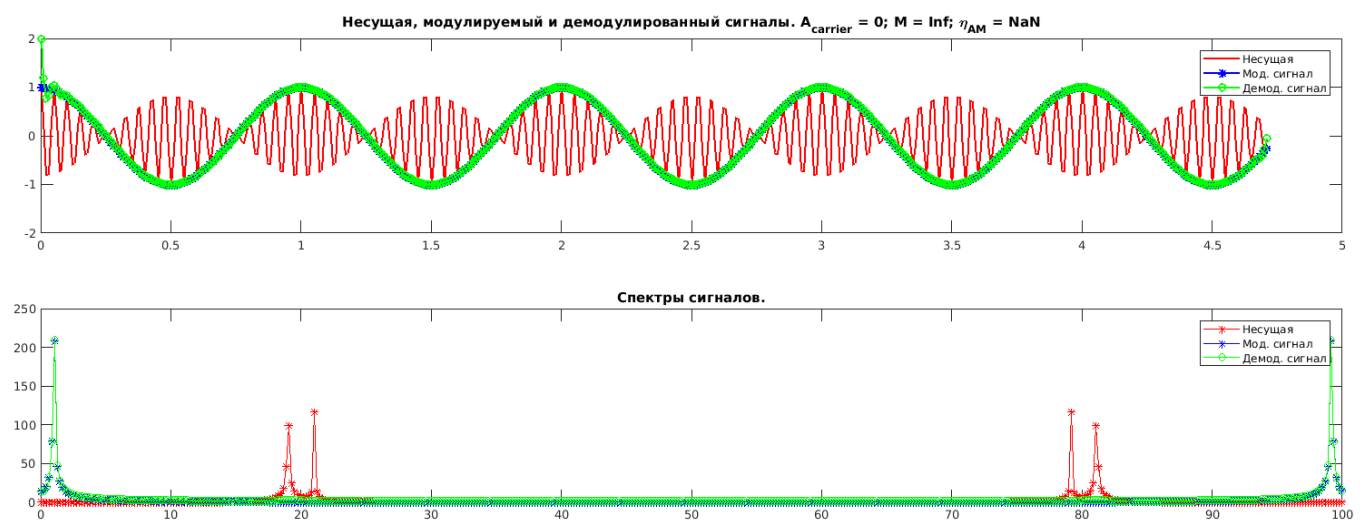


Рис. 4.3: Результат модуляции с подавлением несущей.

Для исходного сигнала была выполнена однополосная модуляция:

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

Результат представлен ниже на Рис. 4.4.

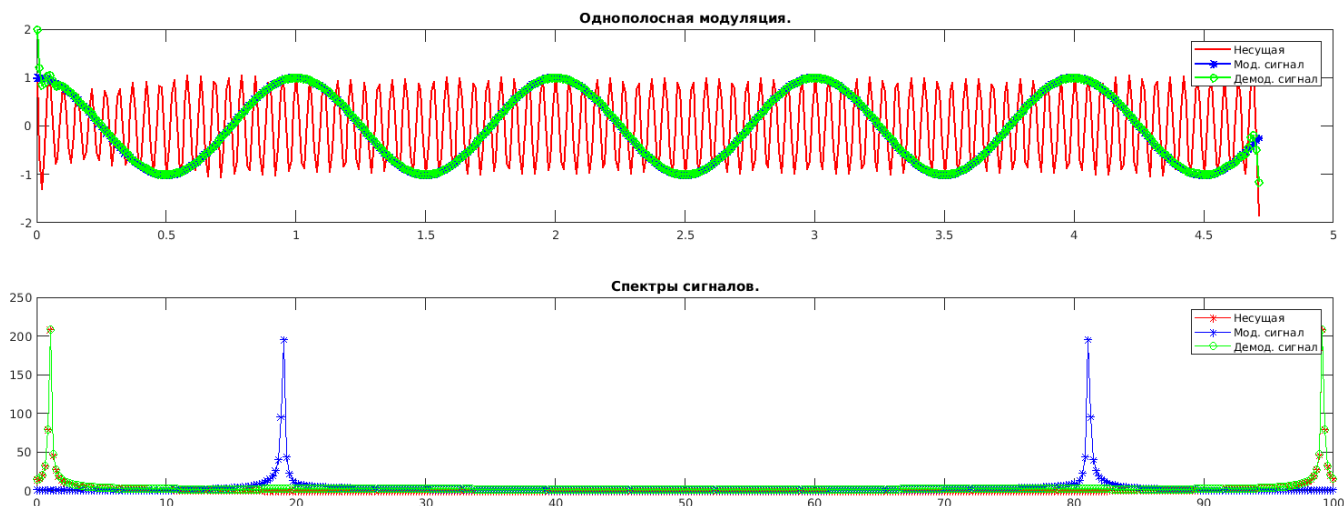


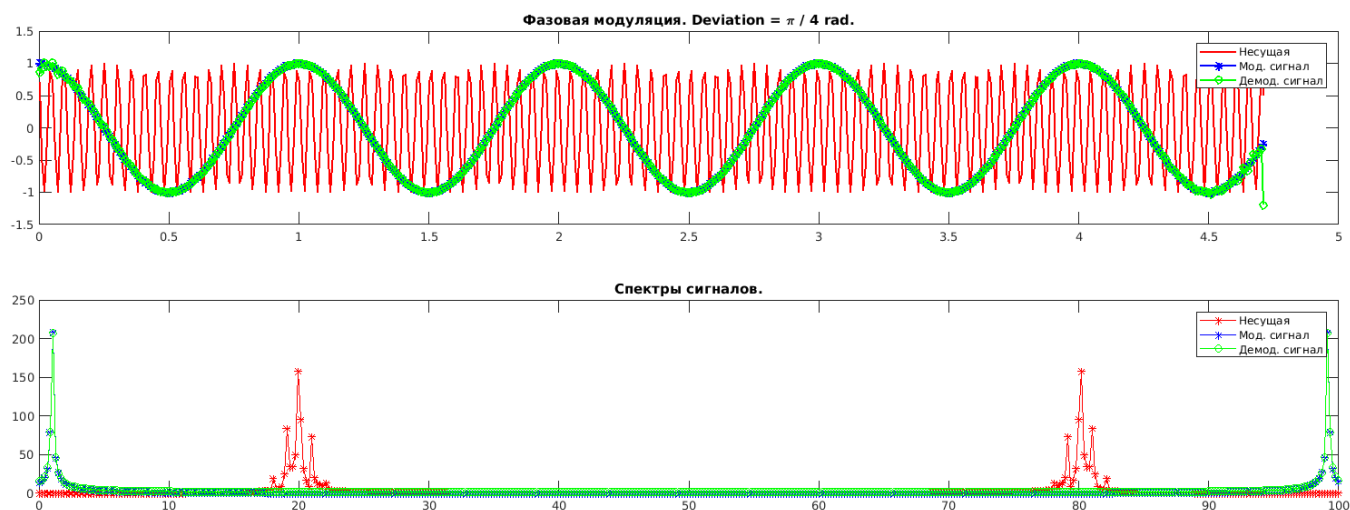
Рис. 4.4: Результат однополосной модуляции. *Примечание:* спектр несущей – синего цвета; модулируемого сигнала – красного.

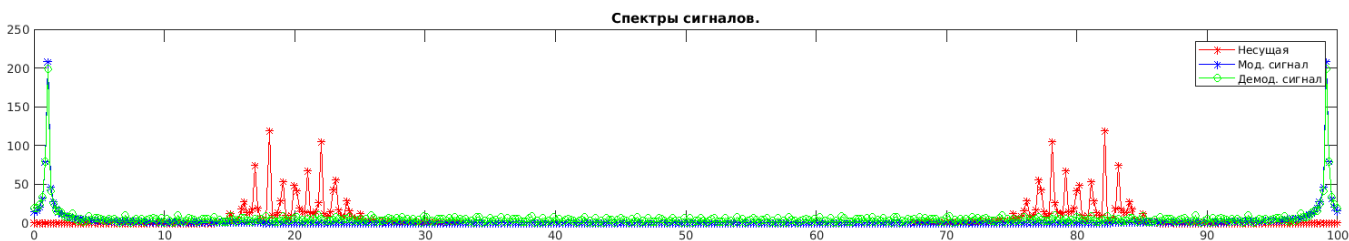
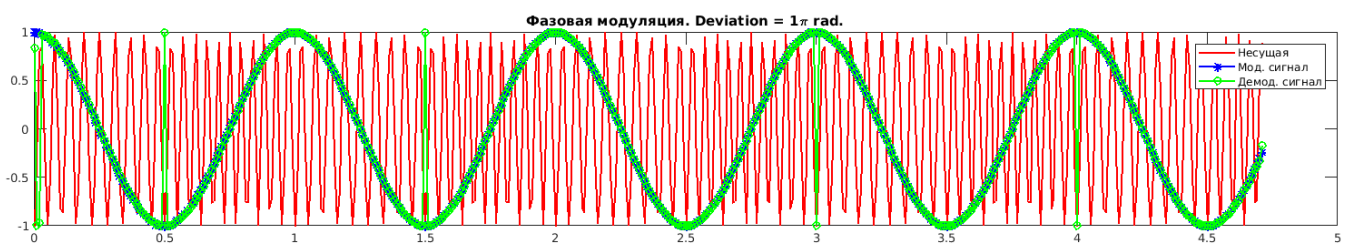
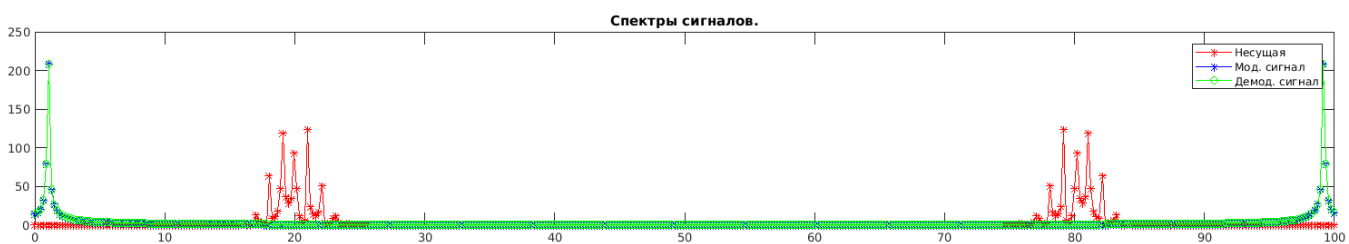
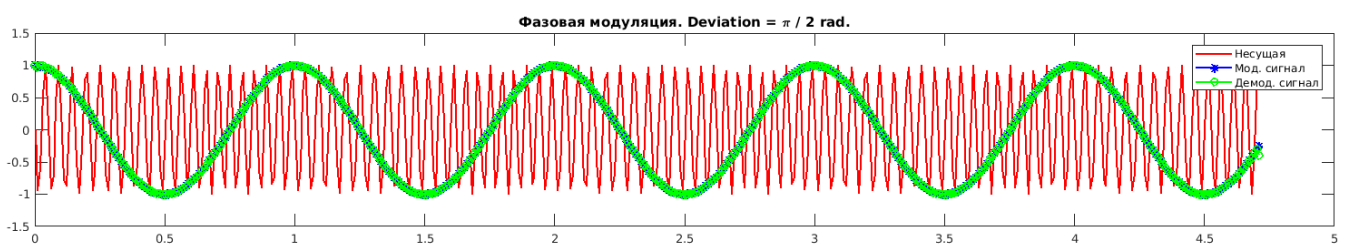
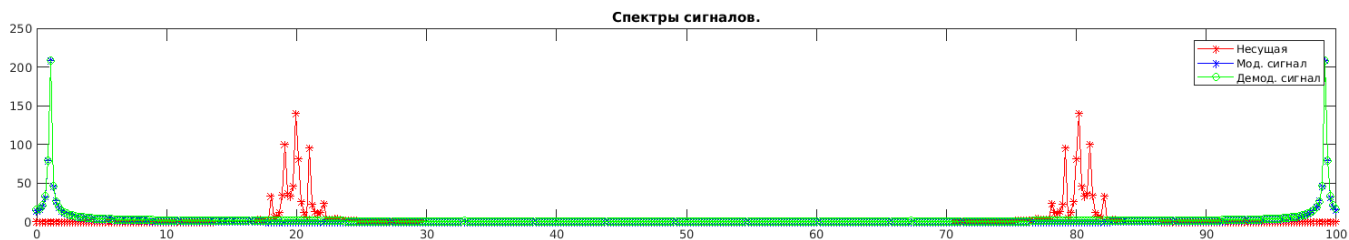
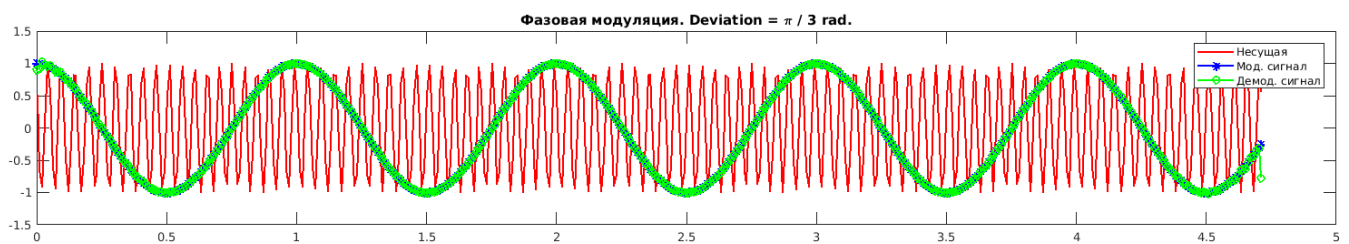
## 4.2 Фазовая модуляция.

Для исходного сигнала  $s$  была выполнена фазовая модуляция/демодуляция по закону

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

Частота несущей  $f_0 = 20$  Гц. Параметр девиации принимал значения:  $\frac{\pi}{4}$ ,  $\frac{\pi}{3}$ ,  $\frac{\pi}{2}$ ,  $\pi$ ,  $2\pi$ ,  $4\pi$ ,  $\frac{\pi}{1000}$  радиан. На Рис. 4.5 представлены результаты фазовой модуляции и демодуляции при изменяющейся девиации, а также спектры несущей, модулируемого и демодулированного сигналов.







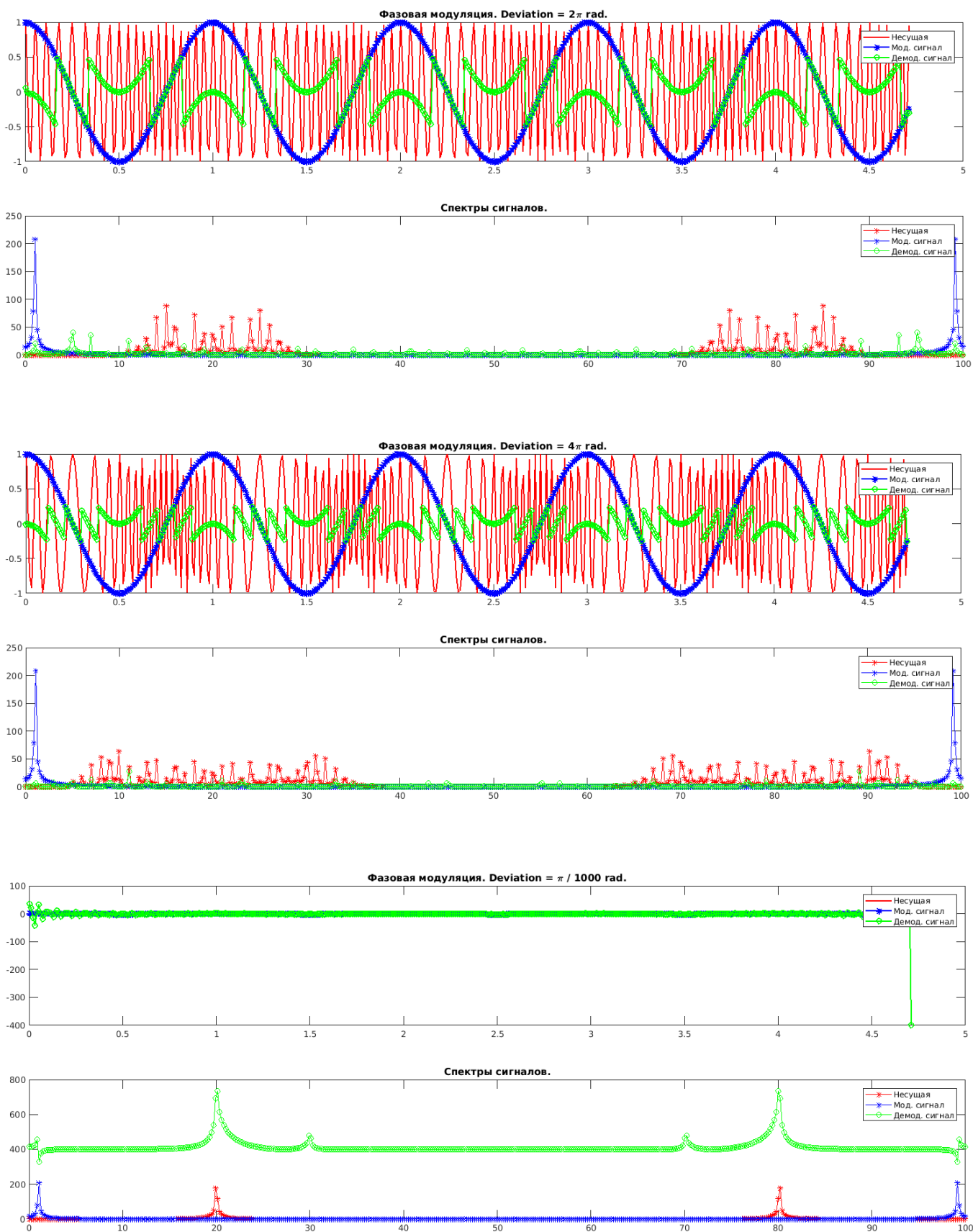


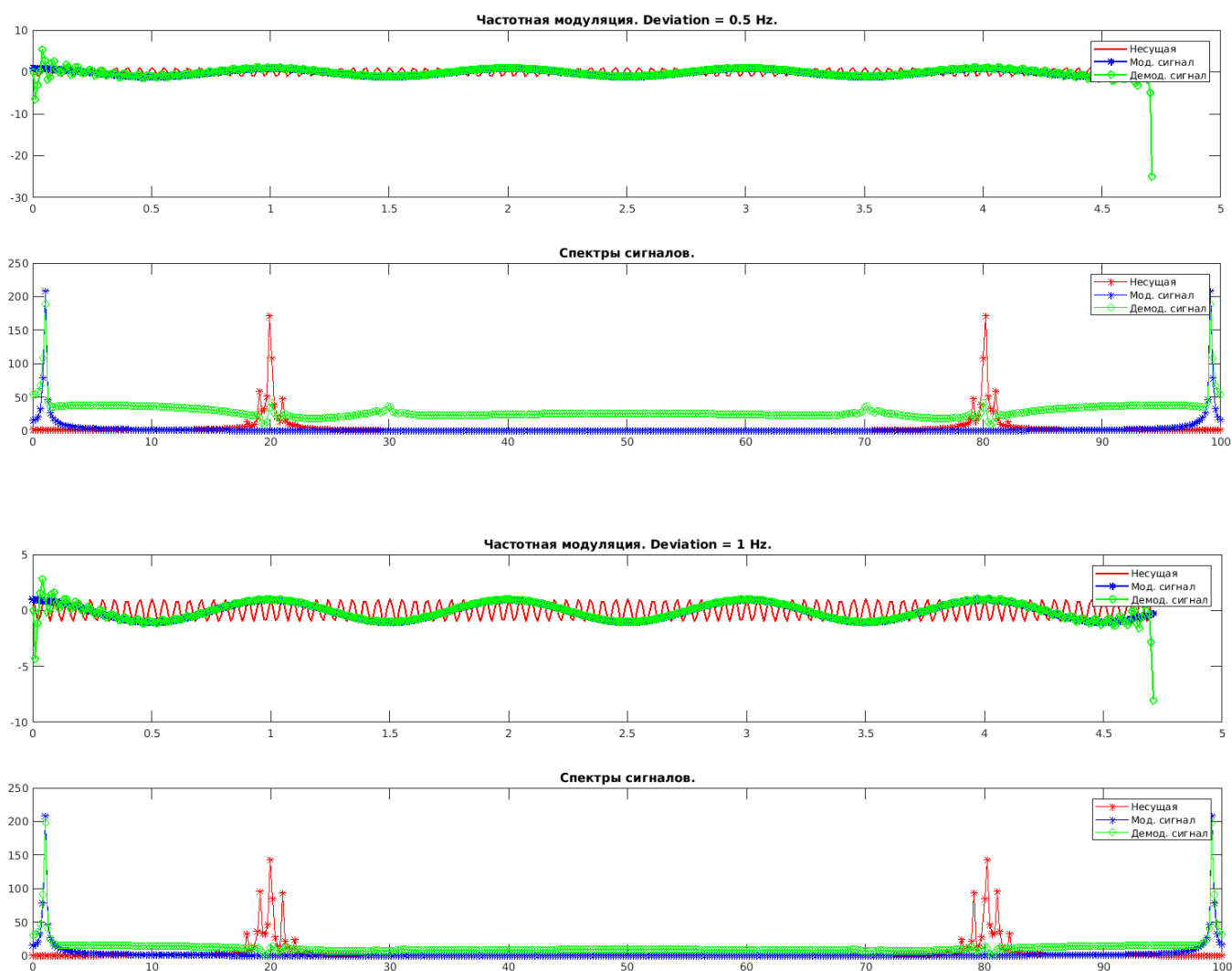
Рис. 4.5: Результаты фазовой модуляции и демодуляции исходного сигнала.

### 4.3 Частотная модуляция.

Для исходного сигнала  $s$  была выполнена частотная модуляция/демодуляция по закону

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

Частота несущей  $f_0 = 20$  Гц. Параметр девиации принимал значения: 0.5, 1, 2, 18, 40 Гц. На Рис. 4.6 представлены результаты частотной модуляции и демодуляции при изменяющейся девиации, а также спектры несущей, модулируемого и демодулированного сигналов.



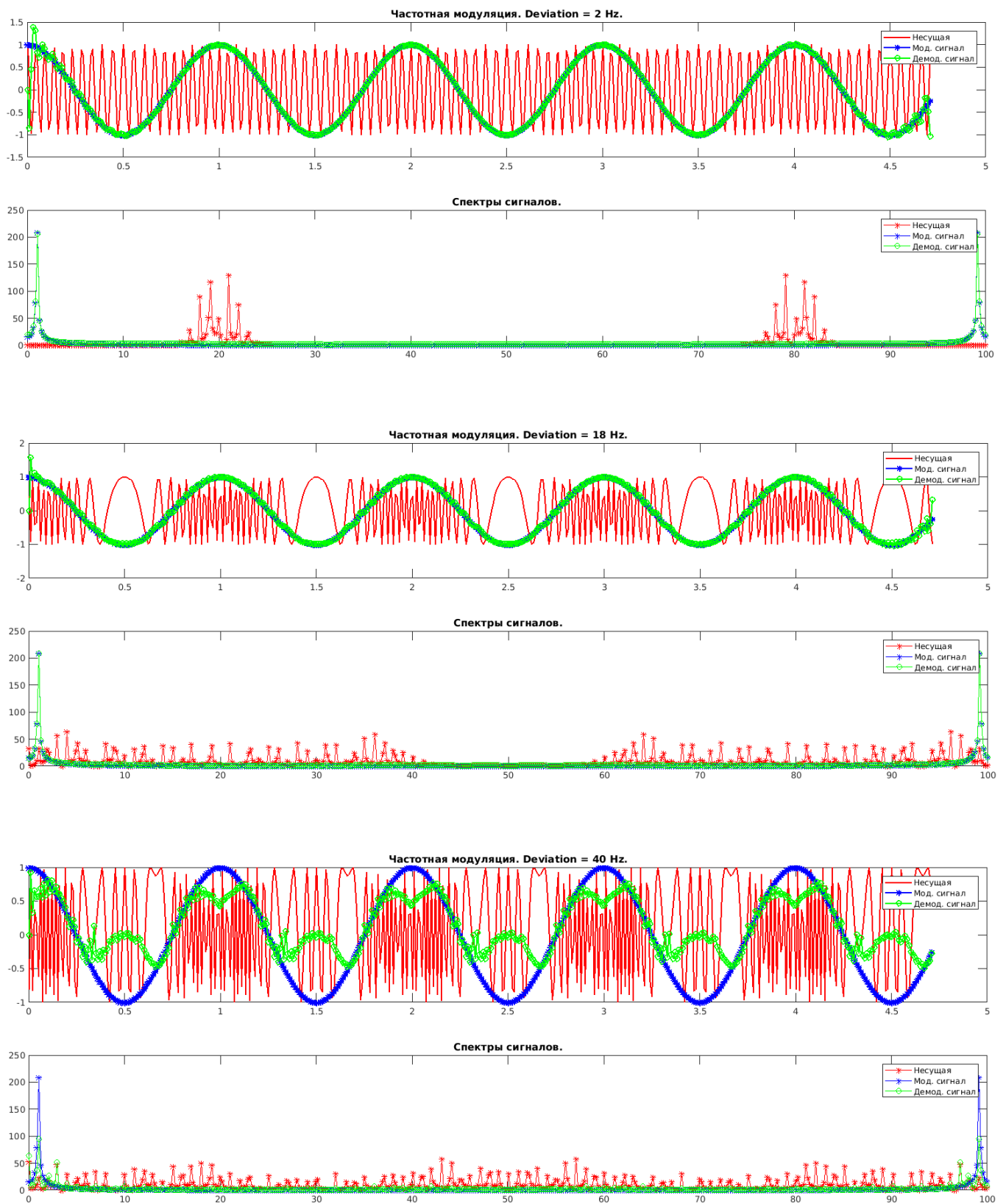


Рис. 4.6: Результаты частотной модуляции и демодуляции исходного сигнала.

## 5 Выводы

Для передачи информации находят применение различные виды модуляции гармонических колебаний: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ), фазовая модуляция (манипуляция) (ФМ). Возможны комбинированные методы модуляции, когда одновременно модулируется несколько параметров сигнала (амплитуда, частота, фаза). В результате получают амплитудно-фазовую (АФМ), частотно-фазовую (ЧФМ) и другие виды модуляции (манипуляции), позволяющие существенно повысить пропускную способность канала передачи двоичных сигналов.

В ходе работы к исходному аналоговому сигналу применялись амплитудная, фазовая и частотная модуляции. В каждом случае построены графики несущей, исходного и демодулированного сигналов; получены их спектры. Можно наблюдать, что мгновенная частота сигнала при частотной модуляции пропорциональна абсолютному значению модулирующего колебания; а также мгновенная частота сигнала при фазовой модуляции пропорциональна производной модулирующего колебания.