

Санкт-Петербургский Политехнический Университет  
Институт Компьютерных Наук и Технологий  
**Кафедра Компьютерных Систем и Программных Технологий**

Отчёт по лабораторной работе №4  
на тему  
**Аналоговая модуляция**

**Работу выполнил**  
Студент группы 33501/3  
Степанов Е. О.  
**Преподаватель**  
Богач Н. В.

Санкт-Петербург  
2018

## 1. Цель работы

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

## 2. Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты
2. Выполнить амплитудную модуляцию по закону  $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей  $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ . Получить спектр.
5. Выполнить одностороннюю 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 сигнал.
7. Рассчитать КПД модуляции:

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

## 3. Теоретическая часть

Процесс переноса спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту (т.е. выделенную для их передачи область частот) называется **модуляцией**. Исходный информационный сигнал называется модулирующим, а результат модуляции - модулированным сигналом. **Амплитудная модуляция (АМ)** — вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

При АМ выполняется перенос информации  $s(t) \Rightarrow U(t)$  при постоянных значениях параметров несущей частоты  $\omega$  и  $\phi$

**Простейшая форма** модулированного сигнала создается при однотоновой амплитудной модуляции — модуляции несущего сигнала гармоническим колебанием с одной частотой  $\Omega$ :

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

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

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

При АМ с подавлением несущей частоты производится перемножение двух сигналов (модулирующего и несущего), при котором происходит подавление несущего колебания, что делает КПД модуляции равным 100%. Для однотонового сигнала (без учета начальных фаз колебаний) при  $U(t) = M \cos(\Omega t)$  имеем:

$$u(t) = \frac{U_m M}{2} \{ \cos[(\omega_0 + \Omega)t] + \cos[(\omega_0 - \Omega)t] \}$$

Следует заметить: 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. При однополосной модуляции возможно также подавление несущей частоты (полное или частичное), что позволяет повысить КПД передатчика.

При модуляции возникают **боковые полосы частот** - верхняя и нижняя. Они представляют собой спектр сумм несущей частоты и частотного спектра модулирующего сигнала.

**Демодуляция АМ-сигнала** может выполняться несколькими способами. Наиболее популярны - двухполупериодное детектирование и синхронное детектирование (сигнал разделяется на 2 слагаемых, первое из которых повторяет исходный модулирующий сигнал, а второе повторяет модулированный сигнал на удвоенной несущей частоте).

При последнем виде детектирования требуется точное совпадение фаз и частот колебания демодулятора и несущей гармоники АМ-сигнала. Особенностью является независимость от глубины модуляции (т.е. коэффициент модуляции сигнала может быть больше единицы).

#### 4. Ход работы

**Текст программы (пункты отмечены в комментариях к программе):**

```
Fc = 25;%Несущая частота.
Fs = Fc*3;%Частота дискретизации.
%1. Создаём однотоновый сигнал низкой частоты.
t = [0:1.5*Fs+1]'/Fs;
y = sin(7*pi*t);
plot(t,y);
%2. Выполняем амплитудную модуляцию с помощью матлабовской функции.
modS = ammod(y,Fc,Fs,0,0.7);%Начальная фаза 0, амплитуда несущей 0.7
plot(t,modS);
%3. Получаем спектр модулированного сигнала.
spMS = fft(modS);
spMS = abs(spMS);
d = length(spMS);
sspMS1 = spMS(d/2+1:d);
sspMS2 = spMS(1:d/2);
ssp = [sspMS1; sspMS2];
ff = [0-Fc:2*length(spMS)-1]*Fs/length(spMS)-Fc;
plot(ff(1:length(spMS)),ssp);
%4. Модуляция с подавлением несущей.
supSignal = ammod(y,Fc,Fs);
plot(t,modS);
%Получаем спектр.
spSup = fft(supSignal);
spSup = abs(spSup);
d = length(spSup);
sspMS1 = spSup(d/2+1:d);
sspMS2 = spSup(1:d/2);
ssp = [sspMS1; sspMS2];
ff1 = [0-Fc:2*length(spSup)-1]*Fs/length(spSup)-Fc;
plot(ff1(1:length(spSup)),ssp);
%5. Выполняем однополосную модуляцию.
strMod = ssbmod(y,Fc,Fs);
plot(t,strMod);
spStr = fft(strMod);
spStr = abs(spStr);
d = length(spStr);
sspMS1 = spStr(d/2+1:d);
```

```

sspMS2 = spStr(1:d/2);
ssp = [sspMS1; sspMS2];
ff2 = [0-Fc:2*length(spStr)-1]*Fs/length(spStr)-Fc;
plot(ff2(1:length(spStr)),ssp);
%6. Выполняем синхронное детектирование и получаем
%исходный однополосный сигнал.
origSignal = demod(strMod,Fc,Fs);
plot(t,origSignal)
spOrig = fft(origSignal);
spOrig = abs(spOrig);
d = length(spOrig);
sspMS1 = spOrig(d/2+1:d);
sspMS2 = spOrig(1:d/2);
ssp = [sspMS1; sspMS2];
ff3 = [0-Fc:2*length(spOrig)-1]*Fs/length(spOrig)-Fc;
plot(ff2(1:length(spOrig)),ssp);
%7. Считаем КПД модуляции.
M = Fc/0.7; %Амплитуда несущей - 0.7
kpd = M^2/(M^2 + 2)

```

Полученное КПД равно 0.9976, остальные результаты работы программы - на рис.1 - 9

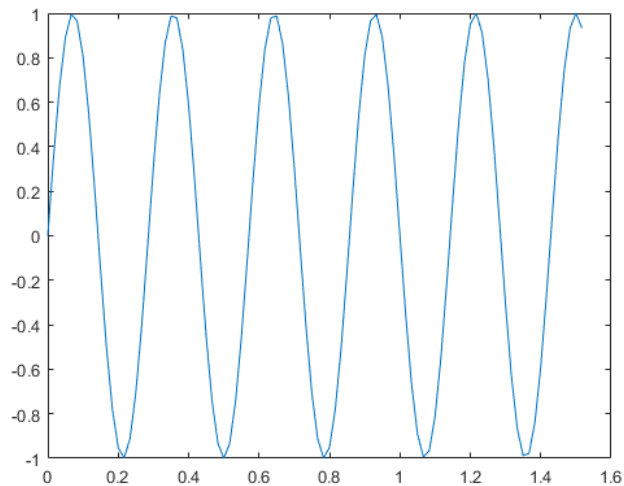


Рис. 1: Однотональный сигнал низкой частоты.

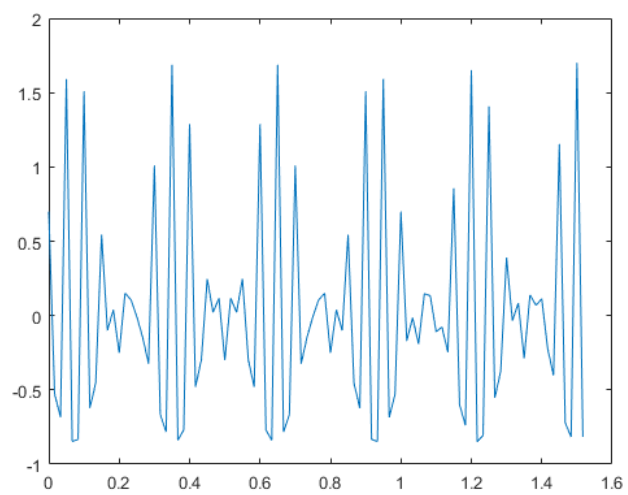


Рис. 2: Амплитудная модуляция.

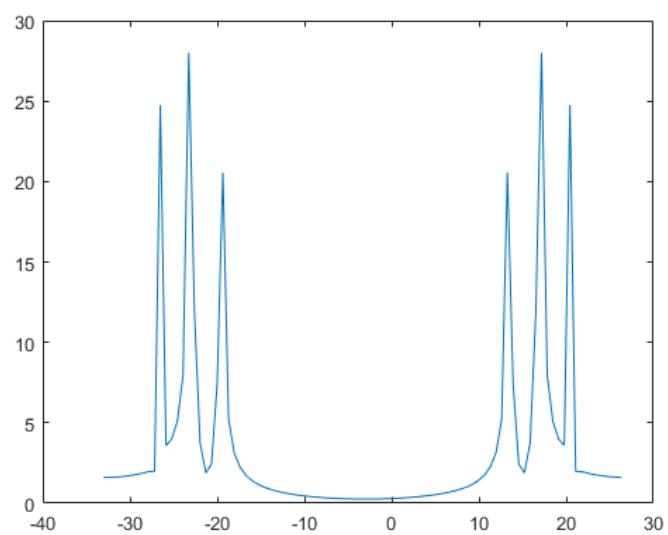


Рис. 3: Спектр модулированного сигнала.

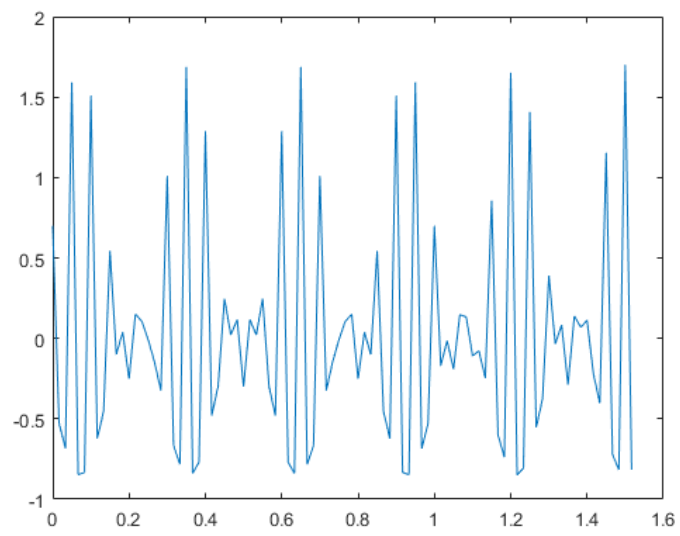


Рис. 4: Модуляция с подавлением несущей.

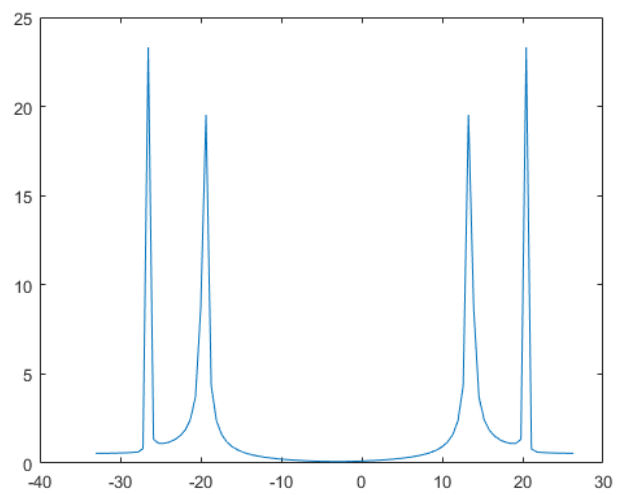


Рис. 5: Спектр модулированного сигнала с подавленной несущей.

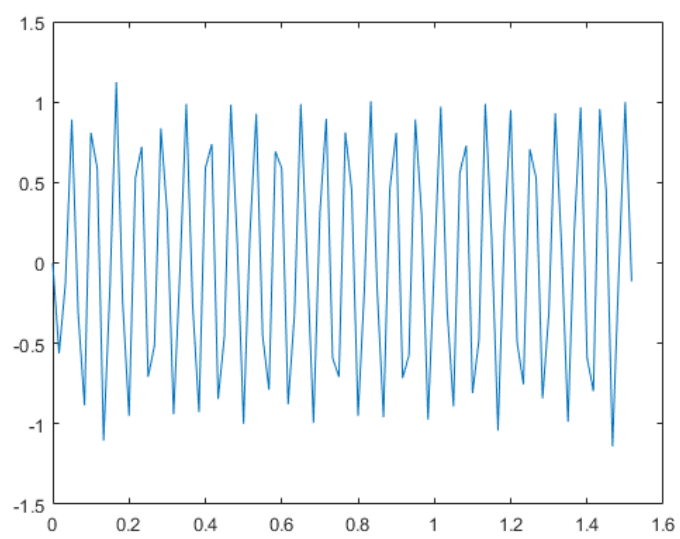


Рис. 6: Однополосная модуляция.

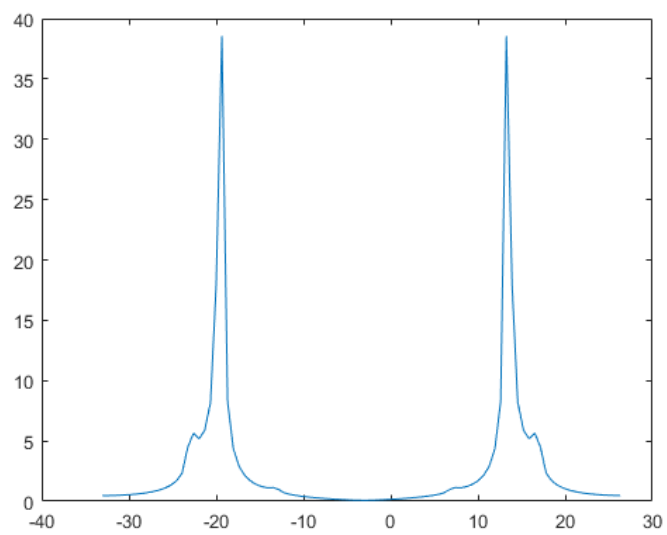


Рис. 7: Спектр однополосной модуляции.

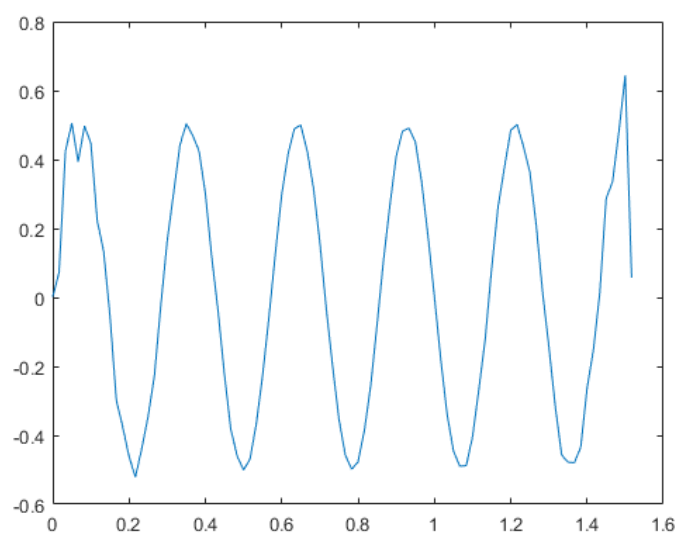


Рис. 8: Сигнал после синхронного детектирования.

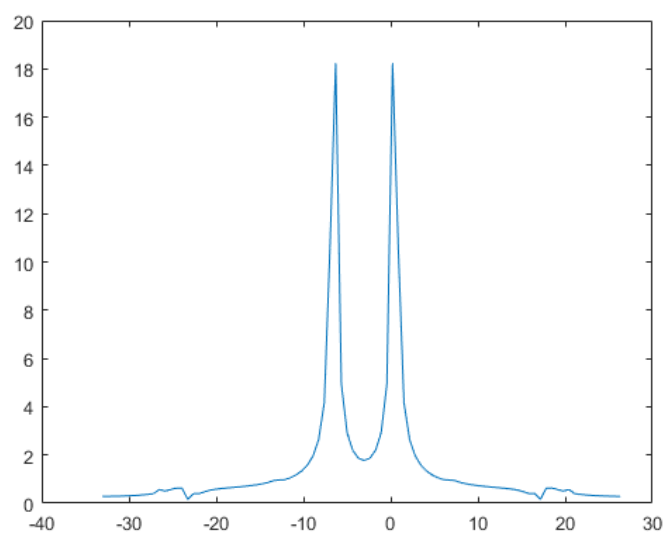


Рис. 9: Спектр сигнала после синхронного детектирования.

**Повторяем опыт на Simulink**  
Используемая схема - на рис. 10:



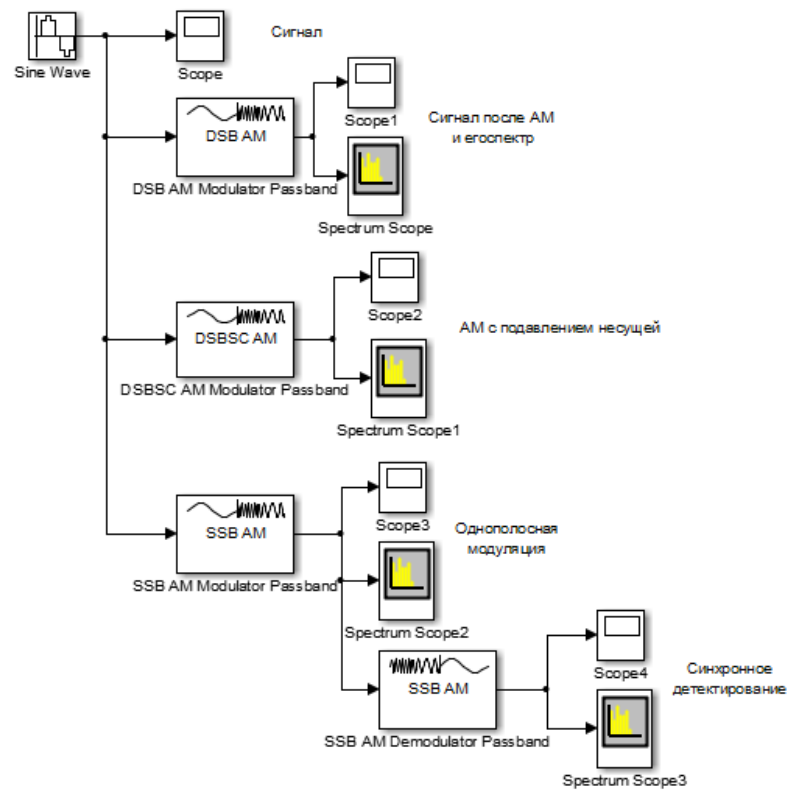


Рис. 10: Используемая в simulink схема.

Далее рисунки 11-15 являются результатами работы Simulink:

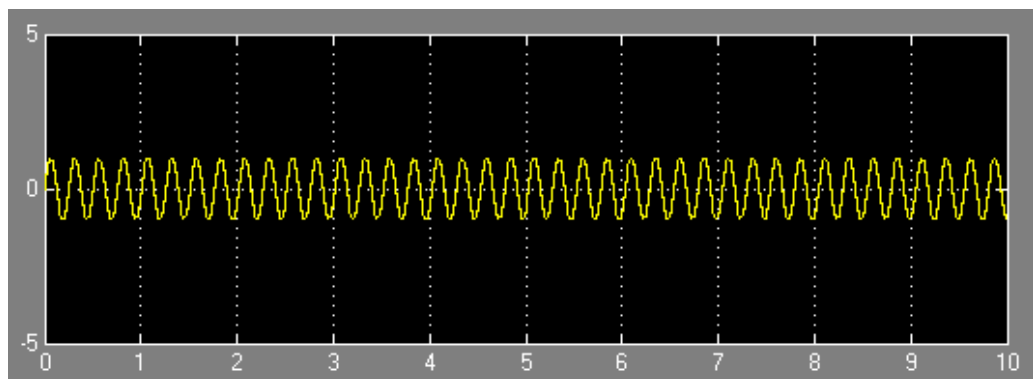


Рис. 11: Исходный сигнал.

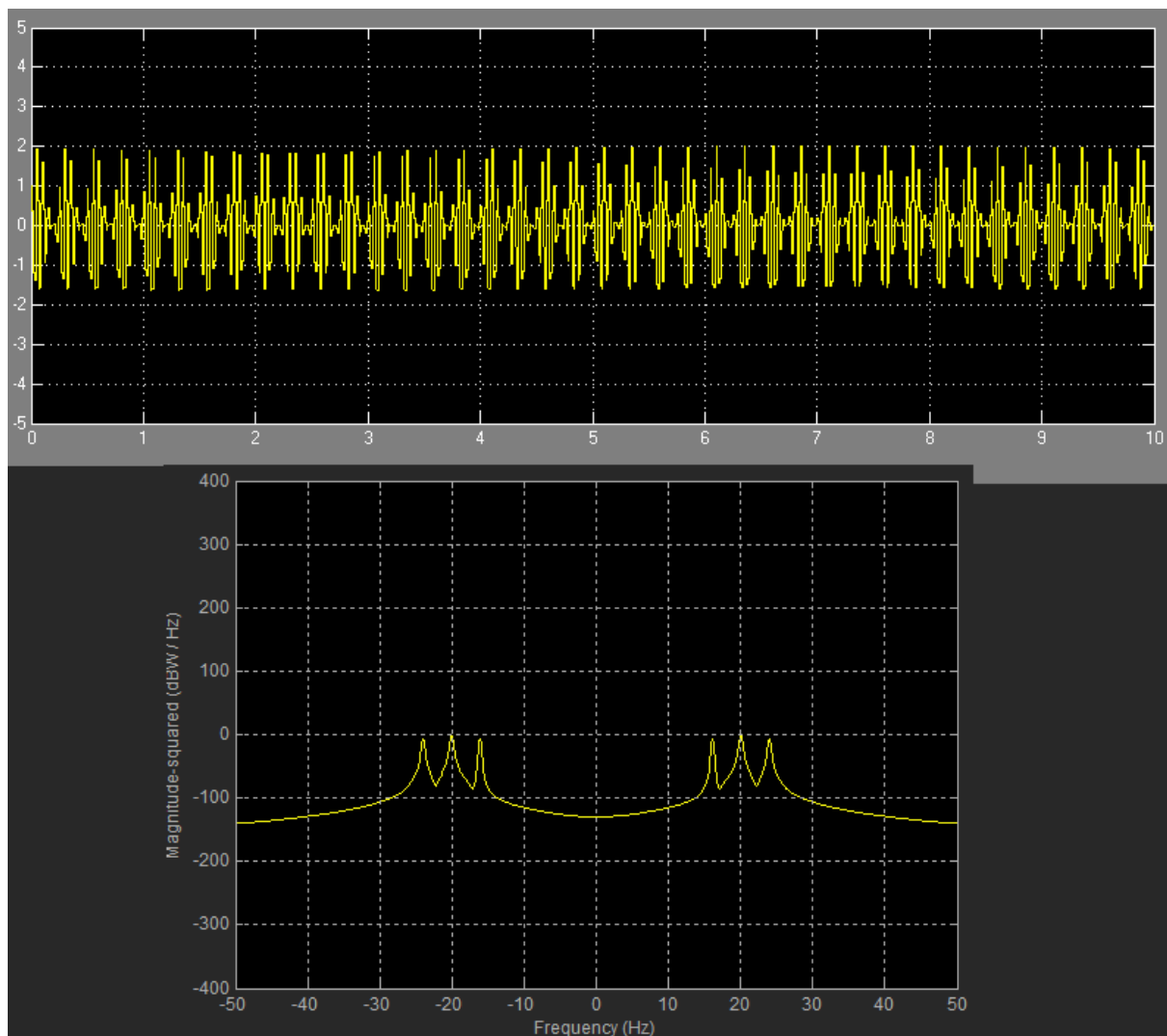


Рис. 12: Сигнал после АМ и его спектр.

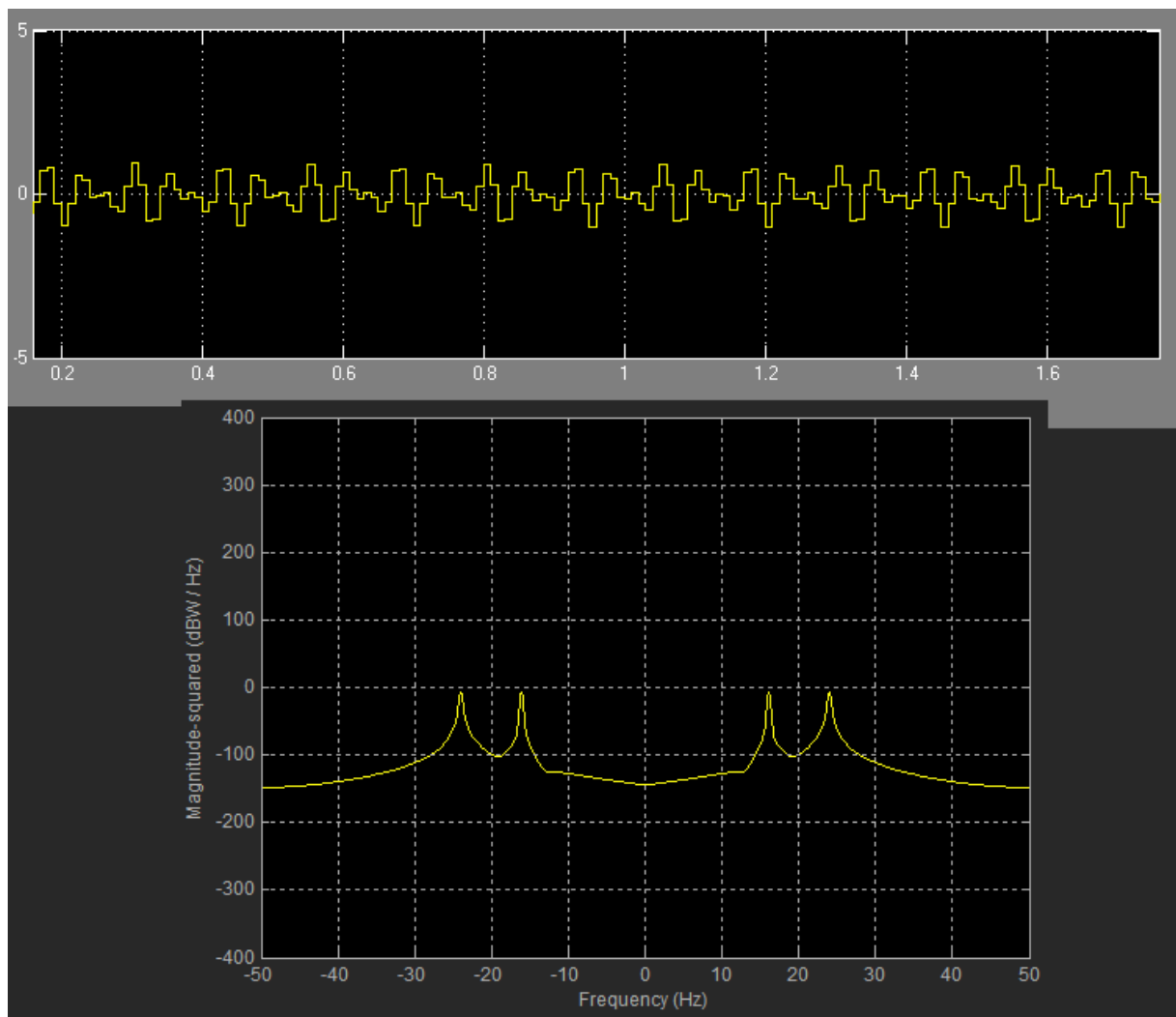


Рис. 13: Сигнал и его спектр после подавления несущей.

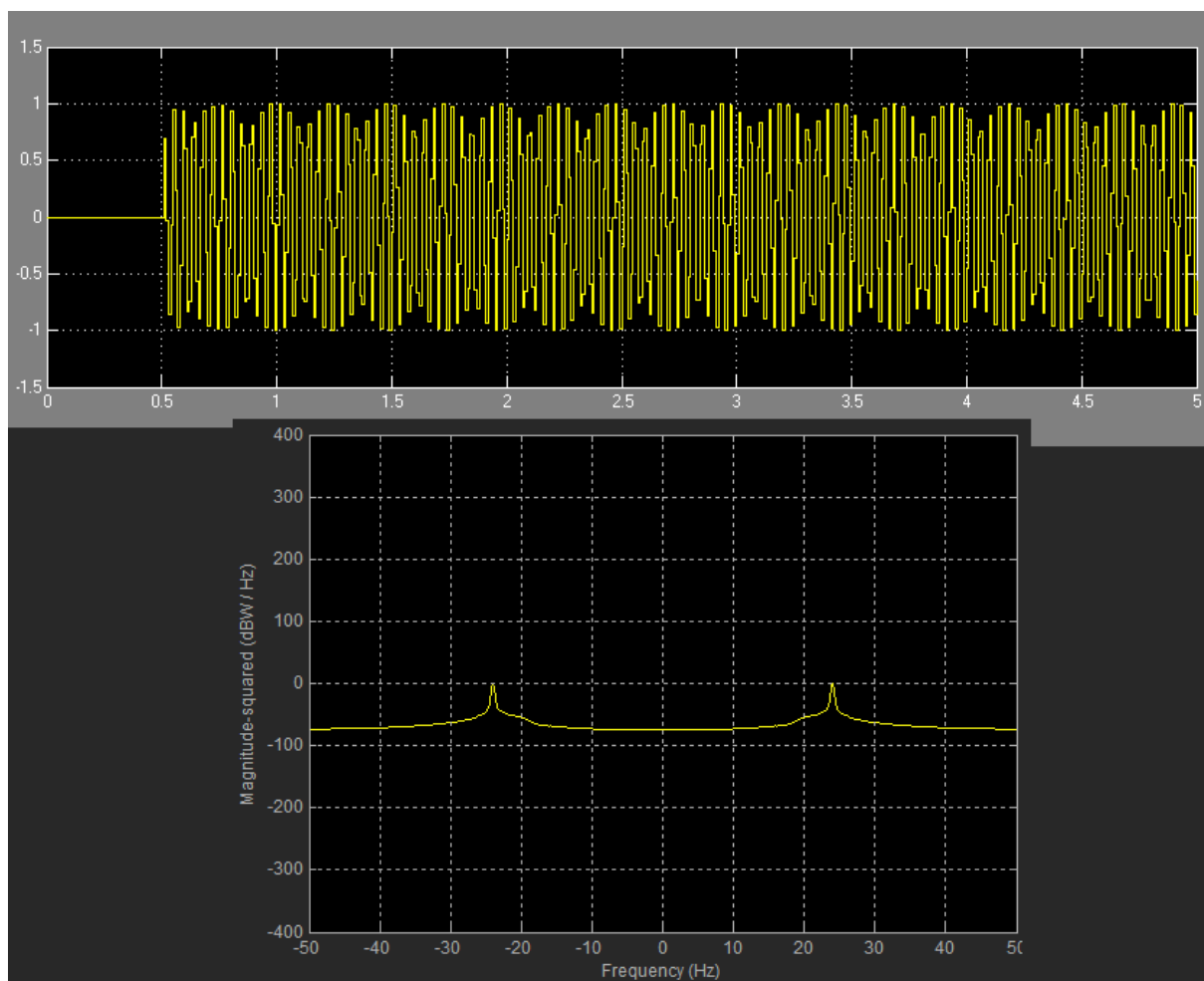


Рис. 14: Сигнал и его спектр после однополосной модуляции.

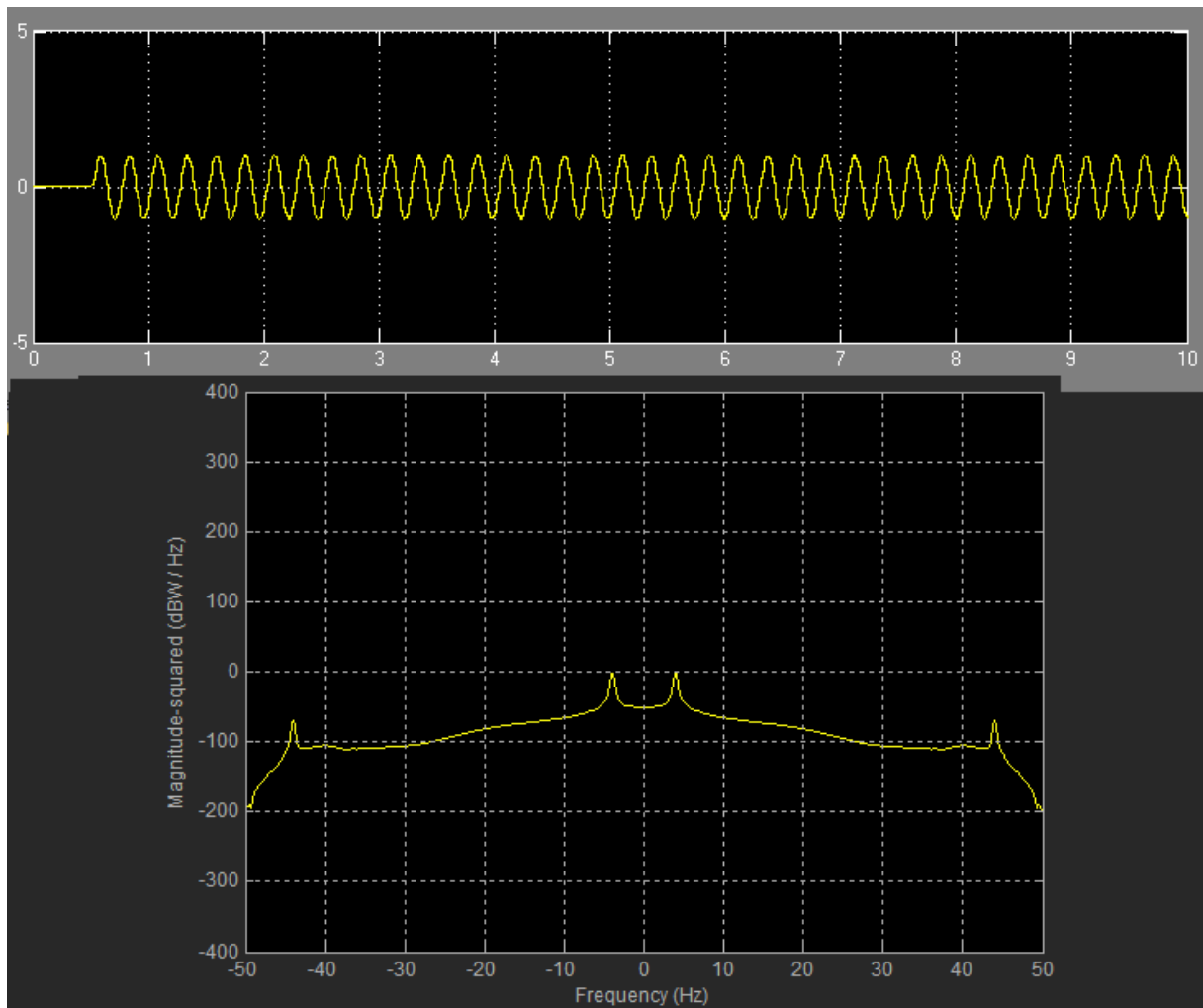


Рис. 15: Сигнал и его спектр после синхронного детектирования.

## Вывод

На этой работе мы получили навыки амплитудной модуляции/демодуляции сигнала. Отдельно можно заметить следующее:

- Спектр АМ-сигнала содержит несущую частоту, уровень которой определяет постоянная составляющая огибающей, и верхнюю и нижнюю боковые полосы.
- Без подавления несущей и без искажения ( $M < 1$ ) основная доля мощности АМ-сигнала приходится на несущую частоту, и только оставшаяся доля мощности – для передачи полезного сигнала.
- КПД сигнала с подавлением несущей равно 100%.