

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет
Институт Информационных Технологий и Управления
Кафедра Компьютерных Систем и Программных Технологий

Отчёт по лабораторной работе №4
на тему
Аналоговая модуляция

Работу выполнил
Студент группы 33501/1
Иванов А.А.
Преподаватель
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2018

1 Цель работы

Изучить амплитудную модуляцию/демодуляцию сигнала.

2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты;
2. Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(w_0 t + \phi_0)$ для различных значений глубины модуляции M . Используйте встроенную функцию Matlab `ammod`;
3. Получить спектр модулированного сигнала;
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей $u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(w_0 t + \phi_0)$. Получить спектр;
5. Выполнить однополосную модуляцию:

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(w_0 t + \phi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n (\cos(w_0 + \Omega_n)t + \phi_0 + \Phi_n)$$

положив $n=1$;

6. Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал;
7. Рассчитать КПД модуляции:

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

3 Теоретическая часть

Модуляция аналоговых сигналов. Сигналы от любых источников информации передаются по линиям связи к приемникам. 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 каналаобразующего 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*.

Обозначим низкочастотный сигнал, подлежащий передаче по какому-либо каналу связи, $s(t)$. В канале связи для передачи данного сигнала выделяется определенный диапазон высоких частот и формируется вспомогательный периодический высокочастотный сигнал $u(t) = f(t; a_1, a_2, \dots, a_m)$. Совокупность параметров a_i определяет форму вспомогательного сигнала. Значения параметров a_i в отсутствие модуляции являются величинами постоянными. Если на один из этих параметров перенести сигнал $s(t)$, т.е. сделать его значение пропорционально зависимым от значения $s(t)$ во времени (или по любой другой независимой переменной), то форма сигнала $u(t)$ приобретает новое свойство. Она служит для переноса информации, содержащейся в сигнале $s(t)$. 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:

$$u(t) = U \cos(wt + \phi)$$

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) и *фазовую* (ФМ) модуляции несущего сигнала.

Амплитудная модуляция/демодуляция. 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:

$$U(t) = U_m(1 + Ms(t))$$

где U_m – постоянная амплитуда несущего колебания при отсутствии входного (модулирующего) сигнала $s(t)$, M – глубина АМ. Значение M должно находиться в пределах от 0 до 1 для всех гармоник модулирующего сигнала.

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

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

Значения начальной фазы углов примем равными нулю. Поскольку $\cos(x)\cos(y) = \frac{1}{2}(\cos(x+y) + \cos(x-y))$, из предыдущего выражения получаем:

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

Данное соотношение называется основной теоремой модуляции: модулирующее колебание с частотой Ω перемещается в область частоты ω_0 и расщепляется на два колебания, симметричные относительно частоты ω_0 , с частотами соответственно $\omega_0 + \Omega$ верхняя боковая частота, и $\omega_0 - \Omega$ нижняя боковая частота.

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

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

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

4 Ход работы

Сгенерируем низкочастотный однотоновый сигнал:

```
f = 50;
Fs = f*10;
t = 0:1/Fs:5;
x = sin(2*pi*t);
plot(t,x);
```

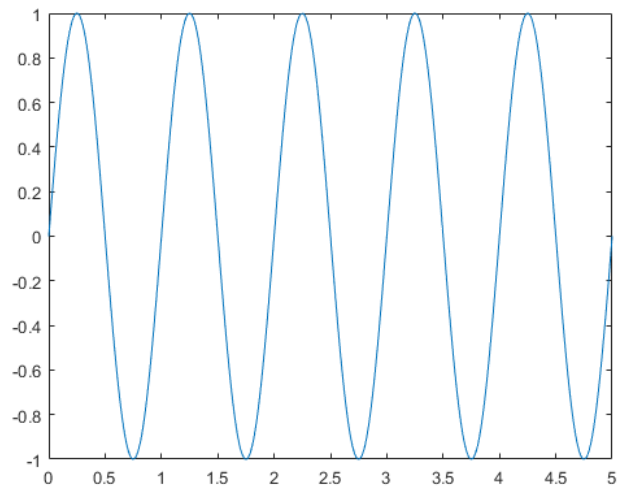


Рис. 1: Исходный сигнал

4.1 Амплитудная модуляция

Выполним амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону $u(t) = (1 + MU_m \cos(\Omega t)) \cos(w_0 t + \phi_0)$ для различных значений глубины модуляции M . Используя встроенную функцию Matlab *ammod*

```
iniPhase = 0;
M = 1;
mod = ammod(x, f, Fs, iniPhase, M);
figure;
plot(t, mod);
```

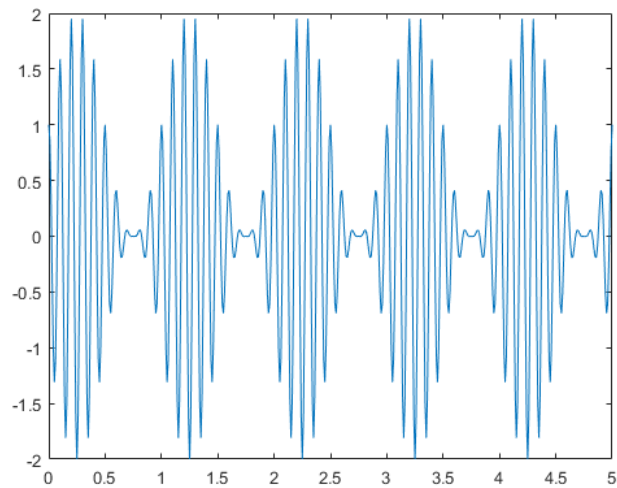


Рис. 2: Смоделированный сигнал (M=1)

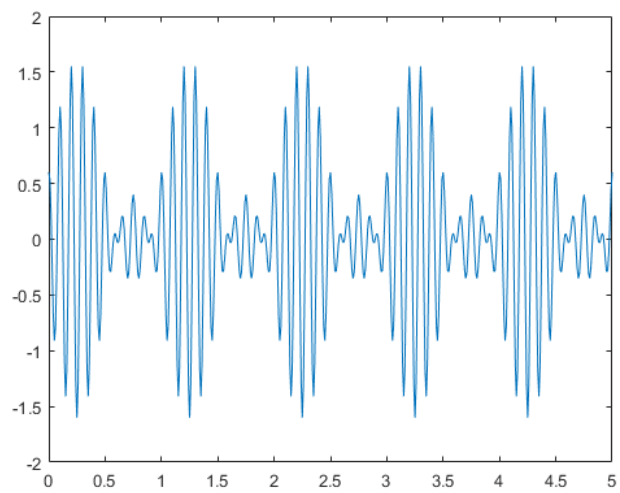


Рис. 3: Смоделированный сигнал ($M=0,6$)

Построим спектры данных сигналов:

```
N = length(t);
fftL = 2^nextpow2(N);
Y = abs(fft(mod, fftL));
F=0:Fs/fftL:Fs/2-1/fftL;
figure;
plot (F,Y(1:length(F)));
```

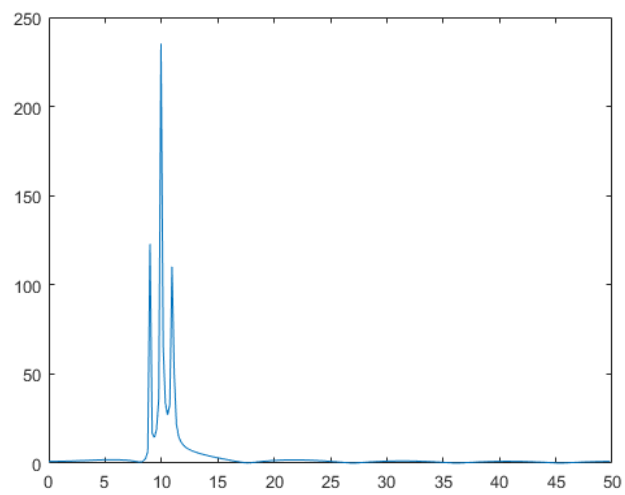


Рис. 4: Спектр смоделированного сигнала ($M=1$)

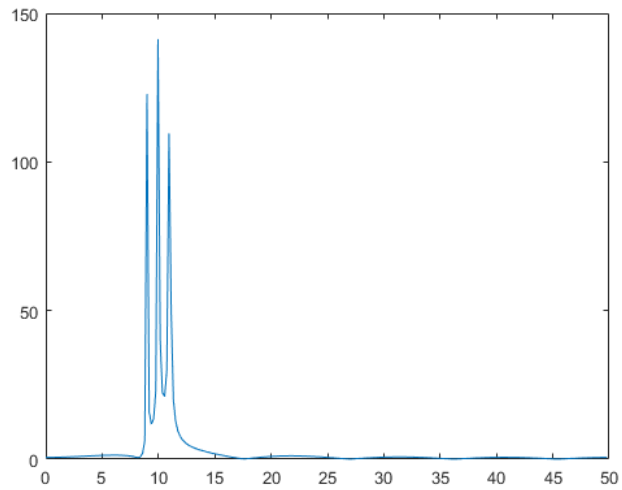


Рис. 5: Спектр смоделированного сигнала (M=0,6)

4.2 Модуляция с подавлением несущей

Выполним модуляцию с подавлением несущей: $u(t) = MU_m \cos(\Omega t) \cos(\omega_0 t + \phi_0)$.

```
iniPhase = 0;
mod = ammod(x, f, Fs, iniPhase);
figure;
plot(t,mod);
```

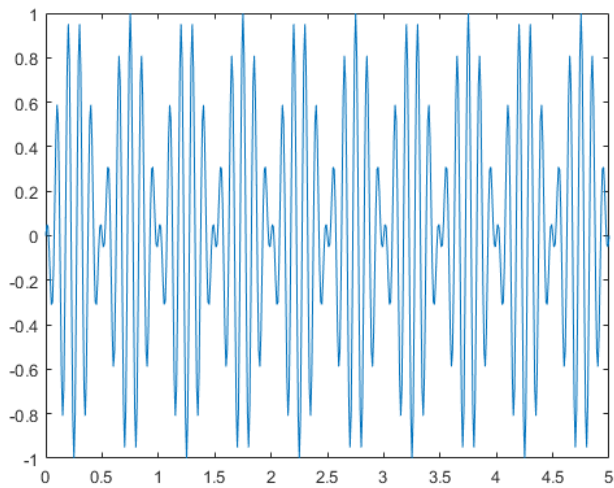


Рис. 6: Смоделированный сигнал с подавлением несущей

Получим его спектр:

```
N = length(t);
fftL = 2^nextpow2(N);
Y = abs(fft(mod, fftL));
F=0:Fs/fftL:Fs/2-1/fftL;
figure;
plot(F,Y(1:length(F)));
```

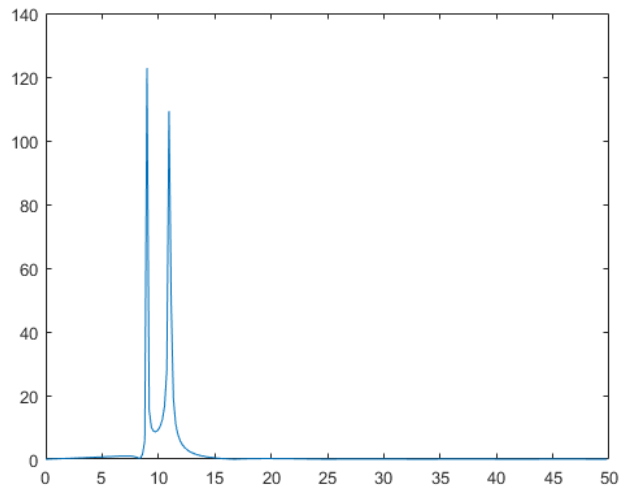


Рис. 7: Спектр смоделированного сигнала с подавлением несущей

4.3 Однополосная модуляция

Выполним однополосную модуляцию:

$$u(t) = U_m \cos(\Omega t) \cos(w_0 t + \phi_0) + \frac{U_m}{2} \sum_{n=1}^N M_n (\cos(w_0 + \Omega_n)t + \phi_0 + \Phi_n)$$

положив $n=1$;

```
f = 10;
Fs = f*128;
t = 0:1/Fs:2.5;
x = sin(2*pi*t);
mod = ssbmod(x, f, Fs);
figure;
plot(t, mod);
```

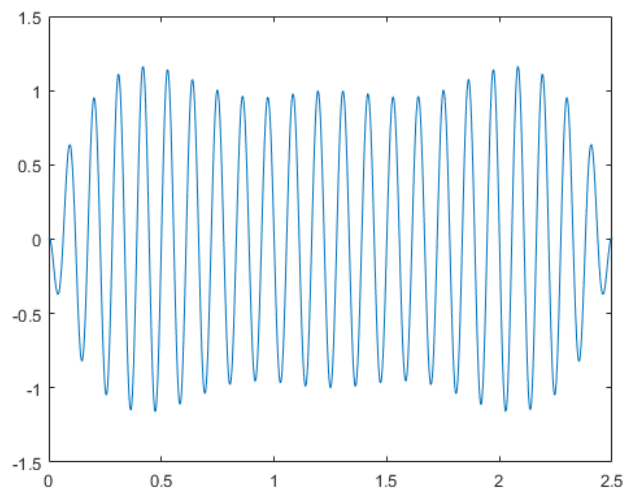


Рис. 8: Сигнал после однополосной модуляции

Получим его спектр:

```
N = length(t);  
fftL = 2^nextpow2(N);  
Y = abs (fft(mod, fftL));  
F=0:Fs/fftL:Fs/2-1/fftL;  
figure;  
plot (F,Y(1:length(F)));
```

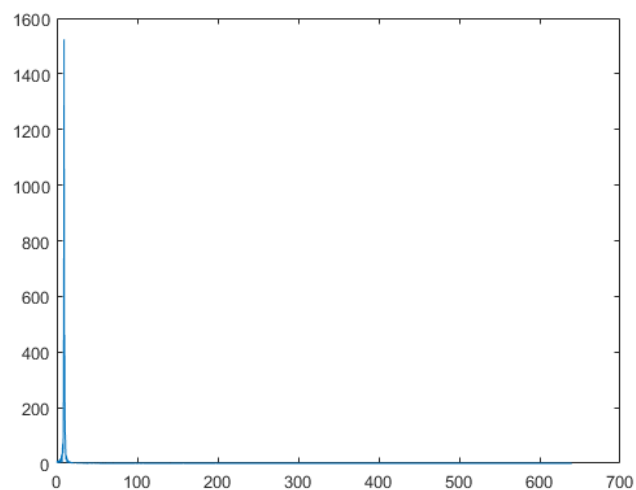


Рис. 9: Спектр сигнала после однополосной модуляции

Выполним синхронное детектирование и получим исходный однополосный сигнал:

```
sig=ssbdemod(mod, f, Fs);  
figure;  
plot(t, sig);
```

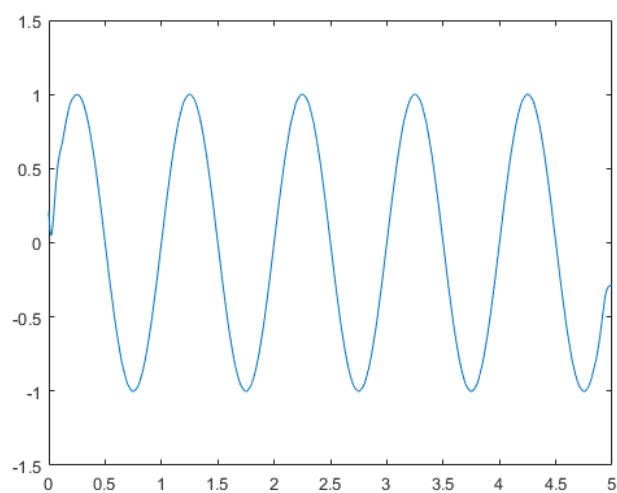


Рис. 10: Сигнал после синхронного детектирования

Получим его спектр:

```
N = length(t);  
fftL = 2^nextpow2(N);  
Y = abs (fft(sig, fftL));  
F=0:Fs/fftL:Fs/2-1/fftL;  
figure;  
plot (F,Y(1:length(F)));
```

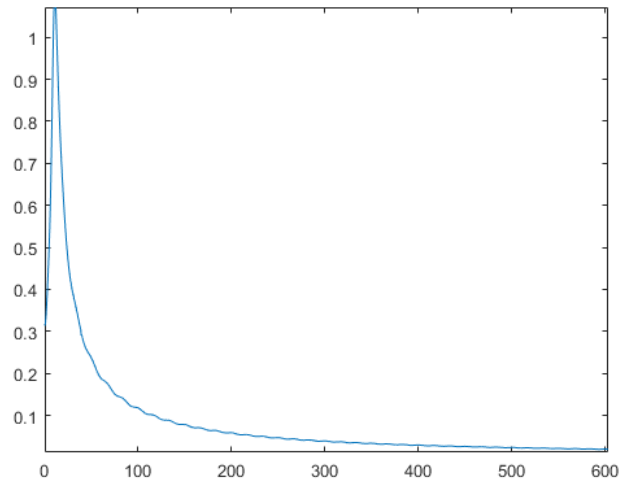


Рис. 11: Спектр сигнала после синхронного детектирования

Рассчитаем КПД модуляции при различных M.

1. M=1

$$\mu_{AM} = \frac{M^2}{M^2 + 2} = \frac{1}{3} = 33\%$$

2. M=0.6

$$\mu_{AM} = \frac{M^2}{M^2 + 2} = \frac{0.36}{2.36} = 15\%$$

3. M=1.4

$$\mu_{AM} = \frac{M^2}{M^2 + 2} = \frac{1.96}{3.96} = 50\%$$

5 Вывод

В ходе данной работы были получены навыки аналоговой модуляции.

Можно отметить спектр АМ-сигнала содержит несущую частоту, уровень которой определяет постоянная составляющая огибающей, и верхнюю и нижнюю боковые полосы. Если не производить подавление несущей и без искажения основная доля мощности АМ-сигнала приходится на несущую частоту, и только оставшаяся доля мощности – для передачи полезного сигнала. КПД сигнала с подавлением несущей практически 100 процентов.