

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого

Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе №4

Выполнила студентка гр.33501/3: Ивашкевич О.А.

Преподаватель: Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

1	Цель работы	2
2	Постановка задачи	2
3	Теоретическое обоснование	2
3.1	Однотональная АМ	2
3.2	Энергетические соотношения в АМ-сигнале	3
3.3	Демодуляция АМ	3
3.4	АМ с подавленной несущей	4
3.5	Однополосная модуляция	4
4	Ход работы	4
4.1	Однотональный сигнал низкой частоты	4
4.2	Модуляция с подавлением несущей	7
4.3	Однополосная модуляция	7
4.4	Синхронное детектирование и получение исходного однополосного сигнала	8
4.5	КПД модуляции	9
5	Выводы	9

Лабораторная работа №4. Аналоговая модуляция

1 Цель работы

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
2. Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала для различных значений глубины модуляции M .
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей. Получить спектр.
5. Выполнить однополосную модуляцию
6. Выполнить синхронное детектирование и получить исходный однополосный сигнал.
7. Рассчитать КПД модуляции.

3 Теоретическое обоснование

При создании систем передачи информации в большинстве случаев оказывается, что спектр исходного сигнала, подлежащего передаче, сосредоточен отнюдь не на тех частотах, которые эффективно пропускает имеющийся канал связи. Кроме того, очень часто необходимо в одном и том же канале связи передавать несколько сигналов одновременно. Одним из способов решения этой задачи является использование частотного разделения каналов, при котором разные сигналы занимают неперекрывающиеся полосы частот.

Далее, во многих случаях требуется, чтобы передаваемый сигнал был узкополосным. Это означает, что эффективная ширина спектра намного меньше его центральной частоты:

$$\delta f \ll f_0.$$

Перечисленные причины приводят к необходимости такой трансформации исходного сигнала, чтобы требования, предъявляемые к занимаемой сигналом полосе частот, были выполнены, а сам исходный сигнал можно было восстановить.

Решение указанной проблемы достигается при использовании модуляции (modulation), сущность которой заключается в следующем. Формируется некоторое колебание, называемое несущим колебанием или просто несущей (carrier), и какой-либо из параметров этого колебания изменяется во времени пропорционально исходному сигналу. Исходный сигнал называют модулирующим (modulating signal), а результирующее колебание с изменяющимися во времени параметрами — модулированным сигналом (modulated signal).

У гармонического сигнала общего вида есть три параметра: амплитуда, частота и начальная фаза. Каждый из них можно связать с модулирующим сигналом, получив таким образом три основных вида модуляции: амплитудную, частотную и фазовую. Частотная и фазовая модуляция очень тесно взаимосвязаны, так как обе влияют на аргумент функции \cos . Поэтому два вида модуляции имеют общее название — угловая модуляция.

В современных системах передачи цифровой информации также получила распространение квадратурная модуляция, при которой одновременно изменяются амплитуда и фаза сигнала.

Обратный процесс — выделение модулирующего сигнала из модулированного колебания — называется **демодуляцией** (demodulation).

3.1 Однотоновая АМ

При амплитудной модуляции (АМ) в соответствии с модулирующим сигналом изменяется амплитуда несущего колебания:

$$S_{AM}(t) = (A_0 + k s_M(t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0).$$

Отношение между амплитудами модулирующего сигнала A_m и несущего колебания A_0 называется коэффициентом модуляции или глубиной модуляции:

$$m = \frac{A_m}{A_0}.$$

Обычно коэффициент модуляции должен лежать в диапазоне 0...1. При $m > 1$ имеет место перемодуляция (рис.1). Амплитудная огибающая при перемодуляции искажается.

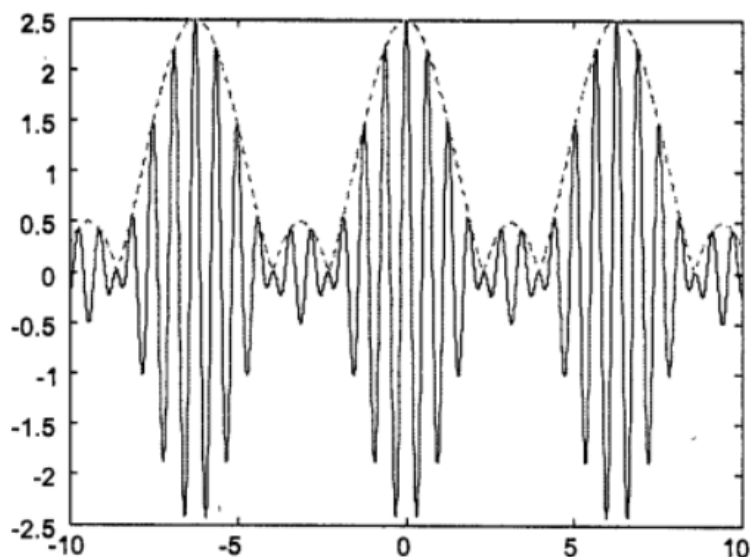


Рис. 1: Однотональный АМ-сигнал в случае перемодуляции ($m=1,5$)

3.2 Энергетические соотношения в АМ-сигнале

Для начала определим пиковую мощность однотонального АМ-сигнала. Его максимальная амплитуда равна $A_0(1 + m)$, следовательно, пиковая мощность составляет

$$P_{max} = A_0^2(1 + m)^2.$$

АМ-сигнал в общем случае не является периодическим, поэтому для расчета средней мощности необходимо применить предельный переход. Тогда средняя мощность АМ-сигнала составляет:

$$P = \frac{A_0^2}{2} + \frac{A_0^2 m^2}{4}.$$

Первое слагаемое не зависит от коэффициента модуляции и представляет собой мощность немодулированной несущей. Полезная мощность, заключенная в боковых частотах, представлена вторым слагаемым.

Введем в рассмотрение коэффициент полезного действия (КПД) амплитудной модуляции, определив его как отношение мощности боковых частот к общей средней мощности сигнала:

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

Для однополосной АМ даже при максимально допустимом значении коэффициента модуляции ($m = 1$) КПД составляет лишь 33 %, то есть две трети мощности тратится на передачу бесполезной в информационном отношении несущей.

3.3 Демодуляция АМ

Демодуляция АМ-сигнала может быть выполнена несколькими способами. Простейший путь — имитировать работу аналогового двухполупериодного детектора. Мы вычисляем модуль входного АМ-сигнала, а затем сглаживаем получившиеся однополярные косинусоидальные импульсы, пропуская их через ФНЧ. Данный способ, очевидно, не будет работать правильно в случае перемодуляции.

Следующий метод — так называемое синхронное детектирование, суть которого состоит в умножении частоты сигнала на опорное колебание с несущей частотой:

$$y(t) = \frac{1}{2}A(t) + \frac{1}{2}A(t)\cos(2\omega_0 t + 2\phi_0). \quad (1)$$

Результат умножения содержит два слагаемых. Первое - это искомая амплитудная функция, второе — АМ-сигнал с несущей частотой $2\omega_0$. Этот высокочастотный сигнал легко удаляется путем пропускания сигнала через ФНЧ.

Достоинством синхронного детектирования является то, что оно позволяет правильно демодулировать сигнал даже в случае перемодуляции.

3.4 АМ с подавленной несущей

Для повышения КПД амплитудной модуляции можно удалить бесполезное несущее колебание, отказавшись от добавления постоянной составляющей к модулирующему сигналу. Такой способ называется АМ с подавленной несущей:

$$S(t) = S_M(t) * \cos(\omega_0 t + \phi_0). \quad (2)$$

Энергетический выигрыш при этом велик (КПД становится равным 100

Ширина спектра АМ-сигнала с подавленной несущей такая же, как в случае обычной АМ (ведь подавлена средняя (несущая) частота, а боковые частоты остались на месте).

Таким образом, АМ с подавленной несущей обладает определенными преимуществами по сравнению с обычной АМ. Однако этот способ модуляции не получил широкого распространения, и связано это с проблемами, возникающими при демодуляции сигнала.

Демодуляция АМ с подавленной несущей может выполняться путем синхронного детектирования. При этом сохраняет силу все сказанное о необходимости точного соответствия частот и начальных фаз несущего и опорного колебаний.

Для облегчения правильного восстановления несущей иногда применяют следующий прием. На передающей стороне несущее колебание подавляется не полностью. Его «остаток» с небольшой амплитудой (он называется пилот-сигналом) используют для синхронизации частоты и фазы несущего колебания на приемной стороне.

Несмотря на то что визуально (на графике) однополосный сигнал сильно отличается от обычного АМ-сигнала, его демодуляция возможна тем же методом синхронного детектирования — путем умножения на опорное колебание

3.5 Однополосная модуляция

Диапазоны двух боковых полос АМ-сигнала являются зеркальным отражением друг друга, другими словами они несут одинаковую информацию. В следствии этого одну из боковых полос можно удалить. Получившаяся модуляция называется однополосной (британский термин — single side band, SSB).

В зависимости от того, какая боковая полоса сохраняется, можно говорить об однополосной модуляции с применением верхней или же нижней боковой полосы.

Ширина спектра однополосного сигнала равна ширине спектра модулирующего сигнала. Следовательно, спектр однополосного сигнала оказывается вдвое уже, нежели при обыкновенной АМ.

4 Ход работы

4.1 Однотональный сигнал низкой частоты

Генерация гармонического сигнала и его однотональная модуляция:

```
1 Fs = 2000;
2 Fc = 30;
3 t = 0 : 1/Fs : 2;
4 A = 2;
5 F = 1;
6 k = 1;
7 s = k + A * sin(2*F*pi*t); %F=1Hz
8 m = A/k;
9 n1 = m^2/(m^2+2)
10 x=ammod(s, Fc, Fs);
11 spectrum(Fs, t, x);
```

Ниже показан вид полученного модулированного сигнала во временной и частотной областях.
Для значения глубины модуляции, равной $m = \frac{2}{2}$:

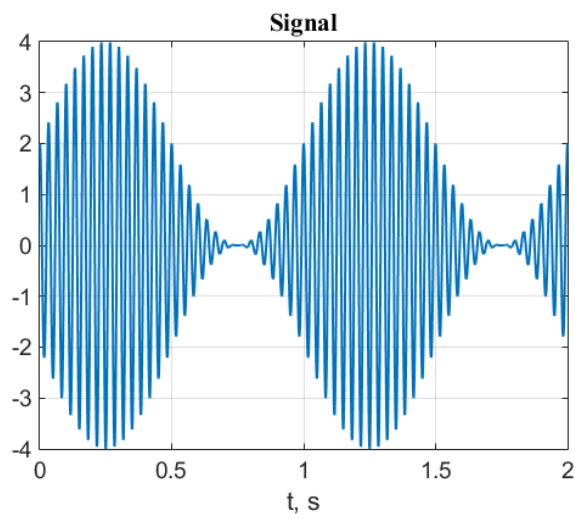


Рис. 2: Модулированный сигнал

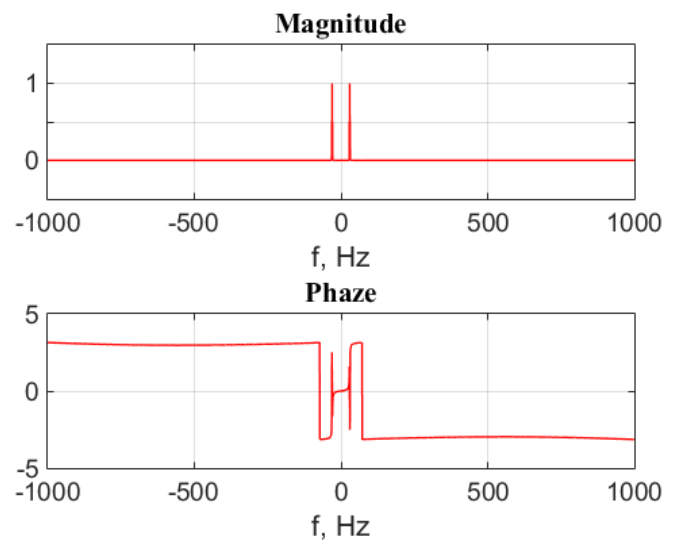


Рис. 3: Спектры модулированного сигнала

Для значения глубины модуляции, равной $m = \frac{2}{4}$:

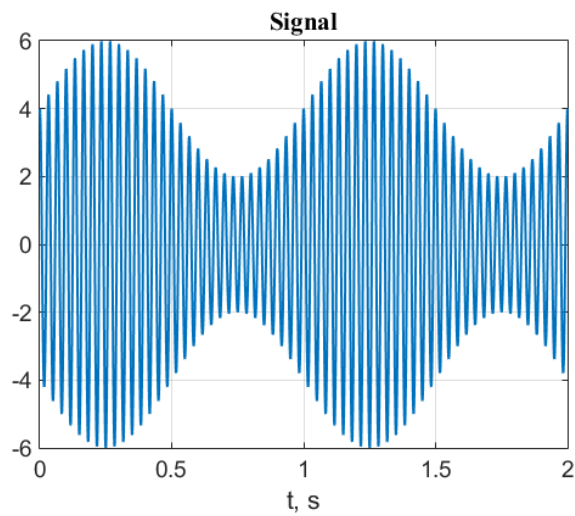


Рис. 4: Модулированный сигнал

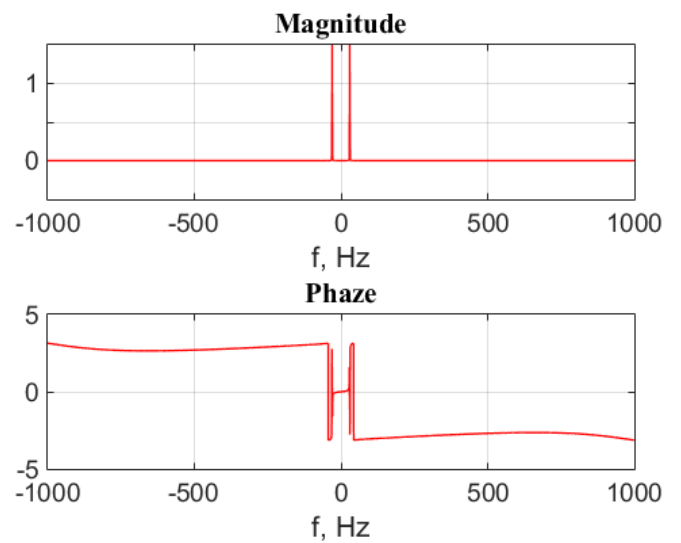


Рис. 5: Спектры модулированного сигнала

Для значения глубины модуляции, равной $m = \frac{1}{4}$ (недомодуляция):

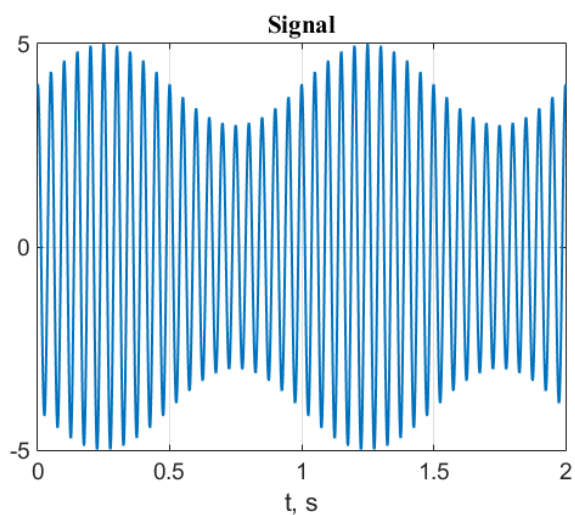


Рис. 6: Модулированный сигнал

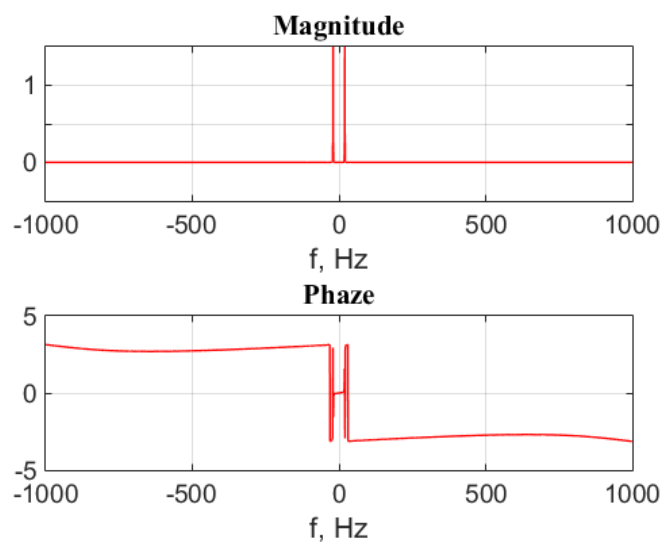


Рис. 7: Спектры модулированного сигнала

В связи с недомодуляцией, исходный сигнал почти неразличим. Для значения глубины модуляции, равной $m = \frac{2}{1}$ (перемодуляция):

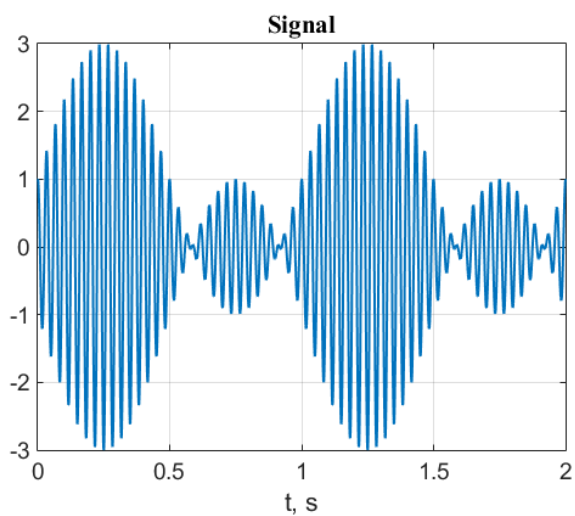


Рис. 8: Модулированный сигнал

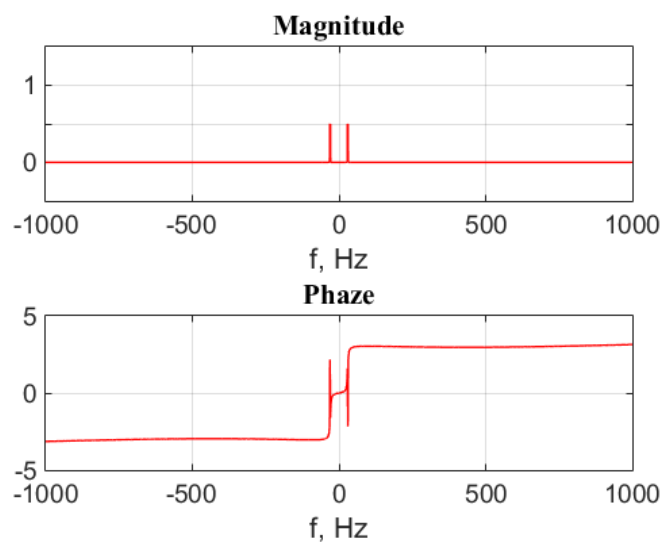


Рис. 9: Спектры модулированного сигнала

4.2 Модуляция с подавлением несущей

```
1 y=ammod(s,Fc,Fs);  
2 spectrum(Fs,t,y);
```

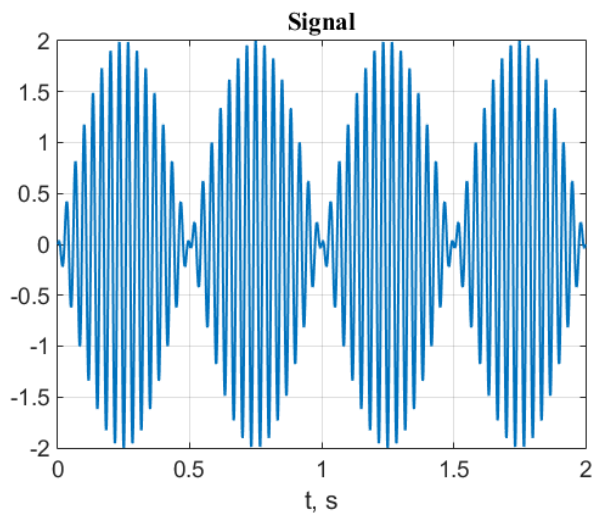


Рис. 10: Модулированный сигнал

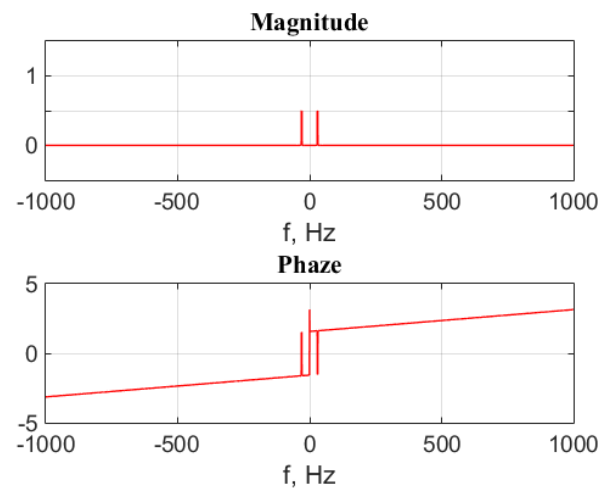


Рис. 11: Спектры модулированного сигнала

4.3 Однополосная модуляция

Выполним однополосную модуляцию с подавлением верхней частоты:

```
1 z=ssbmod(s,Fc,Fs,0,'upper');  
2 spectrum(Fs,t,z);
```

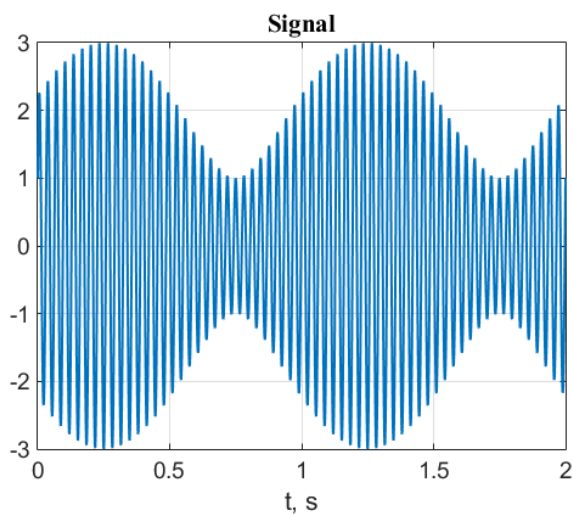


Рис. 12: Модулированный сигнал

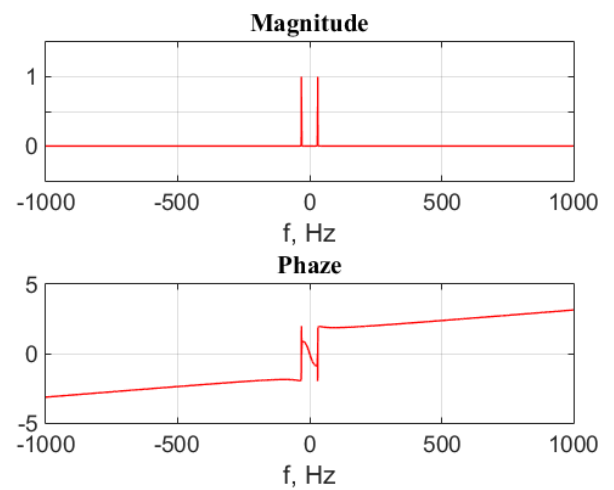


Рис. 13: Спектры модулированного сигнала

4.4 Синхронное детектирование и получение исходного однополосного сигнала

Выполним однополосную модуляцию с подавлением верхней частоты:

```
1 z = ssbmod(s,Fc,Fs,0,'upper');  
2 q = z.*sin(2*pi*Fc*t);  
3 spectrum(Fs,t,q);  
4 [b,a]=butter(5,Fc/Fs*2);  
5 q_filt= filtfilt(b,a,q);  
6 spectrum(Fs,t,q_filt);
```

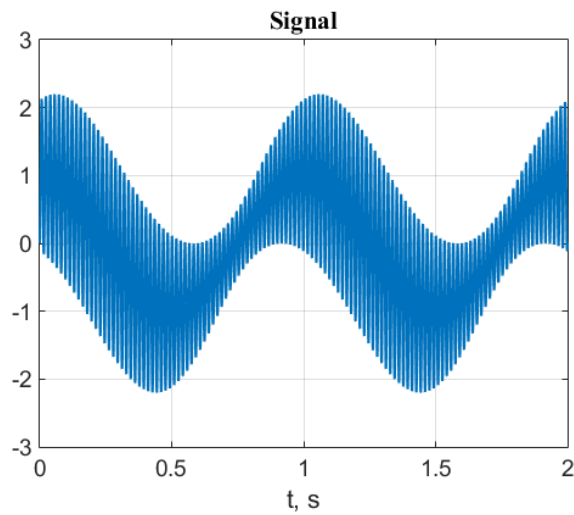


Рис. 14: Деодулированный сигнал

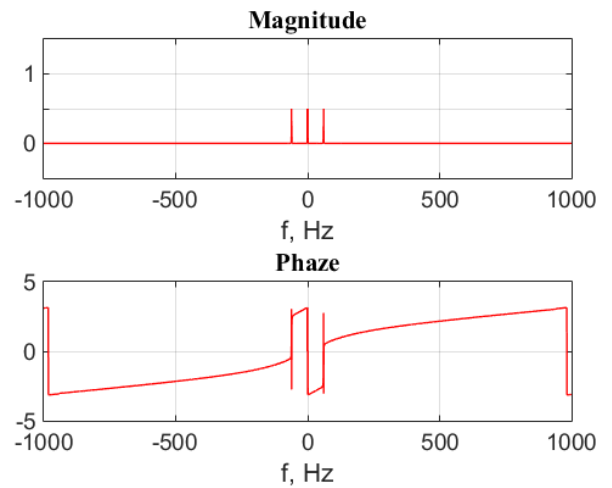


Рис. 15: Спектры демодулированного сигнала

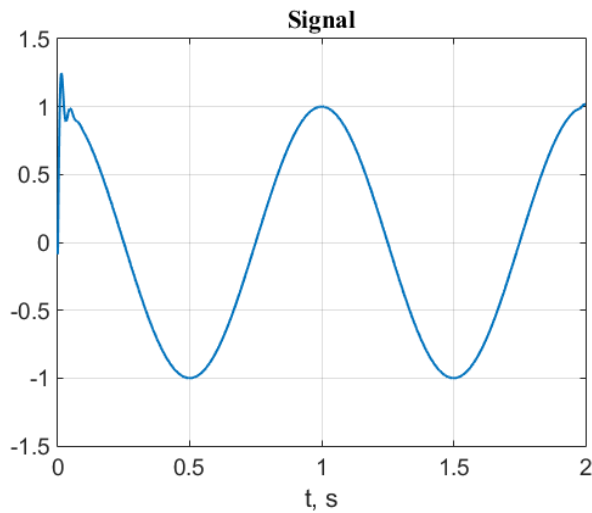


Рис. 16: Отфильтрованный сигнал

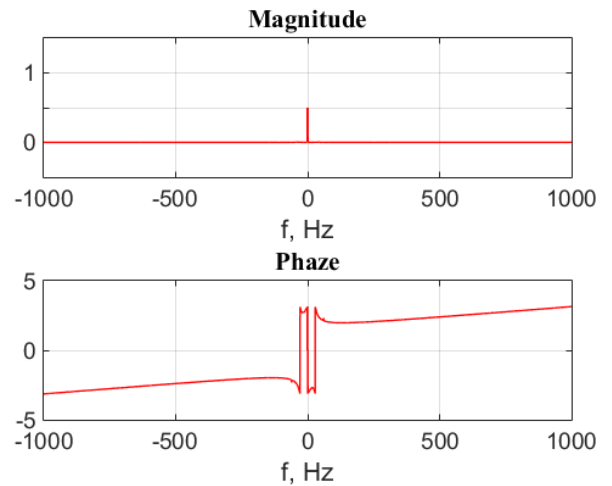


Рис. 17: Спектры отфильтрованного сигнала

4.5 КПД модуляции

Для каждого проделанного типа однотоновой модуляции рассчитаем его КПД:

1. $m = 1 \Rightarrow n = 33\%$;
2. $m = 0.5 \Rightarrow n = 11\%$;
3. $m = 0.25 \Rightarrow n = 3\%$;
4. $m = 2 \Rightarrow n = 67\%$.

5 Выводы

По итогам работы было получено, что КПД низкое, в следствие чего амплитудная практически не применяется. Вместо него используются частотные и фазовые модуляции, так как их КПД выше. В современном мире, амплитудная модуляция осталась лишь в радиовещании(на низких частотах) и в телевидении, для передачи изображения.