

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Телекоммуникационные технологии

Лабораторная работа №5:
Частотная и фазовая модуляция

Работу выполнил:
Сергеев А.А.
Группа: 33531/2
Преподаватель:
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2019

Содержание

1	Цель	2
2	Постановка задачи	2
3	Теоретический раздел	2
3.1	Фазовая модуляция	2
3.2	Частотная модуляция	3
4	Ход работы	3
4.1	Фазовая модуляция	3
4.2	Частотная модуляция	5
5	Вывод	7

1 Цель

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
2. Выполнить фазовую модуляцию/демодуляцию сигнала по закону $u(t) = (U_m \cos(\Omega t + ks(t)))$, используя встроенные функции *MatLab* *pmmod*, *pmdemod*.
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. 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 Теоретический раздел

Как правило, информационные сигналы являются низкочастотными и ограниченными по ширине спектра, тогда как методы передачи сигналов рассчитаны на работу с высокочастотным сигналом. Перенос спектра сигналов из низкочастотной области на заданную частоту, т.е. в выделенную для их передачи область высоких частот выполняется операцией модуляции.

$s(t)$ – низкочастотный сигнал, подлежащий передаче по какому-либо каналу связи. 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, несущим колебанием или просто несущей, 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 $u(t) = U \cos(\omega t + \phi)$, 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.

При использовании в качестве несущих сигналов периодических последовательностей импульсов (например, прямоугольных) свободными параметрами модуляции могут быть амплитуда, длительность, частота следования и фаза (положение импульса относительно тактовой точки) импульсов. Таким образом, существует три основных вида импульсной модуляции: АИМ, ЧИМ и ФИМ.

3.1 Фазовая модуляция

При фазовой модуляции значение фазового угла постоянной несущей частоты колебаний ω_0 пропорционально амплитуде модулирующего сигнала $s(t)$. Соответственно, уравнение ФМ-сигнала определяется выражением:

$$u(t) = U_m \cos[\omega_0 t + k * s(t)],$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При $s(t) = 0$, ФМ-сигнал является простым гармоническим колебанием. С увеличением значений $s(t)$ полная фаза колебаний $(t) = \omega_0 t + k * s(t)$ нарастает во времени быстрее и опережает линейное нарастание $\omega_0 t$. Соответственно, при уменьшении значений $s(t)$ скорость роста полной фазы во времени падает. В моменты экстремальных значений $s(t)$ абсолютное значение фазового сдвига между ФМ-сигналом и значением ωt немодулированного колебания также является максимальным и носит название девиации фазы (вверх $\delta\phi_B = k * s_{max}(t)$, или вниз $\delta\phi_h = k * s_{min}(t)$ с учетом знака экстремальных значений модулирующего сигнала).

3.2 Частотная модуляция

Частотная модуляция характеризуется линейной связью модулирующего сигнала с мгновенной частотой колебаний, при которой мгновенная частота колебаний образуется сложением частоты высокочастотного несущего колебания ω_0 со значением амплитуды модулирующего сигнала с определенным коэффициентом пропорциональности k :

$$\omega(t) = \omega_0 + k * s(t).$$

Соответственно, полная фаза колебаний:

$$\phi(t) = \omega_0(t) + k \int_{-\infty}^t s(t)dt = \omega_0(t) + k \int_{-\infty}^t s(t)dt + \phi_0$$

Уравнение ЧМ-сигнала:

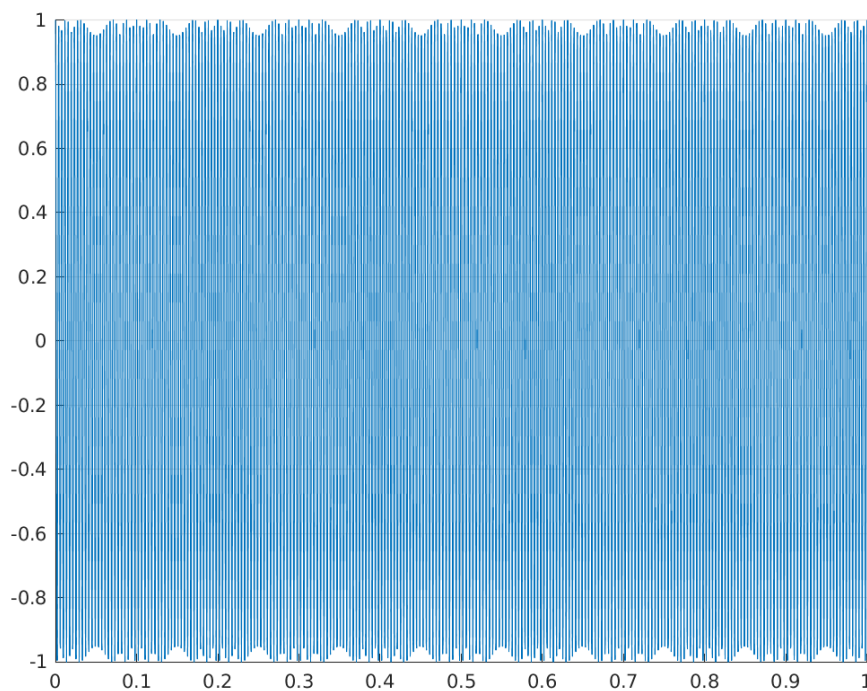
$$u(t) = U_m \cos(\omega_0(t) + k \int_0^t s(t)dt + \phi_0)$$

Аналогично ФМ, для характеристики глубины частотной модуляции используются понятия девиации частоты вверх: $\delta\omega_B = k * s_{max}(t)$ и вниз $\delta\omega_h = k * s_{min}(t)$

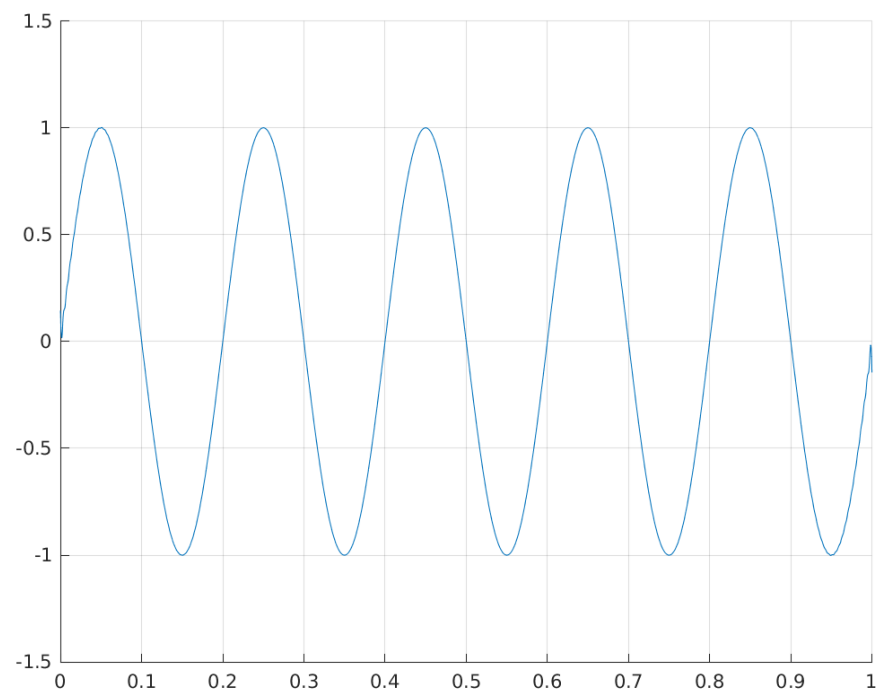
4 Ход работы

4.1 Фазовая модуляция

```
1 function [modulation] = phase_modulation
2     global x fc fs time;
3     modulation = pmmmod(x, fc, fs, pi/2);
4     draw_img(time, modulation);
5
6     spectrum = pmdemod(modulation, fc, fs, pi/2);
7     draw_img(time, spectrum);
8 end
```

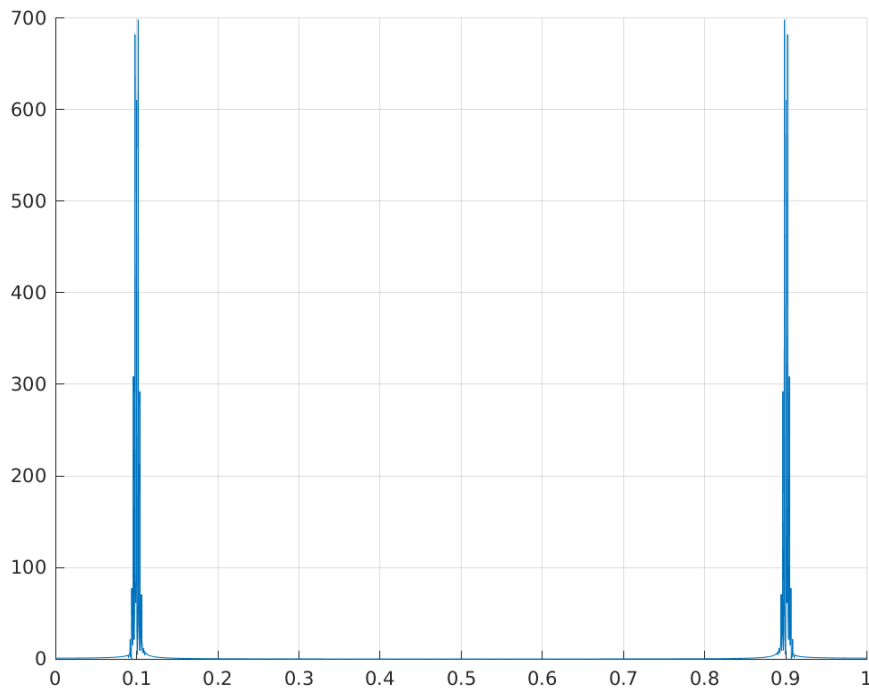


И её спектр:



Проведем демодуляцию:

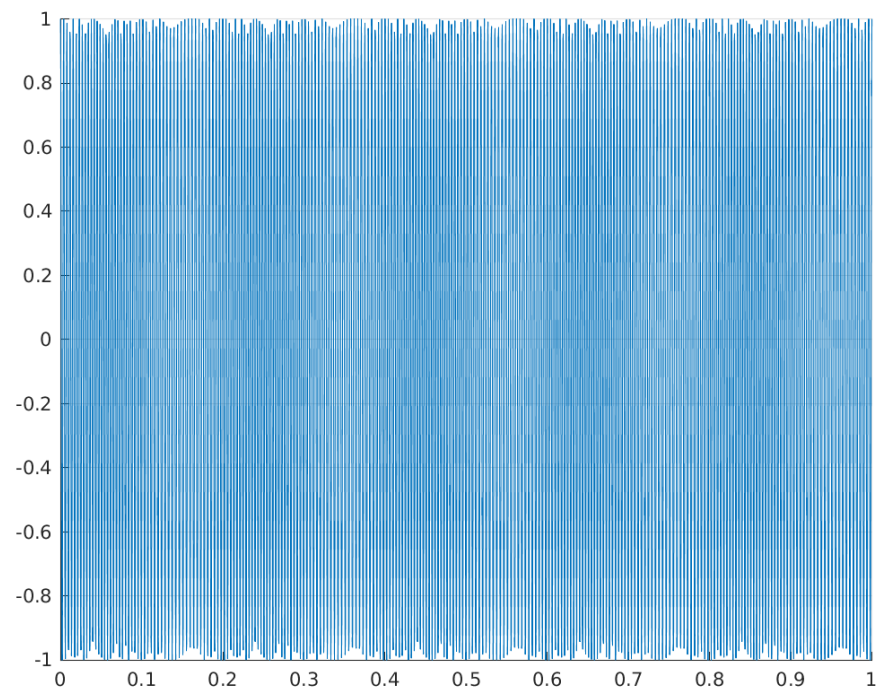
```
1 function demodulation(modulation)
2     global time;
3     spectrum = abs(fft(modulation));
4     draw_img(time, spectrum);
5 end
```



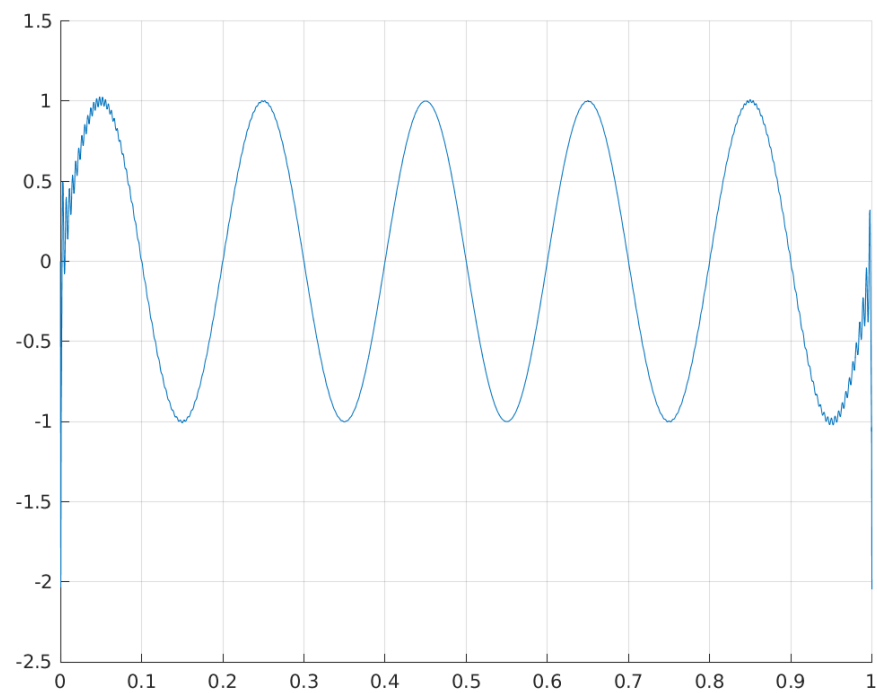
4.2 Частотная модуляция

Находим частотную модуляцию построенного сигнала:

```
1 function [modulation] = frequency_modulation
2     global x fc fs time;
3     %Частотная модуляция
4     dev = 25;
5     modulation = fmmod(x, fc, fs, dev);
6     draw_img(time, modulation);
7     %Спектр моделируемого сигнала при частотной модуляции
8     spectrum = fmdemod(modulation, fc, fs, dev);
9     draw_img(time, spectrum);
10 end
```



И её спектр:

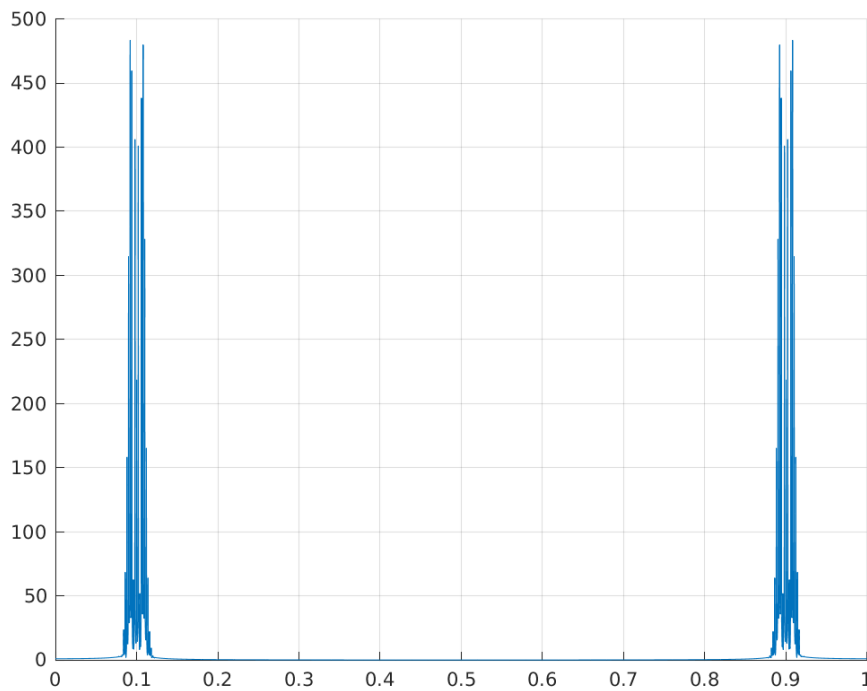


Проведем демодуляцию:

```

1 function demodulation(modulation)
2     global time;
3     spectrum = abs(fft(modulation));
4     draw_img(time, spectrum);
5 end

```



Демодулируемый сигнал совпал с исходным

5 Вывод

Таким образом, достоинством частотной модуляции являются высокая помехоустойчивость, более эффективное использование мощности передатчика, а также сравнительная простота получения модулированных сигналов.

Основным недостатком данной модуляции является большая ширина спектра модулированного сигнала. Частотная модуляция используется в системах телевизионного вещания (для передачи сигналов звукового сопровождения), системах спутникового теле- и радиовещания, системах высококачественного стереофонического вещания (FM диапазон), радиорелейных линиях (РРЛ), сотовой телефонной связи.

Достоинствами фазовой модуляции являются высокая помехоустойчивость и более эффективное использование мощности передатчика.

Недостатками фазовой модуляции являются большая ширина спектра, сравнительная трудность получения модулированных сигналов и их детектирование.