## 1. Цель работы:

Получение описания сигнального множества во временной и частотной модуляции. Построить графики всех сигналов. Вычислить энергию всех сигналов.

## 2. Формулы для вычисления недостающих параметров:

Вариант 3.6, Квадратурно амплитудная модуляция.

$f_0 = \ 1800$ Гц;

$V_{\text{мод}} = 1200$ Бод;

$V_{\text{инф}} = \ 4800$ бит/с;

$f_0$ – несущая частота, $V_{\text{мод}}$ – скорость модуляции, $V_{\text{инф}}$ – скорость информации

Период следования сигналов: $T = \frac{1}{V_{mod}}$ (1.1),

Период несущей частоты: $T_0 = \frac{1}{f_0}$ (1.2),

Количество сигналов: $\log_2 q = T * V_{inf}$ (1.3).

Все сигналы имеют вид отрезков гармоник с постоянной огибающей.

Энергия сигнала: $E_i = ||s_i||^2 = \int_0^T s_i^2(t)dt$

## 3. Вычисление недостающих параметров:

(1.1) $T = \frac{1}{V_{mod}} = \frac{1}{1200} = 8.3 * 10^{-4} c$,

(1.2) $T_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{1800} = 5.6 * 10^{-4} c$,

(1.3) $\log_2 q = T * V_{inf} = \frac{1}{1200} * 4800; q = \ 2^4 = 16$ сигналов.

## 4. Приведение аналитического выражение для всех сигналов из множества как функций времени:

$$s_i(t) = \begin{cases} s_{i1}\sqrt{\frac{2}{T}}\cos\left(2\pi f_0 t\right) + s_{i2}\sqrt{\frac{2}{T}}\sin\left(2\pi f_0 t\right), \text{если } 0 < t < T \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases},$$

где $E_i = S_{i1}^2 + S_{i2}^2$, $\theta_i = arctg(\frac{S_{i1}}{S_{i2}})$, $S_{i1} = A(1 - \frac{2i_1}{\sqrt{q}-1})$, $S_{i2} = A(1 - \frac{2i_2}{\sqrt{q}-1})$.

Для любого i=0,1,2,...,q-1 выполняется условие:

$$E_i = S_{i1}^2 + S_{i2}^2$$

A=3

Для первого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$.

Для второго сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$.

Для третьего сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$.

Для четвертого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$.

Для пятого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$.

Для шестого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$.

Для седьмого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$.

Для восьмого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$.

Для девятого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$.

Для десятого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$.

Для одиннадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$.

Для двенадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$.

Для тринадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*0}{\sqrt{16}-1}\right) = 3$.

Для четырнадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*1}{\sqrt{16}-1}\right) = 1$.

Для пятнадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*2}{\sqrt{16}-1}\right) = -1$.

Для шестнадцатого сигнала: $S_{i1} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$, $S_{i2} = 3 * \left(1 - \frac{2*3}{\sqrt{16}-1}\right) = -3$.

## 5. **Вычисления энергии всех сигналов**

Энергию сигналов можно рассчитать следующим образом:

$$E_i = \int_0^T \left(s_{i1}\sqrt{\frac{2}{T}}\cos(2\pi f_0 t) + s_{i2}\sqrt{\frac{2}{T}}\sin(2\pi f_0 t)\right)^2 dt \qquad (5.1)$$

или $E_i = S_{i1}^2 + S_{i2}^2$ (5.2)

На рис.1 представлены графики сигналов $s_0, s_1, \ldots, s_{15}$. По графикам видно, что функции отличаются по фазам.

На рис.2 представлены значения энергий в числовом виде.

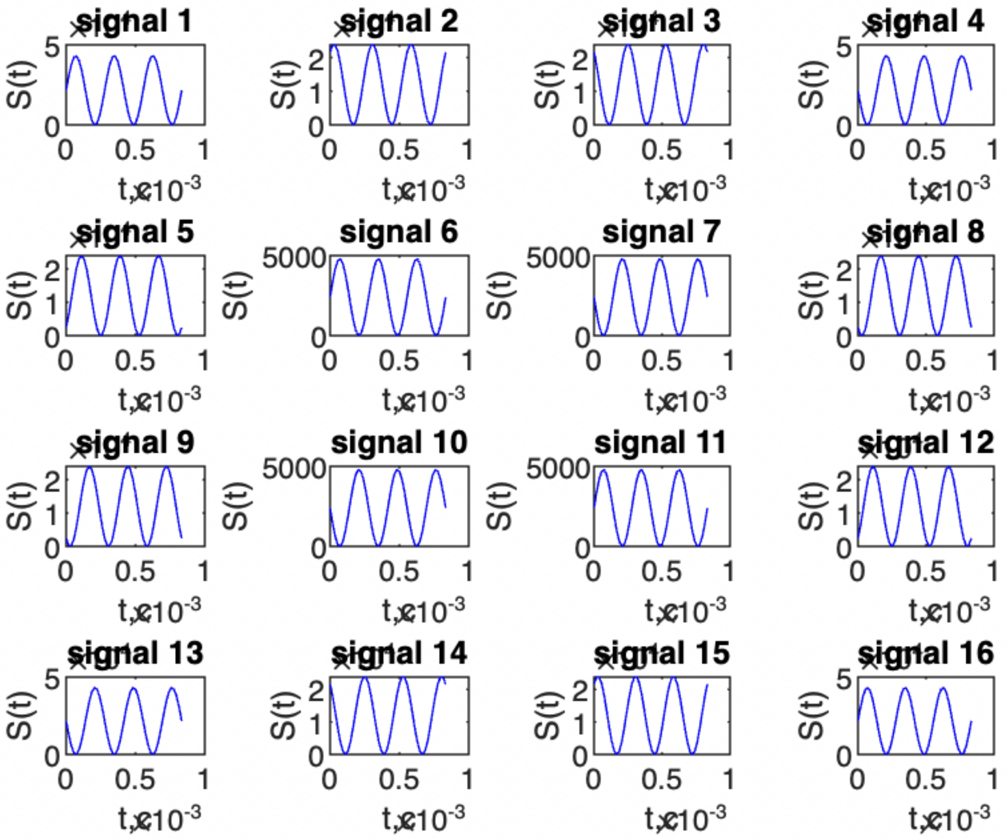


*Рисунок 1. Графики сигналов.*

```
S1: 3.000000 S2: 3.000000 Eteor0 = 18.000000 Eappr0 = 18.000000
S1: 3.000000 S2: 1.000000 Eteor1 = 10.000000 Eappr1 = 10.000000
S1: 3.000000 S2: -1.000000 Eteor2 = 10.000000 Eappr2 = 10.000000
S1: 3.000000 S2: -3.000000 Eteor3 = 18.000000 Eappr3 = 18.000000
S1: 1.000000 S2: 3.000000 Eteor4 = 10.000000 Eappr4 = 10.000000
S1: 1.000000 S2: 1.000000 Eteor5 = 2.000000 Eappr5 = 2.000000
S1: 1.000000 S2: -1.000000 Eteor6 = 2.000000 Eappr6 = 2.000000
S1: 1.000000 S2: -3.000000 Eteor7 = 10.000000 Eappr7 = 10.000000
S1: -1.000000 S2: 3.000000 Eteor8 = 10.000000 Eappr8 = 10.000000
S1: -1.000000 S2: 1.000000 Eteor9 = 2.000000 Eappr9 = 2.000000
S1: -1.000000 S2: -1.000000 Eteor10 = 2.000000 Eappr10 = 2.000000
S1: -1.000000 S2: -3.000000 Eteor11 = 10.000000 Eappr11 = 10.000000
S1: -3.000000 S2: 3.000000 Eteor12 = 18.000000 Eappr12 = 18.000000
S1: -3.000000 S2: 1.000000 Eteor13 = 10.000000 Eappr13 = 10.000000
S1: -3.000000 S2: -1.000000 Eteor14 = 10.000000 Eappr14 = 10.000000
S1: -3.000000 S2: -3.000000 Eteor15 = 18.000000 Eappr15 = 18.000000
```

*Рисунок 2. Значения энергий сигналов, рассчитанное по формулам (5.1) и (5.2).*

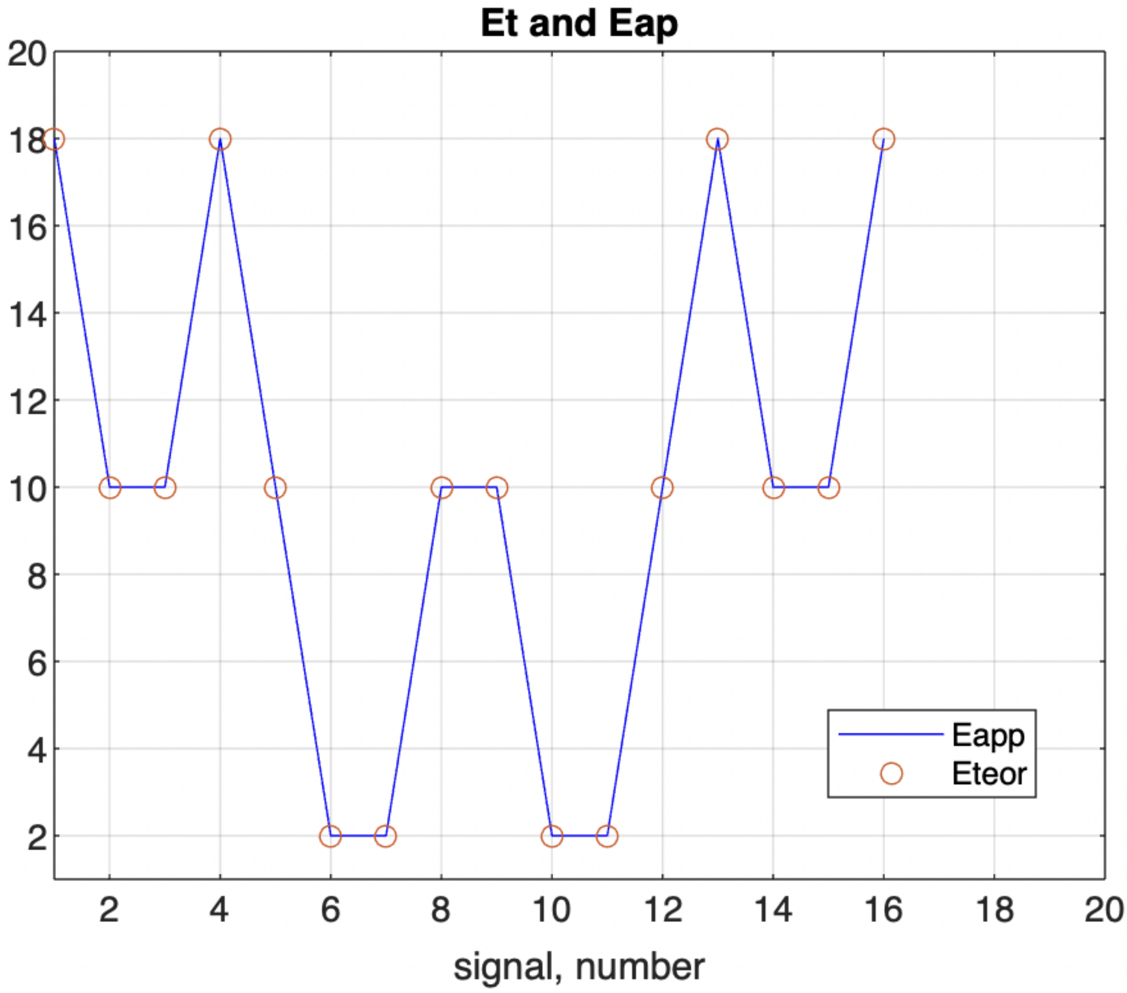


*Рисунок 3. График энергий сигналов.*

## 6. Вывод

В ходе лабораторной работы исследованы дискретные сигналы квадратурной амплитудной модуляции во временной области.

- Были вычислены следующие значения: количество сигналов q = 16, период следования сигнала T = 833,333 мкс.
- Для каждого сигнала были построены графики и рассчитана энергия, по значениям которой построены графики. Энергия сигналов тождественна для всех сигналов.
- Было проведено сравнение значений энергии теоретическим способом и с помощью аппроксимации (вычисление интеграла функции). Значения энергий не отличаются.

# 7. Листинг программы

```
clear all
clc
close all
nfig = 1;
T = 1/1200;
A = 3;
f = 1800;
N = 30;
q = 16;
dt = (1/f)/N;
t=0:dt:T;
count = 0;
E = zeros(1,q);
s=zeros(q,length(t));
i1 = [0,0,0,0,1,1,1,1,2,2,2,2,3,3,3,3];
i2 = [0,1,2,3,0,1,2,3,0,1,2,3,0,1,2,3];
S1=A*(1-(2*i1/(sqrt(q)-1)));
S2=A*(1-(2*i2/(sqrt(q)-1)));
figure(1);
t=0:dt:T;
si = zeros(16, length(t));
for i = 1:q
subplot(4,4,i);
si(i,:) = (S1(i).*sqrt(2/T).*cos(2.*pi.*f.*t)+S2(i).*sqrt(2/T).*sin(2.*pi.*f.*t)).^2;
plot(t,si(i,:),'b-');
title(['signal ' num2str(i)]);
xlabel('t,c');
ylabel('S(t)');
end;
Et = zeros(1, q);
Eap = zeros(1, q);
for c = 1:q
Et(c) =  S1(c).^2 + S2(c).^2;
fun = @(t)(S1(c).*sqrt(2/T).*cos(2.*pi.*f.*t)+S2(c).*sqrt(2/T).*sin(2.*pi.*f.*t)).^2;
Eap(c) = integral(fun, 0, T);
fprintf('S1: %f S2: %f ', S1(c), S2(c));
fprintf('Eteor%d = %f ',c-1, Et(c));
fprintf('Eappr%d = %f \n',c - 1 , Eap(1,c));
end

xEn = 1:1:q;
figure(2);
plot(xEn', Eap, 'b');
hold on;
plot(xEn', Et', 'o');
xlabel('signal, number');
title('Et and Eap');
axis([1, 20, 1, 20]);
```

```
hold off
grid on;
legend('Eapp', 'Eteor');
```