

Отчет по лабораторной работе по дисциплине:  
"Сети и системы передачи данных"  
тема: "Аналоговая модуляция"

Никитина Анна и Замотаева Юлия

21.05.14

# Глава 1

## Задачи работы

### 1.1 Цель работы

Изучить процесс амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

### 1.2 Алгоритм работы

- Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
- Выполнить амплитудную модуляцию (АМ) сигнала по закону

$$u(t) = (1 + M * U_m * \cos(\Omega * t)) * \cos(\omega_0 * t + \phi_0)$$

для различных значений глубины модуляции  $M$ .

- Получить спектр модулированного сигнала.
- Выполнить модуляцию с подавлением несущей. Получить спектр.
- Выполнить однополосную модуляцию.
- Рассчитать КПД модуляции.

## Глава 2

# Теоритические сведения

Перенос спектра сигналов из низкочастотной области в выделенную для их передачи область высоких частот выполняется операцией модуляции. АМ соответствует переносу информации  $s(t) \Rightarrow U(t)$  при постоянных значениях параметров несущей частоты. АМ – сигнал представляет собой произведение информационной огибающей  $U(t)$  и гармонического колебания ее заполнения с более высокими частотами. Форма записи амплитудно-модулированного сигнала:

$$u(t) = (1 + M * U_m * \cos(\Omega * t)) * \cos(\omega_0 * t + \phi_0)$$

, где  $U$  – постоянная амплитуда несущего колебания при отсутствии входного (модулирующего) сигнала  $s(t)$ ,  $M$  – коэффициент амплитудной модуляции. Значение  $M$  характеризует глубину амплитудной модуляции. В зависимости от значения  $M$  различают нормальную модуляцию ( $M < 1$ ), глубокую модуляцию ( $M = 1$ ) и перемодуляцию ( $M > 1$ ). КПД амплитудной модуляции равен

$$\eta_A * M = \frac{M^2}{M^2 + 2}$$

Как видно, основная доля мощности АМ – сигнала приходится на несущую частоту. При балансной модуляции (с подавлением несущей) производится перемножение двух сигналов – модулирующего и несущего, при котором происходит подавление несущего колебания, соответственно, КПД модуляции становится равным 100

$$u(t) = M * \cos(\Omega * t)$$

имеем

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

, т.е. два одинаковых по амплитуде гармонических сигнала с верхней и нижней боковыми частотами. По существу, однотоновый модулирующий сигнал переносится на две высокие частоты.

## Глава 3

### Код MATLAB для п.1-3

```
f0=3; частота сигнала
fd=150; частота дискретизации
fc=30; частота несущего колебания
x=0:0.01:4*pi;
y=0.5*sin(2*pi*f0*x);
plot(x(1:200),y(1:200))
grid;
figure
M1=0.3;
M2=1;
M3=1.3;
t=0:0.001:10;
Um=0.5;
f=100*(0:255)/512;
u1=(1+Um*M1*cos(f0*t)).*cos(fc*t); модулированный сигнал
plot(t,u1)
figure
s1=fft(u1,512); спектр модулированного сигнала
ss1=s1.*conj(s1)/512;
plot(f,ss1(1:256));
figure
u2=Um*(1+M2*cos(f0*t)).*cos(fc*t);
plot(t,u2)
figure
s2=fft(u2,512);
ss2=s2.*conj(s2)/512;
plot(f,ss2(1:256));
figure
u3=Um*(1+M3*cos(f0*t)).*cos(fc*t);
plot(t,u3)
figure
s3=fft(u3,512);
ss3=s3.*conj(s3)/512;
plot(f,ss3(1:256));
```

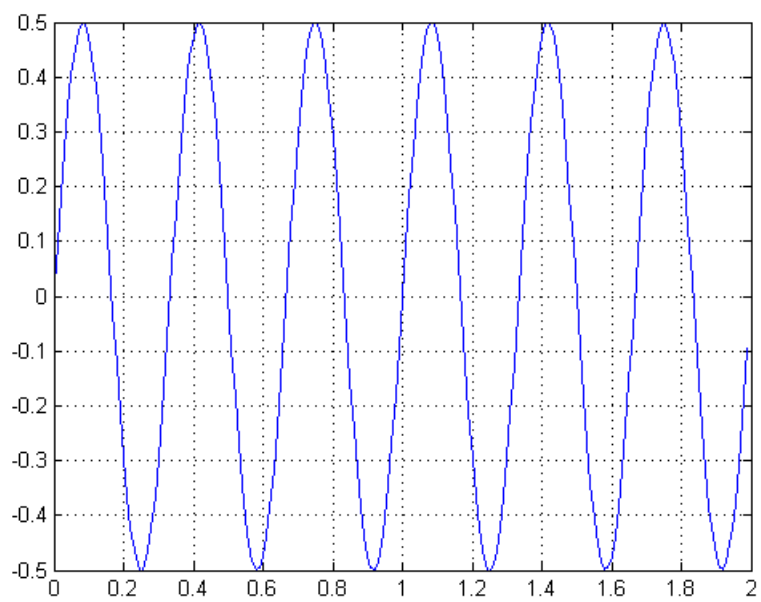


рис. 1 Исходный низкочастотный сигнал

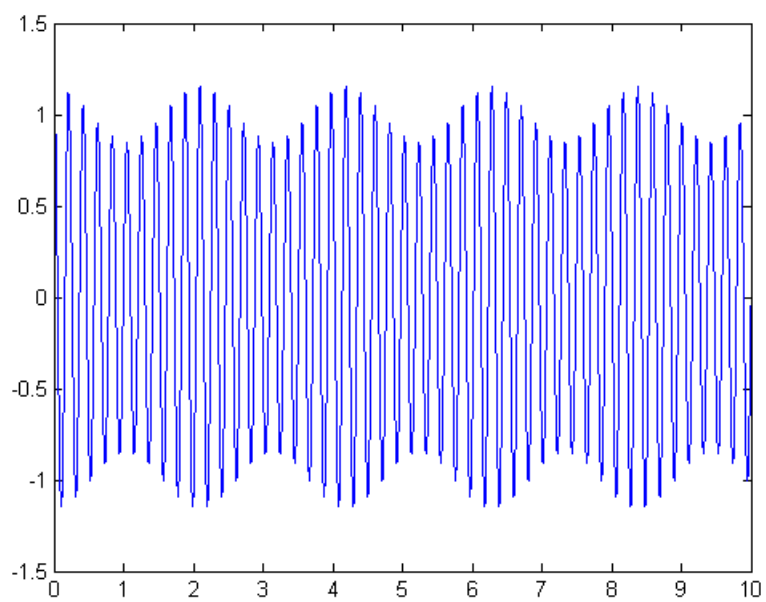


рис. 2 АМ при степени глубины=0.3

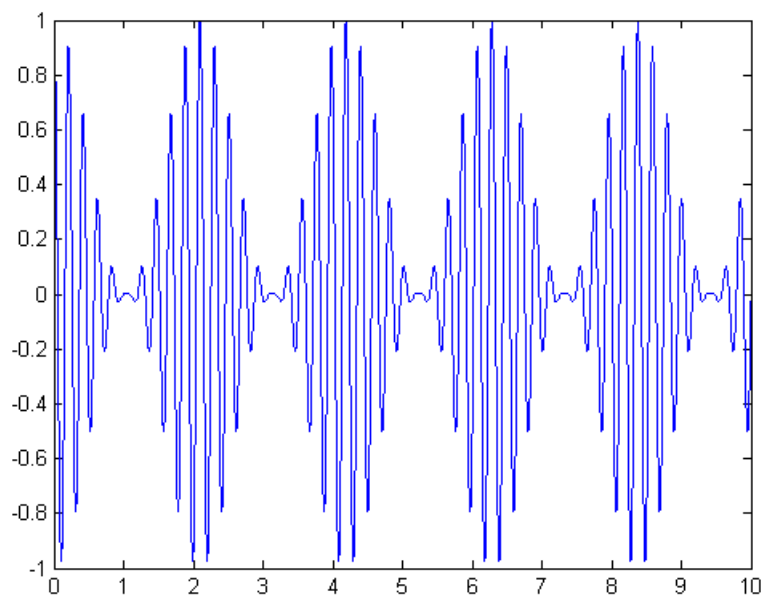


рис. 3 АМ при степени глубины=1

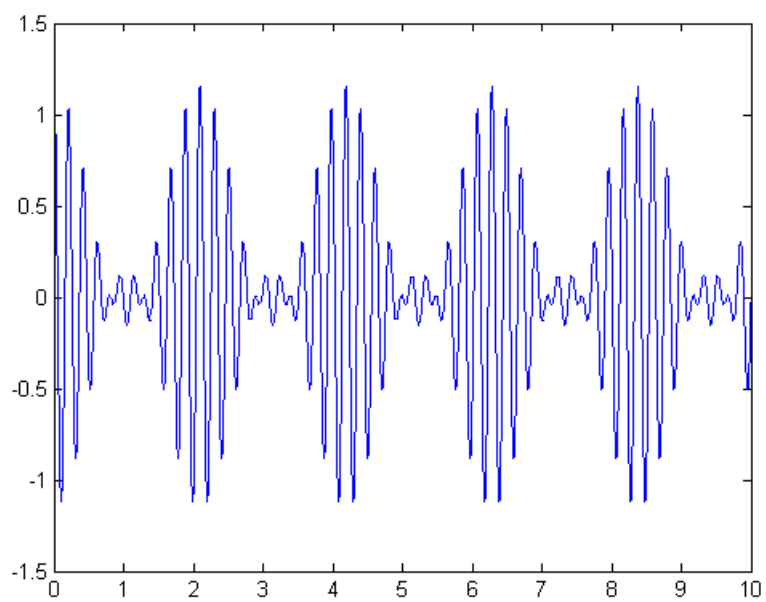


рис. 4 АМ при степени глубины=1.3

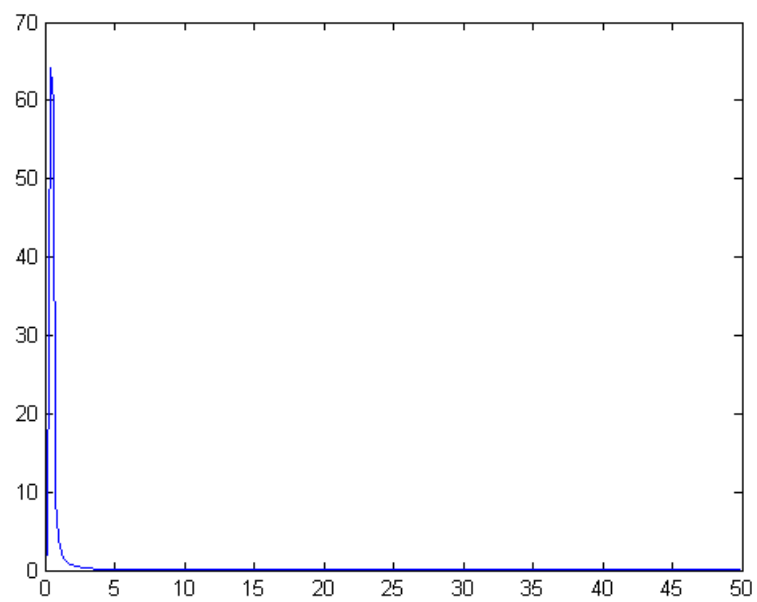


рис. 5 Спектр модулированного сигнала при степени глубины=0.3

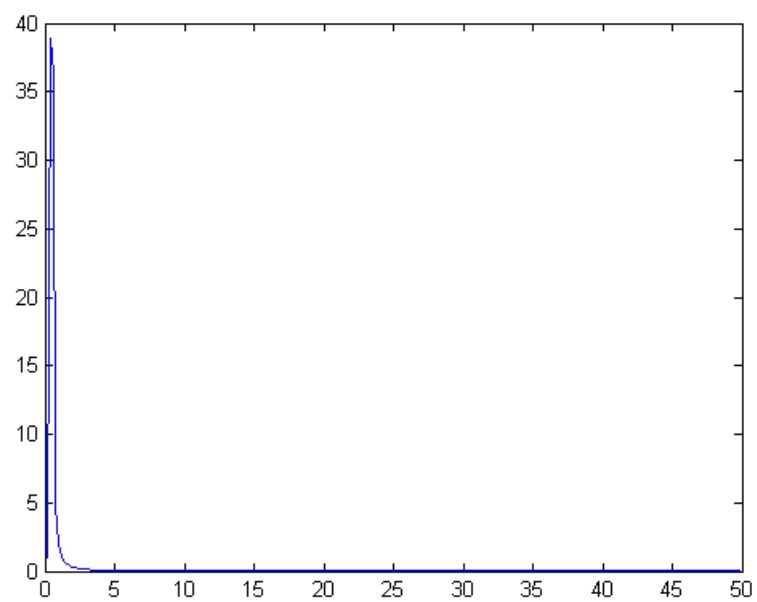


рис. 6 Спектр модулированного сигнала при степени глубины=1

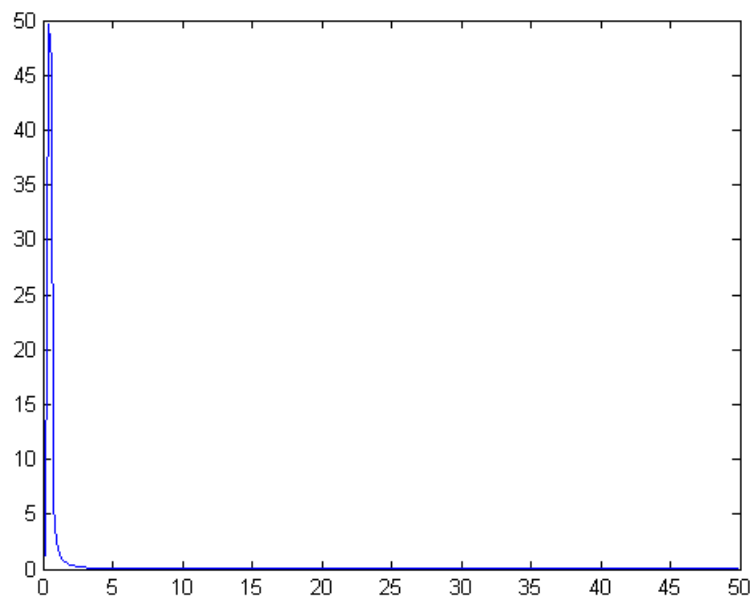


рис. 7 Спектр модулированного сигнала при степени глубины=1.3



## Глава 4

### Код MATLAB для п.4

```
plot(x(1:200),y(1:200)) исходный сигнал
grid;
figure
u4=Um*M1*cos(f0*t).*cos(fc*t); модуляция с подавлением несущей
plot(t,u4)
figure
s4=fft(u4,512);
ss4=s4.*conj(s4)/512;
plot(f,ss4(1:256));
```

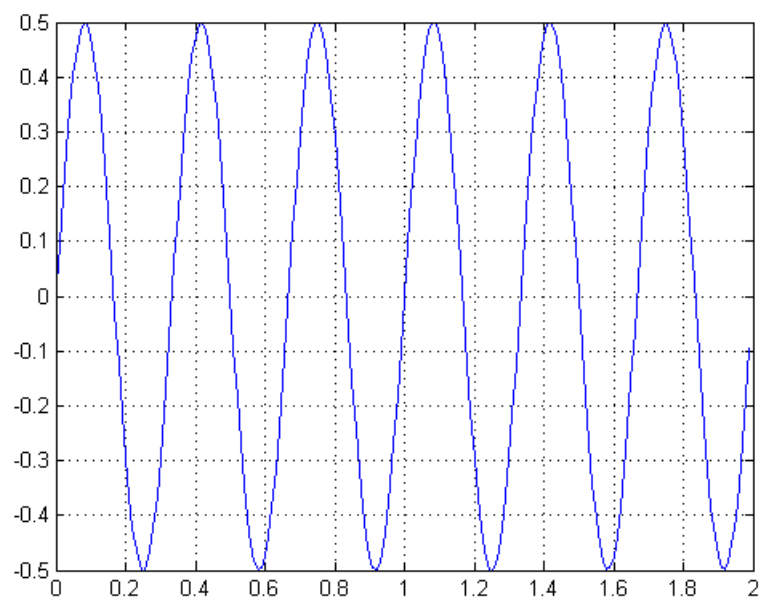


рис. 8 Исходный низкочастотный сигнал

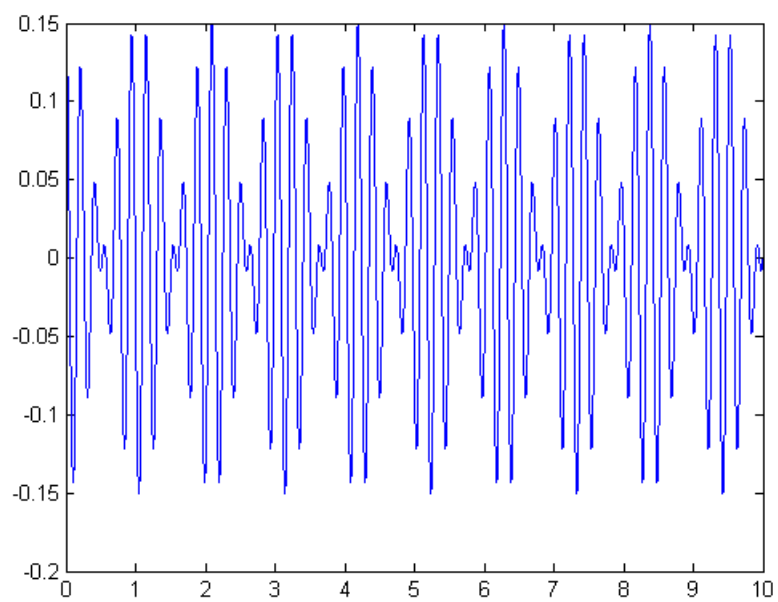


рис. 9 Модулированный сигнал с подавлением несущей

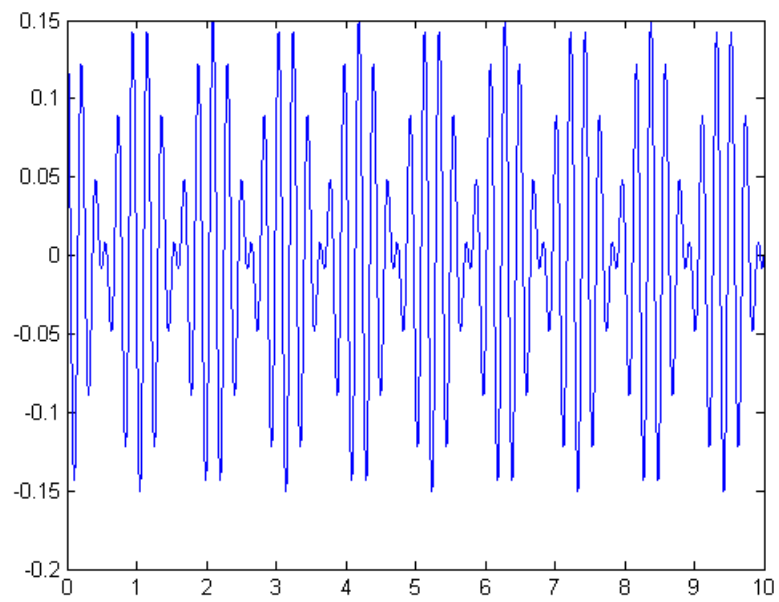


рис. 10 Спектр модулированного сигнала с подавлением несущей

## Глава 5

### Код MATLAB для п.5

```
plot(x(1:200),y(1:200))исходный сигнал
grid;
figure
plot(t,u1) модулированный сигнал
figure
yy=u1.*cos(fc*t);
plot(t,yy);
ss=fft(yy,512);
sss=ss.*conj(ss)/512;
figure
plot(f,sss(1:256));
[b,a]=butter(4,0.9);
YY=filter(b,a,yy);
figure
plot(t,YY);
```

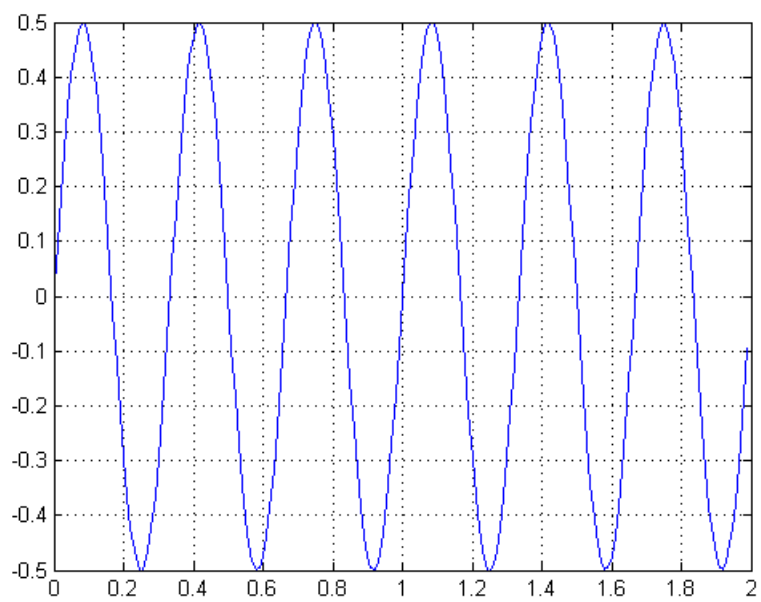


рис. 11 Исходный однополосный сигнал

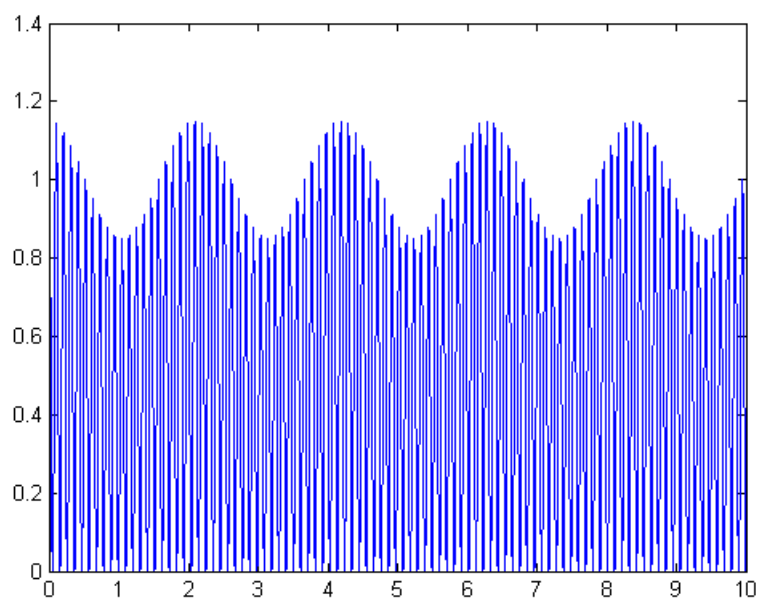


рис. 12 Сигнал после синхронного детектирования

## Глава 6

### Код MATLAB для п.6

Найдем КПД модуляции по формуле

$$\eta_A * M = \frac{M^2}{M^2 + 2}$$

М=0.3; КПД=0.14

М=1; КПД=0.3(3)

М=1.3; КПД=0.35

## Глава 7

# Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы был сгенерирован однотоальный сигнал низкой частоты, выполнена АМ сигнала и получен спектр модулированного сигнала. Также была выполнена БАМ и однополосная АМ и получены их спектры. Произведено синхронное детектирование и получен исходный однополосный сигнал. Рассчитан КПД модуляции.

АМ применяется на сравнительно низких частотах (не выше коротких волн). Это обусловлено низким КПД использования энергии модулированных сигналов.

Ширина спектра АМ-сигнала с подавленной несущей, как в случае с обычной АМ, в два раза больше, чем у модулирующего сигнала. Но при БАМ производится перемножение двух сигналов – модулирующего и несущего, при котором происходит подавление несущего колебания, соответственно, КПД модуляции становится равным 100%.

Двухполосная АМ с подавленной несущей имеет преимущества перед обычной АМ только в энергетическом плане - за счет устранения несущего колебания, ширина спектра при этом по-прежнему вдвое больше, чем у модулирующего сигнала.

Однополосный сигнал можно представить как сумму двух АМ-сигналов, несущие колебания которых имеют одну и ту же частоту, но сдвинуты по фазе относительно друг друга на  $90^\circ$ .

Синхронное детектирование является одним из способов демодуляции АМ-сигнала. Его суть состоит в умножении частоты сигнала на опорное колебание с несущей частотой. Результат умножения содержит два слагаемых: искомая амплитуда и АМ-сигнал с несущей частотой  $2\omega_0$ , который легко удаляется путем пропускания сигнала через ФНЧ. В нашем случае использовался фильтр Баттерворта.