

ГУАП

КАФЕДРА № 44

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Старший преподаватель  
должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Е. К. Григорьев  
инициалы, фамилия

## ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ И РАСЧЁТ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

по курсу: МОДЕЛИРОВАНИЕ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ гр. №

4143

подпись, дата

Д. В. Пономарев  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2024

**Цель работы:** получение основных навыков моделирования сигналов в современных средах компьютерной математики.

Задание для работы представлено на рисунке 1.

$$s(t) = \begin{cases} A \exp(-(t - t_1)) \cos(2\pi f_0 t + \phi_0) & \text{при } t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

$t_1 = 5 \text{ мкс}$   
 $t_2 = 15 \text{ мкс}$   
 $f_0 = 500 \text{ КГц}$   
 $\phi_0 = \pi/3$   
 $\alpha = 2 \cdot 10^5$   
 $A = 1 \text{ В}$

Рисунок 1– Задание по работе

Аналитические вычисления представлены на рисунках 2-5.

The image shows a handwritten solution on grid paper for the integral of the signal  $s(t)$  from  $t_1$  to  $t_2$ . The derivation uses integration by parts and includes several intermediate steps with trigonometric identities and exponential functions. Key handwritten notes include:
 

- $5 \text{ мкс} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  and  $15 \text{ мкс} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ с}$
- $500 \text{ КГц} = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц}$
- Use of the formula  $I = \int_{t_1}^{t_2} s(t) dt = F(t) \Big|_{t_1}^{t_2} = F(t_2) - F(t_1)$
- Integration of  $F(t) = \int e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \phi) dt$  using integration by parts, with  $u = e^{-\alpha t}$  and  $v = \sin(\omega t + \phi)$ .
- Final result:  $F(t_2) - F(t_1) = \frac{1}{2 \cdot 10^5 (10^{12} \pi^2 + 1)} - \frac{5 \cdot 10^5 \sqrt{3} \pi}{e^{1005} (10^{12} \pi^2 + 1)}$

Рисунок 2 – Аналитические вычисления

$$\begin{aligned}
&= \frac{10^6 \sqrt{3} \pi - 1}{2 \cdot 10^{12} \pi^2 + 2} - \frac{10^6 \sqrt{3} \pi}{e^{1/10^5} 10^{12} \pi^2 + 2 e^{1/10^5}} + \frac{1}{e^{1/10^5} 2 \cdot 10^{12} \pi^2 + 2 e^{1/10^5}} \\
&\approx \frac{2,65 \cdot 10^{-12}}{10^6} \\
&S = \frac{10}{10^6} \cdot 2,65 \cdot 10^{-12} = 2,65 \cdot 10^{-4} \\
&E = \int_{t_1}^{t_2} S(t) dt = F(t_2) - F(t_1) = \\
&= \frac{2 \cdot 10^{12} \pi^2}{e^{1/10^5} (8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8)} - \frac{10^6 \sqrt{3} \pi - 1 - 2}{e^{1/10^5} (8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8)} - \\
&= \frac{2 \cdot 10^{12} \pi^2 + 10^6 \sqrt{3} \pi - 1}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} = \\
&= \frac{2 \cdot 10^{12} \pi^2 - 10^6 \sqrt{3} \pi + 1}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} - \frac{2 \cdot 10^{12} \pi^2}{e^{1/10^5} (8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8)} + \\
&+ \frac{10^6 \sqrt{3} \pi}{e^{1/10^5} (8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8)} \approx 4,999 \cdot 10^{-6} \\
&F(t) = \int e^{2(t/10^5 - t)} \left( \frac{\cos(10^6 \pi t)}{2} - \frac{\sqrt{3} \sin(10^6 \pi t)}{2} \right) dt \\
&= e^{1/10^5} \int \frac{3 \sin^2(10^6 \pi t) - 2\sqrt{3} \cos(10^6 \pi t) \sin(10^6 \pi t)}{2} dt \\
&= \frac{e^{1/10^5}}{4} \cdot \left( 3 \int \frac{\sin^2(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt - 2\sqrt{3} \int \frac{\cos(10^6 \pi t) \cdot \sin(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt \right) \\
&+ \int \frac{\cos^2(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt =
\end{aligned}$$

Рисунок 3 – Аналитические вычисления

$$\begin{aligned}
1) \int \frac{\sin^2(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt &= \int \frac{1 - \cos(2 \cdot 10^6 \pi t)}{2 \cdot e^{2t}} dt = \\
&= \frac{1}{2} \left( \int \frac{1}{e^{2t}} dt - \int \frac{\cos(2 \cdot 10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt \right) = \\
&= \frac{10^6 \pi \sin(10^6 \pi t) - \cos(2 \cdot 10^6 \pi t) + 10^{12} \pi^2 + 1}{(4 \cdot 10^{12} \pi^2 + 4) e^{2t}} \\
2) \int \frac{\cos(10^6 \pi t) \sin(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt &= \text{нуль, нуль} \\
&= \int \frac{\sin(2 \cdot 10^6 \pi t)}{2 e^{2t}} dt = \\
&= \frac{1}{2} \left( \frac{-\sin(2 \cdot 10^6 \pi t)}{2 \cdot 10^{12} \pi^2 e^{2t}} - \frac{\cos(2 \cdot 10^6 \pi t)}{2 \cdot 10^6 \pi e^{2t}} \right) = \\
&= \frac{\frac{10^6 \pi + 1}{10^{12} \pi^2}}{(4 \cdot 10^{12} \pi^2 + 4) \cdot e^{2t}} \\
3) \int \frac{\cos^2(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt &= \frac{1}{2} \left( \int \frac{\cos(10^6 \pi t)}{e^{2t}} dt + \right. \\
&+ \left. \int \frac{1}{e^{2t}} dt \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{10^6 \pi \sin(2 \cdot 10^6 \pi t) - \cos(2 \cdot 10^6 \pi t) - 10^{12} \pi^2 - 1}{(4 \cdot 10^{12} \pi^2 + 4) \cdot e^{2t}}
\end{aligned}$$

Рисунок 4 – Аналитические вычисления

Результат вычисления.

$$= \frac{(10^6 \pi - 3) \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot 5 \cdot 10^6 (2 \cdot 10^6 t)}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} - \frac{(-10^6 \sqrt{3} \pi - 1) e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} (0.5 \cdot 10^6 \pi t)}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} - \frac{2 \cdot 10^{12} \pi^2 e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t}}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} - \frac{2 \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t}}{8 \cdot 10^{12} \pi^2 + 8} =$$

$$P = \frac{10^6}{10^8} \cdot 9,999 \cdot 10^{-6} = 0,4999$$

$$y(t) = d \left( e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot 105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) \right) =$$

$$= (e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t}) \cdot 105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) + (105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3})) \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} =$$

$$= e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 10^5} t \right) \cdot 105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) - 5 \cdot 10^6 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) \cdot$$

$$\cdot (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} = e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 10^5} t \right) \cdot 105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) -$$

$$- e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot 5 \cdot 10^6 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) \cdot (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) =$$

$$= -10^6 \pi e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot 5 \cdot 10^6 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3}) - e^{\frac{1}{2} \cdot 10^5 t} \cdot 105 (10^6 \pi t + \frac{\pi}{3})$$

Рисунок 5 – Аналитические вычисления

График анализируемого сигнала представлен на рисунке 6.

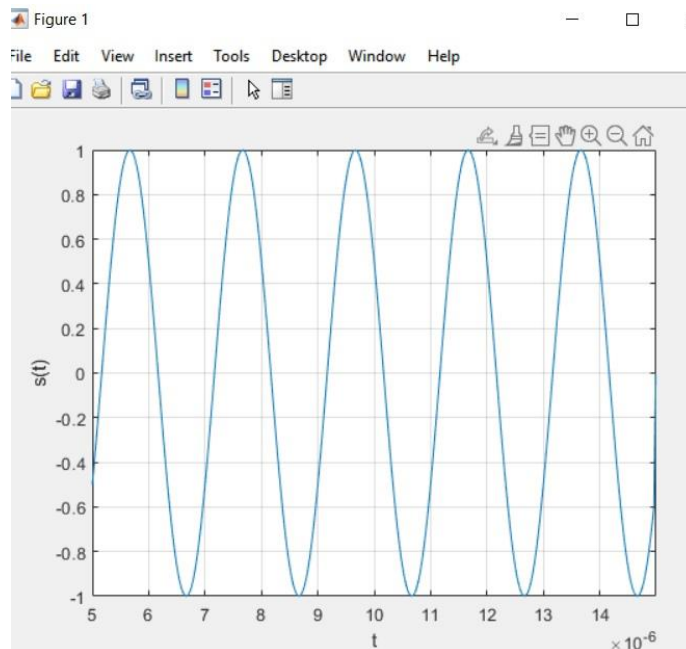


Рисунок 6 – Анализируемый сигнал

Сравнение графиков дифференциала представлено на рисунке 7.



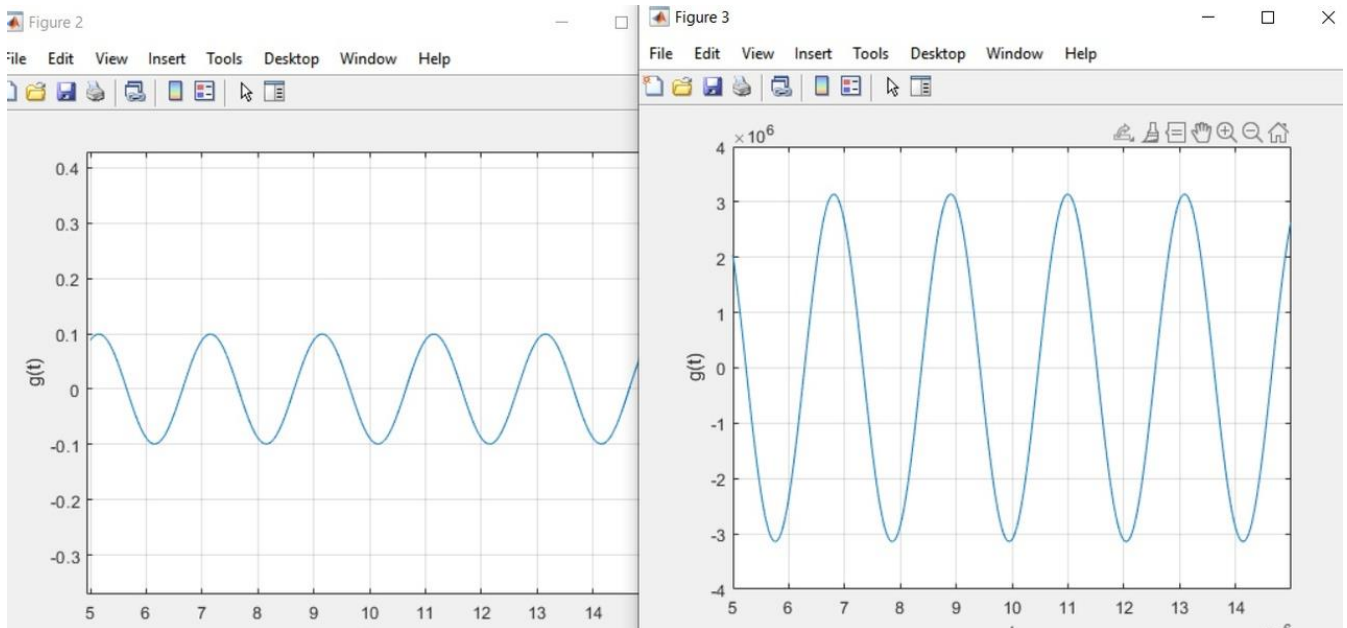


Рисунок 7 – Графики дифференциала

Полученные значения характеристик при частоте дескритизации  $= 5 \cdot 10^6$ :

- $I = 2.75 \cdot 10^{-12}$ ;
- $s = 2.73 \cdot 10^{-7}$ ;
- $E = 0.4999 \cdot 10^{-6}$ ;
- $P = 0.4995$ .

Значения, посчитанные аналитически:

- $I = 2.65 \cdot 10^{-12}$ ;
- $\bar{s} = 2.65 \cdot 10^{-7}$ ;
- $E = 0.4999 \cdot 10^{-6}$ ;
- $P = 0.4999$ .

Текст программы:

```
clear all
close all
clc
T=10*power(10,7);
dt=1/T;
x=15*power(10,-6);
t=5*power(10,-6):dt:x;
N=length(t);
S=zeros(1,N);

for n=1:N-1
```

```

if (t(n) >=5*power(10,-6)) && (t(n) <=15*power(10,-6))
S(n)=exp(5*power(10,-6)-t(n))1000*power(10,3*pi*t(n)+pi/3);
else S(n)=0;
end
end
figure ()
plot(t,S);
grid on
xlabel('t')
ylabel('s(t)')

for n=1:N-1
int(n)=(S(n)+S(n+1))/2;
end
I=dt*sum(int);

for n=1:N-1
g(n)=S(n+1)-S(n)
end
g(N)=0;
figure ()
plot(t,g);
grid on
xlabel('t')
ylabel('g(t)')
figure ();
a=power(10,6)*pi*sin((3*power(10,6)*t+pi)/3)+cos((1000*power(10,3)*t+pi)/1000);
b=-exp(2*power(10,-5)-t);
ab=a.*b;
plot(t,ab);
grid on
xlabel('t')
ylabel('g(t)')

midS =sum(S(n))/N;

for n=1:N-1
e(n)=power(S(n),2);
end
E=dt*sum(e);

p=sum(e)/N;

```

**Вывод:** в ходе выполнения лабораторной работы были получены навыки моделирования сигналов в современных средах компьютерной математики.