

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электронных вычислительных средств

Лабораторная работа № 3  
« ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ »

Вариант № 6

Проверил:  
Рыбенков Е. В.

Выполнили:  
ст. гр. 850701  
Филипцов Д.А.  
Кукьян И.В.

Минск 2020

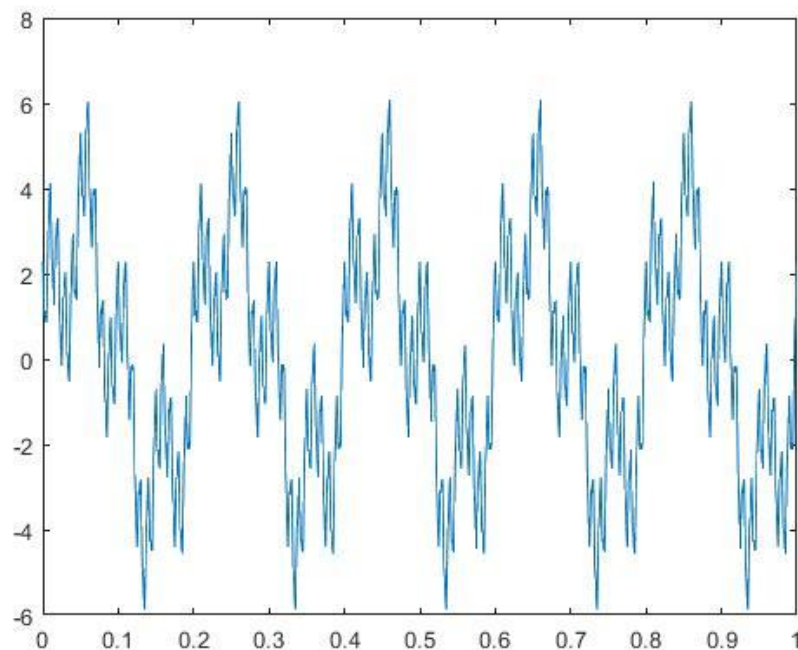
## 1. Цель работы

Изучение дискретного преобразования Фурье (ДПФ) и его свойств, получение практических навыков использования ДПФ в пакете Matlab.

## 2. Выполнение работы

2.1. Разработать функцию DFT, вычисляющую ДПФ от входного вектора, не используя функцию Matlab `fft`, и рисующую графики действительной и мнимой частей результата преобразования. Сравните результаты работы с функцией Matlab `fft`.

```
function [x,t] =  
gen_sig(Fs,om1,om2,om3,om4,fi1,fi2,fi3,fi4,amp1,amp2,amp3,amp4)  
%GEN_SIG генерирует сигнал, состоящий из суммы синусоид  
%fi should be in degrees  
  
t = 0:1/Fs:1;  
fi1 = fi1*(pi/180); fi2 = fi2*(pi/180); fi3 = fi3*(pi/180);  
fi4 = fi4*(pi/180);  
x = amp1*sin(2*pi*om1*t + fi1) + amp2*sin(2*pi*om2*t + fi2)  
+ amp3*sin(2*pi*om3*t + fi3) + amp4*sin(2*pi*om4*t + fi4);  
end  
  
%% Task 1  
[x,t] =  
gen_sig(1000,5,20,100,300,0,30,120,90,3,1.9,1.2,0.3);
```



```

function [X, N] = dft(x)

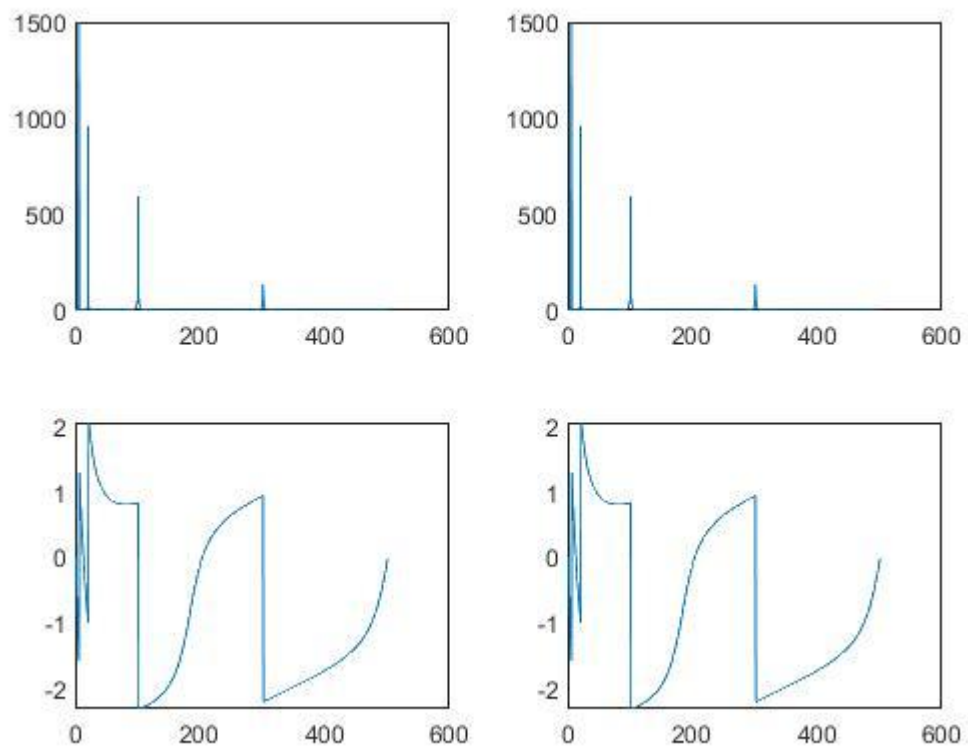
if mod(length(x),2) == 0
    N = length(x);
else
    N = length(x)-1;
end

N = N/2+1;
n = 0:(length(x)-1);
X = zeros(1,N);

for k = 0:(N-1)
    X(k+1) = sum(x(n+1).*exp(-1i*2*pi*k*n/length(x)));
end

end

```



2.2. Предположим, что задан сигнал  $x[n]$  и значения ДПФ сигнала  $X(k)$ . Разработайте в среде Matlab функцию  $[sA, cA] = \text{SinCosAmps}(X)$ , которая из комплексных значений  $X(k)$  вычисляет амплитуды косинусов и синусов, на которые раскладывается сигнал  $x[n]$ . Если входной сигнал имеет размерность  $N$ , то выходные массивы должны иметь размерность  $N/2+1$ .

```
%% Task 2
[Y,N] = dft(x);
[cA, sA] = SinCosAmps(Y);

function [cA, sA] = SinCosAmps(X)
cA = real(X);
sA = imag(X);
end
```

2.3. Напишите функцию, которая выполняет синтез сигнала из амплитуд косинусов и синусов, полученных функцией `SinCosAmps`. Проверьте работу функции.

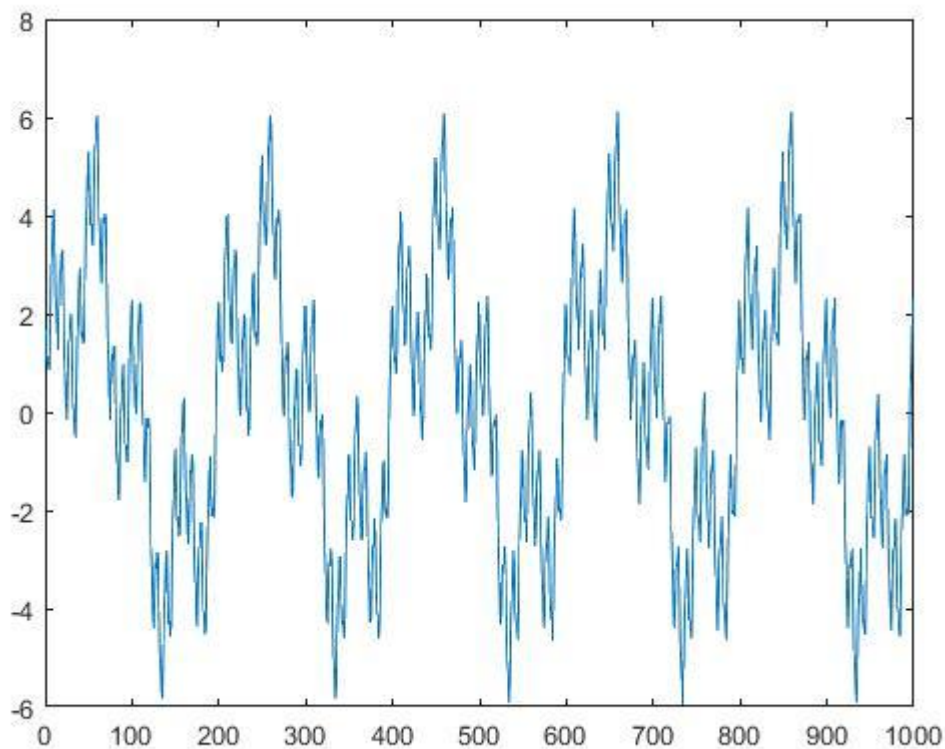
```
%% Task 3
```

```
x1 = sintez(cA, sA);  
figure;  
plot(x1);
```

```
function x = sintez(cA, sA)
```

```
N = (length(cA)-1)*2;  
x = zeros(1,N);  
k = 0:N/2;  
cAn = cA./(N/2);  
sAn = sA./(-N/2);  
cAn(1) = cAn(1)/2;  
cAn(N/2+1) = cAn(N/2+1)/2;
```

```
for n = 1:N  
    x(n) = sum(cAn.*cos(2*pi*n/N.*k)) +  
    sum(sAn.*sin(2*pi*n/N.*k));  
end  
end
```

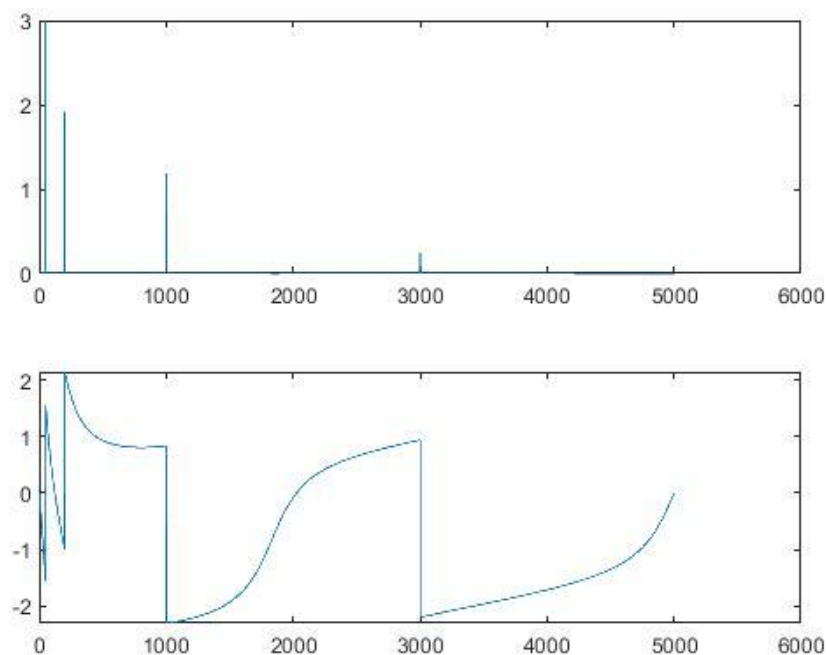


2.4. Напишите функцию которая преобразует комплексные значения ДПФ сигнала  $X(k)$  в гармонические параметры  $M$  и  $\phi$ . Если  $X(k)$  имеет размерность  $N$ , то размерность массивов  $M$  и  $\phi$  должны быть  $N/2+1$ . Используя разработанную функцию произвольного сигнала  $x[n]$ , постройте амплитудный и фазовый спектр сигнала.

```
function [Mk, fik] = harm_param(X)
[cA, sA] = SinCosAmps(X);
N = (length(cA)-1)*2;
cAn = cA./(N/2);
sAn = sA./(-N/2);
cAn(1) = cAn(1)/2;
cAn(N/2+1) = cAn(N/2+1)/2;
Mk = sqrt(cAn.^2 + sAn.^2);
fik = atan2(-sAn, cAn);
end
```

```
%% Task 4
```

```
[Mk, fik] = harm_param(Y);
figure;
subplot(2,1,1);
plot(0:length(Mk)-1, Mk);
subplot(2,1,2);
plot(0:length(fik)-1, fik);
```



2.5. Напишите функцию которая выполняет синтез сигнала из гармонических параметров  $M$  и  $\varphi$ . Проверьте работу функции.

```
%% Task 5
```

```
x2 = sintez_harm(Mk, fik);
```

```
figure;  
plot(x2);
```

```
function x = sintez_harm(Mk, fik)
```

```
N = (length(Mk)-1)*2;
```

```
x = zeros(1,N);
```

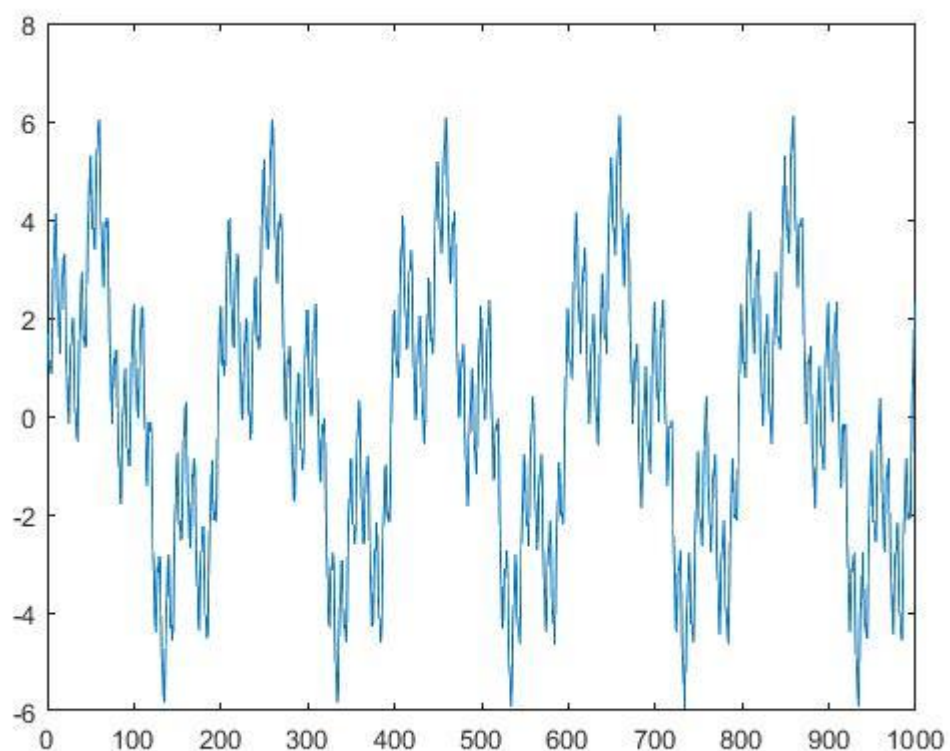
```
k = 0:N/2;
```

```
for n = 1:N
```

```
    x(n) = sum(Mk.*cos((2*pi*n/N).*k + fik));
```

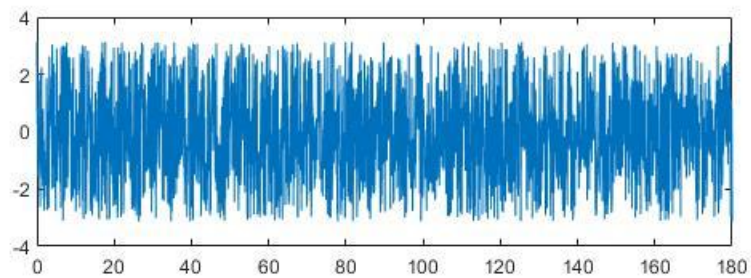
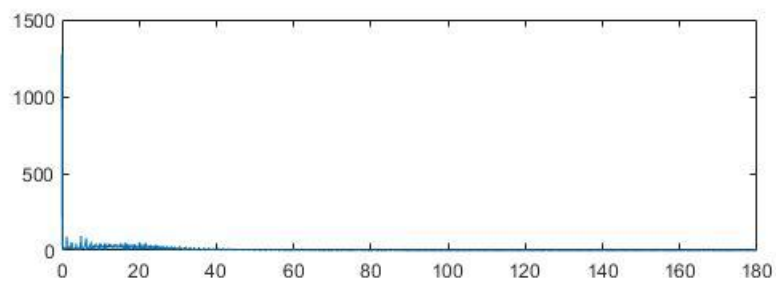
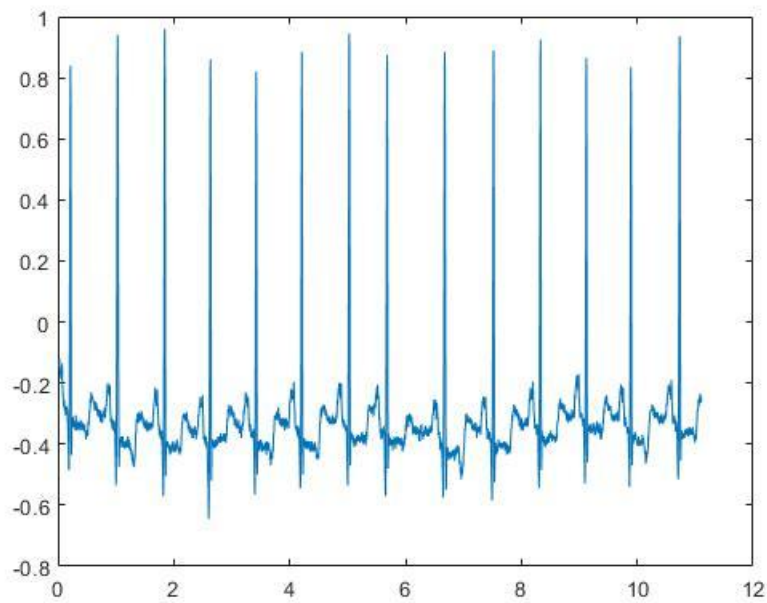
```
end
```

```
end
```



2.6. Используя функцию из задания 2.5, выполнить Фурье-анализ ЭКГ-сигнала. Построить график сигнала во временной и частотных областях.

```
load('ecg_data');  
x = ecg_data';  
Fs = 360;  
n = (1:length(x))./Fs;  
[Y,N] = dft(x);  
t = 0:Fs/2/(N-1):Fs/2;
```





2.7.Используйте функцию из задания 2.5 и 2.6 для изменения тембра рече-  
вого сигнала.

```
[X,Fs] = audioread('female_high_11.wav');
X = X';
n = 512;
l = length(X)/n;
m = round(l) + (round(l)-1 ~= 0);
X1 = zeros(m,n);
X((length(X)+1):(n*m)) = zeros(1,(n*m)-(length(X)+1)+1);

for i = 1:m
    X1(i,:) = X(((i-1)*n + 1):(i*n));
end

[Y,N] = dft(X1(1,:));
Y = zeros(m,N);

for i = 1:m
    Y(i,:) = dft(X1(i,:));
end

Mk = zeros(m,N);
fik = zeros(m,N);

for i = 1:m
    [Mk(i,:), fik(i,:)] = harm_param(Y(i,:));
end

Mkp = zeros(m,N);
alpha = 7;

for i = 1:m
    Mkp(i,:) = ChangeTimbre(Mk(i,:),alpha);
end

Xk1 = zeros(m,n);

for i = 1:m
    Xk1(i,:) = sintez_harm(Mkp(i,:),fik(i,:));
end

Xk = zeros(1,n*m);
for i = 1:m
    Xk(((i-1)*n + 1):(i*n)) = Xk1(i,:);
end

norm_coef = 1/(2*alpha*(alpha > 1) + 1/alpha*(alpha < 1));
audiowrite('transform_voice.wav',Xk.*norm_coef,Fs);
```

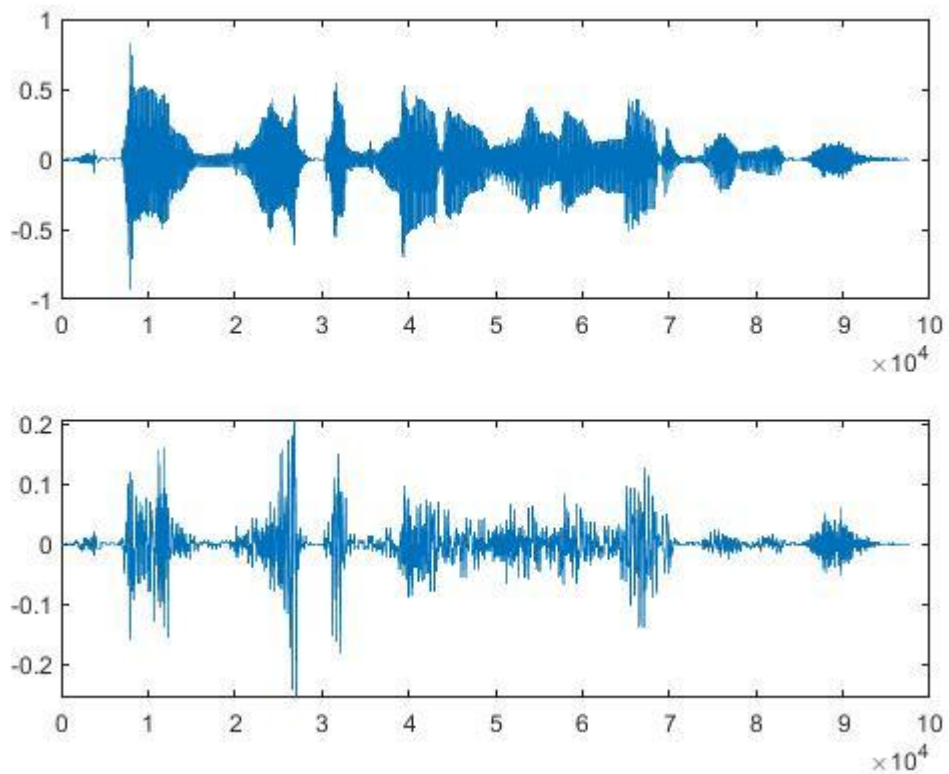


График исходного звукового сигнала (сверху) и преобразованного (снизу)

### 3. Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства, были получены практические навыки использования ДПФ в пакете Matlab. Были реализованы функции, выполняющие прямое и обратное ДПФ.