

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра обчислювальної техніки**

Лабораторна робота №2.1

з дисципліни

«Інтелектуальні вбудовані системи»

на тему

«Дослідження параметрів алгоритму дискретного перетворення Фур'є»

Виконав:

студент групи ІП-84

Голубов Іван

номер залікової книжки: 8404

Перевірів:

викладач

Регіда Павло Геннадійович

Київ 2021

Основні теоретичні відомості

В основі спектрального аналізу використовується реалізація так званого дискретного перетворювача Фур'є (ДПФ) з неформальним (не формульним) поданням сигналів, тобто досліджувані сигнали представляються послідовністю відліків $x(k)$

$$F_x(p) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot e^{-jk\Delta t p \Delta \omega}$$

$$\omega \rightarrow \omega_p \rightarrow p\Delta\omega \rightarrow p \quad \Delta\omega = \frac{2\pi}{T}$$

На всьому інтервалі подання сигналів T , 2π - один період низьких частот. Щоб підвищити точність треба збільшити інтервал T .

$$t \rightarrow t_k \rightarrow k\Delta t \rightarrow k; \quad \Delta t = \frac{T}{N} = \frac{1}{k_{\text{ан}}} \cdot f'_{\text{зр}}.$$

ДПФ - проста обчислювальна процедура типу звірки (тобто Σ -е парних множень), яка за складністю також має оцінку $N^2 + N$. Для реалізації ДПФ необхідно реалізувати поворотні коефіцієнти ДПФ:

$$W_N^{pk} = e^{-jk\Delta t \Delta \omega p}$$

Ці поворотні коефіцієнти записуються в ПЗУ, тобто є константами.

$$W_N^{pk} = e^{-jk \frac{T}{N} p \frac{2\pi}{T}} = e^{-j \frac{2\pi}{N} pk}$$

W_N^{pk} не залежать від T , а лише від розмірності перетворення N . Ці коефіцієнти подаються не в експоненційній формі, а в тригонометричній.

$$W_N^{pk} = \cos\left(\frac{2\pi}{N} pk\right) - j \sin\left(\frac{2\pi}{N} pk\right)$$

Ці коефіцієнти повторюються (тому і p до $N-1$, і k до $N-1$, а $(N-1) \cdot (N-1)$) з періодом $N(2\pi)$. Т.ч. в ПЗУ треба зберігати N коефіцієнтів дійсних і уявних частин. Якщо винести знак коефіцієнта можна зберігати $N/2$ коефіцієнтів.

$2\pi/N$ - деякий мінімальний кут, на який повертаються ці коефіцієнти. У ПЗУ окремо зберігаються дійсні та уявні частини компліують коефіцієнтів. Більш загальна форма ДПФ представляється як:

$$F_x(p) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot W_N^{pk}$$

Коефіцієнти зручно представити у вигляді таблиці:

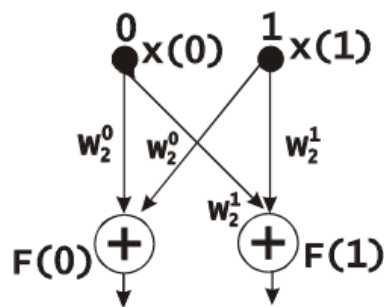
$\begin{matrix} p \\ k \end{matrix}$	0	1	2	3
0	W_4^0	W_4^0	W_4^0	W_4^0
1	W_4^0	W_4^1	W_4^2	W_4^3
2	W_4^0	W_4^2	W_4^0	W_4^2
3	W_4^0	W_4^3	W_4^2	W_4^1

Різних тут всього 4 коефіцієнта:

$$W_4^0 = \cos\left(\frac{2\pi}{4} \cdot 0\right) - j\sin\left(\frac{2\pi}{4} \cdot 0\right) = 1 \quad (W_4^1 = -j; W_4^2 = -1; W_4^3 = +j)$$

Можна в пам'яті зберігати тільки 2, а решта брати з "-", якщо $\frac{N}{2} - 1 < pk$. 4 ДПФ це вироджені перетворення, по модулю ці коефіцієнти = 1 і всі 4 ДПФ можуть реалізуватися на 24-х суматора. Це буде далі використовуватися в реалізації ШПФ з основою 4.

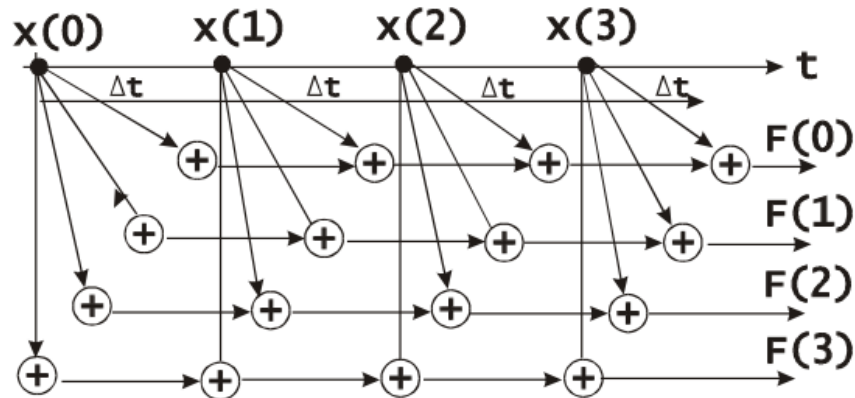
2ДПФ реалізується ще простіше:



$$(W_2^0 = +1; W_2^1 = -1)$$

Спеціальна схема реалізації ДПФ з активним використанням пауз між відліками

При реалізації ДПФ можна організувати обробку в темпі надходження даних. Реалізація схеми в БПФ з активним використанням пауз на 4-х точках виглядає так:



Ця схема сильно залежить от Δt и N .

Завдання на лабораторну роботу

Для згенерованого випадкового сигналу з Лабораторної роботи N 1 відповідно до заданого варіантом (Додаток 1) побудувати його спектр, використовуючи процедуру дискретного перетворення Фур'є. Розробити відповідну програму і вивести отримані значення і графіки відповідних параметрів.

Варіант-04

Число гармонік в сигналі: 12.

Гранична частота: 2400.

Кількість дискретних відліків: 1024

Лістинг програми

$N = 1024;$

$Fd=1024;$ % Частота дискретизации (Гц)

$FftL=1024;$ % Количество линий Фурье спектра

$disp('Лаб №2.1')$

$F1 = complex(zeros(1,N));$

for $p=1:N$

 for $k = 1:N$

$F1(1,p) = F1(1,p) + x(k) * (\cos(-2 * \pi * p * k / N) - \sin(-2 * \pi * p * k / N) * 1i);$

 end

```

end
FftS1=abs(F1);% Амплитуды преобразования Фурье сигнала

FftS1=2*FftS1./FftL;% Нормировка спектра по амплитуде
FftS1(1)=FftS1(1)/2;% Нормировка постоянной составляющей в спектре
F=0:Fd/FftL:Fd/2-1/FftL;% Массив частот вычисляемого спектра Фурье

figure
plot(F,FftS1(1:length(F)));% Построение спектра Фурье сигнала
hold on;
title('Спектр сигнала (ДПФ)');
xlabel('Частота');
ylabel('Амплитуда');

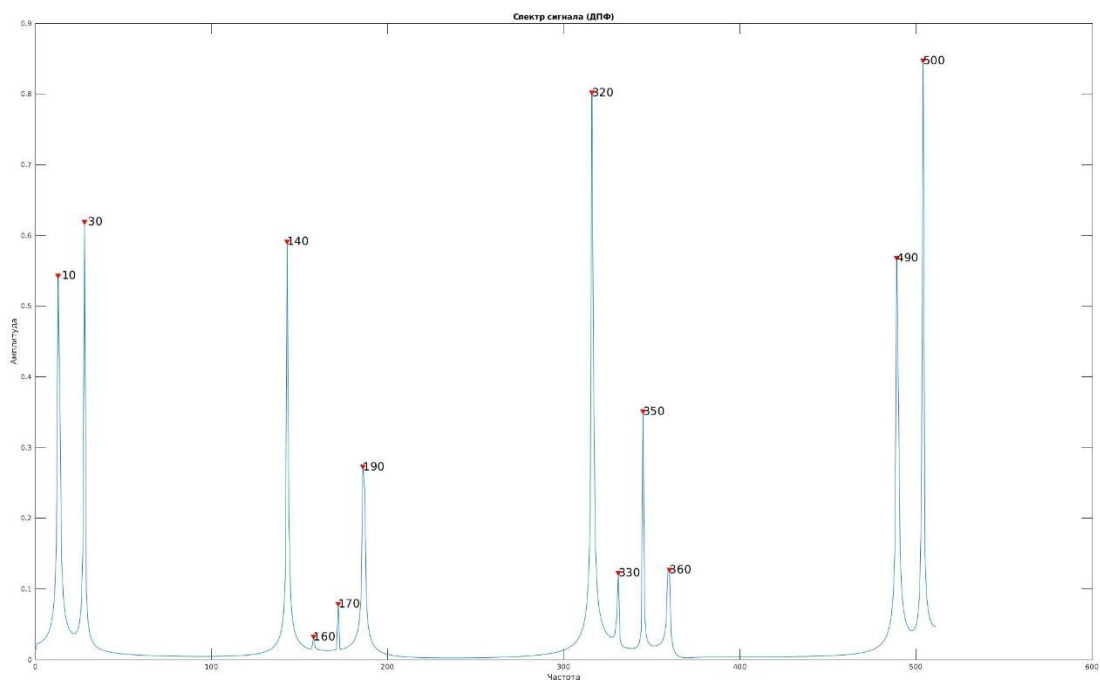
Xpositive1 = FftS1(1:length(F));

[~,locs1] = findpeaks(Xpositive1,'MinPeakHeight',0.02,...
    'MinPeakDistance',2);

plot(F(locs1),Xpositive1(locs1),'rv','MarkerFaceColor','r');
cellpeaks = cellstr(num2str(round(F(locs1)',-1)));
text(F(locs1),Xpositive1(locs1),cellpeaks,'FontSize',16);
hold off;

```

Результати роботи програми



Висновки

Під час даної лабораторної роботи я ознайомився з принципами реалізації спектрального аналізу випадкових сигналів на основі алгоритму перетворення Фур'є, вивчив та дослідив особливості даного алгоритму з використанням засобів моделювання і сучасних програмних оболонок.