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 №1.1

з дисципліни
«Інтелектуальні вбудовані системи»

на тему
«Дослідження і розробка моделей випадкових сигналів.

Аналіз їх характеристик»

Виконав:

студент групи ІП-84
Голубов Іван
номер залікової книжки: 8404

Перевірив:

викладач
Регіда Павло Геннадійович

Київ 2021

Основні теоретичні відомості

СРЧ обов'язково пов'язані з деякою зовнішнім середовищем. СРЧ забезпечуєконтроль за зміною параметрів зовнішнього середовища і в ряді випадків забезпечує управління параметрами середовища через деякі впливу на неї. Параметри середовища представляються деякою зміною фізичного середовища. При вимірах фізичного параметра ми отримуємо певний електричний сигнал на вході вимірювального датчика.

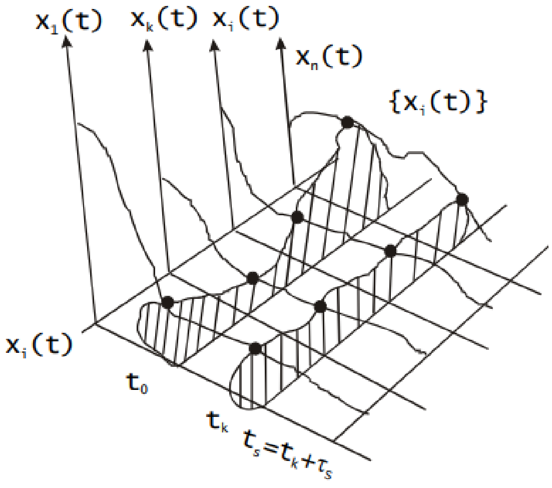
Для подання такого електричного сигналу можна використовувати різні моделі. Найкращою моделлю досліджуваного сигналу є відповідна математична інтерпретація випадкового процесу. Випадковий сигнал або процес завжди представляється деякою функцією часу $x(t)$, значення якої не можна передбачити з точністю засобів вимірювання або обчислень, які б кошти моделі ми не використовували. Для випадкового процесу його значення можна передбачити лише основні його характеристики: математичне сподівання $M_x(t)$, дисперсію $D_x(t)$, автокореляційну функцію.

Ці характеристики для випадкового нестаціонарного процесу теж є функціями часу, але вони детерміновані. Для оцінки цих характеристик використовуються СРВ, які повинні обробити значну кількість інформації; для отримання їх при нестаціонарному процесі необхідно мати безліч реалізацій цього процесу.

При наявності такого ансамблю реалізації можуть бути обчислені значення $M_x(t)$ та інші для кожного конкретного часу t_k

Математичне сподівання $M_x(t)$ для конкретного часу t_k визначається першим початковим моментом, випадкової величини $x(t_k)$, ка називається перерізом випадкового процесу, її значення представлені у відповідному перерізі, усереднення проводиться по ансамблю:

$$M_x(t_к) = \lim_{N\to\infty} \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} x_i(t_k)$$



Аналогічним способом обчислюється і дисперсія $D_x(t)$, у якої конкретне t_k оцінюється 2-м центральним моментом у відповідності з $x(t_k)$.

Властивість ергодичності стаціонарного випадкового процессу

Багато досліджуваних випадкових процесів та сигналів є стаціонарними, тобто вони з плином часу не згасають і не розгойдуються, тобто можна виділити $x_{\max}$ і $x_{\min}$, що є детермінантами. Випадковий процес $x(t)$ називається стаціонарним, якщо його основні характеристики $M_x(t), D_x(t), R_{xx}(t,\tau)$ не залежать від часу їх зміни.

Для стаціонарного випадкового процесу $M_x = const$, $D_x = const$, а $R_{xx}(\tau)$ - залежить тільки від τ Для доказу того, що процес є стаціонарним зазвичай використовується вимірювання автокореляційної функції. Вона має вигляд:

$$R_{xx}(0) = D_x$$

Якщо $R_x(\tau) \to 0$, то це свідчить про те, що процес стаціонарен, має властивість ергодичності (інваріантності) або збереження енергії по відношенню до схеми обчислення його характеристик, тобто для стаціонарного сигналу можемо перейти при обчисленні характеристик від усереднення по ансамблю до усереднення за часом.

$$M_x = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} x_i(t_k) = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{n} x_i(t_k)$$

для $x(t_k)$ перетину (одного перетину) в межах $x_i(t)$ (однієї $i - мой$ реалізації)

$$D_x = \lim_{N\to 0} \cdot \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} x_i(t_k) - M_x)^2 = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=0}^{n} (x_i(t_k) - M_x)^2 \geq 0$$

в межах перетину $x(t_k)$ для однієї $x_i(t)$ реалізації

Завдання на лабораторну роботу

Згенерувати випадковий сигнал по співвідношенню відповідно до варіанту по таблиці і розрахувати його математичне сподівання і дисперсію.

Розробити відповідну програму і вивести отримані значення і графіки відповідних параметрів.

Генератор стаціонарного випадкового сигналу представлений як:

$$\overset{0}{x}(t) = \sum_{p=0}^{m} A_p \cdot \sin(w_p \cdot t + \varphi_p)$$

$p \to W_p$ - спектральні складові сигналу з частотою W_p, що змінюється від $p = 0, m$, W_m - верхня частотна складова; кількість складових від 6 до 10.

$A_p - random$ - амплітуда;

$\varphi_p - random$ - фаза.

Далі отриманий випадковий сигнал $x(t)$ представляється послідовністю дискретних відліків:

$x(t) \to \{x(t_k)\}, k = \overline{0, N}$

$t \to t_k \to k \cdot \Delta t \to k$

$\Delta t +$ вибирається як:

$$\Delta t = \frac{1}{k_{зап} \cdot f_{вн}} \qquad k_{зап} = 3 - 5$$

Варіант-04

Число гармонік в сигналі: 12.

Гранична частота: 2400.

Кількість дискретних відліків: 1024

Лістинг програми

signal_generator.m

```
function x = signal_generator(n, N)
omega0 = 2400;
x= zeros(1,N);
t = 0:N-1;
for i = 1:n
    A = rand();
    fi = rand();
    omega = (omega0/n)*(i);
    x(1,t+1) = x(1,t+1) + A*sin(omega*t+fi);
end
end
```

MD.m

```
classdef MD
```

```
methods (Static)
    function plot_signal (x)
        plot(x);
        title('Случайный сигнал')
        xlabel('t')
        ylabel('x(t)')
        saveas(gcf, './res/signal.jpg')
    end
    function M (x)
        M=mean(x);
        fprintf('Математическое ожидание\n M = %f\n\n',M);
    end
    function D (x)
        Dx=var(x);
        fprintf('Дисперсия\n D = %f\n\n',Dx);
    end
    function a= On ()
        a= zeros(2,120);
        for n = 1:120
            y= @() signal_generator(n,1024);
            a(1,n) = n;
            a(2,n) = timeit(y);
        end
        figure
        plot(a(2,:));
        title('Сложность алгоритма')
        xlabel('n')
        ylabel('O(n)')
        saveas(gcf, './res/On.jpg')
    end
    function Mx (k)
        b=zeros(1,k);
        c=1:k;
        for p=1:k
            b(1,p)=mean(signal_generator(12, p));
        end
        figure
        plot(c, b(1,:));
        title('зависимость мат ожидания от количества дискретных отсчетов')
```

```
            xlabel('N')
            ylabel('Mx')
            saveas(gcf, './res/MxN.jpg')
        end
        function [c,lags] = corr (x)
            [c,lags] = xcorr(x,'normalized');
        end
        function t= time_f (f, title_f)
            t=timeit(f);
            fprintf('Время выполнения %s функции\nt(%s) = %f\n\n',title_f,title_f,t);
        end
        function [c,lags] = two_corr (x, x1)
            [c,lags] = xcorr(x,x1,'normalized');
        end
        function plot_corr (lags, c, title_s)
            figure
            plot(lags,c)
            title('Нормированная %s функция', title_s)
            xlabel('τ')
            ylabel('Ψ(τ)')
            saveas(gcf, sprintf('./res/norm_%s.jpg',title_s))
        end
        function writeOn (a)
            writematrix(a,'O.csv');
        end
        function difference_time (t,t1, title_f, title_f1)
            fprintf('Соотношение времени выполнения %s и %s
функций\nt(%s)/t(%s)  = %f\n\n',title_f, title_f1, title_f, title_f1,t/t1);
        end
    end
end
```
lab1.m

```
x = signal_generator(12, 1024);
x1 = signal_generator(120, 1024);
MD.plot_signal(x);
MD.M(x);
MD.D(x)
a=MD.On();
MD.Mx(2048);
[c,lags] = MD.corr (x);
```

```
[c1,lags1] = MD.two_corr (x, x1);
MD.plot_corr(lags,c,'автокорреляционная');
MD.plot_corr(lags1,c1,'взаимно-корреляционная');
t= MD.time_f (@ ()MD.corr (x),'автокорреляционной');
t1= MD.time_f (@ ()MD.two_corr (x, x1),'взаимно-корреляционной');
MD.difference_time (t,t1,'автокорреляционной','взаимно-корреляционной');
```

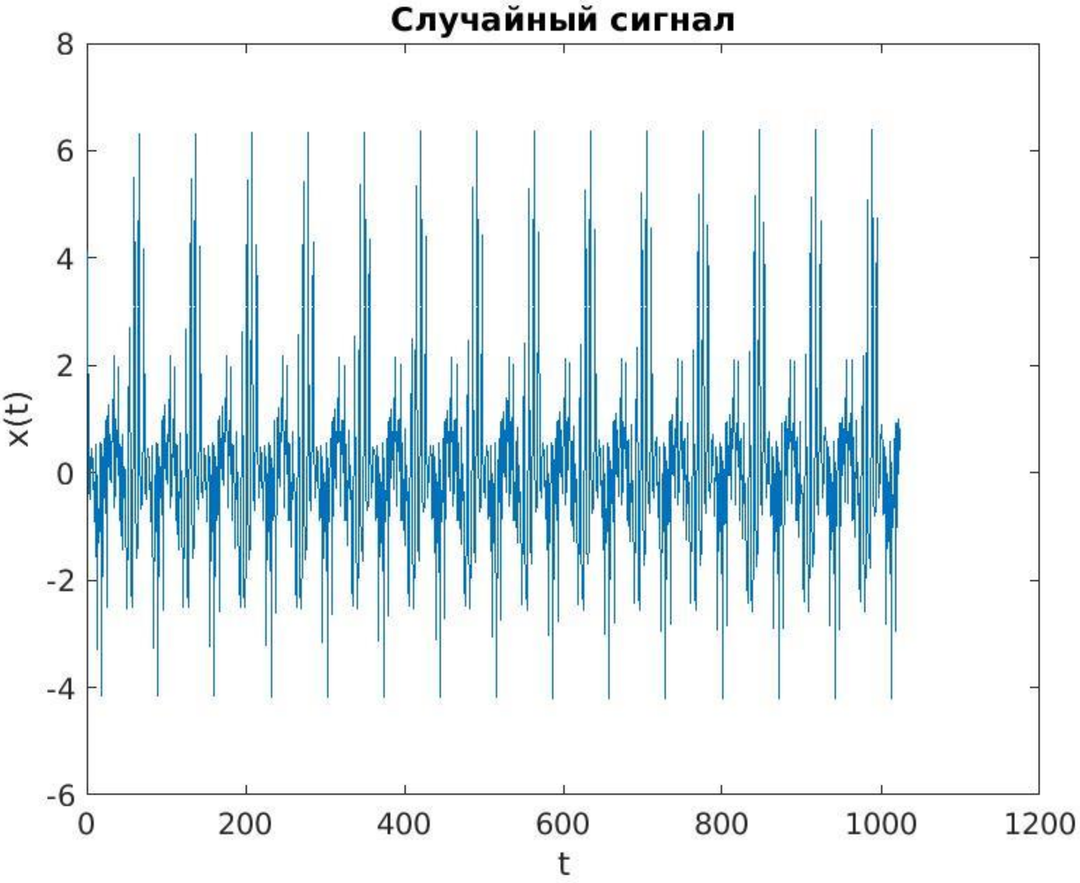
Результати роботи програми

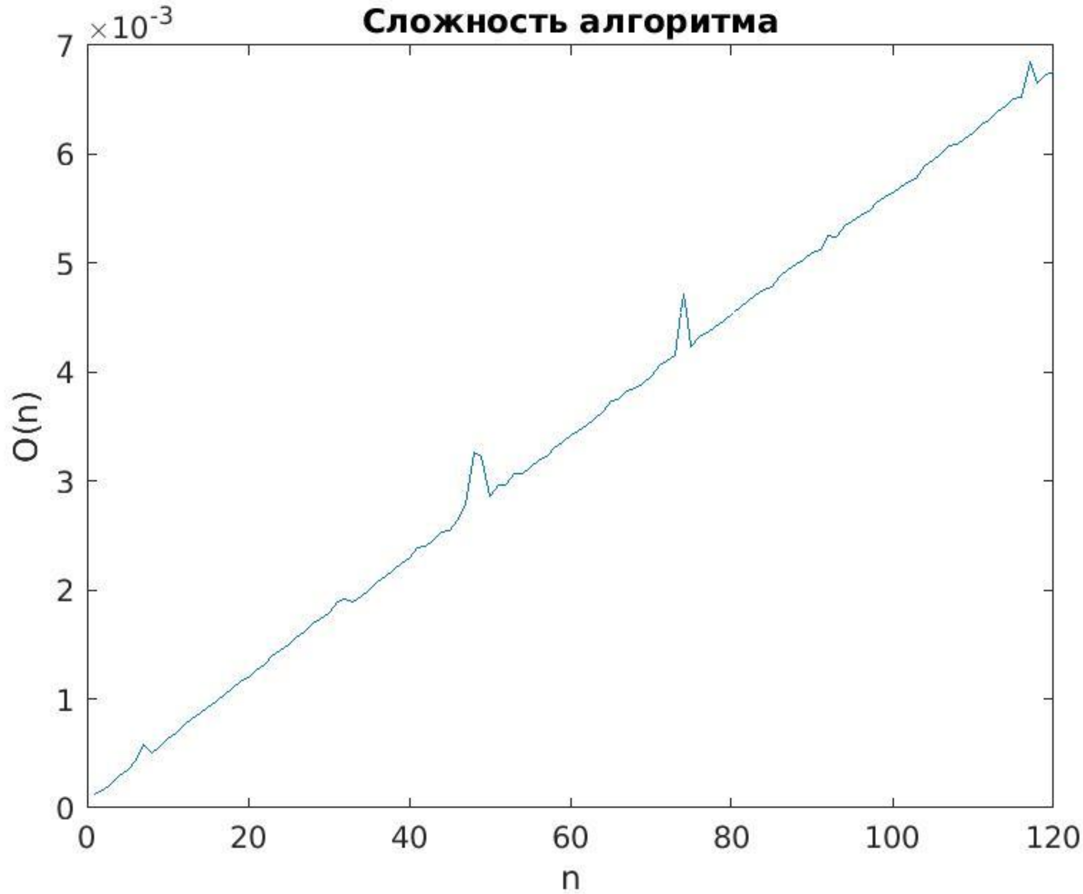
Математическое ожидание

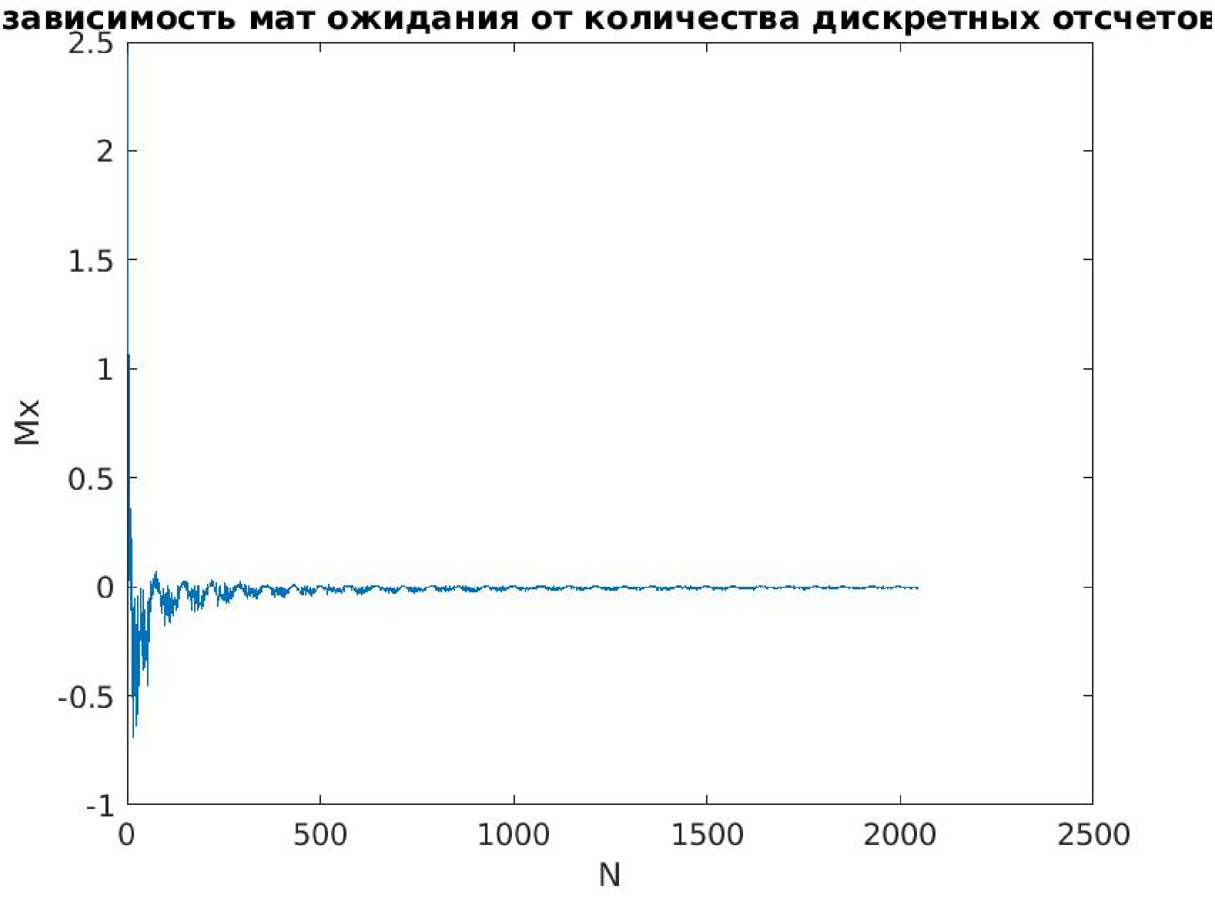
M = -0.003972

Дисперсия

D = 2.789221




Сложность алгоритма
×10^-3
7
6
5
4
3
2
1
0
O(n)
0
20
40
60
80
100
120
n


зависимость мат ожидания от количества дискретных отсчетов
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
Mx
0
500
1000
1500
2000
2500
N

Висновки

Під час даної лабораторної роботи я ознайомився з принципами генерації випадкових сигналів, вивчив та дослідив їх основні параметри з використанням засобів моделювання і сучасних програмних оболонок.