

**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

Перевірів:

викладач  
Регіда Павло Геннадійович

Київ 2021

## Основні теоретичні відомості

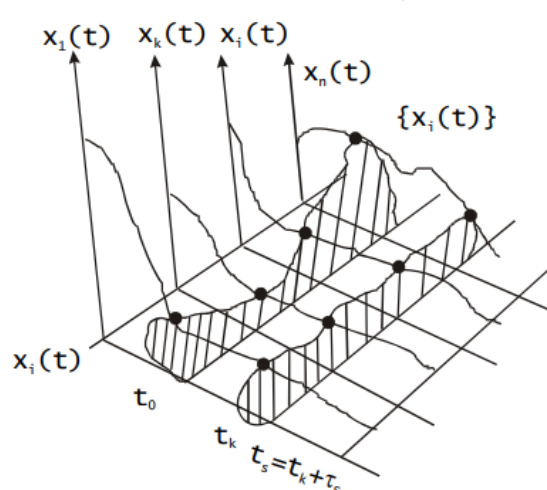
СРЧ обов'язково пов'язані з деякою зовнішнім середовищем. СРЧ забезпечує контроль за зміною параметрів зовнішнього середовища і в ряді випадків забезпечує управління параметрами середовища через деякі впливу на неї. Параметри середовища представляються деякою зміною фізичного середовища. При вимірах 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 нестационарного процесу теж є функціями часу, але вони детерміновані. Для оцінки цих характеристик використовуються СРВ, які повинні обробити значну кількість інформації; для отримання їх при нестационарному 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:

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


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

### Властивість ергодичності стаціонарного випадкового процесу

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

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

Якщо  $R_x(\tau) \rightarrow 0$ , то це свідчить про те, що процес стаціонарний, 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.

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

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

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

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:

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

$p \rightarrow W_p$  - 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:

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

$$t \rightarrow t_k \rightarrow k \cdot \Delta t \rightarrow k$$

$\Delta t$  + вибирається як:

$$\Delta t = \frac{1}{k_{зан} \cdot f_{ви}} \quad k_{зан} = 3 - 5$$

Варіант-04

Число гармонік в сигналі: 12.

Гранична частота: 2400.

Кількість дискретних відліків: 1024

### Лістинг програми

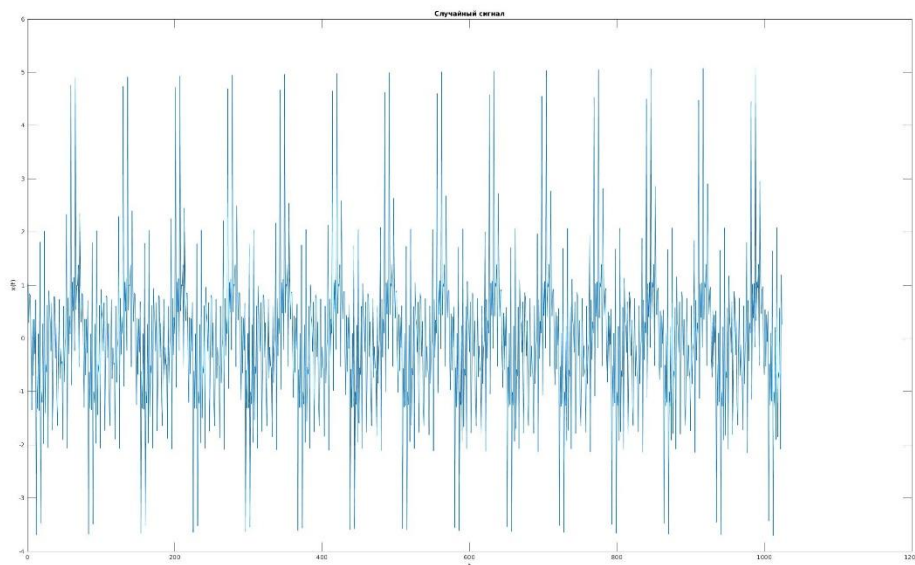
#### **signal\_generator.m**

```
function x = signal_generator(n)
omega0 = 2400;
N = 1024;
x = zeros(1,N);
t = 1:N;
for i = 1:n
    A = rand();
    fi = rand();
    omega = (omega0/n)*(i);
    x(1,t) = x(1,t) + A*sin(omega*t+fi);
end
end
```

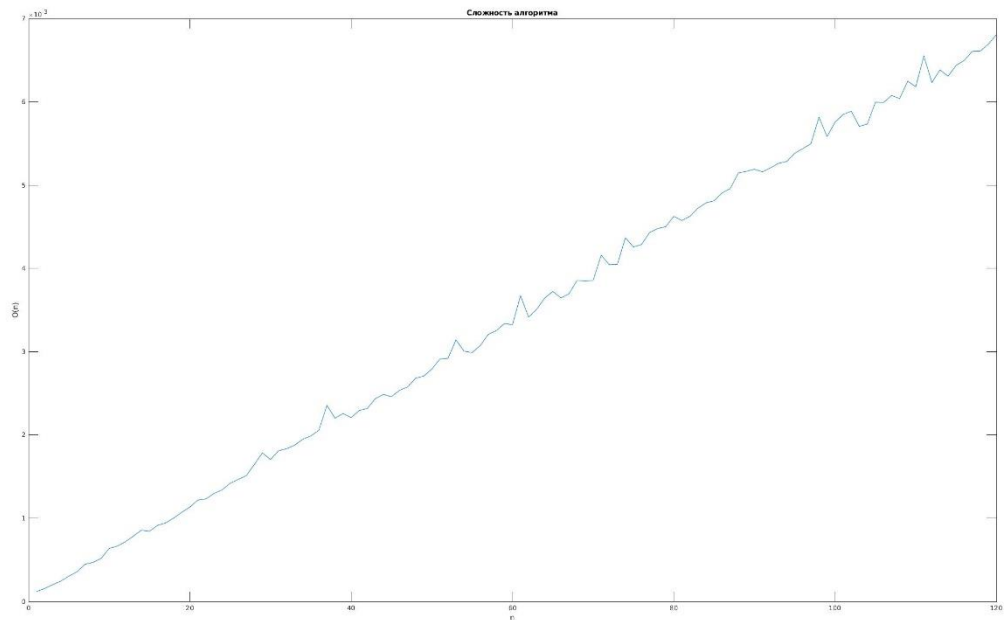
## lab1.m

```
x = signal_generator(12);  
plot(x);  
title('Случайный сигнал')  
xlabel('t')  
ylabel('x(t)')  
disp('Лаб №1')  
  
M=mean(x);  
fprintf('Математическое ожидание\n M = %f\n',M);  
Dx=var(x);  
fprintf('Дисперсия\n D = %f\n',Dx);  
  
a= zeros(2,120);  
for n = 1:120  
    y= @(n) signal_generator(n);  
    a(1,n) = n;  
    a(2,n) = timeit(y);  
end  
figure  
plot(a(2,:));  
title('Сложность алгоритма')  
xlabel('n')  
ylabel('O(n)')  
  
writematrix(a,'O.csv');  
x1 = signal_generator(120);
```

## Результаты работы программы



```
>> lab1
Лаб №1
Математическое ожидание
M = -0.010838
Дисперсия
D = 2.028756
```



### 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.