НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

Лабораторна робота №1.1

“Дослідження і розробка моделей випадкових сигналів. Аналіз їх характеристик”

Виконав:

студент групи ІП-84

ІП-8408

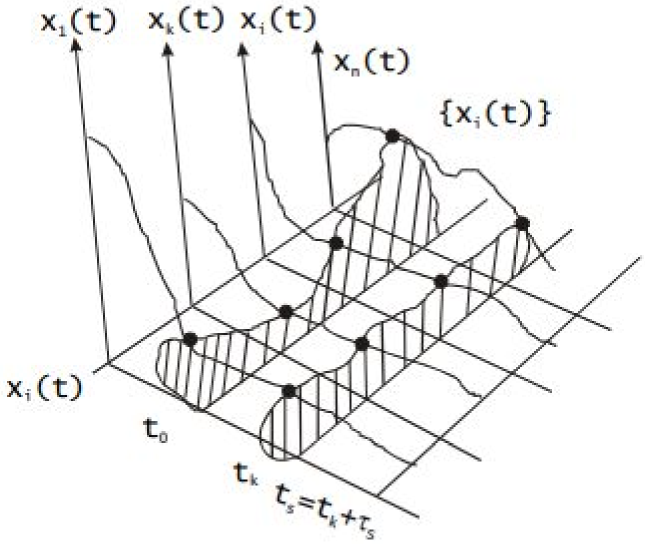
Засько Євгеній

Київ 2021

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 $R_{xx}(t, \tau)$, $R_{xy}(t, \tau)$. 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:

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



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 процесу Багато досліджуваних випадкових процесів та сигналів є стаціонарними, тобто вони з плином часу не згасають і не розгойдуються, тобто можна виділити max x і min x , 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 $R_{xx}(t, \tau)$ - 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 $R_x(\tau)$ -> 0, то це свідчить про те, що процес стационарен, 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 $i-той$ 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

Умови завдання для варіанту бригади

Згенерувати випадковий сигнал по співвідношенню (див. нижче) відповідно варіантом по таблицею (Додаток 1) і розрахувати його математичне сподівання і дисперсію. Розробити відповідну програму і вивести отримані значення і графіки відповідних параметрів. Генератор стаціонарного випадкового сигналу представлений як:

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

$p \rightarrow W_p$ - спектральні складові сигналу з частотою W_p, що змінюється від $p = \overline{0,m}$, 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:

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

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

Δt + вибирається як:

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

Лістинг програми із заданими умовами завдання

Код генерації сигналу:

```
class SignalGenerator(
    private val harmonic: Int,
    private val frequency: Int,
    private val discreteCountDown: Int,
) {
    fun generate(): Map<Double, Double> {
        val res = mutableMapOf<Double, Double>()

        for (i in 0 until harmonic) {
```

```
            val currentFreq = (i + 1) * frequency / harmonic

            val a = Random.nextDouble(0.0, 1.0)
            val fi = Random.nextDouble(-Math.PI, Math.PI)

            for (j in 0..discreteCountDown) {
                val t = j.toDouble()
                res[t] = res.getOrDefault(t, 0.0) + a * sin(currentFreq * t + fi)
            }
        }

        return res
    }
}
```

Код відмалювання графіку:

```
class PlotsDrawer {
    fun createPlot(
        values: Map<Double, Double>,
        xaxis: String,
        yaxis: String
    ) {
        val xValues = values.keys
        val yValues = values.values

        val plot = Plotly.plot {
            trace {
                x.set(xValues)
                y.set(yValues)
            }
            layout {
                width = 1900
                height = 800
```

```
            margin {
                l = 20
                t = 20
                r = 20
                b = 20
            }

            xaxis {
                title = xaxis
            }

            yaxis {
                title = yaxis
            }
        }
    }

    plot.makeFile()
  }
}
```

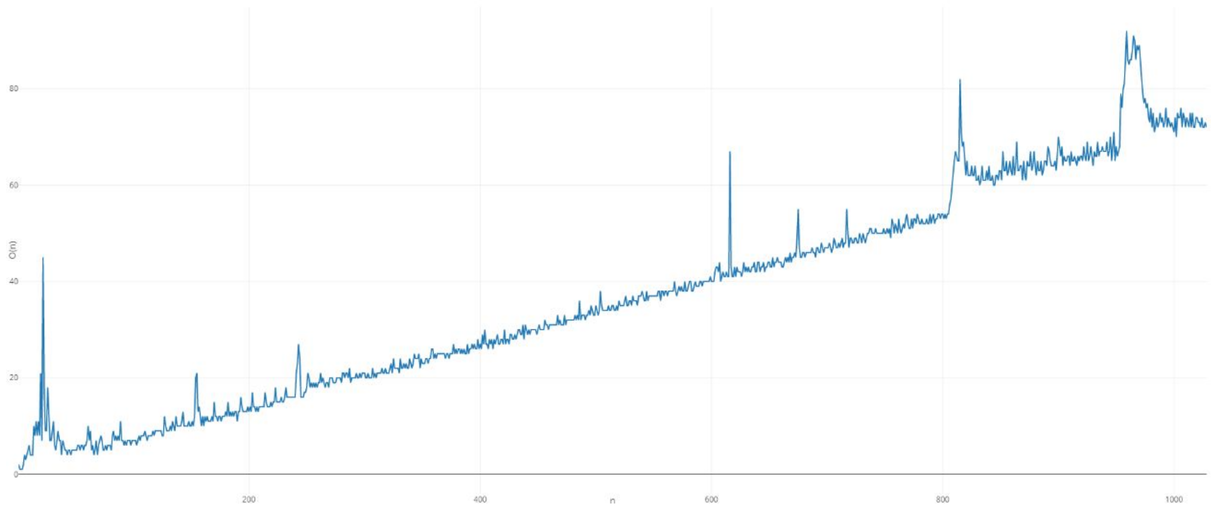
Код обчислення мат. очікування та дисперсії:

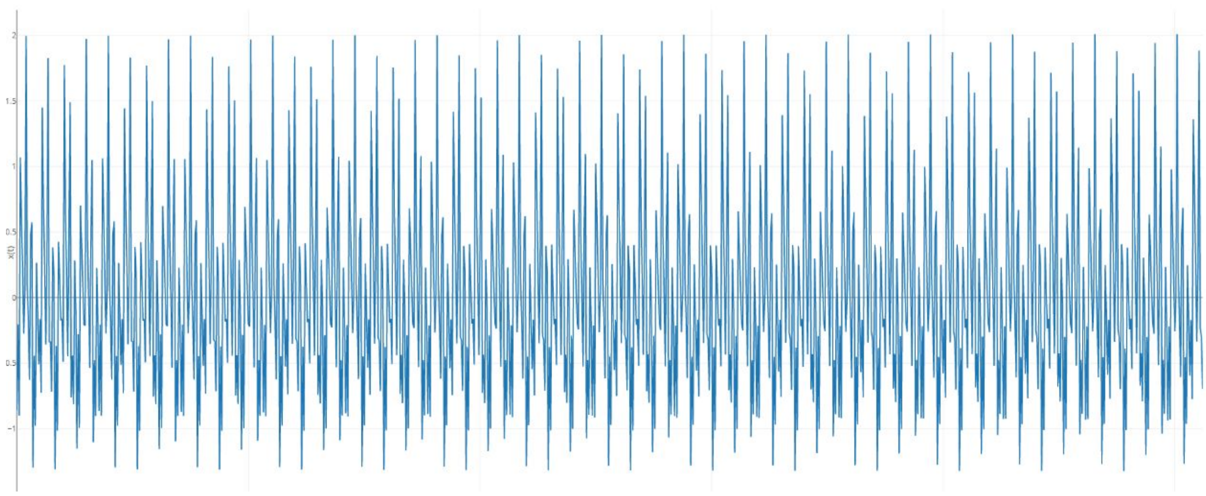
```
class Calculations {
  // Мат ожидание
  fun generateExpectedValue(data: Map<Double, Double>) = data.values.sum() / data.size

  fun generateDispersion(data: Map<Double, Double>): Double {
    val m = generateExpectedValue(data)

    return data.values.sumByDouble { x -> (x - m).pow(2.0)  } / (data.size - 1)
  }
}
```

Этот же код, только на гитхабе:
https://github.com/NeProgramist/Embedded/tree/master/lab1-1

. Результати виконання кожної програми

```
-----------------------------------
m = -0.0014668141147239866
d = 0.6629212607898438
time = 39
-----------------------------------
```





Висновки щодо виконання лабораторної роботи

На цій лабораторній роботі було досліджено принцип генерації випадкових сигналів, була розроблена програма, яка генерує сигнали та відображає їх на графіку. Також вираховує мат очікування та дисперсію сигналу, вимірює час генерації сигналу.