МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1
по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»
Тема: Дискретные сигналы

Студенты гр. 8383	____________	Ларин А.
	____________	Бобенко Н. С.
Преподаватель	____________	Середа А. И.

Санкт-Петербург
2021

Цель работы.

Изучить математическое описание дискретных сигналов и овладеть программными средствами их моделирования.

Основные теоретические положения.

В теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) принято разделять операции дискретизации по времени и квантования по уровню. Полагая операцию квантования отсутствующей, изучают дискретные сигналы и линейные дискретные системы (ЛДС), а затем, отдельно, – эффекты нелинейной операции квантования.

Дискретным называют сигнал, дискретный по времени и непрерывный по состоянию (уровню), который описывается последовательностью чисел бесконечной разрядности $x(nT)$ или $x(n)$, называемой коротко последовательностью. Значения $nT, n \in Z_{+¿¿}$, называют дискретным временем, где T – период дискретизации, а n – дискретным нормированным временем.

В теории ЦОС термины «дискретный сигнал» и «последовательность» употребляют в тождественном смысле.

Цифровым называют сигнал, дискретный по времени и квантованный по состоянию (уровню), который описывается последовательностью чисел конечной разрядности – квантованной последовательностью $\tilde{x}(nT)$ или $\tilde{x}(n)$. При компьютерном моделировании под дискретным сигналом условно понимают последовательность чисел максимально возможной разрядности, а под цифровым – последовательность чисел заданной разрядности.

Постановка задачи.

С помощью программных средств провести моделирование и анализ дискретных последовательностей. Результаты подкрепить соответствующими графиками и выводами.

Порядок выполнения работы.

1. Смоделировать единичный цифровой импульс $\delta_d(k)$ с выводом графиков на интервале дискретного времени $nT \in [0; (N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n \in [0; N-1]$. Пояснить взаимосвязь между дискретным и дискретным нормированным временем и различие между цифровым единичным импульсом и функцией Дирака.
2. Смоделировать дискретный единичный скачок $\sigma_d(k)$ с выводом графиков на интервале дискретного времени $nT \in [0; (N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n \in [0; N-1]$. Пояснить соответствие между дискретным единичным скачком и функцией Хэвисайда, а также чему равна частота дискретизации дискретного единичного скачка.
3. Смоделировать дискретную экспоненциальную функцию $s_1(k)$ с выводом графиков на интервале дискретного времени $nT \in [0; (N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n \in [0; N-1]$. Пояснить соответствие между дискретной и аналоговой экспонентами.
4. Смоделировать дискретный комплексный гармонический сигнал $s_2(k) = C \exp \exp(j\hat{\omega}_0 k)$ с выводом графиков вещественной и мнимой частей на интервале времени $n \in [0; N-1]$. Записать данный сигнал в виде комбинации двух вещественных последовательностей.
5. Вывести графики последовательностей $\delta_d(k)$, $\sigma_d(k)$ и $s_1(k)$, задержанных на m отсчетов, на интервале времени $n \in [0; N-1]$. Записать формулы задержанных последовательностей.
6. Смоделировать дискретный прямоугольный импульс $s_3(k)$:

$$s_3(k) = \{U, n_0 \le n \le n_0 + n_{imp} + 1\, 0, иначе$$

на основе дискретного единичного скачка с выводом графика на интервале времени $n \in [0; N-1]$. Пояснить как выполняется моделирование импульса.

7. Смоделировать линейную комбинацию дискретных гармонических сигналов $s_4(k)$:

$$s_4(k)=a_1 x_1(k)+a_2 x_2(k)+a_3 x_3(k),$$

где

$$x_i(k)=B_i \sin\sin(\hat{\omega} ik)$$

с выводом графиков последовательностей $x_i(k)$ и $s_4(k)$ на интервале времени $n\in[0;5N-1]$. Вычислить среднее значение, энергию и среднюю мощность последовательности $s_4(k)$. Пояснить, какие операции при моделировании линейной комбинации сигналов и как определяют указанные характеристики.

8. Смоделировать дискретную затухающую синусоиду $s_5(k)=|a|^k \cos\cos(\hat{\omega}_0 k)$и вывести график на интервале времени $n\in[0;N-1]$. Пояснить операции при моделировании данного сигнала.

9. Вывести график пяти периодов периодической последовательности $s_6(k)$ дискретных прямоугольных импульсов амплитуды U и длительности n_{imp} с периодом, вдвое большим длительности импульса. Пояснить операции при моделировании периодической последовательности.

10. Сделать выводы.

Выполнение работы.

1. Моделирование единичного цифрового импульса $\delta_d(k)$.

   Графики для интервала дискретного времени $nT\in[0;(N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n\in[0;N-1]$ представлены на рисунках 1.1, 1.2.

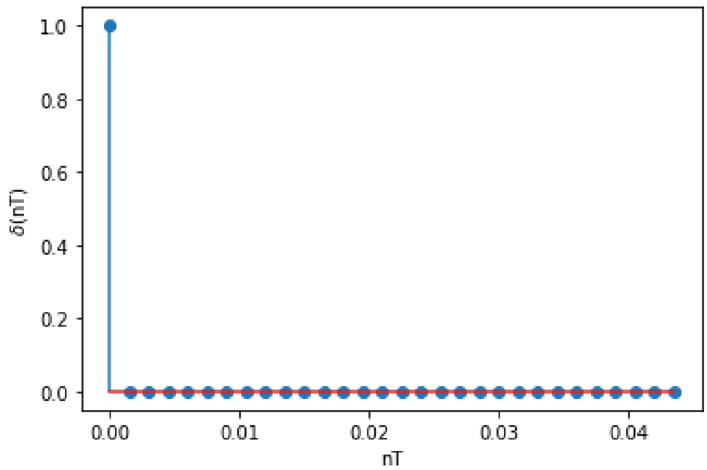

Рисунок 1.1 – Единичный цифровой импульс $\delta_d(nT)$

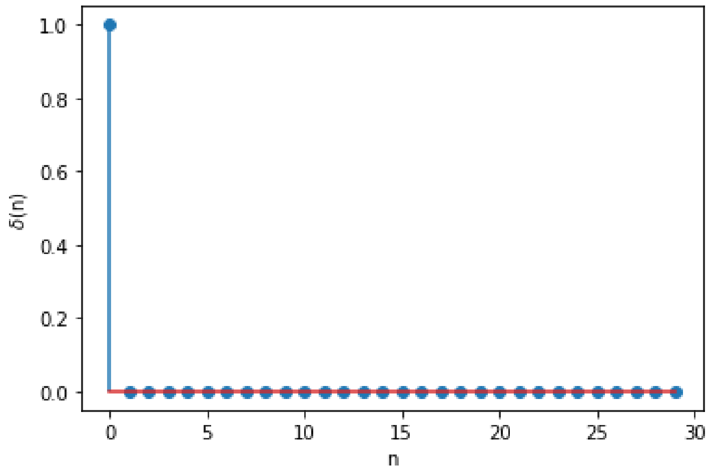

Рисунок 1.2 – Единичный цифровой импульс $\delta_d(n)$

Дискретное нормированное время полагает частоту дискретизации равной 1. В дискретном времени частота дискретиизации равна T Цифровой единичный импульс имеет амплитуда равной 1 и период 0. У функции дирака произведение периода на амплитуду равна 1, период стремится к 0, а амплитуда к бесконечности.

2. Моделирование дискретного единичного скачка $\sigma_d(k)=\{1, k\geq 0; 0, k<0\}$. Графики дискретного единичного скачка для дискретного времени $nT\in[0;(N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n\in[0;N-1]$ приведены на рис. 2.1, 2.2 соотвественно.

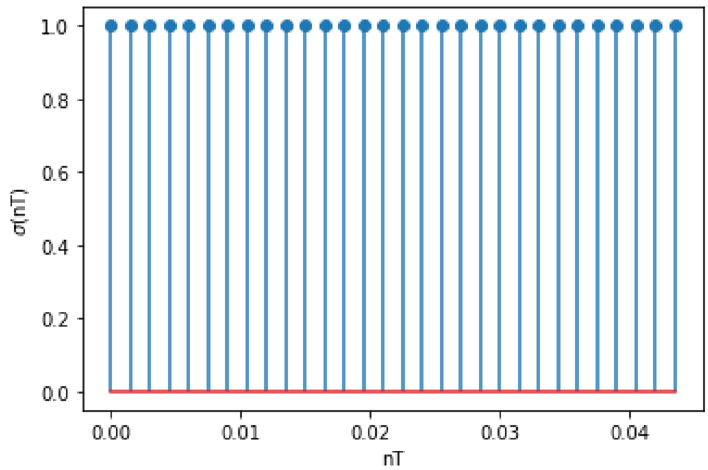

Рисунок 2.1 – Дискретный единичный скачок $\delta_d(nT)$

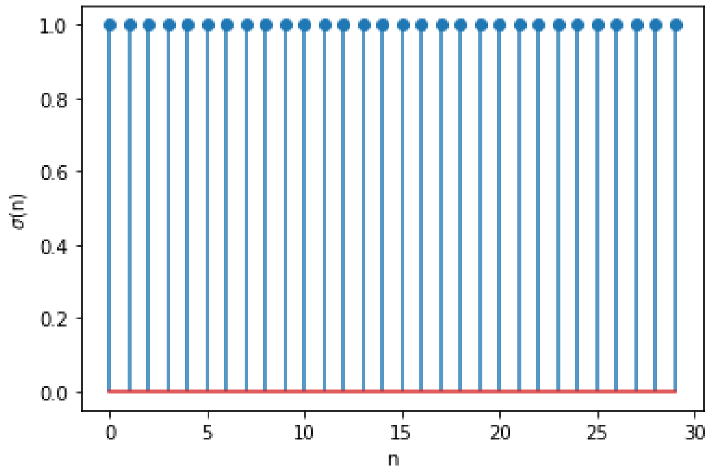

Рисунок 2.2 – Дискретный единичный скачок $\delta_d(n)$

Дискретный единичный скачек $\delta_d(n)$ можно определить как интеграл от $-\infty$ до n функции Хевисайда. Частота дискретизации дискретного единичного скачка равна частоте дискретизации времени

3. Моделирование дискретной экспоненциальной функции $s_1(k)$.

   Графики дискретной экспоненциальной функции на интервале дискретного времени $nT \in [0;(N-1)T]$ и дискретного нормированного времени $n \in [0;N-1]$ представлены на рис. 3.1, 3.2.

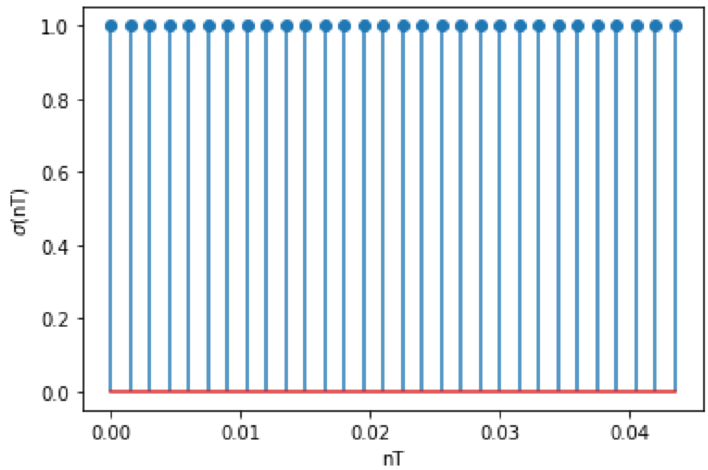

Рисунок 3.1 – Дискретная экспоненциальная функция $s_1(nT)$

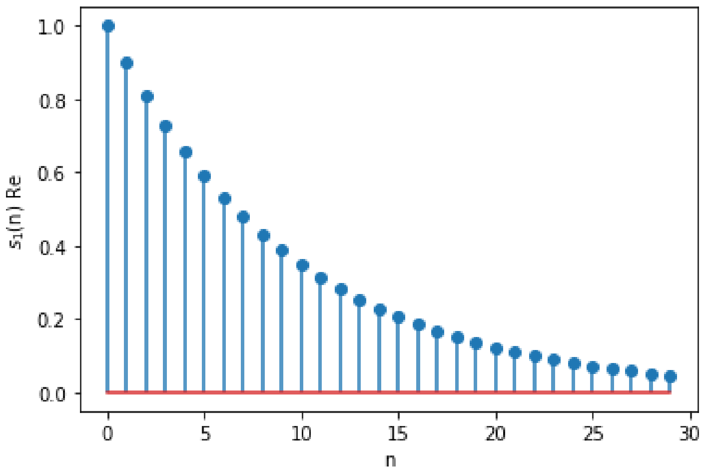

Рисунок 3.2 – Дискретная экспоненциальная функция $s_1(n)$

Дискретная экспонента вычисляется аналогично аналоговой, но с поправкой на разрядность числа, т.у. берется по модулю некоторого числа

4. Моделирование дискретного комплексного гармонического сигнала $s_2(k)=C\exp(j\hat{\omega}_0 k)$. Графики вещественной и мнимой частей на интервале времени $n\in[0;N-1]$ представлены на рис. 4.1, 4.2.

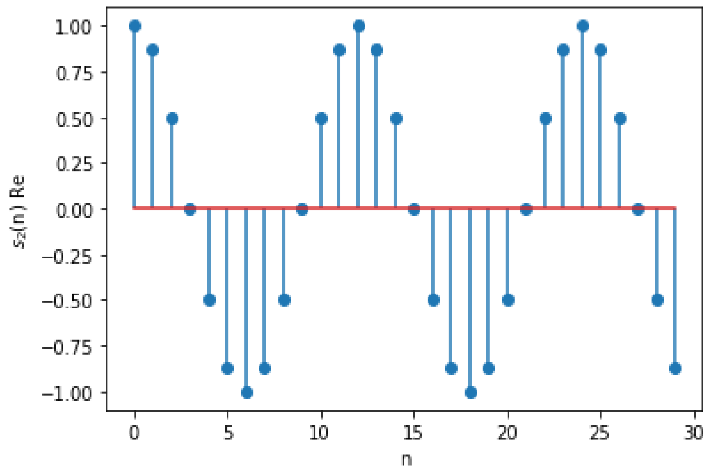

Рисунок 4.1 – Гармонический сигнал, вещественная часть

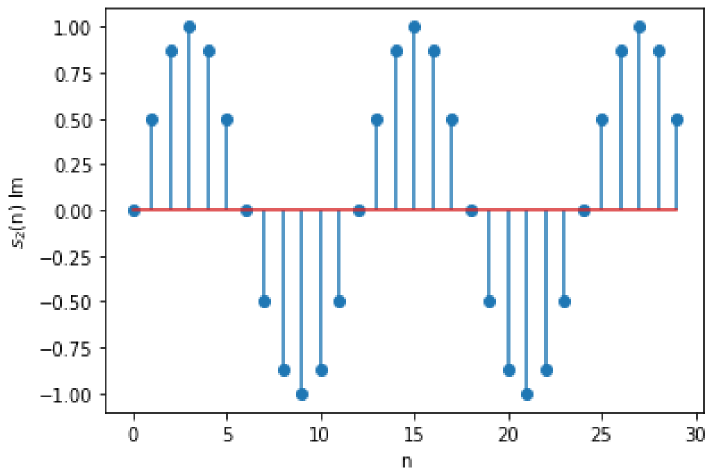

Рисунок 4.2 – Гармонический сигнал, мнимая часть

Компоненты сигнала в виде комбинации двух вещественных последовательностей.

$\Re(x(k)) = C\cos(\hat{\omega}_0 Tk)$

$\Im(x(k)) = C\sin(\hat{\omega}_0 Tk)$

5. Графики последовательностей $\delta_d(k)$, $\sigma_d(k)$ и $s_1(k)$, задержанных на m отсчетов, на интервале времени $n \in [0; N-1]$. Представлены на рис. 5.1 — 5.4.

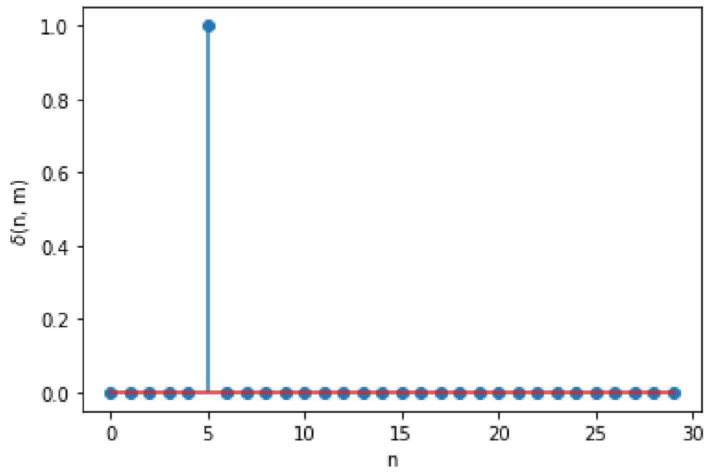

Рисунок 5.1 – Задержанный график $\delta_d(n,m)$

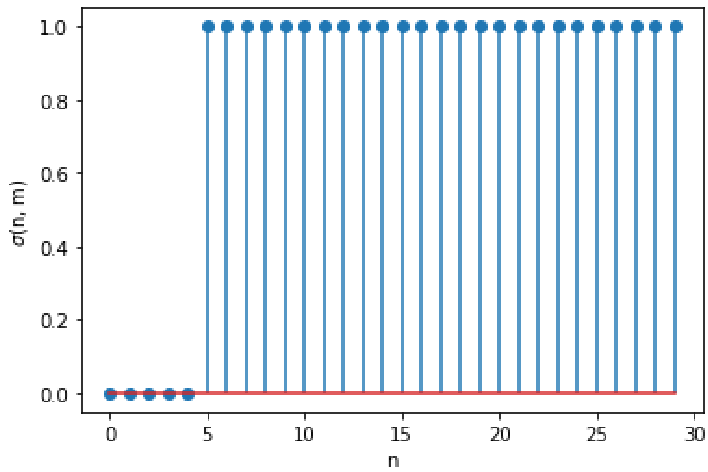

Рисунок 5.2 – Задержанный график $\delta_d(n,m)$

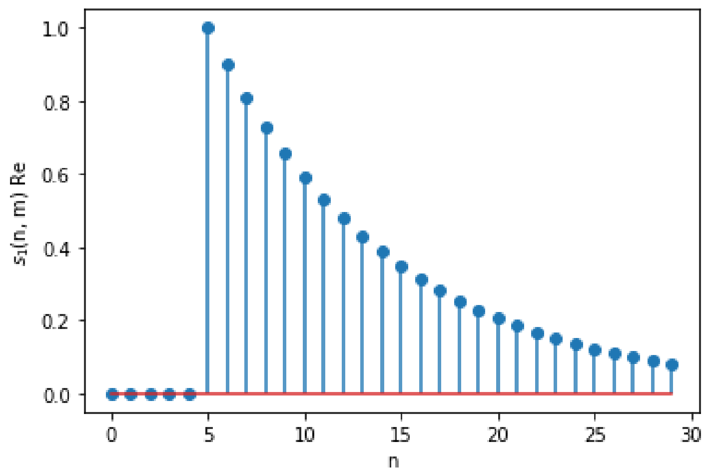

Рисунок 5.3 – Задержанный график

Формулы для задержанных графиков

Единичный импульс: $\delta_d(k-m)=\{1, k=m; 0, k\neq m\}$

Единичный скачек: $\sigma_d(k-m)=\{1, k\geq m; 0, k<m\}$

Дискретная экспоненциальная функция: $s_1(k-m)=\{a^{k-m}, k\geq m; 0, k<m\}$

6. Моделирование дискретного прямоугольного импульса $s_3(k)=\{U, n_0 \le n \le n_0+n_{imp}+1; 0, иначе\}$ на основе дискретного единичного скачка с выводом графика на интервале времени $n \in [0; N-1]$. График импульса представлен на рис. 5

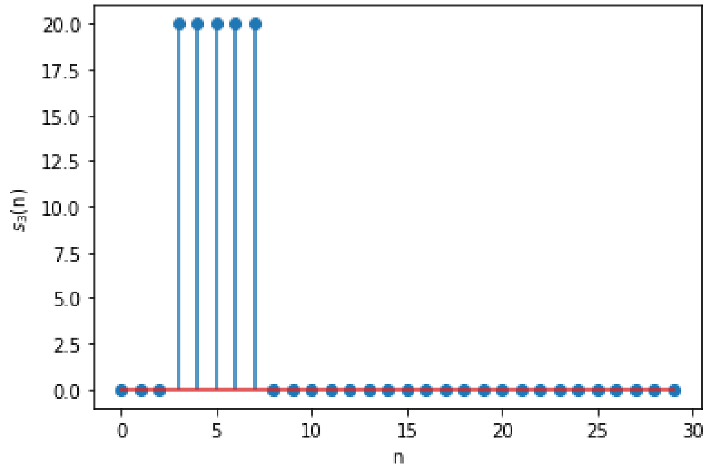

Рисунок 5 – Дискретный прямоугольный импульс

Импульс представляет из себя сумму двух скачков с смещением на начало и конец интервала, второй отрицателен.

7. Моделированеи линейной комбинации дискретных гармонических сигналов $s_4(k)=a_1 x_1(k)+a_2 x_2(k)+a_3 x_3(k)$,

где

$$x_i(k)=B_i \sin(\hat{\omega} ik)$$

Графики гармоник $x_i(k)$ представлены на рис. 7.1 — 7.3.
График комбинации сигналов представлен на рис.7.4

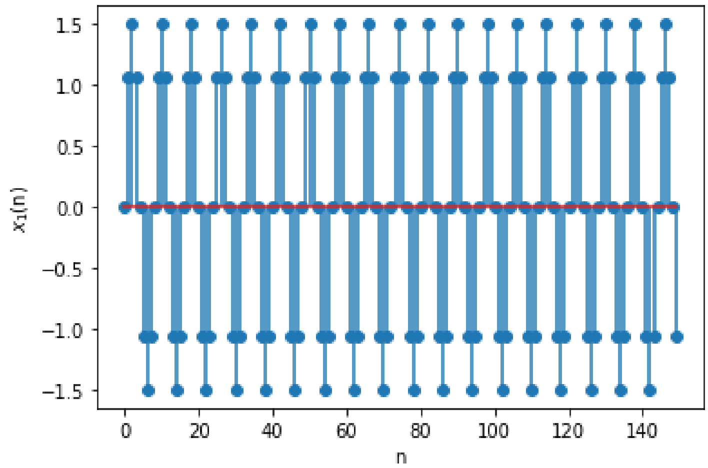

Рисунок 7.1 – $x_1(k)$

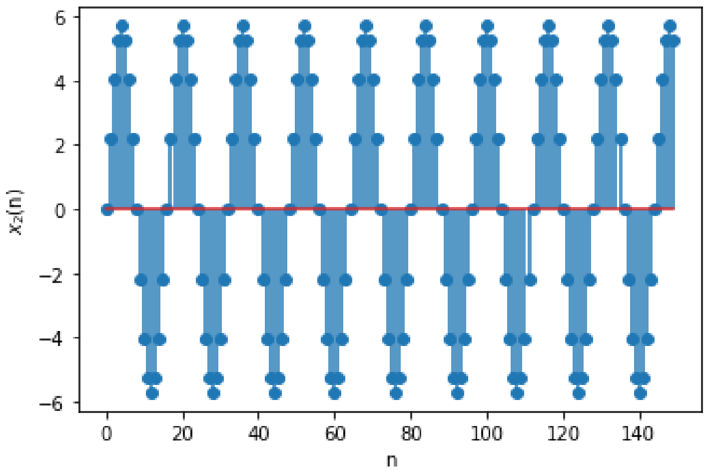

Рисунок 7.2 – $x_2(k)$

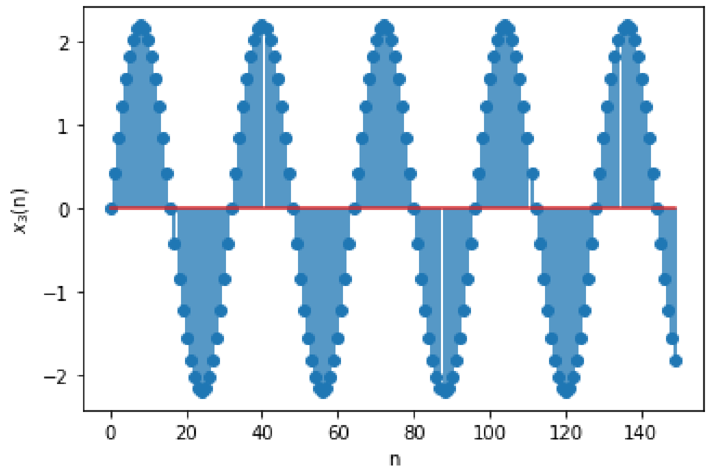

Рисунок 7.3 – $x_3(k)$

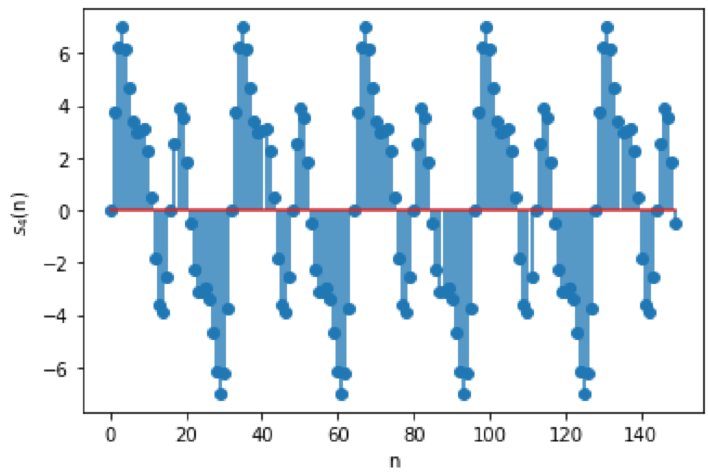

Рисунок 7.4 – $s_4(k)$

Характеристикаи последовательности:

Среднее значение: $M=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x_i=0.283960$

Является средним по средним каждого сигнала в сумме

Энергия: $E=\sum_{\square}^{\square} x^2=2231.474157$.

Средняя мощность: $P=\frac{\sum_{\square}^{\square} x^2}{N}=14.876494$

8. Моделирование дискретной затухающей синусоиды $s_5(k)=|a|^k \cos(\hat{\omega}_0 k)$. График приведен на рис. 8.1.

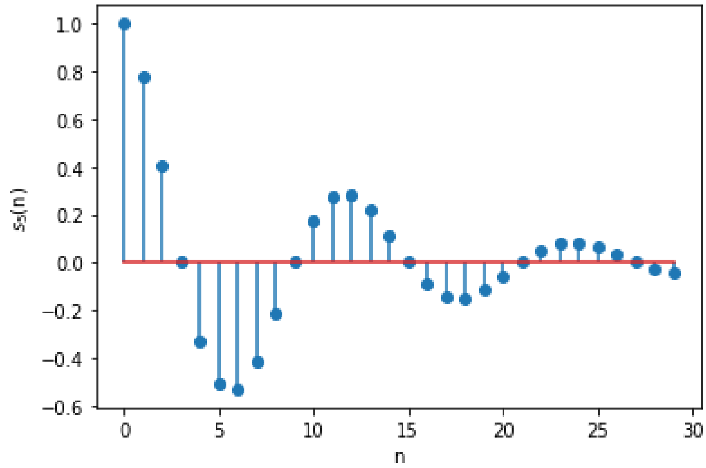

Рисунок 8 – Дискретная затухающая синусоида $s_5(k)$

Моделирование сигнала представляет из себя произведение синусоидального сигнала на огибающую, являющуюся экспоненциальным затуханием

9. График пяти периодов периодической последовательности $s_6(k)$ дискретных прямоугольных импульсов амплитуды U и длительности n_{imp} с периодом, вдвое большим длительности импульса.

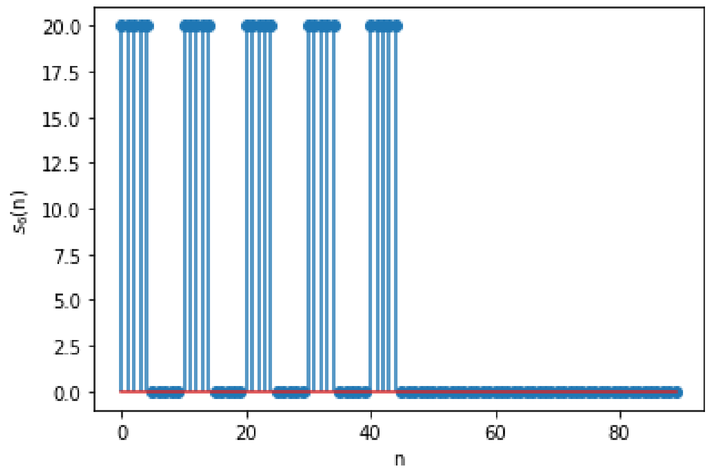

Рисунок 9 – График пяти периодов периодической последовательности

Периодическая последовательность представляет из себя сумму пяти сигналов, являющихся прямоугольными импульсами со смещениями

Выводы.

Были исследованы операции описания дискретных сигналов, а так же способы из моделирования. Были изучены принципы и способы генерации единичного импульса, единичного скачка, их отношение к функции Хевисайда, дискретная экспоненциальная функция.
Был изучен и сгенерирован дискретный гармонический сигнал, затухающая синусойда, линейная комбинация таких сигналов, изучены их свойства.
Сгенерированы прямоугольные импульсы, а также периодический сигнал из таких импульсов. Сможелированы и изучены сигналы с задержкой