

## Дискретные сигналы и их описание во временной области

Цель работы: получить навыки формирования различных вариантов детерминированных и случайных сигналов дискретного времени и их графического представления в системе MATLAB.

Теоретические сведения, необходимые для выполнения работы, изложены в главе 4 (раздел 4.2) учебника.

### 1. Задания и методические указания по выполнению работы

Дискретный сигнал представляет собой последовательность чисел, поэтому в MATLAB он представляется в виде *вектора*. Если необходимо реализовать многоканальную обработку сигналов, для этого удобно использовать второе измерение, представив набор сигналов в виде *матрицы*. Многоканальная обработка поддерживается многими функциями MATLAB.

Если сигнал одномерный, то в большинстве случаев функции MATLAB правильно обработают его при любой ориентации вектора – как в виде строки, так и в виде столбца. Однако в многоканальном случае, когда входной сигнал представлен в виде матрицы, обработка производится *по столбцам*.

Таким образом, столбцы матрицы трактуются как сигналы разных каналов, а строки – как отдельные векторные отсчеты многоканального сигнала. Для избежания возможной путаницы рекомендуется и в одноканальном случае формировать сигналы в виде столбцов.

1. Сформируйте единичный импульсный сигнал  $d(n-15)$  и единичный ступенчатый сигнал  $u(n-10)$  в интервале целочисленной переменной  $n=1, \dots, 30$ . Отобразите их графически, используя функцию `stem`. Используя команду `help stem` уясните, как пользоваться этой функцией.

Сформируйте и представьте графически разностный сигнал

$$x_1(n) = u(n-10) - u(n-11).$$

Интерпретируйте этот сигнал как  $d(n-k)$  в соответствии с соотношением (4.3) и найдите величину  $k$  из Вашего рисунка.

Сформируйте и представьте графически другой разностный сигнал

$$x_2(n) = u(n-10) - u(n-15).$$

Найдите из рисунка длительность полученного таким образом прямоугольного импульсного сигнала. Выразите этот сигнал как сумму единичных импульсов на основе соотношения (4.2) и сформируйте его таким образом.

2. Сформируйте сигнал, состоящий из 40 отсчетов дискретно-временной синусоиды

$$x(n) = \sin(\omega n), n = 1, \dots, 40$$

с цифровыми частотами  $\omega = 0.1, 0.2, 0.4, 0.8$  (рад) соответственно. Отобразите их графически, используя функцию `stem`.

Предположив, что период выборок равен  $T=0.1$  секунд, вычислите аналоговые частоты  $F$  в Гц каждой из синусоид, используя заданный выборочный интервал и соответствующие цифровые частоты  $\omega$ . Перерисуйте графики сигналов с обозначением оси времени и зафиксируйте вычисленные аналоговые частоты соответствующих синусоид используя функцию `title`. Как изменяются графики с увеличением частоты?

3. Предположим, что аналоговый косинусоидальный сигнал задан соотношением

$$x(t) = A \cos(2\pi Ft + j), t \in [t_0, t_1]$$

с амплитудой  $A = 5$ , частотой  $F = 10$  Гц, начальной фазой  $j = \pi/3$ ,  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 100$  с.

Выполните дискретизацию этого сигнала с периодом взятия выборок  $T = 10^{-2}$  с и отобразите полученный дискретный сигнал графически. Сколько отсчетов сигнала получается в результате такой дискретизации?

Для визуализации дискретных сигналов могут использоваться различные графические средства в зависимости от конкретной ситуации. Часто вполне допустимым является соединение дискретных отсчетов линиями, что выполняется с помощью функции `plot`. При этом получается график аналогового сигнала с линейной интерполяцией его отсчетных значений, где сами отсчетные значения не видны. Если необходимо отобразить именно их, то используя функцию `plot` можно отказаться от соединения точек линиями.

Кроме этого, можно использовать функцию `stem` и функцию `stairs`, специально предназначенные для отображения дискретных сигналов в виде «стебельков» и в ступенчатом виде (кусочно-постоянная интерполяция) соответственно.

Реализуйте все эти варианты графического представления сформированного дискретного сигнала, отображая их одновременно с использованием функции `subplot`.

Вычислите частоту дискретизации сигнала  $F_d$ , сравните ее с частотой  $F$ . Как должна выбираться частота дискретизации в соответствии с теоремой отсчетов (теоремой Котельникова)?

Проверьте наличие эффекта наложения (подмены частот), в случае, если  $F > F_N = F_d/2$  ( $F_N$  – частота Найквиста).

4. Создайте комплексный дискретный сигнал

$$x(n) = e^{jwn}, n = 1, \dots, 40$$

с  $w = 0.2$ . Получите реальную и мнимую части сигнала, используя функции `real` и `imag` отобразите их графически. Используйте команды `subplot(2, 1, 1)` и `subplot(2, 1, 2)` перед каждой функцией `stem`, чтобы создать два графика реальной и мнимой частей сигнала, размещенных на одном экране.

5. Предположим, что аналоговый сигнал образован суммой косинусоидального сигнала и белого гауссова шума:

$$x(t) = A \cos(2\pi Ft + j) + n(t), t \in [t_0, t_1]$$

где амплитуда  $A = \sqrt{2}$ , частота  $F = 10$  Гц, начальная фаза  $j = \pi/3$ ,  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 1$  с,  $n(t)$  – белый гауссов шум с нулевым средним и дисперсией  $D = 0.25$

Сформируйте вектор дискретного сигнала, соответствующий результату дискретизации этого сигнала с частотой дискретизации  $F_d = 1000$  Гц и отобразите полученный дискретный сигнал графически, используя функцию `plot`.

Для получения вектора шума используйте функцию `randn`, либо функцию `wgn` из пакета `Communications`.

Вычислите отношение сигнал/шум по напряжению  $s/n = A/\sqrt{2D}$  и по мощности  $(s/n)^2 = A^2/2D$ . Выразите отношение сигнал/шум в децибелах  $(s/n)_{дБ} = 20 \log(A/\sqrt{2D})$ .

Осуществите индикацию дискретного сигнала при отношении сигнал/шум по напряжению соответственно вдвое больше и вдвое меньше исходного.

6. Предположим, что аналоговый косинусоидальный сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ - сигнал) задан соотношением

$$x(t) = A \cos(2\pi F_0 t + pb \cdot t^2), t \in [t_0, t_1]$$

где  $b = (F_1 - F_0)/(t_1 - t_0)$ , амплитуда  $A = 5$ , начальная частота  $F_0 = 10$  Гц, конечная частота  $F_1 = 100$  Гц,  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 1$  с.

Сформируйте вектор дискретного сигнала, соответствующий результату дискретизации этого сигнала с частотой дискретизации  $F_d = 1000$  Гц и отобразите полученный дискретный сигнал графически, используя функцию `plot`.

Сформируйте вектор дискретного сигнала, соответствующий результату дискретизации сигнала  $x(t)$  с частотой дискретизации  $F_d = 1000$  Гц, используя функцию `chirp`, и отобразите полученный дискретный сигнал графически функцией `plot`.

Сравните результаты двух вариантов генерирования ЛЧМ – сигналов и определите закон изменения мгновенной частоты, отобразив его графически.

Воспользуйтесь функцией `spectrogram`, отображающей спектрограмму сигнала, т.е. зависимость мгновенного амплитудного спектра сигнала от времени, для визуализации закона изменения мгновенной частоты от времени.

## 2. Требования к отчету

В отчет по работе включите тексты программ, реализующих задания, рисунки, отображающие их выполнение, и Ваш комментарий к ним с ответами на поставленные вопросы.