Лабораторна робота 1
МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ

Мета роботи:

1. Отримати навики моделювання сигналів дискретного часу і їх графічного зображення в MATLAB.
2. Ознайомитися з основами програмування в MATLAB.

Короткі теоретичні відомості

Біомедичні сигнали пов'язані з діяльністю організму людини. Найчастіше вони мають електричну природу, але можуть бути магнітними, акустичними і т. ін. Як правило, біомедичні сигнали є аналоговими, для реалізації комп'ютерного оброблення виконують їх аналого-цифрове перетворення і отримують цифрові сигнали, що дискретні у часі та квантовані за рівнем. Для того, щоб за вибірками можна було відновити початковий сигнал, дискретизацію треба виконувати з частотою $f_s \geq 2 f_{\max}$, де $f_{\max}$ – найвища частота спектра аналогового сигналу. Частота $f_N = f_s/2$ називається частотою Найквіста. Дискретні сигнали визначені тільки в дискретні моменти часу nT, де n – номер відліку, $-\infty < n < \infty$; T – період дискретизації.

Аналізуючи дискретні сигнали і системи в часовій області, зазвичай, використовують нормований час:

$$\hat{t} = t/T = nT/T = n,$$

тобто номер дискретного відліку розглядають як значення нормованого часу, і дискретний сигнал можна записати як $x(n)$.

Дискретні сигнали і системи в частотній області досліджують в діапазоні частот $[0,\ f_s/2]$ і вводять нормовану частоту

$$\hat{f} = f / f_s = fT \text{ або } \hat{\omega} = \omega / f_s = \omega T,$$

яка змінюється в діапазоні $\hat{f} \in [0,\ 0{,}5]$, або $\hat{\omega} \in [0, \pi]$.

Типові дискретні сигнали. При дослідженнях цифрових систем оброблення інформації часто використовують типові дискретні сигнали такого виду:

$-$одиничний імпульс $\delta(n)=\begin{cases}1 & n=0;\\ 0 & n\neq 0.\end{cases}$

$-$одиничний стрибок $u(n)=\begin{cases}1, & n\geq 0;\\ 0, & n<0;\end{cases}$

$-$експоненціальний дискретний сигнал $x(n)=a^n$;

$-$гармонійна дискретна послідовність $x(n)=A\cos(\omega n+\varphi)$;

$-$комплексна експонента $x(n)=e^{\sigma n}(\cos\omega n+j\sin\omega n)$.

Періодичні послідовності. Умови періодичності для безперервних і дискретних сигналів відрізняються. Безперервні гармонійний і комплексний експоненціальний сигнали мають періодичність $2\pi/\omega$. Дискретний сигнал $x(n)$ є періодичним з періодом N, якщо $x(n)=x(n+N), \forall n$, де N – обов’язкове ціле число. Для дискретних гармонійних і експоненціальних послідовностей умова періодичності приймає вигляд $\omega N=2\pi k$, де $k=0,1\ldots$. Параметр ω називається цифровою частотою гармонійної або комплексної експоненціальної послідовності.

Команди MATLAB для вивчення

Використовуйте команду help у MATLAB, вивчіть призначення, варіанти застосування таких функцій (команд): class, clc, clear, close, cos, disp, double, function, fprintf, find, figure, hold, load, length, mean, plot, randn, rand, size, sin, sqrt, stem, subplot, title, var, xlabel, xlim, ylabel, ylim.

Завдання і методичні вказівки до виконання роботи

1. Моделювання детермінованих сигналів

1.1. Змоделюйте одиничний імпульс $\delta(n)$, використовуючи такий програмний код:

```
n = 0:N–1; x = double(n==0);
```

Логічна операція порівняння векторів повертає «1» за виконання заданої умови і «0» – у протилежному випадку. Визначте тип даних, які повертає логічна операція (функція class). Побудуйте графік сигналу (функція stem).

Змініть програмний код, щоб змоделювати імпульс із довільною затримкою $\delta(n-d)$. Побудуйте графіки сигналів $\delta(n)$ і $\delta(n-2)$ в одному графічному вікні (функції subplot і stem).

Який тип даних повертають оператори логічного порівняння? З якою метою використовується оператор double*?*

1.2. Змоделюйте дискретний сигнал $x(n)=\cos(\pi n/16)$, довжиною 200 відліків. Побудуйте в одному графічному вікні (функція subplot) графіки отриманого сигналу з використанням функцій stem, plot.

Чи є гармонійна послідовність $x(n)$ періодичною? Якщо так, то визначте її період.

1.3. Змоделюйте дискретну експоненту $x(n)=a^n$ тривалістю 20 відліків для значень: 1) $a=0{,}8$; 2) $a=-0{,}8$; 3) $a=1{,}1$; 4) $a=-1{,}1$. Побудуйте графіки сигналів в одному графічному вікні (функції subplot і stem). Подайте графіки у звіті.

Як впливає значення параметра a *на вид сигналу?*

1.4. Розробіть функцію, що знаходить усі піки сигналу $s(t)$. Відлік є піковим значенням сигналу, якщо попередні та подальші відліки менші за амплітудою. Вхідним параметром функції є дискретний сигнал x, вихідним параметром – вектор, що містить індекси пікових значень у сигналі. Код функції може бути таким:

```
function pks = pksdetect(x)
pks = find(diff(diff(x) > 0) < 0);
u = find(x(pks+1) > x(pks));
pks(u) = pks(u)+1;
```

Поясніть роботу функції, збережіть її у окремому файлі.

1.5. Змоделюйте дискретний сигнал

$s(n)=3\sin(6\pi n)+5\sin(16\pi n)$ (тривалість – 2 с; f_s = 1000 Гц).

1.6. За допомогою функції pksdetect визначить пікові значення сигналу $s(t)$. Побудуйте графік сигналу і позначте на ньому пікові значення. Для цього можна використати такий код:

```
plot(t, x, 'k-'); hold on;
plot(t(pks), x(pks), 'k*'); hold off;
xlabel('time (s)'); ylabel('x(t)');
```

Для чого використовується функція hold*? Як можна змінити програмний код, щоб отримати той же результат без використання цієї функції*?

2. Моделювання стохастичних сигналів

2.1. Змоделюйте стохастичний сигнал $x(n) = s(n) + r(n)$, де $s(n) = 1{,}8\cos(20\pi nT)$ – гармонійний сигнал; $r(n)$ – дискретний білий шум із математичним сподіванням $\mu = 0$ і дисперсією $D = 0{,}25$; частота дискретизації $f_s =$ 200 Гц.

Функція randn моделює шум $r(n)$ як вектор випадкових чисел з нормальним розподілом, нульовим математичним сподіванням і середнім квадратичним відхиленням (СКВ) $\sigma = 1$.

Параметри шуму можна змінювати кодом:

```
n = 0 : 1000; r = randn(size(n))*sigma + mu,
```

де mu – задане математичне сподівання; sigma – задане СКВ.

У чому відмінність між функціями randn *і* rand*?*

2.2. Обчисліть оцінки математичного сподівання, дисперсії шуму $r(n)$ і сигналів $x(n)$ і $s(t)$ (функції mean і var).

Виведіть отримані значення в командне вікно. Для форматного виводу обчислених оцінок шуму можна застосувати код:

```
fprintf('mu(r) = %4.3g\n', mean(r))
fprintf('D(r) = %4.3g\n', var(r))
```

Порівняйте обчислені значення із заданими, поясніть причини відмінності. Побудуйте графік сигналу $x(n)$ (функція plot), наведіть його у звіті.

3. Робота з файлами біосигналів

3.1. Прочитайте дані з файлу pec1.dat. Ці дані представлено як матрицю, вони містять відліки сигналу фонокардіограми (ФКГ), електрокардіограми (ЕКГ) і сигналу каротидного пульсу, відповідно, в першому, другому і третьому стовпчиках (f_s = 1000 Гц). Виділіть з матриці відповідні вектори сигналів, побудуйте графіки всіх трьох сигналів в одному графічному вікні. Відкалібруйте горизонтальні осі графіків в одиницях часу. Для виконання завдання можна використати код:

```
pec1 = load('pec1.dat';)  fs = 1000;
fcg = pec1(:, 1); ecg = pec1(:, 2); cps = pec1(:, 3);
t = (0:length(fcg) – 1) / fs;
subplot(311), plot(t, fcg), subplot(312), plot(t, ecg)
subplot(313), plot(t, cps)
```

Для зручності спостереження виділіть на графіках діапазон часу від 1 до 4 с (функція xlim). Введіть найменування осей (функції title, xlabel, ylabel). Наведіть у звіті отримані результати.

Чому дорівнює розмірність матриці сигналів? Яка тривалість отриманих сигналів (у секундах)?

Контрольні запитання і завдання

1. За яких умов вибирають частоту дискретизації аналогових сигналів?
2. У чому полягає ефект накладення частот при дискретизації?
3. Як визначається нормована частота для дискретних сигналів? У якому діапазоні розглядають її зміну?
4. Як визначається нормований час для дискретних сигналів?
5. Назвіть умови періодичності дискретних гармонійних послідовностей.
6. Для визначення яких характеристик дискретної системи використовують одиничний імпульс та одиничний стрибок?