

Лабораторна робота №4

Тема: «Лінійне перетворення сигналів»

Мета роботи: навчитися створювати сигнали складної форми, використовуючи властивості лінійності.

Посібник з лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи вам необхідно повторити відповідні лекції.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Формування складних послідовностей сигналів можна здійснювати за допомогою лінійних математичних операцій - множення на константу, складання і тимчасового зсуву. Як приклад розглянемо формування послідовності прямокутних імпульсів з відповідних гармонійних складових.

Формула, що описує розкладання імпульсного періодичного сигналу на гармонійні складові виглядає наступним чином:

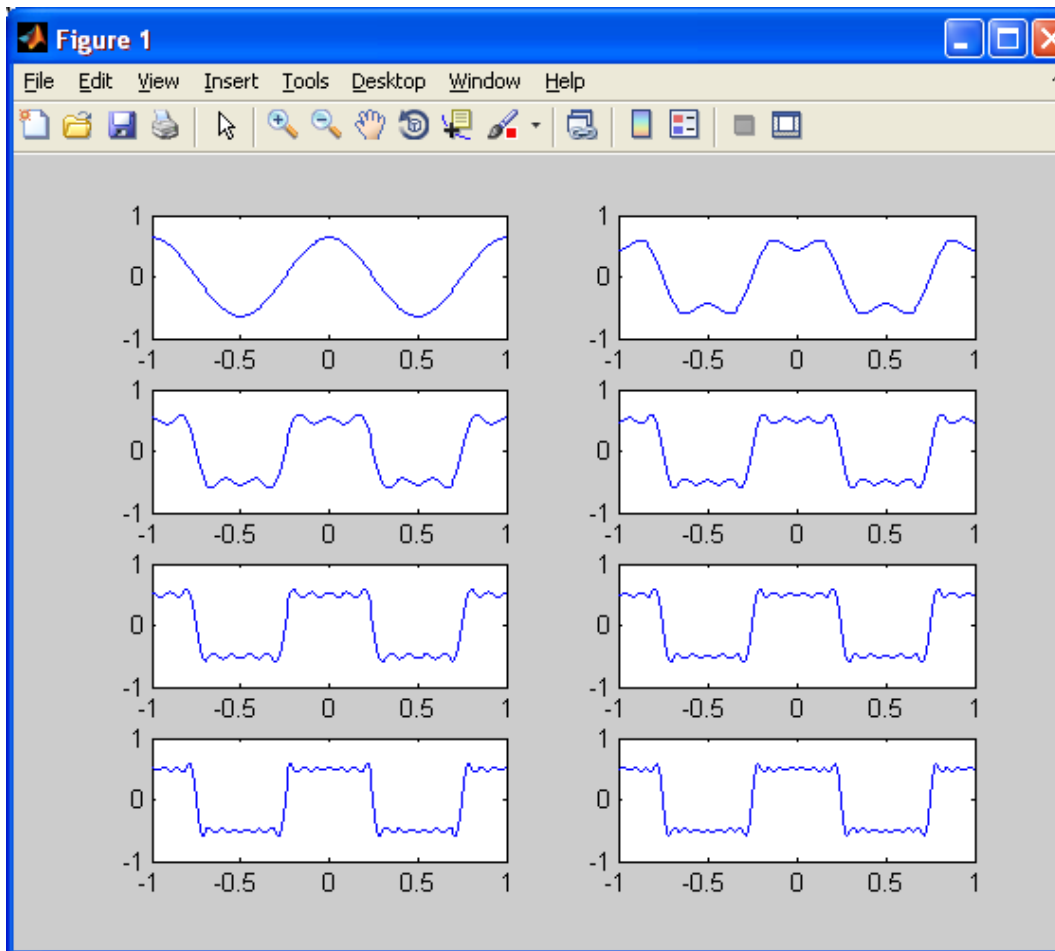
$$S(t) = \frac{A}{2} + \frac{2A}{\pi} \left(\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{1}{3}\cos\left(3\frac{2\pi}{T}t\right) + \frac{1}{5}\cos\left(5\frac{2\pi}{T}t\right) - \dots \right)$$

Програма, що реалізує цю функцію для восьми гармонійних складових, виглядає наступним чином (приклад № 1)

(meandr.m)

```
N=8; %число ненульових гармонік
t = -1:0.01:1; %вектор моментів часу
A = 1; %амплітуда
T = 1; %період
nh = (1:N)*2 - 1; %номери ненульових гармонік
% обчислення рядків-гармонік
harmonics = cos(2*pi*nh'*t/T);
Am = 2/pi./nh; %амплітуди гармонік
Am(2:2:end)=-Am(2:2:end); %чергування знаків
s1 = harmonics.*repmat(Am', 1, length(t));
%формування рядків - часткових сум гармонік
s2 = cumsum(s1);
for k=1:N,
    subplot(4,2,k); plot(t,s2(k,:))
end
```

Результат роботи даної програми зображений на малюнку 1.



Малюнок 1. Формування імпульсного сигналу з восьми гармонійних складових.

Для повного розуміння принципу роботи програми - подивіться документацію для наступних функцій - **repmat** і **cumsum**.

Генерувати періодичні сигнали різної форми можна за допомогою вбудованих функцій середовища MatLab:

square - послідовність прямокутних імпульсів;

sawtooth - послідовність трикутних імпульсів;

diric - функція Діріхле (періодична sinc-функція);

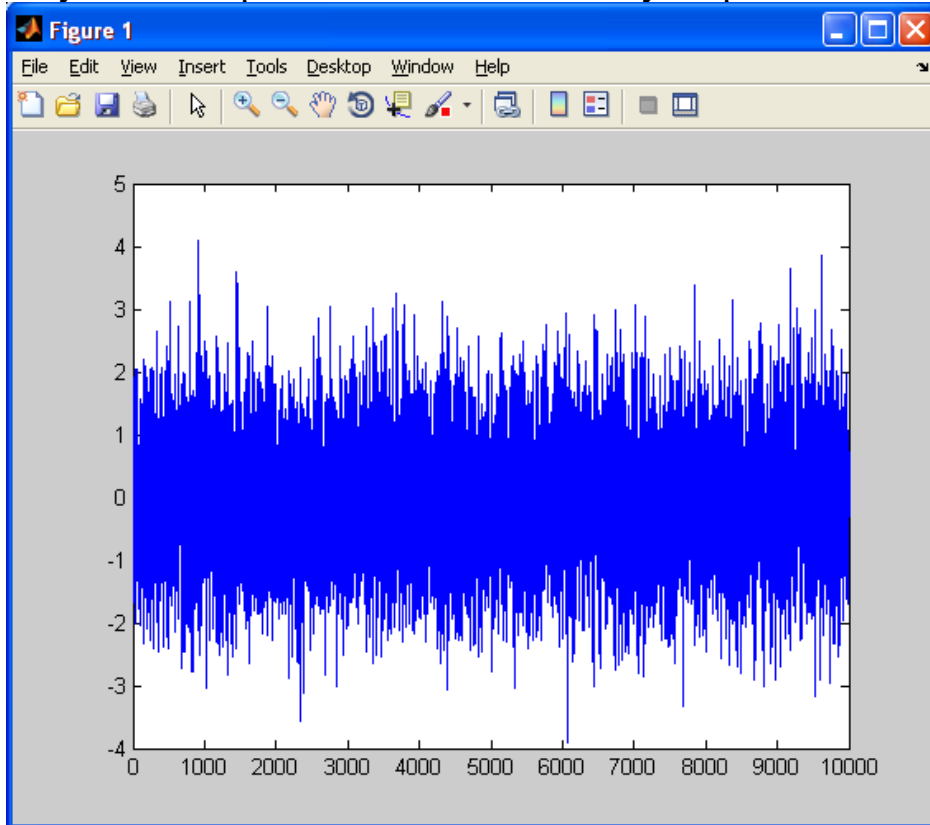
chirp - генерація коливань з мінливою частотою.

Для генерації дискретного білого шуму з нормальним розподілом можна використовувати функцію **randn (m, n)**. В результаті виклику цієї функції генерується масив, що містить **m** рядків і **n** стовпців псевдовипадкових чисел, що мають нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням і одиничною дисперсією. Приклад роботи цієї функції показаний нижче:

Приклад № 2

```
x=randn(1, 10000);  
plot(x);
```

Результат генерації випадкового сигналу зображений на малюнку 2.



Малюнок 2. Генерація випадкового сигналу.

У пакеті MatLab є ще одна корисна функція - **awgn**. Вона дозволяє додавати до сигналу білий шум із заданим рівнем. Формат виклику даної функції наступний: **y = awgn (x, snr, sigpower, state, 'powertype')**, де **x** - вектор відліку сигналу, **snr** - скаляр, що задає співвідношення сигнал / шум в одиницях, визначених параметром **'powertype'** (за замовчуванням - в децибелах), **sigpower** - потужність сигналу, **state** - примусова установка генератора випадкових чисел (останні три параметра не є обов'язковими).

ЗАВДАННЯ

1. Опрацюйте основні приклади, викладені вище, в системі MATLAB.

2. Створіть М-файл, який реалізує наступні сигнали з відповідних гармонійних складових:

- Напишіть програму, що синтезує пилкоподібний сигнал з 10 гармонійних складових. Функція для синтезу описується наступним виразом:

$$S(t) = \frac{2A}{\pi} \left(\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{1}{2} \sin\left(2\frac{2\pi}{T}t\right) + \frac{1}{3} \sin\left(3\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{1}{4} \sin\left(4\frac{2\pi}{T}t\right) + \dots \right)$$

- Збільшіть кількість гармонійних складових. Як це вплинуло на синтезується сигнал?
- Напишіть програму, що синтезує трикутний сигнал з 8 гармонійних складових. Функція для синтезу описується наступним виразом:

$$S(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left(\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + \frac{1}{3^2} \cos\left(3\frac{2\pi}{T}t\right) + \frac{1}{5^2} \cos\left(5\frac{2\pi}{T}t\right) + \dots \right)$$

- Збільште кількість гармонійних складових. Як це вплинуло на синтезується сигнал?

3. Дослідіть самостійно функції square, sawtooth, diric і chirp. Для візуалізації роботи функції chirp зручно використовувати функцію побудови спектрограми (specgram (s, [], Fs), де s - досліджуваний сигнал, [] - діапазон його значень, Fs - частота дискретизації).

4. Для випадкового сигналу, що генерується за допомогою функції randn (m, n) створіть М-файл, в якому: генерувався б сигнал, для нього розраховувалося середнє значення, СКО і будувалася гістограма.

5. Створіть М-файл, в якому до згенерованого періодичного сигналу додавався випадковий шум. Обчисліть статистичні характеристики такого сигналу.

6. Створіть М-файл, в якому до гармонійного сигналу додається білий шум в заданому співвідношенні (використовуйте для цього функцію awgn).

7. Відкрийте програму, що реалізовує імпульсне розкладання сигналу (decomp.m). Вихідний сигнал - один період синусоїдального сигналу, представлений шістнадцятьма відліками. Програма виконує розкладання вихідного сигналу на шістнадцять імпульсних послідовностей (амплітуда і положення імпульсу в кожній послідовності залежить від значення відповідного відліку в вихідному сигналі).

```

t=0:pi/8:2*pi; % Period - 16 points
y=sin(t); %Over signal

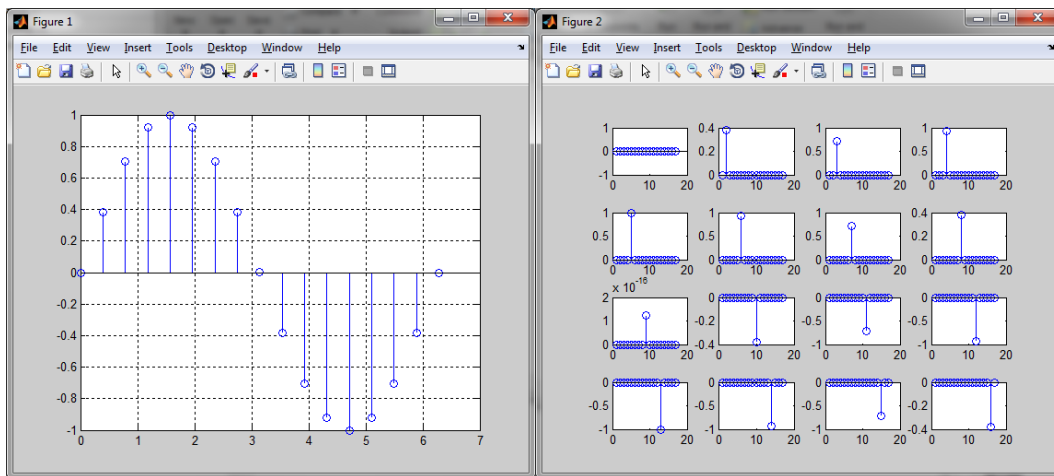
N=length(y); %Number of pulse

for IC=1:N %Pulse decomposition
    decY{IC}=y;
    decY{IC}(1:IC-1)=0;
    decY{IC}(IC+1:N)=0;
end

stem(t,y);
grid;
figure
for k=1:N-1
    subplot(4,4,k); stem(decY{1,k})
end

```

Результати роботи даної програми зображені на малюнках нижче.



На першому малюнку - вихідний сигнал. На другому - результат розкладання сигналу на імпульсну послідовність.

ЗАВДАННЯ

- 1) Розробіть програму, що виконує для вихідного сигналу розкладання на ступінчасті функції (сигнал типу «скачок»). Перевірте коректність роботи програми.
- 2) Розробіть програму, що виконує для вихідного сигналу розкладання на дві послідовності - з парною і непарною симетрією. Перевірте коректність роботи програми.
- 3) Розробіть програму, що виконує для вихідного сигналу розкладання на дві послідовності, що чергуються - з парними і непарними відліками. Перевірте коректність роботи програми.