Лабораторна робота №9

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЛДС В ЧАСОВІЙ ОБЛАСТІ

МЕТА: дослідити моделювання роботи ЛДС на основі різницевого рівняння, розрахувати імпульсну характеристику та реакцію системи на вхідну дію.

Короткі теоретичні відомості

В MATLAB математичною моделлю ЛДС називають співвідношення вхід/вихід у вигляді рівняння або системи рівнянь, які дозволяють обчислити реакцію на заданий вплив.

В *часовій області* основною характеристикою ЛДС є імпульсна характеристика $h(n)$, а моделювання роботи ЛДС (розрахунок реакції) виконується на основі одного з наступних співвідношень вхід / вихід:

∇ різницевого рівняння

$$y(n) = b_0x(n) + b_1x(n-1) + \ldots + b_ix(n-i) + \ldots + b_{N-1}x[n-(N-1)] -$$
$$- a_1y(n-1) + a_2x(n-2) - \ldots - a_kx(n-k) - \ldots - a_{M-1}x[n-(M-1)],$$

Яке задається вектором коефіцієнтів впливу b

$$b = [b_0 \quad b_1 \quad \ldots \quad b_i \quad \ldots \quad b_{N-1}]$$

і вектором коефіцієнтів реакції a

$$a = [a_0 \quad a_1 \quad \ldots \quad a_k \quad \ldots \quad a_{M-1}]$$

Перший елемент вектора a завжди рівний 1.

∇ формули згортки:

$$y(n) = \begin{cases} \sum_{m=0}^{\infty} h(m)x(n-m) \\ \sum_{m=0}^{\infty} x(m)h(n-m) \end{cases}$$

де імпульсна характеристика і вплив задаються в вигляді кінцевих послідовностей (векторів).

∇ системи рівнянь змінних станів

$$\begin{cases} s(n+1) = As(n) + Bx(n) \\ y(n) = Cs(n) + Dx(n) \end{cases},$$

де:

$s(n)$ - змінні стани,

$x(n)$ - вхідний сигнал

A - для систем з одним входом і одним виходом квадратна матриця розміром $m \times m$

B - вектор-стовпчик

C - вектор-рядок

D - скаляр

В z - області основною характеристикою ЛДС є передатна функція ЛДС:

$$H(z)=\frac{b_0+b_1z^{-1}+\ldots+b_iz^{-i}+\ldots+b_{N-1}z^{-(N-1)}}{1+a_1z^{-1}+\ldots+a_kz^{-k}+\ldots+b_{M-1}z^{-(M-1)}},$$

яка, подібно різницевому рівнянню, задається векторами коефіцієнтів b і a, і може мати різні види математичного представлення.

В *частотній області* основною характеристикою ЛДС є частотна характеристика, а також її модуль (АЧХ) і аргумент (ФЧХ)

$$H(e^{j\omega T})=\left|H(e^{j\omega T})\right|e^{j\arg\left\{H(e^{j\omega T})\right\}}=A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

Індивідуальні завдання

Варіант	Рівняння КІХ-фільтру
1	y(n)=2x(n) – 2x(n-2)
2	y(n)=0,5x(n) – x(n-1)
3	y(n)=3x(n) + 3x(n-2)
4	y(n)=0,8x(n) + 0,8x(n-1)
5	y(n)=1,5x(n) – 1,5x(n-1)
6	y(n)=2x(n) + 2x(n-2)
7	y(n)=2x(n) + 1,37x(n-1)+2x(n-2)
8	y(n)=0,5x(n) – 1,5x(n-1) + x(n-2)
9	(n)=0,7x(n) + 1,4x(n-1)+0,7x(n-2)
10	y(n)=x(n) + x(n-2)
11	y(n)=0,3x(n) – 0,6x(n-1)
12	y(n)=x(n) – 1,5x(n-1) + 0,5x(n-2)
13	y(n)=2,5x(n) + 2,5x(n – 2)
14	y(n)=0,4x(n) – 0,57x(n – 1) + 0,4x(n – 2)
15	y(n)=0,6x(n) – 0,3x(n-1) – 0,3x(n-2)
16	y(n)=2x(n) – 4x(n-1)
17	y(n)=1,2x(n) – 2,7x(n-2)
18	y(n)=1,5x(n) + 3x(n-1)
19	y(n)=0,8x(n) + 1,28x(n-1) + 0,48x(n-2)
20	y(n)=0,7x(n) + 0,7x(n-2)
21	y(n)=1,5x(n) – 1,5x(n-2)
22	y(n)=x(n) – 1,2x(n – 1)
23	y(n)=2,2x(n) + 1,32x(n-1)
24	y(n)=2x(n) + 1,28x(n-2)
25	y(n)=1,4x(n) + 1,4x(n-2)
26	y(n)=1,2x(n) – 0,24x(n-1) – 0,58x(n-2)
27	y(n)=1,8x(n) + 1,46x(n-2)
28	y(n)=3x(n) + 1,02x(n-1) + 3x(n-2)
29	y(n)=0,4x(n) – 0,57x(n-1) + 0,4x(n-2)
30	y(n)=x(n) + x(n-2)

Варіант	Рівняння БІХ-фільтру	Період дискретизації, с
1	y(n)=2x(n) – 2x(n-2)+0,8y(n-1) – 0,64y(n-2)	0,2
2	y(n)=0,5x(n) – x(n-1)+0,7y(n-1) – 0,49y(n-2)	0,003
3	y(n)=3x(n) + 3x(n-2)+1,74y(n-1) – 0,81y(n-2)	5
4	y(n)=0,8x(n) + 0,8x(n-1)+1,56y(n-1) – 0,81y(n-2)	0,007
5	y(n)=1,5x(n) – 1,5x(n-1)+1,34y(n-1) – 0,9y(n-2)	0,4
6	y(n)=2x(n) + 2x(n-2)+1,65y(n-1) – 0,9y(n-2)	0,008
7	y(n)=2x(n) + 1,37x(n-1)+2x(n-2) – 0,72y(n-2)	0,001
8	y(n)=0,5x(n) – 1,5x(n-1) + x(n-2) + 1,56y(n-1) – 1,2y(n-2)	0,006
9	(n)=0,7x(n) + 1,4x(n-1)+0,7x(n-2) + 0,75y(n-1) – 0,56y(n-2)	0,015
10	y(n)=x(n) + x(n-2)+1,81y(n-1) – 0,85y(n-2)	0,12
11	y(n)=0,3x(n) – 0,6x(n-1) + 0,28y(n-1) – 0,67y(n-2)	0,024
12	y(n)=x(n) – 1,5x(n-1) + 0,5x(n-2) – 1,4y(n-1) – 0,66y(n-2)	0,01
13	y(n)=2,5x(n) + 2,5x(n – 2) – 0,7y(n – 1) – 0,49y(n – 2)	4
14	y(n)=0,4x(n) – 0,57x(n – 1) + 0,4x(n – 2) – 0,59y(n – 2)	0,25
15	y(n)=0,6x(n) – 0,3x(n-1) – 0,3x(n-2) + 1,23y(n-1) – 0,64y(n-2)	0,005
16	y(n)=2x(n) – 4x(n-1) + 0,94y(n-1) – 0,53y(n-2)	8
17	y(n)=1,2x(n) – 2,7x(n-2) – 1,44y(n-2)	0,3
18	y(n)=1,5x(n) + 3x(n-1) – 0,51y(n-1) – 0,55y(n-2)	0,018
19	y(n)=0,8x(n) + 1,28x(n-1) + 0,48x(n-2) + 1,56y(n-1) – 0,69y(n-2)	0,05
20	y(n)=0,7x(n) + 0,7x(n-2) + 1,43y(n-1) – 0,76y(n-2)	8
21	y(n)=1,5x(n) – 1,5x(n-2) – 1,26y(n-1) – 0,79y(n-2)	0,1
22	y(n)=x(n) – 1,2x(n – 1) + 1,04y(n – 1) – 0,83y(n – 2)	0,002
23	y(n)=2,2x(n) + 1,32x(n-1) – 0,87y(n-1) – 0,58y(n-2)	0,003
24	y(n)=2x(n) + 1,28x(n-2) + 0,48y(n-1) – 0,86y(n-2)	0,003
25	y(n)=1,4x(n) + 1,4x(n-2) – 2,13y(n-1) – 1,7y(n-2)	0,005
26	y(n)=1,2x(n) – 0,24x(n-1) – 0,58x(n-2) – 1,63y(n-1) – 0,88y(n-2)	0,008
27	y(n)=1,8x(n) + 1,46x(n-2) – 1,65y(n-1) – 0,77y(n-2)	0,01
28	y(n)=3x(n) + 1,02x(n-1) + 3x(n-2) + 1,4y(n-1) – y(n-2)	0,015
29	y(n)=0,4x(n) – 0,57x(n-1) + 0,4x(n-2) + 0,8y(n-1) – 0,64y(n-2)	0,003
30	y(n)=x(n) + x(n-2) + 1,65y(n-1) – 0,9y(n-2)	0,007

Вимоги до звіту

Звіт повинен містити наступні розділи:

1. Титульний аркуш;
2. Цілі роботи;
3. Опис сигналів, коди програм, візуальне представлення сигналу.

Контрольні питання

1. Дайте визначення лінійної дискретної системи.
2. Дайте визначення імпульсної характеристики лінійної дискретної системи.
3. Дайте визначення перехідної характеристики лінійної дискретної системи.
4. Дайте визначення імпульсної характеристики нерекурсивної лінійної

дискретної системи.

5. Дайте визначення імпульсної характеристики рекурсивної лінійної дискретної системи.

Приклад виконання

1. Розрахуємо реакцію КІХ-фільтра, що заданий наступним різницевим рівнянням

$$y(n) = 0{,}5x(n) - 0{,}6x(n-1)$$

Де $n = 0,1,\dots,32;\quad \omega T = 0{,}5\,рад;\quad x(n) = \sin(\omega Tn);$

Моделювання роботи ЛДС на основі різницевого рівняння – розрахунок реакції на вхідний вплив при нульових початкових умовах – виконується за допомогою функції ***filter***

Дана програма виглядає наступним чином:

```
>> b=[0.5 -0.6];
>> a=[1];
>> td=0.005;
>> n=0:32;
>> x=sin(0.5*n);
>> y=filter(b,a,x);
>> plot(n,x,n,y,'--'),  grid;
>> hold on
>> stem(n,x)
>> stem(n,y)
>> gtext('Выходной сигнал')
>> gtext('Входной сигнал')
```

Результати розрахунку представлені на рис. 9.1, де крім дискретних сигналів показані їх огинаючі.

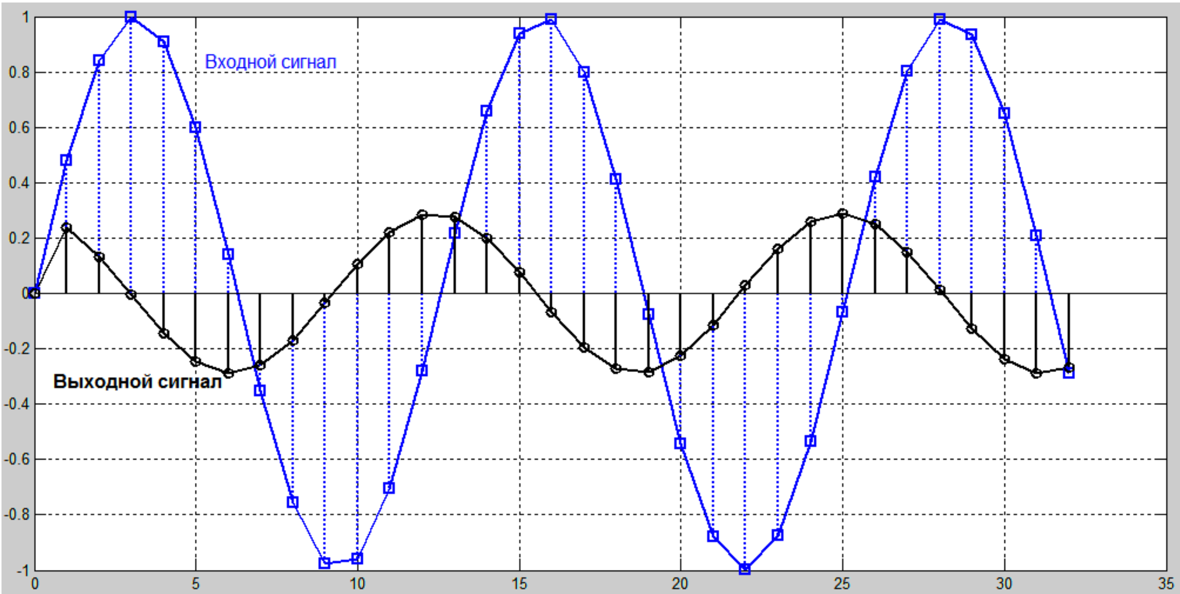

Рис. 9.1 Реакція КІХ-фільтра на вхідну дію

2. Розрахуємо реакцію НІХ-фільтра 2-го порядку, що заданий наступним різницевим рівнянням

$$y(n) = 0{,}5x(n) - 0{,}6x(n-1) + 1{,}04y(n-1) - 0{,}83y(n-2)$$

Де $n = 0,1,...,32;\quad \omega T = 0{,}5 рад;\quad x(n) = \sin(\omega T n);$

Дана програма виглядає наступним чином:

```
>> b=[0.5 -0.6];
>> a=[1, -1.04, 0.83];
>> n=0:32;
>> x=sin(0.5*n);
>> y=filter(b,a,x);
>> plot(n,x,n,y,'--'),  grid;
>> hold on
>> stem(n,x)
>> stem(n,y)
>> gtext('Выходной сигнал')
>> gtext('Входной сигнал')
```

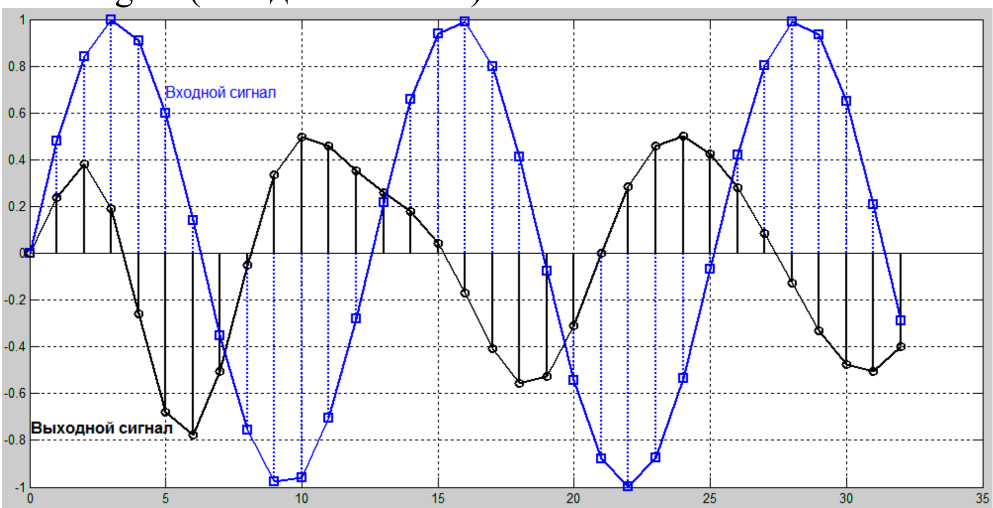

Рис.9.2 Реакція НІХ-фільтра на вхідну дію

3. Розрахуємо імпульсну характеристику НІХ-фільтра, що заданий наступним різницевим рівнянням

$$y(n) = 0{,}5x(n) - 0{,}6x(n-1) + 1{,}04y(n-1) - 0{,}83y(n-2)$$

Для розрахунку використаємо функцію delta, яка генерую цифровий одиничний імпульс довжиною 51 відлік (одна одиниця та 50 нулів).

Дана програма виглядає наступним чином:

```
>> b=[0.5 -0.6];
>> a=[1, -1.04, 0.83];
>> delta=[1;zeros(50,1)];
>> h=filter(b,a,delta);
>> stem(0:length(delta)-1,h)
>> grid
```

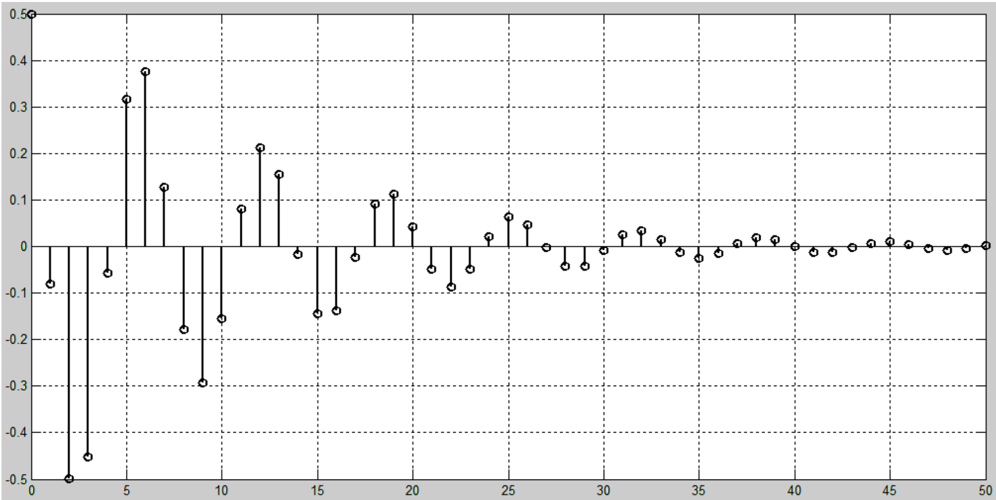

Рис. 9.3 Імпульсна характеристика НІХ-фільтра

4. Розрахуємо імпульсну характеристику НІХ-фільтра по коефіцієнтам різницевого рівняння

$$y(n) = 0{,}5x(n) - 0{,}6x(n-1) + 1{,}04y(n-1) - 0{,}83y(n-2)$$

Для розрахунку використаємо функцію impz, кількість відліків $N = 50$, період дискретизації $T = 5мс$

Дана програма виглядає наступним чином:

```
>> b=[0.5 -0.6];
>> a=[1, -1.04, 0.83];
>> td=0.005;
>> n=50;
>> fs=1/td;
>> [h,nt]=impz(b,a,n,fs);
>> stem(nt,h)
>> grid
```

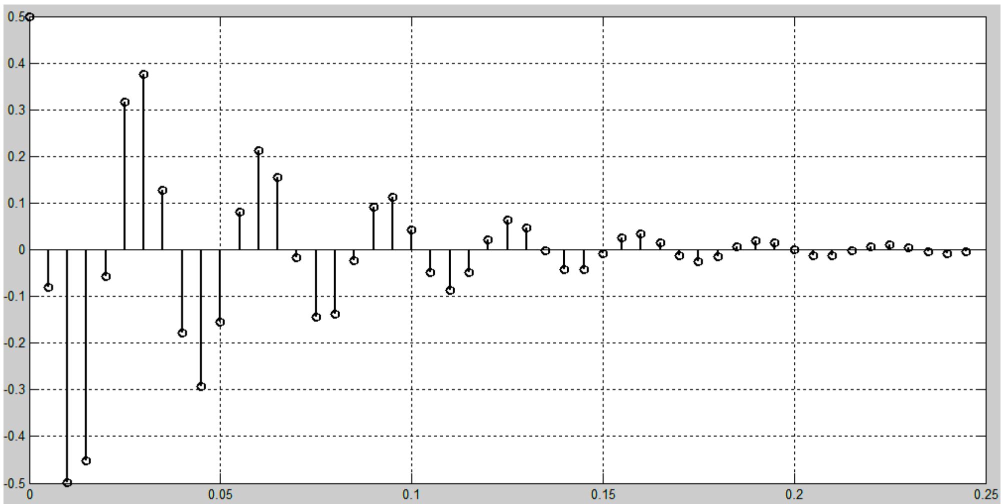

Рис. 9.4 Імпульсна характеристика НІХ-фільтра

Графік імпульсної характеристики (рис. 9.4) має такий самий вигляд, як і на рис. 9.3 (при розрахунку за допомогою функції filter), за виключенням того, що замість вісі нормованого часу n маємо вісь ненормованого часу nT. Все це підтверджує вірність розрахунків.