

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 1

Лабораторна робота № 3

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗА МЕТОДОМ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ

Мета роботи: дослідження методів ідентифікації, що базуються на взаємній кореляційній функції входу і виходу системи управління.

3.1 Теоретичні відомості. Теоретичні основи методу ідентифікації

При моделюванні пристроїв та систем управління (ПСУ) однією з задач є визначення їх динамічних характеристик (ідентифікація об'єкту). Ця задача може бути вирішена по методу взаємної кореляційної функції (ВКФ) вхідного і вихідного сигналів.

При дослідженні даного методу будемо припускати, що процеси, які протікають в ПСУ, є стаціонарні і ергодичні. Точне рішення задачі ідентифікації вимагає спостереження за процесами, що досліджуються, на достатньо великому (теоретично нескінченному) відрізку часу, але в реальній системі потрібно обмежувати час спостереження, розповсюджуючи отримані дані на нескінченний інтервал спостереження. Одержані при такому підході результати будуть наближеними. Оцінка ступеня такого наближення - одна з важливих задач, що вирішуються при моделюванні ПСУ.

Розглянемо ПСУ (рис. 3.1, а), вихід якої при вхідному сигналі $x(t)$ визначається наступним виразом (інтегралом згортки):

$$y(t) = \int_{-\infty}^t k(t - \tau) x(\tau) d\tau \quad (3.1)$$

де $k(t)$ – імпульсна характеристика ПСУ, одержувана зворотним перетворенням Лапласа з передаточної функції (рис. 3.1, б), тобто

$$k(t) = L^{-1}\{k(p)\}. \quad (3.2)$$

Приймаючи обмеження $x(t) = 0$ для всіх $t < 0$, отримаємо з (3.1)

$$y(t) = \int_0^t k(t - \tau) x(\tau) d\tau = \int_0^t k(\tau) x(t - \tau) d\tau \quad (3.3)$$

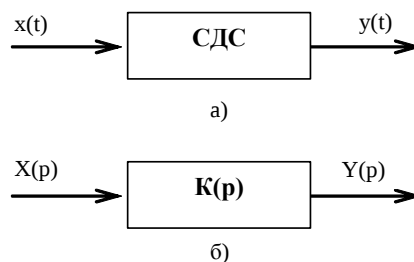


Рис. 3.1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 2

Розглянемо фізичний сенс рівнянь (3.1) і (3.3). Нехай на вхід ПСУ подаються імпульси шириною $\theta \rightarrow 0$ і амплітудою $x(t)$ в моменти часу $t = 0, \theta, 2\theta, \dots$ з енергією $\theta x(t)$ (рис. 3.2). Введемо позначення: $y_i(t)$ – реакція ПСУ в момент часу t на один i - імпульс, прикладений в момент часу $t = (i-1)\theta$. На основі викладеного можна записати

$$y_i(t) = k[t_1 - (i-1)\theta] \cdot \theta \cdot x[(i-1)\theta]. \quad (3.4)$$

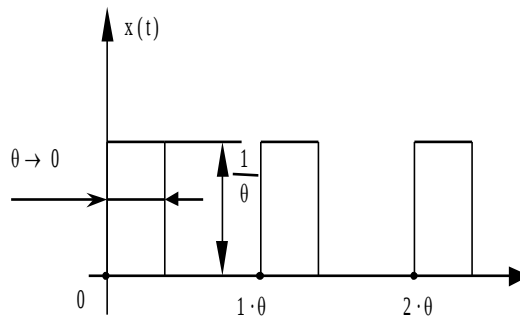


Рис. 3.2

Оскільки послідовність імпульсів додається з моменту часу з $t = 0$ до $t = t_1$, то $y(t_1)$ можна розглядати як суму n виходів $y_1(t_1), y_2(t_1), \dots, y_n(t_1)$:

$$y(t_1) = \sum_{i=1}^N y_i(t_1) = k \sum_{i=1}^N [t_1 - (i-1)\theta] \cdot \theta \cdot x[(i-1)\theta] \quad (3.5)$$

За умови $\theta \rightarrow d\tau \rightarrow 0$ і $\theta \rightarrow \tau$ одержуємо вираз (3.3). Якщо вхідний сигнал ПСУ $x(t)$ – випадковий, то, маючи (3.1) або (3.5), можна обчислити взаємну кореляційну функцію $R_{xy}(\tau)$, що відбиває взаємозв'язок між виходом ПСУ $y(t)$ в будь-який момент часу t і входом ПСУ $x(t-\tau)$, наступним чином:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x_T(t) y_T(t-\tau) dt, \quad (3.6)$$

де T – тривалість спостереження, тобто $x(t)$ і $y(t)$.

Підставляючи в (3.6) вираз (3.1) і вводячи поняття АКФ, одержуємо:

$$R_{xy}(t) = \int_0^{\infty} k(\tau) R_{xx}(t-\tau) d\tau, \quad (3.7)$$

де $R_{xx}(\tau)$ – АКФ,

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) x(t-\tau) d\tau. \quad (3.8)$$

Розглянемо випадок, коли на вхід ПСУ подається вхідний сигнал $x(t)$ типу “білого” шуму. Як відомо, АКФ “білого” шуму являє собою дельта-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 3

функцію. Отже, для АКФ “білого” шуму формула матиме наступний вигляд (3.8):

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)x(t-\tau) = \sigma^2 \delta(\tau). \quad (3.9)$$

Підставляючи значення (3.9) в (3.7), одержуємо

$$R_{xy}(t) = \sigma^2 \int_0^{\infty} k(\tau) \delta(t-\tau) d\tau = \sigma^2 k(t), \quad (3.10)$$

де $k(t)$ – імпульсна характеристика ПСУ,

σ^2 – дисперсія шуму.

Отже, для визначення динамічних характеристик по методу ВКФ необхідно на вхід подати "білий" шум і по вихідній реакції ПСУ визначити ВКФ, тотожно рівну (з точністю до постійних коефіцієнтів) в даному випадку імпульсній характеристиці ПСУ. В результаті даної процедури ідентифікації і одержується імпульсна характеристика ПСУ.

На практиці неможливо отримати сигнал у вигляді "білого" шуму. Для визначення динамічних характеристик в реальному масштабі часу застосовуються сигнали, АКФ яких з деяким наближенням апроксимується дельта - функцією. Докладно властивості таких сигналів і засоби їхнього отримання за допомогою цифрових генераторів шуму досліджувались в лабораторній роботі № 6.

Визначення динамічних характеристик...в реальному масштабі часу здійснюється шляхом накладання вхідного сигналу $x(t)$ (одержаного від генератора шуму) на робочий сигнал $r(t)$ ПСУ (рис. 3.3).

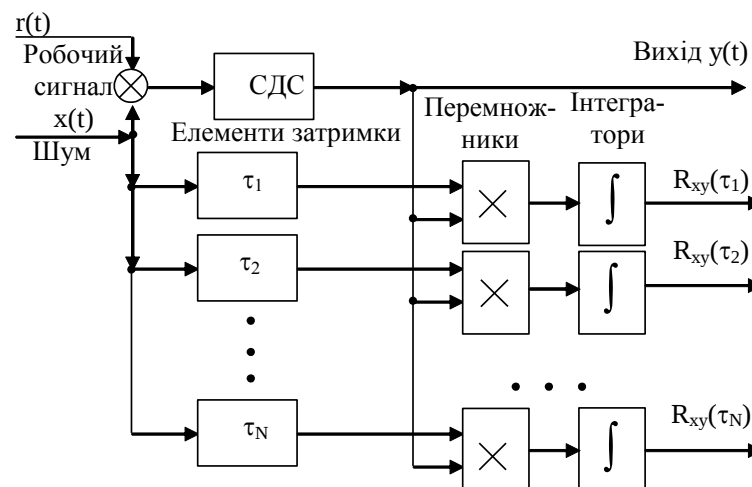


Рис. 3.3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 4

В цьому випадку ВКФ між $x(t)$ і $y(t)$ дасть імпульсну характеристику $k(t)$ з деякою малою похибкою. Додатковою умовою є нерівність $x(t) \ll r(t)$, так як процес ідентифікації не повинен впливати на нормальну роботу ПСУ.

При виконанні ідентифікації за допомогою ЕОМ в наведених виразах всі інтеграли повинні бути замінені відповідними сумами.

3.2. Метод взаємної кореляційної функції та алгоритм визначення динамічних характеристик систем

Алгоритм програми визначення динамічних характеристик ПСУ по методу ВКФ зображений на рис. 3.4.



Рис. 3.4

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 5

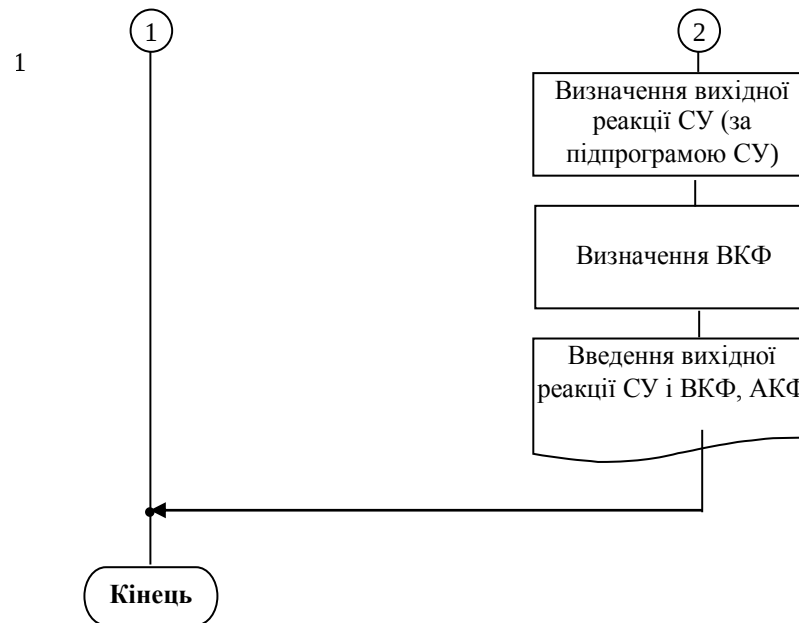


Рис. 3.4 (продовження)

У програмі використовуються дві ПСУ:

– аперіодична ПСУ першого порядку

$$K_0(z) = \alpha / [1 - (1 - \alpha)z^{-1}]; \quad (3.11)$$

– ПСУ другого порядку з двома інтеграторами

$$K_0(z) = \frac{[\alpha - (\alpha - \beta)z^{-1}]}{[1 - (2 - \alpha - \beta)z^{-1} + (1 - \alpha)z^{-2}]}. \quad (3.12)$$

Для кожного об'єкта необхідно одержати перехідну характеристику (вихідну реакцію ПСУ на прикладений до його входу одиничний стрибок) і імпульсну характеристику (вихідну реакцію ПСУ на прикладену до входу дельта-функцію в нульовий момент часу).

Одержимо різницеве рівняння для ПСУ першого порядку:

$$K_0(z) = \alpha / [1 - (1 - \alpha)z^{-1}] = Y(z) / X(z), \quad (3.13)$$

де $X(z)$, $Y(z)$ – z -перетворення відповідно входу і виходу ПСУ.

Тоді на основі формули (7.13) можна записати:

$$(1 - (1 - \alpha)z^{-1})Y(z) = \alpha X(z). \quad (3.14)$$

Далі виконуємо зворотнє z -перетворення і отримуємо різницеве рівняння:

$$y(n) = (1 - \alpha) \cdot y(n - 1) + \alpha x(n), \quad (3.15)$$

де $0 \leq \alpha \leq 2$ – одномірна область стійкості ПСУ.

Для ПСУ другого порядку:

$$K_0(z) = [\alpha - (\alpha - \beta)z^{-1}] / [1 - (2 - \alpha - \beta)z^{-1} + (1 - \alpha)z^{-2}] = Y(z) / X(z); \quad (3.16)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 6

$$(1 - (2 - \alpha - \beta)z^{-1} + (1 - \alpha)z^{-2})Y(z) = (\alpha - (\alpha - \beta)z^{-1})X(z); \quad (3.17)$$

$$Y(z) = (2 - \alpha - \beta)z^{-1}Y(z) + (1 - \alpha)z^{-2}Y(z) + \alpha X(z) + (\beta - \alpha)z^{-1}X(z). \quad (3.18)$$

Виконуючи зворотнє z -перетворення над (3.19), одержуємо різницеве рівняння для ПСУ другого порядку:

$$y(n) = (2 - \alpha - \beta) \cdot y(n-1) + (\alpha - 1) \cdot y(n-2) + \alpha x(n) + (\beta - \alpha) \cdot x(n-1), \quad (3.19)$$

де $0 \leq \alpha \leq 2$, $0 \leq \beta \leq 4$ – двомірна область стійкості ПСУ.

Для одержання перехідної характеристики на вхід ПСУ необхідно подати одиничний східчастий вплив

$$x(n) = 1, \quad n = 0, 1, \dots, N-1, \quad (3.20)$$

де N – довжина досліджуємої вибірки відліків входу і виходу ПСУ.

Імпульсну характеристику одержимо, якщо на вхід ПСУ подано випадкові числа (псевдовипадкова бінарна послідовність) від цифрового генератора шуму і визначимо ВКФ входу і виходу.

Виходячи з (3.6) і з огляду на дискретність відліків, отримаємо

$$R_{xy}(n) = \lim_{N \rightarrow \infty} 1/(2N+1) \sum y_N(i)x_N(i-n), \quad (3.21)$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$; $n\Delta t = \tau$; $N\Delta t = T$.

Враховуючи, що $y(t) = 0$ для $t \leq 0$, і обмежуючись кінцевими вибірками процесів $x(i)$ і $y(i)$, маємо

$$R_{xy}(n) = 1/(N-n) \sum_{i=1}^{N-n} y(i+n)x(i+n), \quad (3.22)$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$.

Для оцінки якості цифрового генератора шуму обчислюється його АКФ.

Виходячи з (7.7) і виконав перетворення аналогічно формулам (3.21) і (7.22), одержуємо вираз для визначення АКФ:

$$R_{xy}(n) = 1/(N-n) \sum_{i=1}^{N-n} x(i)x(i+n), \quad (3.23)$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$.

Більш докладні відомості про властивості цифрового генератора шуму і його АКФ наведені в лабораторній роботі № 2.

Початкові дані для програми:

- тип і коефіцієнти рівняння ПСУ;
- кількість відліків вхідного сигналу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 7

Вихідні дані програми:

- перехідна характеристика;
- АКФ цифрового генератора шуму;
- ВКФ входу і виходу ПСУ.

3.3. Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичної відомості, необхідні для виконання роботи.
2. Виконати попередній аналіз початкових даних індивідуального варіанту (табл. 3.11). Приклад програми моделювання – Додаток В.
3. Одержати перехідну характеристику ПСУ 1-го порядку (коефіцієнт $\alpha = \alpha_1$, кількість відліків $N = 32$).
4. Повторити п.3 при коефіцієнті $\alpha = \alpha_2$.
5. Одержати перехідну характеристику ПСУ 2-го порядку (кількість відліків $N = 32$).
6. Одержати імпульсну характеристику ПСУ 1-го порядку (коефіцієнт $\alpha = \alpha_1$, кількість відліків $N = 32$).
7. Одержати імпульсну характеристику ПСУ 2-го порядку (кількість відліків $N = 32$).

3.4. Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Початкові дані індивідуального варіанту.
3. Графіки перехідних характеристик.
4. Графіки імпульсних характеристик.
5. Висновки по роботі.

3.5. Контрольні питання

1. Дайте визначення перехідної й імпульсної характеристик ПСУ.
2. Дайте пояснення фізичного змісту методу обчислення вихідної реакції ПСУ шляхом згортки вхідного впливу і імпульсної характеристики ПСУ.
3. Що таке взаємна кореляційна функція ПСУ?
4. Чим відрізняється імпульсна характеристика ПСУ від ВКФ у випадку подачі на вхід “білого” шуму?
5. Які властивості повинні мати сигнали, що використовуються для ідентифікації ПСУ по методу взаємної кореляційної функції?
6. Намалюйте структурну схему для визначення динамічних характеристик ПСУ в реальному масштабі часу. Поясніть її роботу.
7. Як одержати рівняння, що описує ПСУ, по його передаточній функції?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 8

Таблиця 3.11

Варіант	Коефіцієнт α ПСУ 1-го порядку (2 значення α_1 та α_2)	Коефіцієнти α_1 і β_1 ПСУ 2-го порядку
1	0,4; 1,1	0,5; 2,0
2	0,5; 1,3	0,4; 2,2
3	0,6; 1,4	0,8; 2,5
4	0,7; 1,5	1,2; 2,7
5	0,8; 1,8	1,5; 3,2
6	0,9; 1,9	0,5; 2,0
7	0,4; 1,1	0,4; 2,2
8	0,5; 1,3	0,8; 2,5
9	0,6; 1,4	1,2; 2,7
10	0,7; 1,5	1,5; 3,2
11	0,8; 1,8	0,5; 2,0
12	0,9; 1,9	0,4; 2,2
13	0,4; 1,1	0,8; 2,5
14	0,5; 1,3	1,2; 2,7
15	0,6; 1,4	1,5; 3,2
16	0,7; 1,5	0,5; 2,0
17	0,8; 1,8	0,4; 2,2
18	0,9; 1,9	0,8; 2,5
19	0,4; 1,1	1,2; 2,7
20	0,5; 1,3	1,5; 3,2
21	0,6; 1,4	0,5; 2,0
22	0,7; 1,5	0,4; 2,2
23	0,8; 1,8	0,8; 2,5
24	0,9; 1,9	1,2; 2,7
25	0,4; 1,1	1,5; 3,2
26	0,5; 1,3	0,5; 2,0
27	0,6; 1,4	0,4; 2,2
28	0,7; 1,5	0,8; 2,5
29	0,8; 1,8	1,2; 2,7
30	0,9; 1,9	1,5; 3,2

8. Визначить вигляд перехідної характеристики аперіодичного ПСУ першого порядку при таких значеннях коефіцієнта α в передатній функції: 0,5; 1; 1,5; 2,0; 2,5.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 9

Додаток В

Приклад програми реалізації методу ідентифікації динамічних характеристик систем управління

```
% Математичні та програмні засоби моделювання ПСУ
% Лабораторна робота № 3
% Ідентифікація динамічних характеристик систем за методом взаємної
% кореляційної функції
% Математична модель системи у формі різницевого рівняння: 1) аперіодична
% ланка;
% 2) система 2-го порядку з інтеграторами
% Використовуються вхідні сигнали: 1) ступеневий вплив;
% 2) випадкові числа від генератора МАТЛАБ rand з рівномірним розподілом;
% 3) випадкові числа від генератора МАТЛАБ randn з нормальним розподілом;
% 4) псевдовипадкова бінарна послідовність (нуль-послідовність
% максимальної довжини)
% 5) псевдовипадкова бінарна послідовність (квадратична залишкова
% послідовність)

% --- Початкові дані ---
clear variables;
% Система: аперіодична ланка/система 2-го порядку з інтеграторами =1/2
Type_system=1;
% Коефіцієнти різницевого рівняння системи
alfa=0.6; beta=2.6;
% Динамічна характеристика, що обчислюється
% 1 - перехідна характеристика
% 2 - імпульсна характеристика
Type_din=1;
% Кількість відліків у реалізації вхідного сигналу системи
N=32;
% Амплітуда вхідного сигналу системи
A_random=1;
% Середньоквадратичне значення амплітуди випадкових впливів (для
% нормального розподілу)
STD_random=1;
% Рівномірний розподіл/цілі числа з рівномірним розподілом/нормальний
% розподіл =uniform/int/normal
Type_distributed='uniform';
% Тип генератора випадкових чисел в Матлаб
% 'twister' - MATLAB: rand, randi, randn - Mersenne Twister
% 'simdTwister' - MATLAB: rand, randi, randn - SIMD-oriented Fast
% Mersenne Twister
% 'combRecursive' - MATLAB: rand, randi, randn - Combined Multiple
% Recursive
% 'multFibonacci' - MATLAB: rand, randi, randn - Multiplicative Lagged
% Fibonacci
% 'pvbp1' - псевдовипадкова бінарна послідовність (нуль-послідовність
% максимальної довжини)
% 'pvbp2' - псевдовипадкова бінарна послідовність (квадратична
% залишкова послідовність)
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 10

```

Type_generator='pvbp1';
% Період псевдовипадкової бінарної послідовності 3, 7, 15, 31, 63, 127,
255, 511, 1023, 2047
Type_PSBP=31;
% Кількість інтервалів на гістограмі
N_bins=10;

% --- Моделювання ---
% --- Формування вхідного сигналу системи ---
if Type_din==1 % ступеневий вплив
    X_random=A_random*ones(N,1);
else % генератор випадкових чисел в Матлаб
    switch lower(Type_generator)
        case {'twister','simdtwister','combrecursive','multifibonacci'}
            rng(0,Type_generator);
            if strcmp(Type_distributed,'uniform')==1
                X_random=A_random*rand(N,1);
            elseif strcmp(Type_distributed,'int')==1
                X_random=randi(A_random,N,1);
            else % 'normal' при інших значеннях Type_distributed
                X_random=STD_random*randn(N,1);
            end;
        case 'modn'
            X_random=zeros(N,1); A_mod=7^9; X_random(1)=1; N_mod=10^10;
            for i=2:N
                X_random(i)=mod(A_mod*X_random(i-1),N_mod);
            end;
            if strcmp(Type_distributed,'uniform')==1
                X_random=A_random.*(X_random./N_mod);
            elseif strcmp(Type_distributed,'int')==1
                X_random=round(A_random.*(X_random./N_mod));
            else % 'normal' при інших значеннях Type_distributed
                X_random3=zeros(3*N,1); X_random3(1)=1;
                for i=2:(3*N)
                    X_random3(i)=mod(A_mod*X_random3(i-1),N_mod);
                end;
                for i=1:N
                    X_random(i)=(X_random3(i)./N_mod-
0.5).*(X_random3(i+N)./N_mod-0.5).*(X_random3(i+2*N)./N_mod-0.5);
                end;
                X_random=3*2^3*STD_random*X_random;
            end;
        case 'pvbp1'
            X_random=zeros(N,1); x101=ones(1,13);
            for i=1:N
                if Type_PSBP==3
                    rx101=xor(x101(2), x101(1)); x101max=2;
                elseif Type_PSBP==7
                    rx101=xor(x101(3), x101(1)); x101max=3;
                elseif Type_PSBP==15
                    rx101=xor(x101(4), x101(3)); x101max=4;
                elseif Type_PSBP==31
                    rx101=xor(x101(5), x101(3)); x101max=5;
                elseif Type_PSBP==63
                    rx101=xor(x101(6), x101(5)); x101max=6;

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 11

```

elseif Type_PSBP==127
    rx101=xor(x101(7), x101(4)); x101max=7;
elseif Type_PSBP==255
    rx101=xor(xor(x101(8), x101(4)),xor(x101(3),
x101(2))); x101max=8;
elseif Type_PSBP==511
    rx101=xor(x101(9), x101(5)); x101max=9;
elseif Type_PSBP==1023
    rx101=xor(x101(10), x101(7)); x101max=10;
elseif Type_PSBP==2047
    rx101=xor(x101(11), x101(9)); x101max=11;
else % 127 при інших значеннях Type_PSBP
    rx101=xor(x101(7), x101(4)); x101max=7;
end;
for j=x101max:(-1):2
    x101(j)=x101(j-1);
end;
x101(1)=rx101;
if rx101==1
    X_random(i)=1;
else
    X_random(i)=-1;
end;
end;
case 'pvbp2'
    X_random=zeros(N,1); xqN=-ones(1,Type_PSBP);
    for i=1:round((Type_PSBP-1)/2)
        xqN(mod(i^2-1,Type_PSBP)+1)=1;
    end;
    for i=1:N
        X_random(i)=xqN(mod((i-1),Type_PSBP)+1);
    end;
end; % switch
end; % if

% --- Графік ступеневого впливу або гістограма випадкових впливів ---
if Type_din==1 % ступеневий вплив
    figure; plot(0:(N-1),X_random,'k-', 'LineWidth',2); grid on;
    xlabel('Час, с'); ylabel('Амплітуда ступеневого впливу,
дискр.рівнів');
    title('Графік вхідного ступеневого впливу');
else % генератор випадкових чисел в Матлаб
    figure; [N_hist, Bin_hist]=hist(X_random,N_bins);
hist(X_random,N_bins); grid on;
    xlabel('Амплітуда випадкових впливів, дискр.рівнів'); ylabel('Кільк.
відліків в інтервалі значень ампл. ');
    title('Гістограма розподілу значень випадкових чисел');
    figure; histogram(X_random,'Normalization','pdf'); grid on;
    xlabel('Амплітуда випадкових впливів, дискр.рівнів');
ylabel('Відносна кільк. відліків в інтервалі');
    title('Нормалізована гістограма випадкових чисел');
    if strcmp(Type_distributed,'normal')==1
        PDF_Arg=-3*STD_random:0.01:3*STD_random;
        PDF_Theory = pdf('normal',PDF_Arg,0,STD_random);
        hold on; plot(PDF_Arg,PDF_Theory,'r-', 'LineWidth',2); hold off;

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 12

```

else
    PDF_Arg=0:0.1:A_random;
    PDF_Theory = pdf('uniform',PDF_Arg,0,A_random);
    hold on; plot(PDF_Arg,PDF_Theory,'r-','LineWidth',2); hold off;
end;
end;

% --- Обчислення вихідної реакції системи ---
Y=zeros(N,1);
if Type_system==1 % 1) аперіодична ланка;
    Y(1)=(1-alfa)*0+alfa*X_random(1);
    for i=2:N
        Y(i)=(1-alfa)*Y(i-1)+alfa*X_random(i);
    end;
else % 2) система 2-го порядку з інтеграторами
    Y(1)=(2-alfa-beta)*0+(alfa-1)*0+alfa*X_random(1)+(beta-alfa)*0;
    Y(2)=(2-alfa-beta)*Y(1)+(alfa-1)*0+alfa*X_random(2)+(beta-alfa)*X_random(1);
    for i=3:N
        Y(i)=(2-alfa-beta)*Y(i-1)+(alfa-1)*Y(i-2)+alfa*X_random(i)+(beta-alfa)*X_random(i-1);
    end;
end;

% --- Графік вихідної реакції системи ---
figure; plot(0:(N-1),X_random,'k-',0:(N-1),Y,'r-','LineWidth',2); grid on;
xlabel('Час, с'); ylabel('Амплітуда входу та виходу системи, дискр.рівнів');
legend('вхід', 'вихід');
if Type_din==1 % ступеневий вплив
    title('Перехідна характеристика системи');
else
    title('Вхід та вихід системи');
end;

if Type_din==2
    % Автокореляційна функція випадкових впливів
    % Розрахунок на основі функції MATLAB xcorr
    Autocorr1 = xcorr(X_random)./N;
    figure; plot(0:(N-1),Autocorr1(N:end),'LineWidth',2); grid on;
    xlabel('Номер відліку випадкових чисел'); ylabel('Автокореляційна функція, дискр.рівнів^2');
    title('Автокор. функція вип. посл. чисел - функція MATLAB xcorr');
    % Взаємна кореляційна функція виходу і входу системи
    % Розрахунок на основі функції MATLAB xcorr
    YXcorr1 = xcorr(Y,X_random)./N./var(X_random);
    figure; plot(0:(N-1),YXcorr1(N:end),'LineWidth',2); grid on;
    xlabel('Час, с'); ylabel('Імпульсна характеристика системи');
    title('Імпульсна характеристика системи за методом ВКФ');
end;

% --- Виведення результатів моделювання ---
fprintf(1,'Лабораторна робота № 3\n');
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 13

```

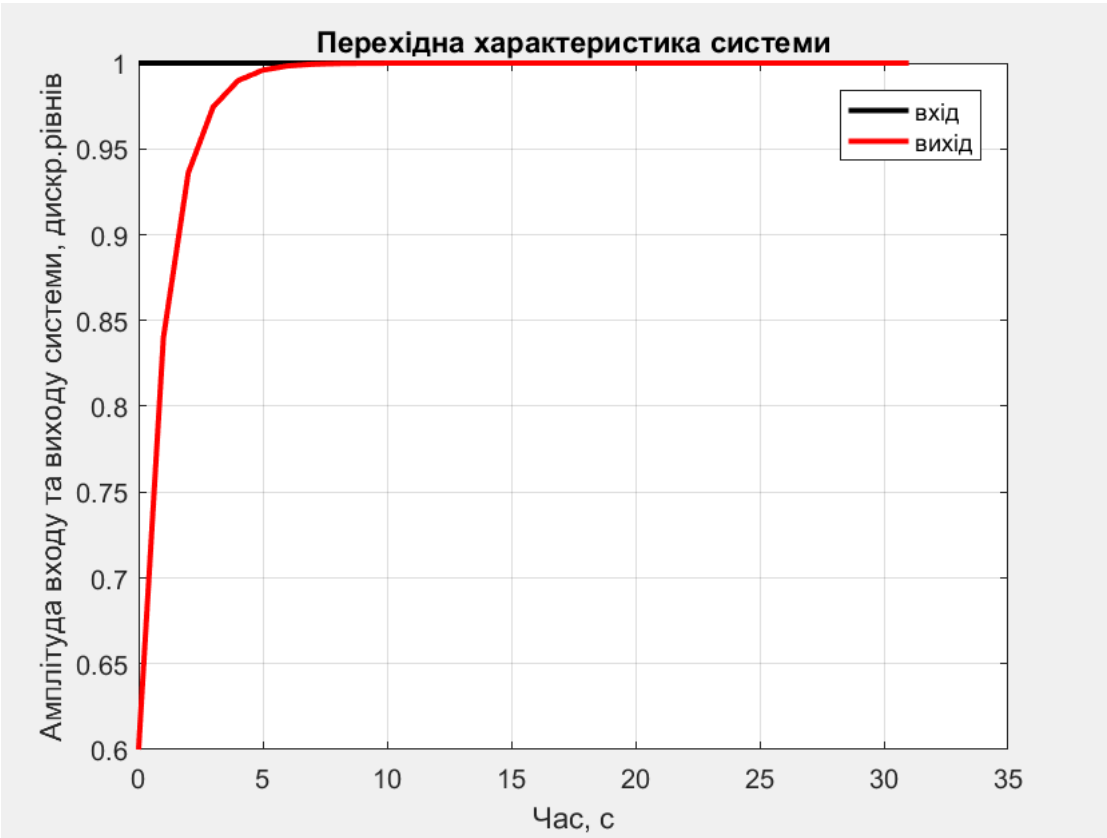
fprintf(1, 'Ідентифікація динамічних характеристик систем за методом
взаємної кореляційної функції\n');
fprintf(1, 'Математична модель системи у формі різницевого рівняння\n');
fprintf(1, 'Система: аперіодична ланка/система 2-го порядку з
інтеграторами =1/2  %d\n', Type_system);
fprintf(1, 'Коефіцієнти різницевого рівняння системи alfa та beta %7.3f
%7.3f\n', alfa, beta);
fprintf(1, 'Динамічна характеристика: 1 - перехідна; 2 - імпульсна %d\n',
Type_din);
fprintf(1, 'Кількість відліків у реалізації вхідного сигналу %d\n', N);
fprintf(1, 'Діапазон значень ампл. вип. впливів (для рівн. розподілу)
%7.3f\n', A_random);
fprintf(1, 'Середньокв. значення ампл. вип. впливів (для норм. розподілу)
%7.3f\n', STD_random);
fprintf(1, 'Рівн. розподіл/цілі числа з рівн. розподілом/норм. розподіл
%s\n', Type_distributed);
fprintf(1, 'Тип генератора випадкових чисел %s\n', Type_generator);
fprintf(1, 'Період псевдовипадкової бінарної послідовності %d\n',
Type_PSBP);
fprintf(1, 'Кількість інтервалів на гістограмі %d\n\n', N_bins);

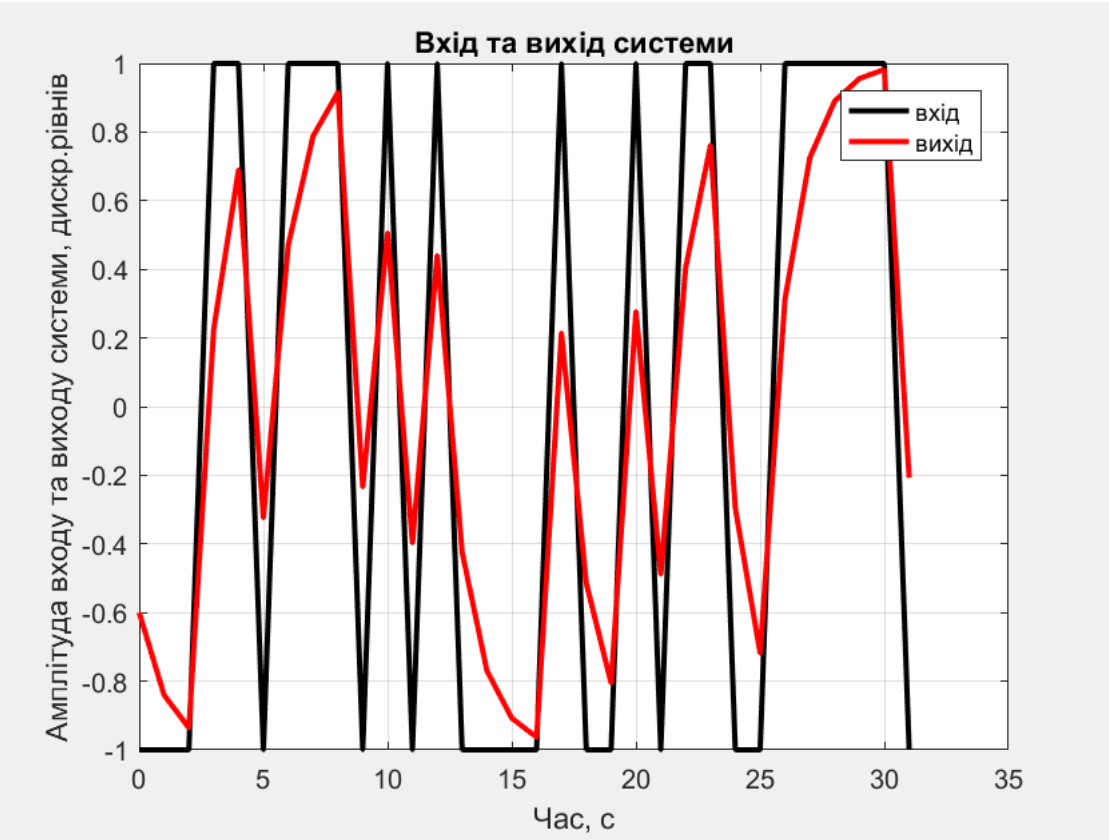
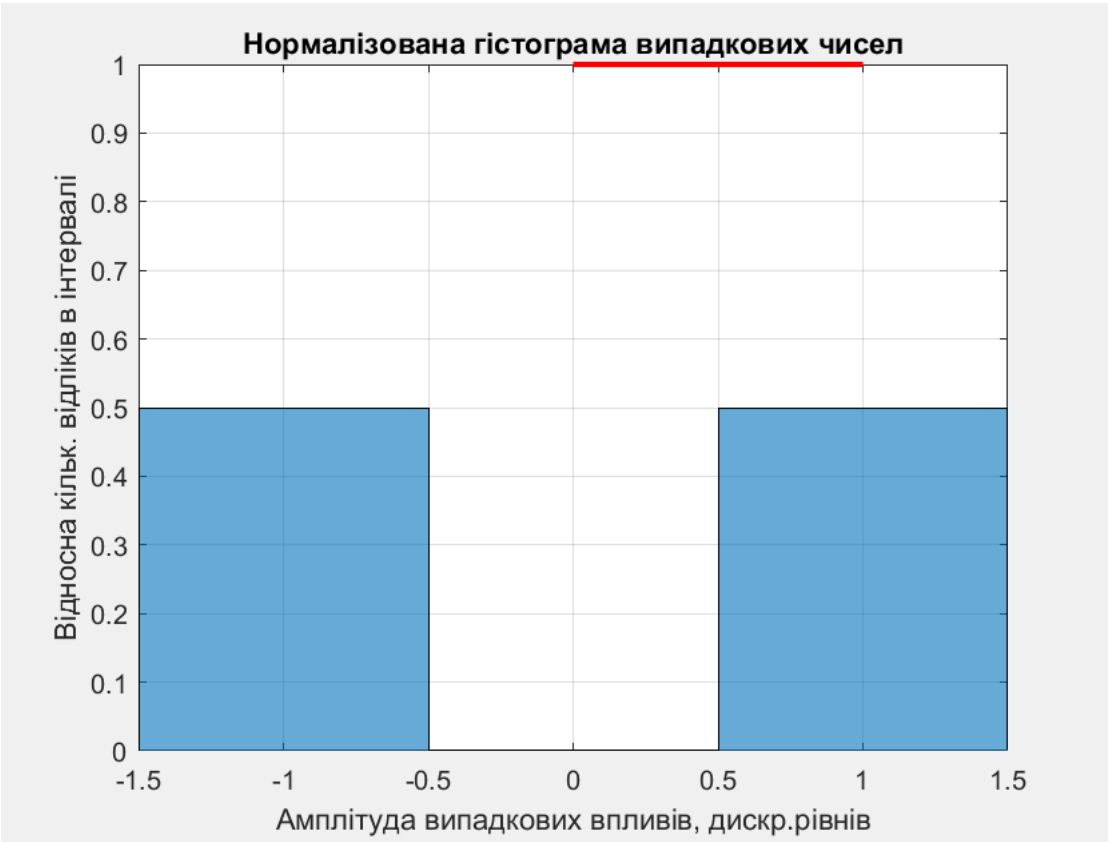
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 14

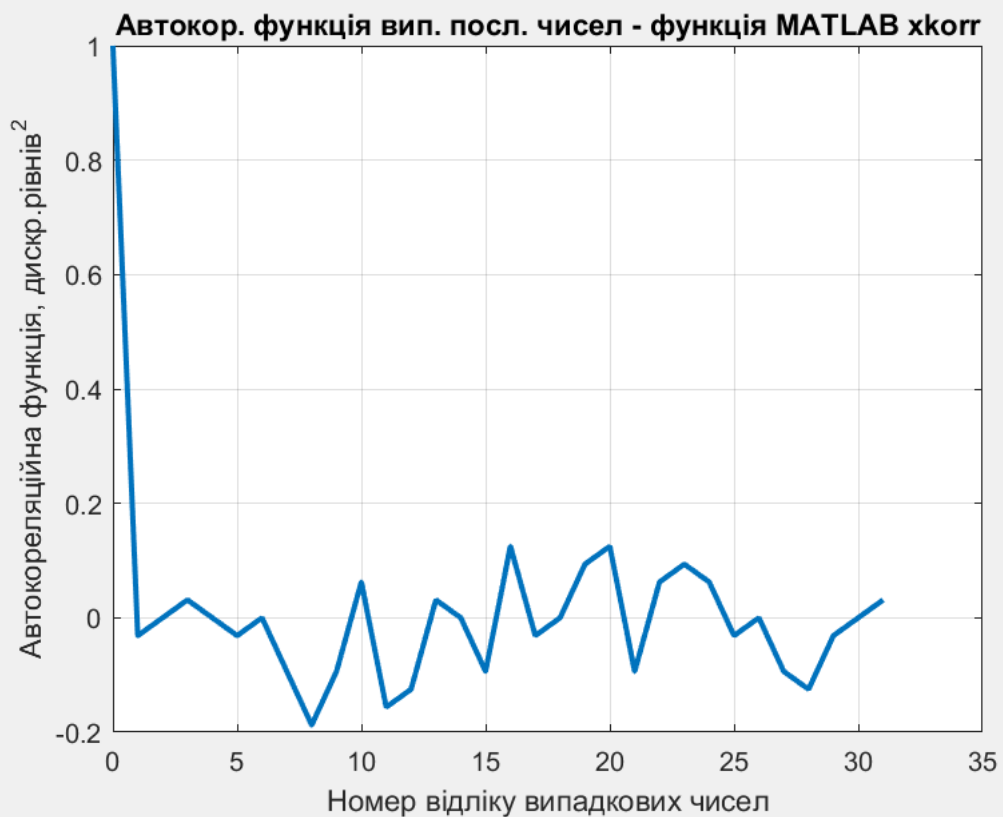
Ідентифікація динамічних характеристик аперіодичної системи 1-го порядку

Лабораторна робота № 3
Ідентифікація динамічних характеристик систем за методом взаємної кореляційної функції
Математична модель системи у формі різницевого рівняння
Система: аперіодична ланка/система 2-го порядку з інтеграторами
=1/2 1
Коефіцієнти різницевого рівняння системи alfa та beta 0.600
2.600
Динамічна характеристика: 1 - перехідна; 2 - імпульсна 1
Кількість відліків у реалізації вхідного сигналу 32
Діапазон значень ампл. вип. впливів (для рівн. розподілу) 1.000
Середньокв. значення ампл. вип. впливів (для норм. розподілу)
1.000
Рівн. розподіл/цілі числа з рівн. розподілом/норм. розподіл uniform
Тип генератора випадкових чисел rvbpl
Період псевдовипадкової бінарної послідовності 31
Кількість інтервалів на гістограмі 10





Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 16



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 17

Ідентифікація динамічних характеристик системи 2-го порядку з інтеграторами

Лабораторна робота № 3

Ідентифікація динамічних характеристик систем за методом взаємної кореляційної функції

Математична модель системи у формі різницевого рівняння

Система: аперіодична ланка/система 2-го порядку з інтеграторами

=1/2 2

Коефіцієнти різницевого рівняння системи alfa та beta 0.600 2.600

Динамічна характеристика: 1 - перехідна; 2 - імпульсна 1

Кількість відліків у реалізації вхідного сигналу 32

Діапазон значень ампл. вип. впливів (для рівн. розподілу) 1.000

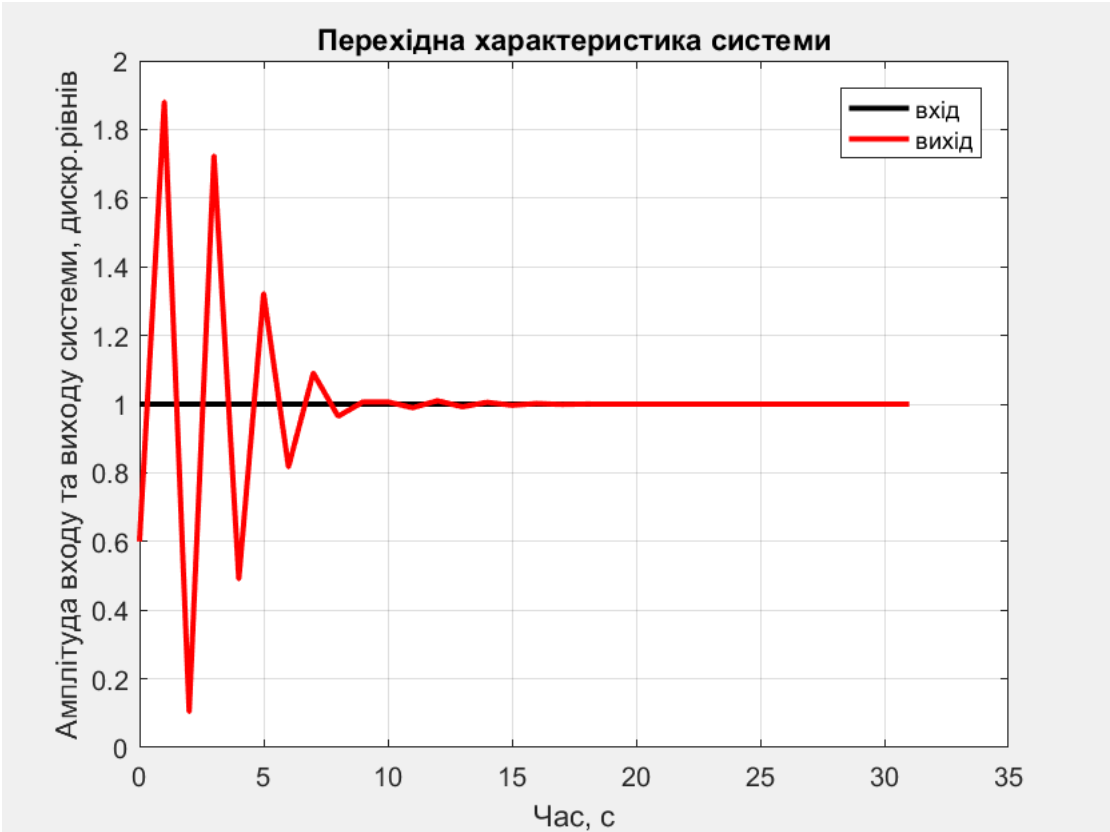
Середньокв. значення ампл. вип. впливів (для норм. розподілу) 1.000

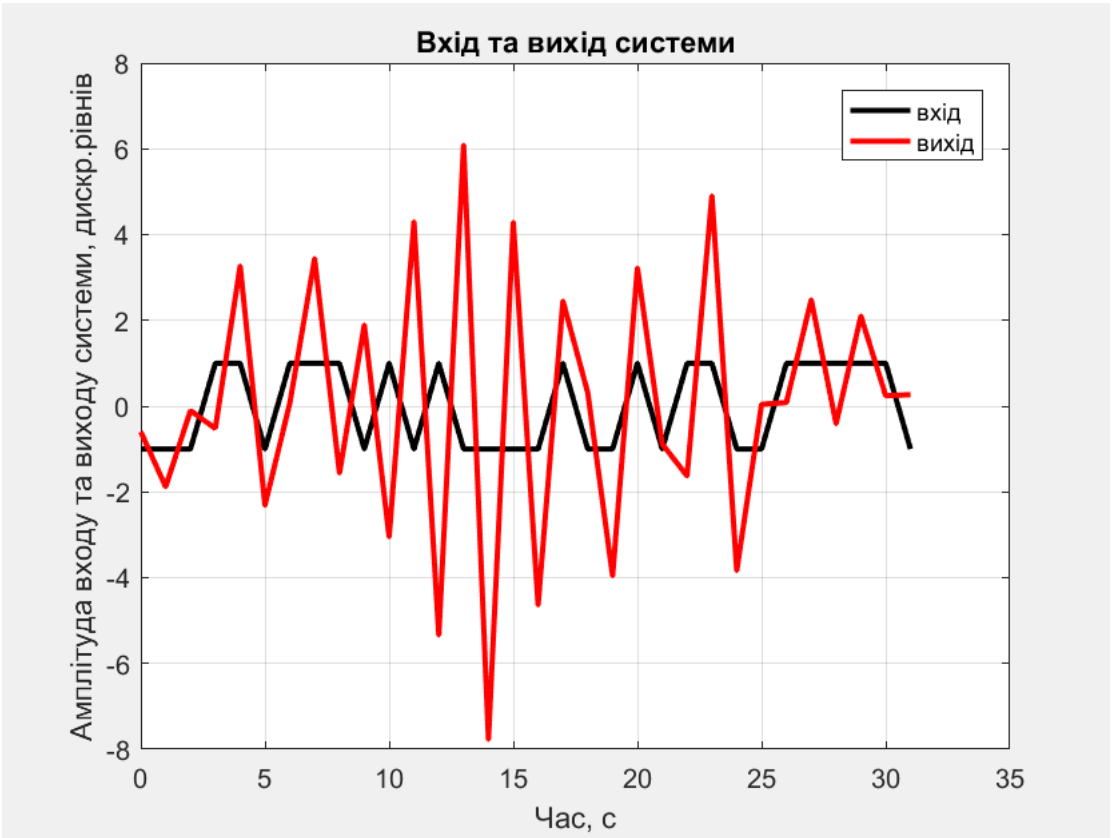
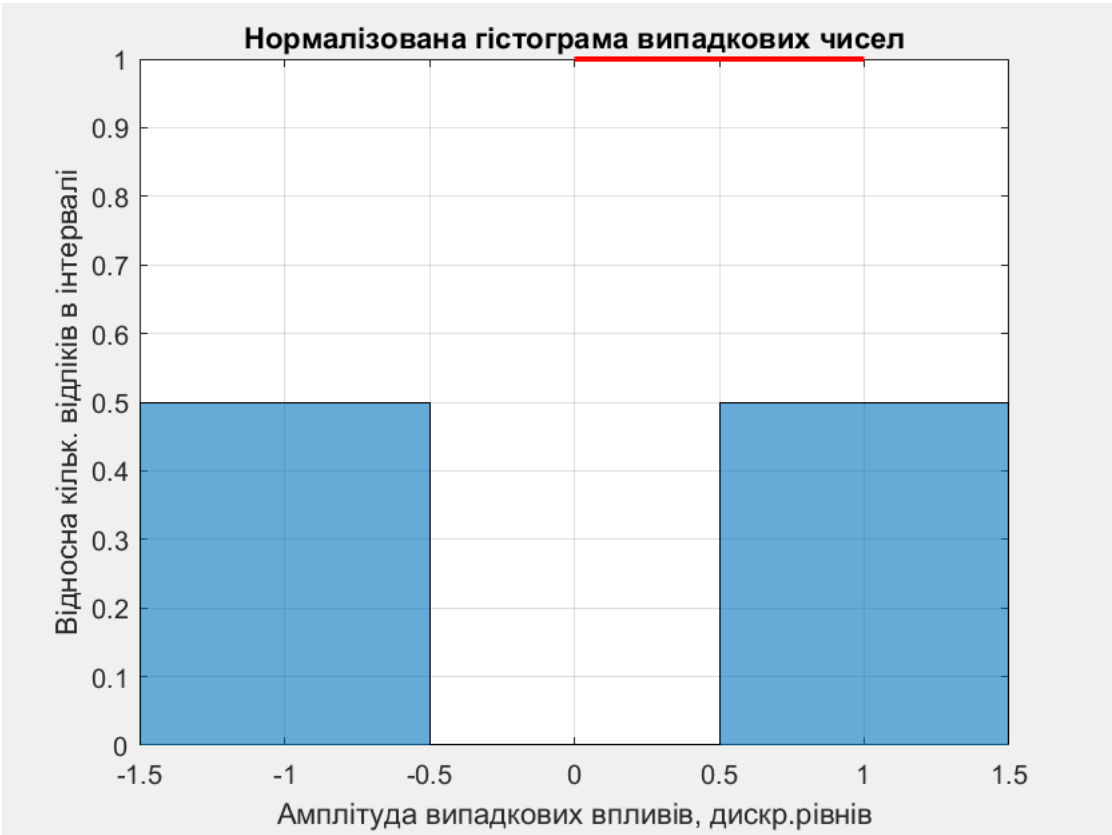
Рівн. розподіл/цілі числа з рівн. розподілом/норм. розподіл uniform

Тип генератора випадкових чисел rvbpl

Період псевдовипадкової бінарної послідовності 31

Кількість інтервалів на гістограмі 10





Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/174.00.1/М/ОК9- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 110 / 19

