

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Навчально-науковий інститут комп'ютерних систем
Кафедра комп'ютеризованих систем та програмних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з дисципліни
**“МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ”**
для здобувачів II рівня вищої освіти (магістерського)
зі спеціальності:
174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітня програма:
“Інтелектуальні комп'ютерні системи управління”

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни **“Моделі та інструментальні засоби математичного моделювання технологічних процесів”** для здобувачів II рівня вищої освіти (магістерського) всіх форм навчання спеціальності: 174 – “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка” освітньо-професійної програми: “Інтелектуальні комп’ютерні системи управління” / Уклад. В. Д. Павленко – Одеса: Одеська політехніка, 2025. – 14 с.

Укладач: В. Д. Павленко, професор кафедри комп’ютеризованих систем та програмних технологій, доктор технічних наук, професор

Затверджено

на засіданні кафедри
комп’ютеризованих систем
та програмних технологій

Протокол № 1 від 28.08.2025

ЗМІСТ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1. Математичні моделі нелінійних динамічних систем на основі рядів та поліномів Вольтерри. Багатовимірні імпульсні перехідні функції (ра Вольтерри)	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2. Багатовимірні передавальні функції та частотні характеристики НДС. Багатовимірні перетворення Лапласа і Фур'є	6
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3. Побудова моделі НДС у вигляді ряду Вольтерри по заданому диференціальному рівнянню	8
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4. Інструментальні засоби компенсаційного методу ідентифікації НДС на основі моделей Вольтерри з використанням нерегулярних тестових імпульсних послідовностей.....	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5. Інструментальні засоби апроксимаційного методу побудови моделі Вольтерри НДС в часовій області за допомогою тестових поліімпульсних сигналів	10
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6. Інструментальні засоби побудови моделі Вольтерри НДС з використанням методу найменших квадратів в часовій області за допомогою тестових поліімпульсних сигналів	12
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7. Інструментальні засоби ідентифікація НДС на основі моделей Вольтерри в частотній області з використанням тестових полігармонічних сигналів	13

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

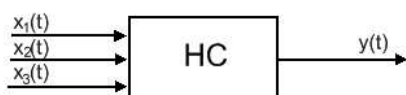
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ РЯДІВ ТА ПОЛІНОМІВ ВОЛЬТЕРРИ. БАГАТОВИМІРНІ ІМПУЛЬСНІ ПЕРЕХІДНІ ФУНКЦІЇ (ЯДРА ВОЛЬТЕРРИ)

Мета заняття: вивчення моделей нелінійних динамічних систем у вигляді інтегро–степеневих рядів та поліномів Вольтерри у часовій області, набуття вміння та навичок уявлення моделей для систем Вінера і Гаммерштейна, одновимірних і багатовимірних систем.

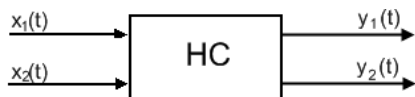
Завдання 1

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекції 4.

1.1. Для нелінійної динамічної системи з трьома входами та одним виходом (див. рис.) записати у вигляді ряду Вольтерри вираз для $y(t)$, обмежившись у розкладанні в ряд лише першим та другим порядком.



1.2. Для нелінійної динамічної системи з двома входами та двома виходами (див. рис.) записати у вигляді ряду Вольтерри вирази для $y_1(t)$ і $y_2(t)$, обмежившись у розкладанні в ряд лише першим та другим порядком.



1.3. Для лінійної динамічної системи з двома входами та двома виходами записати в матричній формі вирази для $y_1(t)$ і $y_2(t)$.

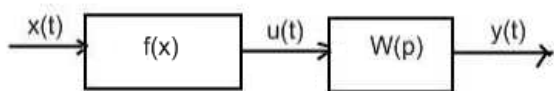
1.4. Для лінійної динамічної системи з трьома входами та двома виходами записати в матричній формі вирази для $y_1(t)$ і $y_2(t)$.

1.5. Для лінійної динамічної системи з трьома входами та одним виходом записати у матричній формі вираз для $y_1(t)$.

1.6. Для лінійної динамічної системи з одним входом і трьома виходами записати в матричній формі вирази $y_1(t)$, $y_2(t)$ і $y_3(t)$.

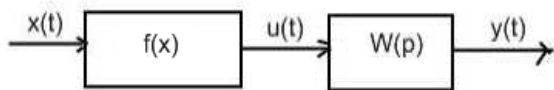
Завдання 2

2.1. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



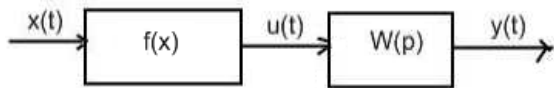
$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1}, \quad f(x) = c_1 x + c_2 x^2$$

2.2. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



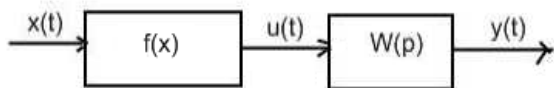
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(x) = c_1x + c_2x^3$$

2.3. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



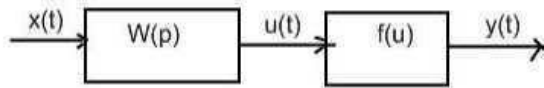
$$W(p) = \frac{1}{Tp+1}, \quad f(x) = cx^2$$

2.4. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



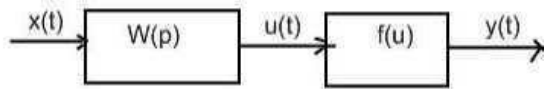
$$W(p) = \frac{1}{Tp+1}, \quad f(x) = cx^3$$

2.5. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



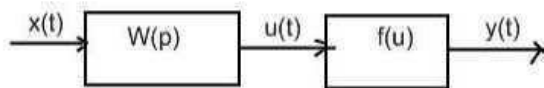
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = c_1u + c_2u^3$$

2.6. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



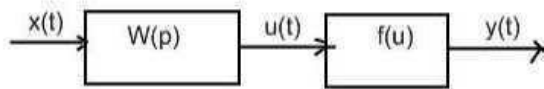
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = c_1u + c_2u^2$$

2.7. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



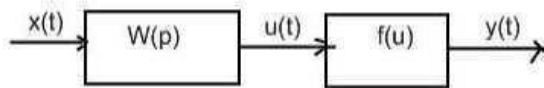
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = cu^3$$

2.8. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



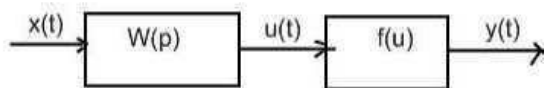
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = cu^2$$

2.9. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



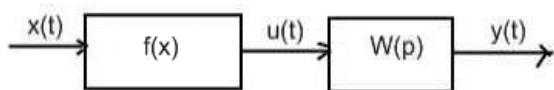
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = c_1u + c_2u^2 + c_3u^3$$

2.10. Систему, що представляє собою модель Вінера (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



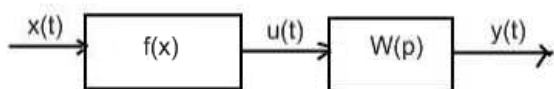
$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(u) = c_1u^2 + c_2u^3$$

2.11. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(x) = c_1 x^2 + c_2 x^3$$

2.12. Систему, що представляє собою модель Гаммерштейна (рис.), представити у вигляді моделі Вольтерра. Знайти: $w_1(t)$, $w_2(t_1, t_2)$, $w_3(t_1, t_2, t_3)$, $w_4(t_1, t_2, t_3, t_4)$, ...



$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad f(x) = c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

Примітка: Виконуються 2 завдання. Варіанти завдань вибираються за номером студента у списку групи.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

БАГАТОВИМІРНІ ПЕРЕДАВАЛЬНІ ФУНКЦІЇ ТА ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НДС. БАГАТОВИМІРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛАПЛАСА І ФУР'Є

Мета заняття: вивчення уявлення моделей Вольтерри НДС в області комплексних змінних, використання багатовимірних прямого та зворотного перетворень Лапласа і Фур'є багатовимірних передавальних функцій та багатовимірних згорток, набуття вміння та навичок визначення багатовимірних АЧХ і ФЧХ.

Завдання 1

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекції 5.

1.1. Задано двовимірну передавальну функцію виду:

$$W_2(p_1, p_2) = \frac{1}{(T_1 p_1 + 1)(T_2 p_2 + 1)}$$

Знайдіть вирази для двовимірних АЧХ та ФЧХ.

1.2. Задано двовимірну передатну функцію виду:

$$W_2(p_1, p_2) = \frac{1}{T(p_1 + p_2) + 1}$$

Знайдіть вирази для двовимірних АЧХ та ФЧХ.

1.3. Задано двовимірну вагову функцію виду:

$$w_2(t_1, t_2) = w(t_1) \delta(t_1 - t_2), \quad \text{де} \quad w(t) = \frac{k}{T} \exp\left(-\frac{t}{T}\right)$$

Знайдіть вираз для двовимірної передавальної функції $W_2(p_1, p_2)$.

1.4. Задано двовимірну вагову функцію виду:

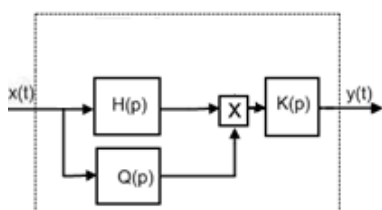
$$w_2(t_1, t_2) = w_1(t_1)w_2(t_2), \text{ де } w_1(t) = \frac{k_1}{T_1} \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right), w_2(t) = \frac{k_2}{T_2} \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right).$$

Знайдіть вираз для двовимірної передавальної функції $W_2(p_1, p_2)$.

Завдання 2

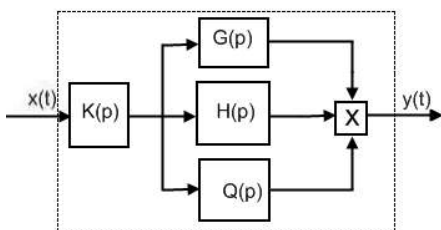
Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекції 5.

2.1. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вирази для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представлені у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$H(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, Q(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}, K(p) = \frac{k_3}{p^2 + (T_3 + T_4)p + T_3 T_4}$$

2.2. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вираз для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представлені у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$K(p) = \frac{k_1}{p^2 + (T_1 + T_2)p + T_1 T_2}, G(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1},$$

$$H(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1}, Q(p) = \frac{k_5}{T_5 p + 1}$$

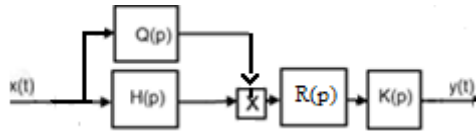
2.3. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вираз для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представлені у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$R(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, K(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1},$$

$$H(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}, Q(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$$

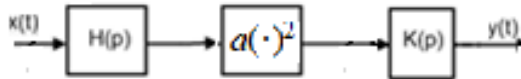
2.4. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вираз для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представлені у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$R(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \quad K(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1},$$

$$H(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}, \quad Q(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$$

2.5. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вираз для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представленій у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$H(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \quad K(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}$$

2.6. Для нелінійної системи, структурна схема якої наведена на рисунку, записати вираз для передавальних функцій $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, ... еквівалентної системи, представленій у вигляді моделі Вольтерри, для заданих виразів передавальних функцій компонентів, що складають систему (з'єднання):



$$K(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \quad H(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}$$

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

Побудова моделі НДС у вигляді ряду Вольтерри по заданому диференціальному рівнянню

Мета заняття: засвоєння аналітичних методів побудови моделей Вольтерри НДС в часовій і комплексній області за заданим диференціальним рівнянням, набуття вміння складати рекурсії з лінійних диференціальних рівнянь для визначення багатовимірних ядер Вольтерри, багатовимірних перехідних функцій, багатовимірних передавальних функцій та багатовимірних АЧХ і ФЧХ.

Завдання

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, який наведено в Лекції 6.

3.1. Для нелінійної системи, модель якої має вигляд диференційного рівняння

$$\frac{dy(t)}{dt} + \alpha y(t) + \lambda y^3(t) = x(t)$$

побудувати модель у вигляді ряду Вольтерри – визначити передавальні функції (зображення ядер за Лапласом): $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$, $W_4(p_1, p_2, p_3, p_4)$, $W_5(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$. Побудувати графіки діагональних перетинів відповідних АЧХ та ФЧХ при значеннях α , β та λ з табл. 3.1.

3.2. Для нелінійної системи, модель якої має вигляд диференційного рівняння

$$\frac{dy(t)}{dt} + \alpha y(t) + \beta y^2(t) + \lambda y^3(t) = x(t)$$

побудувати модель у вигляді ряду Вольтерри – визначити передавальні функції (зображення ядер за Лапласом): $W_1(p)$, $W_2(p_1, p_2)$, $W_3(p_1, p_2, p_3)$. Побудуйте графіки діагональних перетинів відповідних АЧХ та ФЧХ при значеннях α , β та λ з табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Варіанти завдань			
Варіант	α	β	λ
1	2.64	0	1.45
2	2.5	0	1.5
3	2-0	0	1.0
4	3.0	0	1.5
5	3.5	0	2.0
6	2.5	0	2.0
7	2.5	0	3.0
8	3.5	0	3.0
9	4.0	0	2.0
10	4.5	0	2.5
11	2.64	1.45	0.5
12	2.5	1.5	0.4
13	2-0	1.0	0.3
14	3.0	1.5	0.2
15	3.5	2.0	0.1
16	2.5	2.0	0.5
17	2.5	3.0	0.4
18	3.5	3.0	0.3
19	4.0	2.0	0.2
20	4.5	2.5	0.1

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ КОМПЕНСАЦІЙНОГО МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НДС НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ВОЛЬТЕРРИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕРЕГУЛЯРНИХ ТЕСТОВИХ ІМПУЛЬСНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Мета заняття: практичне засвоєння здобувачем інструментальних засобів реалізації компенсаційного методу ідентифікації НДС на основі моделей Вольтерри з використанням детермінованих тестових поліімпульсних та багатоступінчатих сигналів, дослідження точності побудованих інтегральних моделей.

Завдання

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекції 8.

1. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з одним входом та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 2-го порядку.
2. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{11}(t, t)$.
3. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{22}(t, t)$.
4. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{21}(t, t)$.
5. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{12}(t, t)$.
6. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді піддіагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{11}(t, t - \tau)$.
7. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді піддіагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{12}(t, t - \tau)$.
8. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді піддіагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{21}(t, t - \tau)$.
9. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді піддіагонального перетину ЯВ 2-го порядку $\hat{w}_{22}(t, t - \tau)$.
10. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з одним входом та одним виходом у вигляді діагонального перетину ЯВ 3-го порядку.
11. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{211}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.
12. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{121}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.
13. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{112}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.
14. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{221}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.
15. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{212}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.
16. Наведіть структурну схему процедури ідентифікації НДС з двома входами та одним виходом у вигляді перетину ЯВ 3-го порядку $\hat{w}_{122}(t, t - \tau_1, t - \tau_2)$.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ АПРОКСИМАЦІЙНОГО МЕТОДУ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ВОЛЬТЕРРИ НДС в ЧАСОВІЙ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕСТОВИХ ПОЛІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ

Мета заняття: практичне засвоєння здобувачем обчислювальних засобів реалізації апроксимаційного методу ідентифікації, набуття вміння та навичок використання алгоритмів регуляризації в процедурі ідентифікації, визначення похибок оцінки отриманих динамічних характеристик.

Завдання

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекцій 9 та 13.

1. Запишіть вираження для визначення піддіагональних перетинів перехідної функції 2-го порядку ($m=2$).
2. Запишіть вираження для визначення піддіагональних перетинів перехідної функції 3-го порядку.
3. Запишіть вираження для визначення діагональних перетинів перехідної функції 2-го порядку ($m=2$).
4. Запишіть вираження для визначення діагональних перетинів перехідної функції 3-го порядку ($m=3$).
5. Запишіть вираження для визначення діагональних перетинів перехідної функції m -го порядку.
6. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 2-го порядку ($m=2$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=2$.
7. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 2-го порядку ($m=2$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=3$.
8. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 1-го порядку ($m=1$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=2$.
9. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 1-го порядку ($m=1$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=3$.
10. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 1-го порядку ($m=1$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=4$.
11. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 3-го порядку ($m=3$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=3$.
12. Наведіть структурну схему процесу ідентифікації НДС на основі апроксимаційного методу оцінки ядер Вольтерри 3-го порядку ($m=3$) при використанні степені апроксимаційного поліному $n=4$.
13. Доведіть справедливості формули для визначення піддіагональних перетинів перехідної функції 2-го порядку ($m=2$).
14. Доведіть справедливості формули для визначення піддіагональних перетинів перехідної функції 3-го порядку ($m=3$).
15. Запишіть елементи матриці $\mathbf{C}_a$ і вектора $\mathbf{b}$ для визначення вектора коефіцієнтів $\mathbf{a}$ та відповідну СЛАР для оцінки парціальних складових відгуку НДС 3-го порядку ($m=3$) за допомогою апроксимаційного методу ідентифікації.
16. Запишіть елементи матриці $\mathbf{C}_a$ і вектора $\mathbf{b}$ для визначення вектора коефіцієнтів $\mathbf{a}$ та відповідну СЛАР для оцінки парціальних складових відгуку НДС 2-го порядку ($m=2$) за допомогою апроксимаційного методу ідентифікації.

Завдання*. (За бажанням!) Виконати комп'ютерне моделювання апроксимаційного методу ідентифікації НДС на прикладі оцінки діагонального перетину вагової та перехідної функцій 2-го порядку для об'єкту, наведеного в Лекції 6. Використати порядок апроксимаційної моделі $n=4$, амплітуди тестових сигналів та відповідні масштабні коефіцієнти (табл. 9.1). Отримані результати ідентифікації (оцінки вагової та перехідної функцій) порівняти з їх аналітичними виразами (еталонними значеннями), наведеними в Лекції 6, визначити середньо-квадратичні похибки ідентифікації.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Інструментальні засоби побудови моделі Вольтерри НДС з використанням методу найменших квадратів в часовій області за допомогою тестових поліімпульсних сигналів

Мета заняття: практичне засвоєння здобувачем обчислювальних засобів реалізації методу ідентифікації НДС з використанням методу найменших квадратів в часовій області за допомогою тестових поліімпульсних сигналів, набуття вміння та навичок використання алгоритмів регуляризації в процедурі ідентифікації, визначення похибок оцінки отриманих динамічних характеристик.

Завдання

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекцій 10 та 13.

1. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального процесу процедури ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри другого ступеня ($N=2$).
2. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального процесу процедури ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри третього ступеня ($N=3$).
3. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального процесу процедури ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри четвертого ступеня ($N=4$).
4. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення вагової функції першого порядку $w_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=1$.
5. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення вагової функції першого порядку $w_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=2$.
6. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину вагової функції другого порядку $w_2(t_1, t_2)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=2$.
7. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення вагової функції першого порядку $w_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.

8. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину вагової функції другого порядку $w_2(t_+, t_2)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.
9. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину вагової функції третього порядку $w_3(t_+, t_2, t_3)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.
10. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення перехідної функції першого порядку $h_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=1$ та використанні даних від L експериментів з НДС тестовими сигналами з амплітудами $a_1, a_2, \dots, a_L$.
11. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення перехідної функції першого порядку $h_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=2$.
12. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину перехідної функції другого порядку $h_2(t_+, t_2)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=2$.
13. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення перехідної функції першого порядку $h_1(t)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.
14. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину перехідної функції другого порядку $h_2(t_+, t_2)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.
15. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину перехідної функції третього порядку $h_3(t_+, t_2, t_3)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=3$.
16. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму визначення діагонального перетину перехідної функції другого порядку $h_2(t_+, t_2)$ на основі методу ідентифікації у вигляді поліному Вольтерри для $N=4$.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЯ НДС НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ВОЛЬТЕРРИ В ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВИХ ПОЛІГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ

Мета заняття: набуття вміння та навичок використання інструментальних засобів побудови моделей НДС у вигляді багаточастотних характеристик із застосуванням тестових полігармонічних сигналів.

Для виконання завдань використовується теоретичний матеріал, викладений в Лекції 11 та 12.

1. Обґрунтуйте та складіть схему інструментальних обчислювальних засобів процесу ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри другого ступеня ($N=2$) в частотній області із використанням тестових бігармонічних сигналів.
2. Обґрунтуйте та складіть схему інструментальних обчислювальних засобів процесу ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри четвертого ступеня ($N=4$) в частотній області із застосуванням чотирьох гармонік.

3. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри при $N=2$ в частотній області.
4. Обґрунтуйте та складіть блок-схему алгоритму ідентифікації НДС у вигляді апроксимаційної моделі на основі поліному Вольтерри при $N=3$ в частотній області
5. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=2$ з використанням апроксимаційного методу у частотній області.
6. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=3$ з використанням апроксимаційного методу у частотній області.
7. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=4$ з використанням апроксимаційного методу у частотній області.
8. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=2$ з використанням компенсаційного методу у частотній області.
9. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=3$ з використанням компенсаційного методу у частотній області.
10. Обґрунтуйте та складіть блок-схему обчислювального алгоритму ідентифікації НДС у вигляді ряду Вольтерри при $N=4$ з використанням компенсаційного методу у частотній області.