

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
Розроблення системи лінійних фільтрів для
ідентифікації робототехнічних систем
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи КІТПВм-21-1
Сидоренко А.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані
технологічні процеси та виробництва
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Ромашов Ю.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2022р.

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«15» грудня 2022 р.

Сидоренко А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма 151 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Невлюдов І.Ш.
(підпис)
«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Сидоренко Анастасії Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення системи лінійних фільтрів для ідентифікації робототехнічних систем»

затверджена наказом університету від «07» листопада 2022 р. №1464 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «07» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Об'єкт дослідження – задачі ідентифікації робототехнічних систем. Рівняння Лагранжа 2-го роду, електромеханічні аналогії, робототехнічні системи, ідентифікація, метод найменших квадратів, збурення сигналів, лінійні фільтри, обчислювальний експеримент, система математичних обчислень та моделювання Scilab.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: Вступ. Огляд та аналіз предметної області. Огляд систем розпізнавання об'єктів. Огляд систем розпізнавання об'єктів. Розроблення системи розпізнавання об'єктів. Аналіз результатів. Охорона праці. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): демонстраційний

матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) на аркушах формату A4 (12 сторінок).

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів	Примітка
1	Отримання, аналіз завдання, уточнення плану роботи	01.09.22	Виконано
2	Аналіз сучасних методів пошуку та виявлення вибухонебезпечних об'єктів	05.09.22	Виконано
3	Огляд сучасних систем пошуку та виявлення вибухонебезпечних об'єктів	19.09.22	Виконано
4	Вибір компонентів та пристроїв системи	29.09.22	Виконано
5	Розроблення програмного забезпечення задачі	10.10.22	Виконано
6	Проведення експериментальних досліджень	23.10.22	Виконано
7	Підготовка публікацій за результатами дослідження	08.11.22	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	19.11.22	Виконано
9	Подання закінченої роботи науковому керівникові	29.11.22	Виконано
10	Усунення зауважень наукового керівника	02.12.22	Виконано
11	Подання роботи на рецензування	06.12.22	Виконано
12	Підготовка презентації	15.12.22	Виконано
13	Попередній захист	16.12.22	Виконано
14	Подання роботи до екзаменаційної комісії	16.12.22	Виконано

Дата видачі завдання 01.09.22

Студент _____

(підпис)

Сидоренко А.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

проф. Ромашов Ю.В.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 72 с., 6 табл., 27 рис., 1 дод., 21 джерела.

ЛІНІЙНІ ФІЛЬТРИ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ.

Об'єкт дослідження – задачі ідентифікації робототехнічних систем.

Мета роботи – огляд стану проблеми щодо ідентифікації робототехнічних систем.

Методи дослідження – аналіз та узагальнення існуючих публікацій.

Робототехнічні системи – це область, яка охоплює досить широкий клас об'єктів, починаючи від найпростіших іграшок до повністю автоматизованих виробництв і механізмів, покликаних замінити людину при виконанні важких, неприємних та небезпечних робіт.

Сучасні програмно-апаратні засоби обчислювальної техніки є ядром робототехнічних систем. Висока швидкість обчислень і швидкодіючі інтелектуальні засоби контролю надають широкі можливості для реалізації адаптивного високоточного управління виконавчими пристроями з урахуванням зовнішніх впливів та інформативних факторів.

Задачі дослідження спрямовані на реалізацію мети та містять огляд базових понять про робототехнічні системи, огляд підходів щодо управління робототехнічних систем, а також формулювання проблем ідентифікації та дослідження фільтрації сигналів для компенсації збурень.

ABSTRACT

Explanatory note contain: 72 pages, 6 tables, 27 figures, 1 add., 21 sources.

LINE FILTERS, IDENTIFICATION OF ROBOTIC SYSTEMS.

The object of research is the identification of robotic systems.

The purpose of the work is to review the state of the problem of identification of robotic systems.

Research methods – analysis and generalization of existing publications.

Robotic systems is a field that covers a fairly wide class of objects, from the simplest toys to fully automated productions and mechanisms designed to replace humans in performing difficult, unpleasant and dangerous work.

Modern computer software and hardware are the core of robotic systems. High computing speed and fast-acting intelligent control tools provide ample opportunities for implementing adaptive high-precision control of executive devices taking into account external influences and informative factors.

The research tasks are aimed at the realization of the goal and include an overview of the basic concepts of robotic systems, an overview of approaches to the control of robotic systems, as well as the formulation of identification problems, and the study of signal filtering for disturbance compensation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТА ЇХНЯ ІДЕНТИФІКАЦІЯ	13
1.1 Поняття про робототехнічні системи.....	13
1.2 Управління робототехнічними системами	15
1.3 Проблеми ідентифікації та використання фільтрів	16
2 РОЗРОБКА ЛІНІЙНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	19
2.1 Математична модель робототехнічної системи.....	19
2.2 Ідентифікація робототехнічної системи	25
2.3 Визначення параметрів фільтрів сигналів	30
2.3.1 Огляд фільтрів	36
2.3.2 Лінійні фільтри.....	40
3 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ, ПРОЦЕСІВ ЇХНЬОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ ВИМІРЮВАНИХ СИГНАЛІВ.....	43
3.1 Комп'ютерна система Scilab та її можливості щодо дослідження процесів	43
в РТС	43
3.3 Ідентифікація робототехнічних систем	49
3.4 Дослідження можливостей фільтрації щодо ідентифікації РТС.....	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	63
4.1 Загальні положення.....	63
4.2 Загальні вимоги до знань та вмінь сапера в області надання домедичної допомоги	64
4.3 Вимоги безпеки при аварійній ситуації	66
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	68
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	71
ДОДАТОК А Лістинг коду.....	75
ДОДАТОК Б Демонстраційний матеріал	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БВПУ – блок вибору програми управління;

ЕД – електричний двигун;

ЕП – електропривод;

ЕРС – електро-рушійна сила;

ІУУ – інтелектуальна система управління;

МС – механічна система;

МЧ - механічна частина;

РТС – робототехнічні системи;

ССИ – система ситуаційної ідентифікації.

ВСТУП

Велика увага до проблем ідентифікації обумовлена наявністю значної кількості неконтрольованих зовнішніх впливів які мають бути відповідним чином враховані при формування сигналів керування. Неперервне розв'язування задач ідентифікації протягом функціонування робототехнічних систем дозволяє визначати зміну характеристик систем в наслідок неконтрольованих зовнішніх впливів.

Роботи і робототехнічні системи, що створюються на їх основі, є досить складними пристроями. Включені в робототехнічні системи роботи та обслуговуване ними обладнання мають різноманітні зв'язки між собою: інформаційні, кінематичні, програмні та багато інших. Інтенсивний розвиток промислової робототехніки почався з середини минулого століття, коли перші з них почали застосовувати для вивільнення людини від монотонних, одноманітних операцій на конвеєрах випуск автомобілів.

В даний час роботи, у тому числі і промислові, застосовуються у вельми широких сферах людської діяльності: від виконання найпростіших операцій зі збирання виробів до виготовлення високоточних деталей [1]; від обслуговування обладнання у виробничих приміщеннях до роботи в екстремальних умовах, де небажана чи неприпустима присутність людини.

Похибки розв'язування задач ідентифікації зрозуміло призводять до похибок оцінки поточних параметрів які визначають характеристики робототехнічних систем, що відповідним чином впливатиме на формування сигналів керування та призводитиме до погіршення якості функціонування робототехнічних систем [2].

Проблемам ідентифікації робототехнічних систем приділяється сьогодні досить велика увага про що свідчать багато існуючих публікацій [3–4] тощо.

Наприклад в роботі [4] розглянуто дельта-робот – це тип паралельних систем, які мають складну нелінійну структуру, придатну для застосування різних математичних алгоритмів. В останні роки дослідники були зосереджені на оцінці параметрів нелінійної механічної системи для обчислення оптимальних параметрів системи. Однак небагато дослідників намагалися розвинути дельта-роботів у такій

системі. У цьому внеску ми представляємо процедуру оцінки параметрів у моделі багатотілової системи дельта-роботної системи.

По-перше, багатотільна модель дельта-робота сформульована з використанням формулювання Лагранжа. Потім Matlab Simscape Toolbox використовується для побудови та перевірки багатотільної моделі. Нарешті, модуль оцінки параметрів використовується для оцінки оптимальних параметрів шляхом порівняння вихідних даних змодельованої моделі з даними експериментальних вимірювань. Тип дельта-робота, який використовується в цьому дослідженні, – D3S-800 і використовується для перевірки багатотілової моделі. Детальні експериментальні результати показують, що змодельовану систему перевірено, що є еталоном для динамічного оптимального дизайну дельта-роботної системи.

У роботі [5] розглянуто нелінійні системи. Нелінійні системи з'являються у всіх інженерних додатках. Отримання моделей для цих систем є важливим, наприклад, для прогнозування та контролю. Метою цієї статті є оцінка моделей класу нелінійних систем на основі експериментальних даних.

Розглядаючи повільно змінні задані значення, нелінійні системи можна апроксимувати лінійними моделями, що змінюються в часі. Тобто нелінійна система лінеаризується навколо траєкторії заданих точок. Підхід, використаний у цій статті, формулює проблему ідентифікації нелінійної системи як дослідження відповідного діапазону заданих значень, які можна визначити за допомогою інструментів для лінійних систем, що змінюються в часі.

Цей підхід продемонстровано на ідеалізованому прикладі моделювання та на реальному робототехнічному додатку.

Також хочу поділитися роботою [6]. У цьому дослідженні представлено метод ідентифікації роботів, який базується на імітаційному моделюванні та аналізі роботів як мехатронної системи. Постійне зростання використання роботизованих систем у виробничих лініях вимагає підвищення їх точності.

У цьому напрямку запропонований підхід призводить до підвищення точності за допомогою замкнутої системи оцінки динамічних параметрів робота.

Неточне позиціонування кінцевого ефектора робота в основному залежить від пружної поведінки конструкції робота, а також від явищ тертя, які виникають у коробці передач двигуна.

Це дослідження представляє простий у використанні метод ідентифікації динамічних параметрів промислового робота на основі імітаційної моделі на основі фізики. Використовуючи дані про рух робота як від цифрового, так і від справжнього робота, інтелектуальний алгоритм використовується для оцінки динамічних параметрів робота та, зрештою, коригування керування рухом робота для досягнення вищої точності.

У цій роботі аналізується процедура впровадження та представлений ряд експериментів для перевірки запропонованої методології в промисловій роботизованій клітині.

Лінійний фільтр – динамічна система, яка застосовує якийсь лінійний оператор до вхідного сигналу для виділення, або відкидання певних частот сигналу та інших функцій по обробці вхідного сигналу. Лінійні фільтри широко застосовуються в електроніці, цифровій обробці сигналів і зображень, в оптиці, теорії управління та інших областях.

Найбільш часто вони використовуються для того, щоб прибрати небажані частоти вхідного сигналу, або для того щоб виділити потрібну смугу частот у сигналі. Існує велика кількість різних типів і модифікацій лінійних фільтрів, у статті описані найбільш поширені.

Незважаючи на природу фільтра – механічну, оптичну, електронну, програмну або електричну, а також на частотний діапазон, в якому вони працюють, математична теорія лінійних фільтрів універсальна і може бути застосована до будь-якого з них [7].

Лінійні фільтри всіх видів можуть бути однозначно описані за допомогою їх амплітудної і фазо-частотної характеристик, або імпульсної характеристики. З математичної точки зору безперервні НІХ-фільтри описуються лінійними диференціальними рівняннями, а їх імпульсні характеристики – функції Гріна для цих рівнянь.

Безперервні фільтри також можуть бути описані за допомогою перетворення Лапласа імпульсної характеристики.

Для проектування фільтрів широко застосовуються графічні способи, наприклад, за допомогою діаграм Бode або Найквіста, а також проектування на комплексній площині, шляхом розміщення нулів і полюсів передавальної функції фільтра.

Існує ряд різних типів фільтрів по виду частотної характеристики, що забезпечують якісне виконання тих чи інших завдань.

Найбільш поширені типи НІХ-фільтрів:

- фільтр Бесселя;
- фільтр Баттерворта;
- фільтр Чебишова;
- еліптичний фільтр.

СІХ-фільтри можуть бути створені за допомогою згортки сигналу з імпульсною характеристикою фільтра [8].

Кваліфікаційна робота оформлена згідно з рекомендаціями з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти [2] та вимогами ДСТУ 3008:2015 [21]

РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТА ЇХНЯ ІДЕНТИФІКАЦІЯ

1.1 Поняття про робототехнічні системи

Сучасна робототехніка виникла на основі синтезу механіки та кібернетики і дала поштовх новому напрямку їх розвитку. Для механіки це виявилось пов'язано з багатоланковими механізмами типу маніпуляторів, а для кібернетики – з інтелектуальним керуванням, яке потрібно для роботів останнього покоління зі штучним інтелектом.

Таким чином задача робототехніки – це розвиток і синтез механіки та кібернетики з метою створення і застосування роботів і заснованих на їх використанні робототехнічних систем різного призначення.

Роль роботів у таких системах та комплексах може бути різною - від основної, коли роботи здійснюють головні функції, до допоміжної, коли роботи обслуговують основне або допоміжне обладнання, яке виконує ці функції. Системи і комплекси, автоматизовані за допомогою роботів, прийнято називати роботизованими. Роботизовані системи та комплекси, в яких роботи виконують основні функції, називають робототехнічними.

Робототехнічні системи – це область, яка охоплює досить широкий клас машин, починаючи від найпростіших іграшок до повністю автоматизованих виробництв та механізмів, покликаних замінити людину під час виконання важких, стомлюючих і небезпечних робіт.

Сучасні програмно-апаратні засоби обчислювальної техніки є ядром робототехнічних систем. Висока швидкість обчислень та швидкодіючі інтелектуальні засоби контролю надають широкі можливості для реалізації адаптивного прецизійного управління виконавчими пристроями з урахуванням зовнішніх впливів та неінформативних факторів [9].

Основні сфери застосування таких систем:

- авіаційна, космічна та військова техніка;
- промислові маніпулятори;
- станкобудування та обладнання для автоматизації технологічних процесів;
- медичне обладнання;
- сервісні системи;
- ігрові роботи та роботи з принципово новими типами руху.

Інакше кажучи, РТС – це виробнича система, яка працює за автоматизованою технологією й дає змогу відмовитись від технічної та супровідної документації та замінити її інформацією, що передається локальною мережею зв'язку або зосереджується на машинних носіях.

Для вирішення завдання управління роботом в умовах невизначеності спроектовано наступна архітектура системи інтелектуального управління (рис. 1.1).

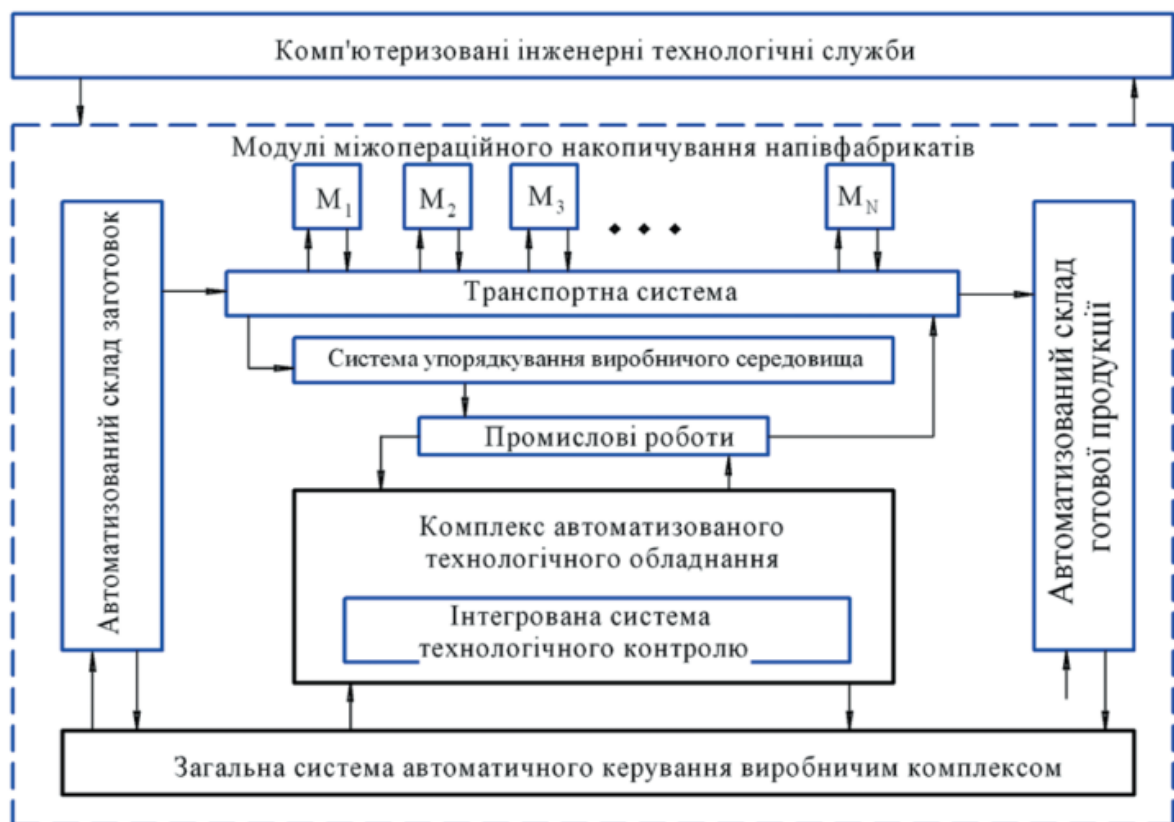


Рисунок 1.1 – Узагальнена структура РТС

Реалізація алгоритмів та програм інтелектуального управління робототехнічними системами за умов невизначеності пов'язані з низкою значних труднощів [10].

Складність алгоритмів попередньої обробки вхідної інформації та структурна невизначеність моделі поведінки самої робототехнічної системи зумовлюють надмірність структури системи інтелектуального управління.

Система ситуаційної ідентифікації (ССИ) має входити до складу будь-якої інтелектуальної системи управління робототехнічною системою. Інтелектуальний пристрій управління (ІУУ) містить у своєму складі БЗ та блок вибору програми управління (БВПУ) [12].

Призначення цього блоку – вироблення керуючого впливу системи електроприводів (ЕП), що впливають на механічну систему (МС) робота (рис. 1.2).

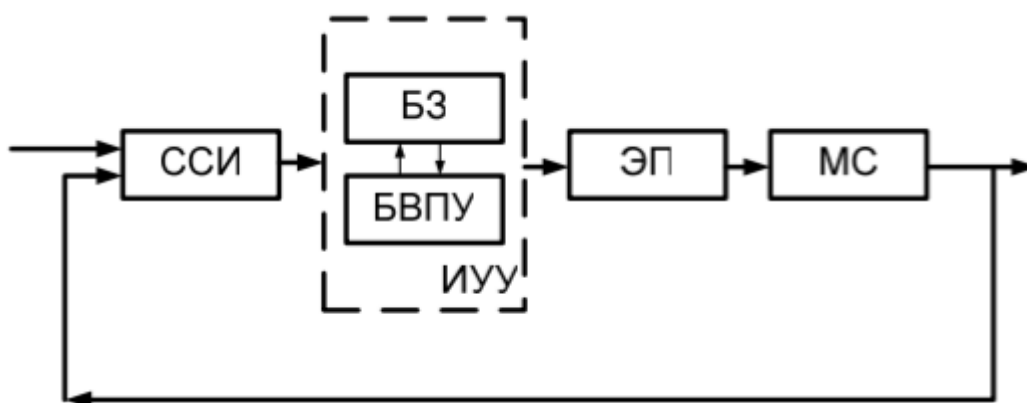


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи інтелектуального керування робототехнічною системою

1.2 Управління робототехнічними системами

Традиційні системи управління промисловими маніпуляторами діляться на кілька класів. Перший клас систем – системи програмного управління.

Система безперервного керування робочим органом маніпулятора має на увазі підрівнювання маніпулятора під еталонну модель [1]. У такому алгоритмі

управління не враховуються втрати в МС маніпулятора і приймається, що всі зусилля приводами, що розвиваються, передаються робочий орган.

Система програмного управління силою в робочому органі застосовується для керування як по вектору сили, а й у векторі становища робочого органу.

Система незалежного управління переміщенням та зусиллям у робочому органі маніпулятора за різними ступенями рухливості має два контури управління зі зворотним зв'язком: за становищем і за силою. У системі зв'язаного управління переміщенням та зусиллям у робочому органі маніпулятора завдання по вектору положення робочого органу коригується за поточним значенням сили вектора. Це означає, що під час руху робочого органу величина його ходу коригується за силою на зовнішнє середовище.

Адаптивні системи управління застосовуються, коли виконуються: операції взяття довільно розташованого або об'єкта, що переміщається, дугове зварювання швів з варіюваним положенням, обхід рухомих і непередбачених перешкод. З цією метою застосовуються адаптивні системи з асоціативною пам'яттю.

Для управління промисловими маніпуляторами застосовуються також робастні системи управління, що у час знаходять широке практичне застосування.

1.3 Проблеми ідентифікації та використання фільтрів

Робототехнічні системи — це сукупність інформаційно-сенсорних, механічних виконавчих та мікроконтролерних керуючих пристроїв, що функціонують спільно з метою виконання заданого технологічного процесу чи операції.

Тому основними цілями та завданнями спеціалізації є:

- вивчення, розробка та дослідження структурних, алгоритмічних, схемотехнічних та програмних рішень підсистем контролю та адаптивного управління виконавчими пристроями робототехнічних систем;

– отримання практичних навичок макетування та налагодження прикладного програмного забезпечення окремих компонентів та систем управління робототехнічних комплексів.

У теорії організації виробництва одним із найважливіших є поняття типу виробництва, під яким розуміють комплексну організаційно-технологічну характеристику виробничого процесу, що враховує ступінь його спеціалізації, різноманітність та стійкість номенклатури виробів, розміри їхніх партій, які запускаються у виробництво, ритмічність та повторність випуску виробів.

Тип виробництва визначає методи, що застосовуються для керування й організації як виробничого процесу, так і всієї виробничо-господарської діяльності підприємства. Діалектика розвитку основних методів виробництва показує, що на першому його етапі головним завданням було:

– збільшення обсягу виробництва досить обмеженого кола товарів шляхом зниження питомих витрат на випуск одиниці товару. Основний спосіб вирішення цього завдання зводився до поглиблення розподілу праці, коли робітник відносно вузької спеціалізації виконував найпростіші операції;

– стандартизація товарів;

– збільшення кількості окремих деталей (виробничої програми). Однак, починаючи з шістдесятих років XX століття, міняється структура попиту, коли за умови задоволення первинних потреб за основними видами товарів відбувається диференціація попиту за номенклатурою товарів і їхньою якістю.

Ця обставина визначила потенціальну перспективність робототехнічних систем (РТС). Одночасно всередині самого виробництва з'явилися фактори, що сприяли переходу до нової моделі виробництва:

– в технології – це зростання витрат, пов'язаних зі збільшенням номенклатури виробів;

– в організації – це деперсоналізація товаровиробника, коли кінцевий продукт став результатом діяльності різних робітників, що перешкоджає підвищенню якості кінцевого продукту;

– в соціально-психологічній сфері – це та обставина, що тенденція до розподілу праці, спрощення операцій на одному робочому місці, використання конвеєрної системи для захисту ритму операцій сприяли зростанню частки низько кваліфікованих робітників, які виконують найпростіші операції, що багаторазово повторюються;

– в техніці – це розвиток технічних засобів і засобів обчислювальної техніки, зокрема поява багатоцільового автоматичного технологічного обладнання (наприклад, багатоопераційних верстатів із числовим програмним керуванням), промислових роботів, автоматичних вантажно-розвантажувальних пристроїв, транспортних і нагромаджувальних систем [13].

Таким чином, виникло соціально-економічне замовлення суспільства на створення РТС, яке може бути реалізоване сукупним використанням сучасних науково-технічних знань та технічних засобів. Визначення РТС – є сукупність інформаційно-сенсорних, механічних виконавчих і керуючих пристроїв, що функціонують разом з метою виконання заданого технологічного процесу або операції.

РТС реалізується у вигляді комплексу технологічного та транспортного обладнання в сукупності с промисловими роботами, що виконують основні або допоміжні технологічні операції в умовах автоматизованого виробництва. Робототехнічна система є сукупність підсистем, а саме:

- комп'ютеризованої інженерно-технологічної служби;
 - комплексу автоматизованого технологічного обладнання з інтегрованою системою контролю, включаючи промислові роботи;
 - автоматизованої транспортної системи, що поєднує склад заготовок, підсистему упорядкування виробничого середовища та склад готової продукції;
 - загальної системи автоматичного керування виробничим комплексом.
- Головна ознака РТС від інших організаційно-виробничих структур – властивість оперативного переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури [14].

2 РОЗРОБКА ЛІНІЙНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Наявність збурень вимірюваних сигналів суттєво впливає на вирішення завдань ідентифікації РТС. Застосування фільтрів дозволяє усунути деякі види досліджуваних сигналів і завдання полягає в тому, щоб підібрати параметри таких фільтрів, які забезпечили б вирішення завдань ідентифікації РТС.

Досліджувані РТС представлені математичною моделлю і отримані результати з її допомогою використовуємо для вирішення задачі ідентифікації. При цьому маємо можливість оцінювати похибку ідентифікації шляхом зіставлення її результатів із параметрами використаної моделі.

2.1 Математична модель робототехнічної системи

РТС є електромеханічними системами з великою кількістю ступенів свободи.

Математичні моделі таких систем можна отримати за допомогою рівнянь Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = - \frac{\partial R}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (2.1)$$

де t — час;

q_k — узагальнена координата;

$\dot{q} = \frac{dq_k}{dt}$ — узагальнена швидкість;

n — число ступенів свободи;

L — функція Лагранжа;

R — дисипативна функція Релея;

Q_k — узагальнена сила, що відповідає координаті q_k і представляє непотенційну та недисипативну силу.

Характерною рисою РТС і те, що узагальнені координати мають механічну та електричну природу, оскільки РТС — електромеханічні.

Електромеханічна природа РТС відповідним чином враховується у виразах L , R та Q_k .

Існуючі РТС влаштовані таким чином, що рух, що відповідає окремому ступені свободи, забезпечується власним електродвигуном, кількість електродвигунів збігається з числом ступенів свободи РТС як чисто механічної системи [15].

Якщо рух РТС відбувається лише за рахунок одного ступеня свободи, то при такому русі РТС має один суто механічний ступінь свободи, який забезпечується відповідним електродвигуном.

З урахуванням цього можна розглядати окремі рухи, що відповідають кожному з ступенів свободи, таким чином, без втрати спільності міркувань будемо розглядати далі, що окремі рухи РТС, що відповідають будь-якій з чисто механічних ступенів свободи (рис. 2.1).

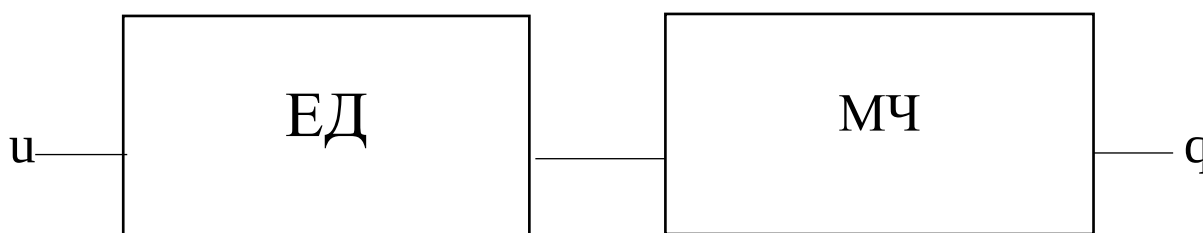


Рисунок 2.1 – Спрощена модель РТС

Найчастіше у РТС застосовують двигуни постійного струму. Такі двигуни зазвичай характеризуються активним опором R та індуктивністю L обмотки,

прикладеним напругою U живлення та ЕРС (електро-рушійною силою) самоіндукції E_w , яке пропорційно кутовій швидкості обертання ротора [16]:

$$E_\omega = B_E \omega, \quad (2.2)$$

де $B(e)$ – параметр ЕД;

ω – кутова швидкість ротора ЕД.

Обертний момент, що створюється електродвигуном пропорційний силі струму в ланцюзі:

$$M_e = B_e, \quad (2.3)$$

де $M(e)$ – обертальний момент ЕД;

I – сила струму в ланцюзі обмотки ротора ЕД.

Природно як узагальнену механічну координату РТС вибрати кут повороту ротора приводного електродвигуна. Таким чином у найпростішому випадку РТС може розглядатися як електромеханічна система з двома ($n=2$) ступенями свободи та узагальненими координатами:

$$q_1 = \varphi; q_2 = \kappa, \quad (2.4)$$

де φ – кут повороту ротора ЕД;

κ – заряд у ланцюзі обмотки ротора ЕД.

При цьому функція Лагранжа, функція Релея, узагальнені сили записуються так:

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2}J(q_1)\dot{q}_1^2 + \frac{1}{2}L\dot{q}_2^2, \\ R &= \frac{1}{2}b\dot{q}^2 + \frac{1}{2}R\dot{q}_2^2, \\ Q_1 &= B_e\dot{q}_2, \\ Q_2 &= U_e - B_e\dot{q}_1. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Підставимо вираз (2.5) рівняння Лагранжа 2-го роду (2.1).

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dq} &= J\dot{q}_1, \\ \frac{dJ}{dq} \dot{q}_1^2 + J\dot{q}_1 - \frac{1}{2} \frac{dJ}{dq_1} \dot{q}_1^2 &= -b\dot{q}_1 + B_e\dot{q}_2, \\ L\ddot{q}_2 &= -R\dot{q}_2 + U_e - B_e\dot{q}_1. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Оскільки розглядається рух, що відповідає лише одному ступені свободи за відсутності інших рухів, то можемо прийняти

$$\frac{dJ}{dq_1} = 0 \Rightarrow J(q_1) = J = \cos A. \quad (2.7)$$

Таким чином, рівняння математичної моделі РТС у найпростішому випадку мають вигляд

$$\begin{aligned} J\ddot{q}_1 &= -b\dot{q}_1 + B_e\dot{q}_2, \\ L\ddot{q}_2 &= -R\dot{q}_2 + U_e - B_e\dot{q}_1. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Рівняння (2.8) можна спростити шляхом зниження порядку:

$$\omega = \dot{q}_1; I = \dot{q}_2, \quad (2.9)$$

$$L\dot{\omega} = -b\omega + B_e I,$$

$$L\dot{I} = -B_e\omega - RI + U_e. \quad (2.10)$$

З першого рівняння (2.10) отримуємо:

$$I = \frac{J}{B_e} \dot{\omega} + \frac{b}{B_e} \omega. \quad (2.11)$$

Підставимо вираз (2.11) у друге рівняння (2.10)

$$L \left(\frac{J}{B_e} \ddot{\omega} + \frac{b}{B_e} \dot{\omega} \right) = -B_e\omega - B \left(\frac{J}{B_e} \dot{\omega} + \frac{b}{B_e} \omega \right) + U_e. \quad (2.12)$$

Наведемо подібні доданки у виразі (2.12)

$$\frac{LJ}{B_e} \ddot{\omega} + \frac{Lb+RJ}{B_e} \dot{\omega} + B_e + \frac{Rb}{B_e} \omega = U_e. \quad (2.13)$$

Таким чином, математичні моделі РТС у найпростішому випадку зводяться до диференціального рівняння 2-го порядку щодо кутової швидкості ротора ЕД виду (2.13), об'єкти автоматизації зручно представляти у вигляді динамічних ланок (рис. 2.2), які у випадку РТС мають вигляд:

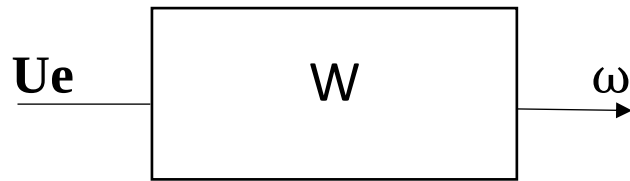


Рисунок 2.2 – Модель РТС у вигляді динамічної ланки

Введемо загальноприйняті у ТАУ позначення (рис. 2.3):

$$U_e = U; \omega = x. \quad (2.14)$$

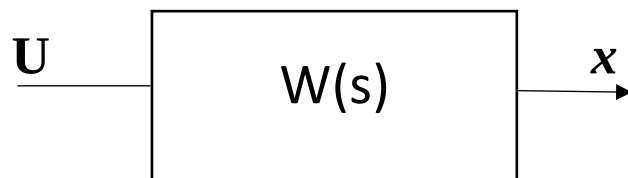


Рисунок 2.3 – Узагальнене подання математичної моделі РТС

З урахуванням позначень (2.14), рівняння (2.15) набуде вигляду:

$$a_2 \frac{d^2x}{dt^2} + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = u, \quad (2.15)$$

$$a_2 = \frac{JL}{B_e},$$

$$a_1 = \frac{Lb + RJ}{B_e},$$

$$a_0 = B_e + \frac{Rb}{B_e}.$$

Диференціальне рівняння (2.15) є лінійним, так що досліджувану РТС можна подати у вигляді динамічної ланки з передавальною функцією:

$$W = \frac{1}{a_2 S^2 + a_1 S + a_0}. \quad (2.16)$$

Таким чином, завдання ідентифікації РТС зводиться до задачі ідентифікації лінійної динамічної ланки 2-го порядку.

2.2 Ідентифікація робототехнічної системи

Як було показано вище, математична модель робототехнічної системи можна представити у вигляді звичайного дифференціального рівняння 2-го порядку, яке розглядатимемо із нульовими початковими умовами. Отже математичну модель робототехнічної системи представляємо у вигляді лінійної динамічної ланки (рис 2.3) 2-го порядку.

$$\begin{aligned} a_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x &= u(t), \\ x(0) &= 0; \frac{dx}{dt}(0) = 0. \end{aligned} \quad (2.17)$$

де a_0, a_1, a_2 – параметри системи.

Ідентифікація системи (2.17) полягати в тому щоб за заданим управлінням та вимірним результуючим сигналом визначити параметри робототехнічної системи a_0, a_1, a_2 :

$$u(t), x(t) \rightarrow a_0, a_1, a_2. \quad (2.18)$$

Для розв'язування задачі ідентифікації використовуємо метод найменших квадратів. Для цього розглядаємо оцифровані сигнали $u(t)$ та $x(t)$ (рис. 2.4):

$$\begin{aligned}
 &t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n, \\
 &u_1, u_2, \dots, u_k, \dots, u_n, \\
 &x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n,
 \end{aligned}
 \tag{2.19}$$

де $t_k - t_{k-1} = \Delta t$ – інтервал дискретизації,

$u_k = u(t_k)$, $x_k = x(t_k)$ – значення вхідного та вихідного сигналу в моменти дискретизації.

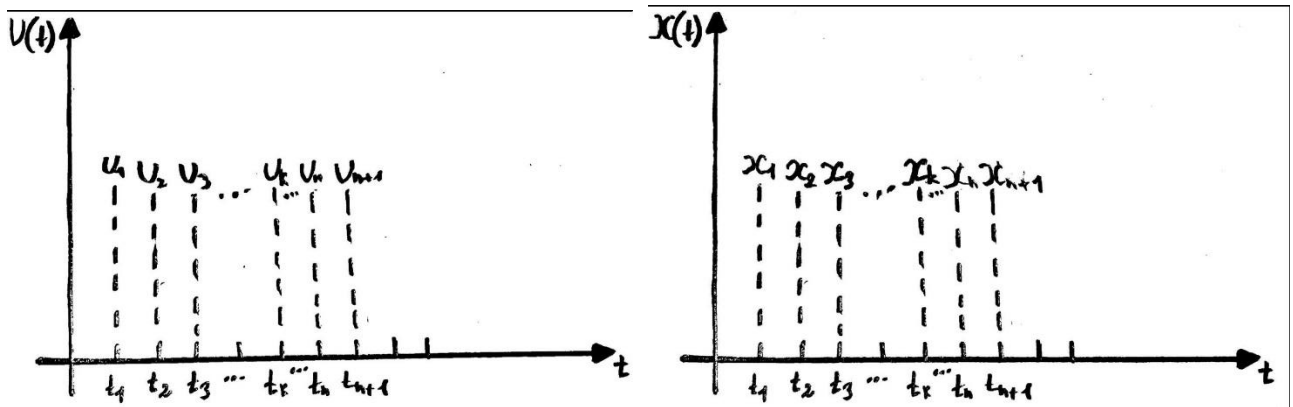


Рисунок 2.4 – Дискретизація досліджуваних сигналів

Для застосування методу найменших квадратів з урахуванням дискретного подання (2.19) досліджуваних сигналів (рис. 2.4) використовуємо наступне добре відоме кінцево-різницевої формули:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_k}{dt} &= \frac{x_{k+1} - x_{k-1}}{2\Delta t}, \\
 \frac{d^2x_k}{dt^2} &= \frac{x_{k-1} - 2x_k + x_{k+1}}{\Delta t^2}.
 \end{aligned}
 \tag{2.20}$$

З урахуванням співвідношень (2.20) диференціальні рівняння набуде наступного вигляду:

$$a_2 \frac{x_{k+1} - 2x_k + x_{k-1}}{\Delta t^2} + a_1 \frac{x_{k+1} - x_{k-1}}{2\Delta t} + a_0 x_k = 4_k. \quad (2.21)$$

Відповідно до методу найменших квадратів визначаємо нев'язку рівняння (2.21) у вигляді суми квадратів похибки виконання цього рівняння:

$$s = \sum_{k=2}^{n-1} \left(a_2 \frac{x_{k+1} - 2x_k + x_{k-1}}{\Delta t^2} + a_1 \frac{x_{k+1} - x_{k-1}}{2\Delta t} + a_0 x_k - 4_k \right)^2. \quad (2.22)$$

Для скорочення запису введемо позначення:

$$\begin{aligned} D'_k &= \frac{x_{k+1} - x_{k-1}}{2\Delta t}, \\ D''_k &= \frac{x_{k+1} - 2x_k + x_{k-1}}{\Delta t^2}. \end{aligned} \quad (2.23)$$

З урахуванням позначень (2.23) вираз (2.22) набуде вигляду:

$$S = \sum_{k=2}^n (a_2 D''_k + a_1 D'_k + a_0 x_k - u_k)^2. \quad (2.24)$$

Відповідно до методу найменших квадратів параметри a_0 , a_1 , a_2 визначимо так, щоб нев'язка (2.24) була мінімальною. У результаті визначення a_0 , a_1 , a_2 маємо три рівняння:

$$\begin{aligned}
\frac{ds}{da_0} &= 0, \\
\frac{ds}{da_1} &= 0, \\
\frac{ds}{da_2} &= 0.
\end{aligned} \tag{2.25}$$

Підставимо вираз нев'язки (2.24) за умови мінімуму (2.25)

$$\begin{aligned}
\sum_{k=2}^{n-1} (a_2 D_k'' + a_1 D_k' + a_0 x_k - u_k) x_k &= 0, \\
\sum_{k=2}^{n-1} (a_2 D_k'' + a_1 D_k' + a_0 x_k - u_k) D_k' &= 0, \\
\sum_{k=2}^{n-1} (a_2 D_k'' + a_1 D_k' + a_0 x_k - u_k) D_k'' &= 0.
\end{aligned} \tag{2.26}$$

Рівняння (2.26) – це система лінійних рівнянь алгебри щодо параметрів a_0, a_1, a_2 . Запишемо цю систему у зручнішому вигляді:

$$\begin{aligned}
\left(\sum_{k=2}^{n-1} D_k'' x_k \right) a_2 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} D_k' x_k \right) a_1 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} x_k^2 \right) a_0 &= \sum_{k=2}^{n-1} u_k x_k, \\
\left(\sum_{k=2}^{n-1} D_k'' D_k' \right) a_2 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} (D_k')^2 \right) a_1 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} x_k D_k' \right) a_0 &= \sum_{k=2}^{n-1} u_k D_k', \\
\left(\sum_{k=2}^{n-1} (D_k'')^2 \right) a_2 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} D_k' D_k'' \right) a_1 + \left(\sum_{k=2}^{n-1} x_k D_k'' \right) a_0 &= \sum_{k=2}^{n-1} u_k D_k''.
\end{aligned} \tag{2.27}$$

Рішення системи лінійних рівнянь алгебри (2.27) краще здійснювати численно за допомогою комп'ютера, а для цього систему (2.27), зручно представити в матрично-векторній формі. Для цього введемо таке позначення:

$$\{a\} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$[U] = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{pmatrix}, \quad (2.28)$$

$$b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix},$$

$$\text{де } u_{11} = \sum_{k=2}^{n-1} D_k'' x_k ;$$

$$u_{12} = \sum_{k=2}^{n-1} D_k' x_k ;$$

$$u_{13} = \sum_{k=2}^{n-1} x_k^2 ;$$

$$u_{21} = \sum_{k=2}^{n-1} D_k'' D_k' ;$$

$$u_{22} = \sum_{k=2}^{n-1} (D_k')^2 ;$$

$$u_{23} = \sum_{k=2}^{n-1} x_k D_k' ;$$

$$u_{31} = \sum_{k=2}^{n-1} (D_k'')^2 ;$$

$$u_{32} = \sum_{K=2}^{n-1} D_k' D_k'' ;$$

$$u_{33} = \sum_{k=2}^{n-1} x_k D_k''.$$

З обліків введених позначень (2.28) система лінійних рівнянь алгебри (2.27) набуде вигляду:

$$[u]\{a\} = \{b\}. \quad (2.29)$$

Таким чином рішення задачі ідентифікації РТС можна записати у вигляді:

$$\{a\} = [u] \cdot \{b\}. \quad (2.30)$$

Розв'язання задачі (2.30) не становить важливих труднощів.

2.3 Визначення параметрів фільтрів сигналів

Збурення вимірюваних сигналів можуть мати значний вплив на результат розв'язування задачі ідентифікації.

Спочатку виконаємо дослідження щодо сутності впливу збурень досліджуваних сигналів на результати розв'язування задачі ідентифікації об'єктів автоматизації.

Збурення сигналів зводимо далі до не пов'язаних із властивостями досліджуваного об'єкту автоматизації відхилень результуючого сигналу від його вигляду, відповідного виключно властивостям досліджуваного об'єкту автоматизації, який представляється у вигляді динамічної ланки:

$$u(t) \xrightarrow{W(s)+\tilde{W}(s)} \tilde{x}(t), \quad \tilde{x}(t) = x(t) + \hat{x}(t). \quad (2.31)$$

де $u(t)$ – випробувальний сигнал, що використовується для ідентифікації об'єкту автоматизації;

$W(s)$ – передаточна функція досліджуваного об'єкту автоматизації та незалежних від нього збурень результуючого сигналу;

$x(t)$ – результуючий сигнал, що містить складову $x(t)$, яка визначається властивостями досліджуваного об'єкту автоматизації, та складову, що обумовлена наявністю збурень, які не залежать від властивостей досліджуваного об'єкту автоматизації.

Розглядатимемо далі виключно важливий з практичної точки зору випадок обмежених малих збурень (рис. 2.5):

$$|\hat{x}(t)| \leq \varepsilon_x, \quad (2.32)$$

де $\varepsilon_x > 0$ – похибка результуючого сигналу, яка обумовлена наявністю збурень та є малою величиною.

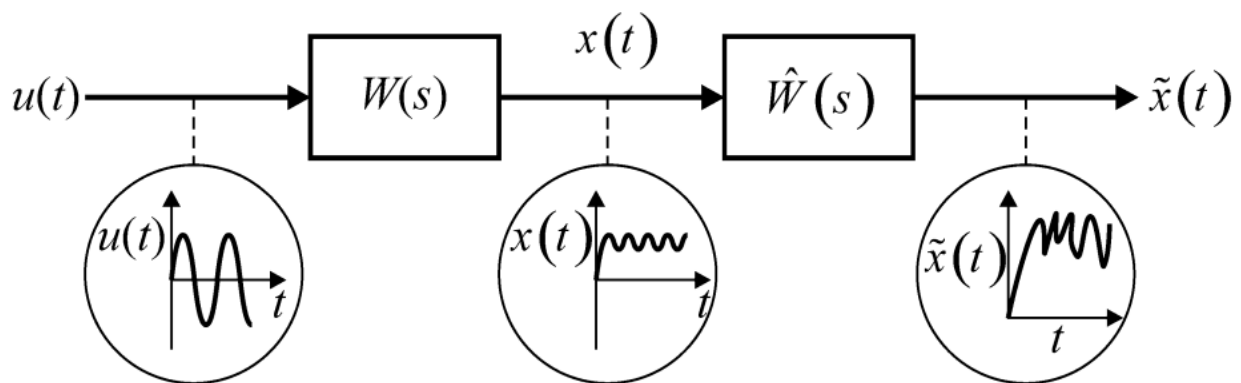


Рисунок 2.5 – Досліджуваний об'єкт автоматизації та збурення результуючого сигналу

Наближена рівність не забезпечує у загальному випадку малої похибки результатів ідентифікації, що можна показати на приладі досліджуваного об'єкту

автоматизації, математична модель якого визначається лінійним звичайним диференціальним рівнянням.

Похідна збуреного сигналу може нескінченно відрізнятися від похідної незбуреного сигналу, якщо згадати про геометричний зміст поняття про похідну як тангенс кута нахилу дотичної по кривій, що відображає функцію. Дійсно, навіть при малому збуренні, похідна збуреного сигналу досить помітно відрізняється від похідної незбуреного сигналу, причому, навіть, змінює знак. Зрозуміло, що за умов нескінченної похибки похідної збуреного сигналу результати ідентифікації відповідно співвідношенню також будуть мати нескінченну похибку.

Розглянемо далі загальну ідею фільтрації сигналів та можливості щодо її використання для зменшення впливу збурень досліджуваних сигналів на результати ідентифікації об'єктів автоматизації (рис. 2.6).

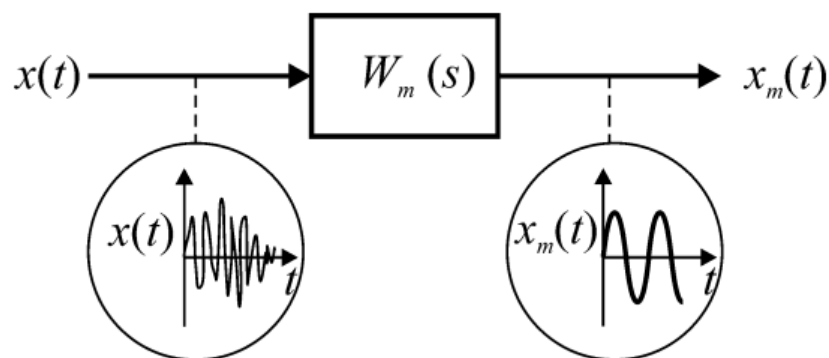


Рисунок 2.6 – Фільтрація сигналу

Пристрій, який здійснює виділення заданої гармоніки із складного сигналу називають фільтром. Таким чином, проблему фільтрації можна звести до визначення передаточної функції фільтру. Досить розповсюдженими є лінійні фільтри другого порядку [17].

Для отримання АЧХ лінійного фільтра ми приймаємо:

$$S = i\omega. \quad (2.33)$$

Виконаємо перетворення:

$$w_m(i\omega) = \frac{b}{(i\omega)^2 + 2w(i\omega) + p^2},$$

$$w_m(i\omega) = \frac{b}{p^2 - \omega^2 + i2n\omega}.$$

Скоротимо подібні знаменники до нормального вигляду:

$$\begin{aligned} W_m(i\omega) &= \frac{b}{p^2 - \omega^2 + i2n\omega} \cdot \frac{p^2 - \omega^2 - i2n\omega}{p^2 - \omega^2 - i2n\omega} = \\ &= \frac{b(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} - i \cdot \frac{2nb\omega}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}. \end{aligned} \quad (2.34)$$

Таким чином отримуємо речовинну та уявну частину АЧХ у такому вигляді:

$$R_e(w_m(i\omega)) = \frac{b(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2},$$

$$R_m(w_m(i\omega)) = -\frac{2nb\omega}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}. \quad (2.35)$$

Далі використовуємо відоме співвідношення визначення залежності АЧХ:

$$A(\omega) = \sqrt{R_e^2(W_m(i\omega)) + I_m^2(W_m(i\omega))}, \quad (2.36)$$

$$A(\omega) = \sqrt{\frac{b^2(p^2 - \omega^2)^2}{((p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2)^2} + \frac{4n^2b^2\omega^2}{((p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2)^2}} = \sqrt{\frac{b^2(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2b^2\omega^2}{((p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2)^2}} =$$

$$\sqrt{\frac{b^2(p^2 - \omega^2 + 4n^2\omega^2)}{((p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2)}} = \sqrt{\frac{b^2}{(p^2 - \omega^2)4n^2\omega^2}}, \quad (2.37)$$

$$A(\omega) = \frac{b}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}}, \quad (2.38)$$

$$A(\omega) \rightarrow \max ; D = (p^2 - \omega^2) + 4n^2\omega^2 \rightarrow \min. \quad (2.39)$$

Умови мінімуму $D(\omega)$:

$$\frac{dD}{d\omega} = 0, \quad (2.40)$$

$$\begin{aligned} \frac{dD}{d\omega} &= \frac{d}{d\omega} ((p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2) = \\ &= 2(p^2 - \omega^2)(-2\omega) + 8n^2\omega = \\ &= -4(p^2 - \omega^2)\omega + 8n^2\omega = \\ &= -4p^2\omega + 4\omega^3 + 8n^2\omega = 4\omega^3 + 4\omega(2n^2 - p^2), \end{aligned} \quad (2.41)$$

$$\frac{dD}{d\omega} = 0 \Rightarrow \omega^3 + \omega(2n^2 - p^2) = 0, \quad (2.42)$$

$$\begin{aligned} \omega(\omega^2 + (2n^2 - p^2)) &= 0, \\ \omega = 0, \quad \omega^2 + (2n^2 - p^2) &= 0, \\ \omega^2 = p^2 - 2n^2 \Rightarrow \omega_* &= \sqrt{p^2 - 2n^2}, \end{aligned} \quad (2.43)$$

$$A_* = A(\omega_*), \quad (2.44)$$

$$A_* = \frac{b}{\sqrt{(p^2 - (p^2 - n^2))^2 + 4n^2(p^2 - 2n^2)}} = \frac{b}{\sqrt{(p^2 - p^2 + n^2)^2 + 4n^2(p^2 - 2n^2)}} =$$

$$\frac{b}{\sqrt{4n^4 + 4n^2 p^2 - 8n^4}} = \frac{b}{\sqrt{4n^2 p^2 - 4n^4}}. \quad (2.45)$$

Таким чином отримуємо кінцеву формулу:

$$A_* = \frac{b}{2n\sqrt{p^2 - n^2}}. \quad (2.46)$$

Основна ідея вибору параметрів фільтру другого порядку полягає в тому, щоб частота ω_* , яка відповідає максимуму амплітуди, дорівнювала частоті ω_m , складової, яка має бути відфільтрованою, та щоб амплітуда цієї складової не була зміненою (рис. 2.7).

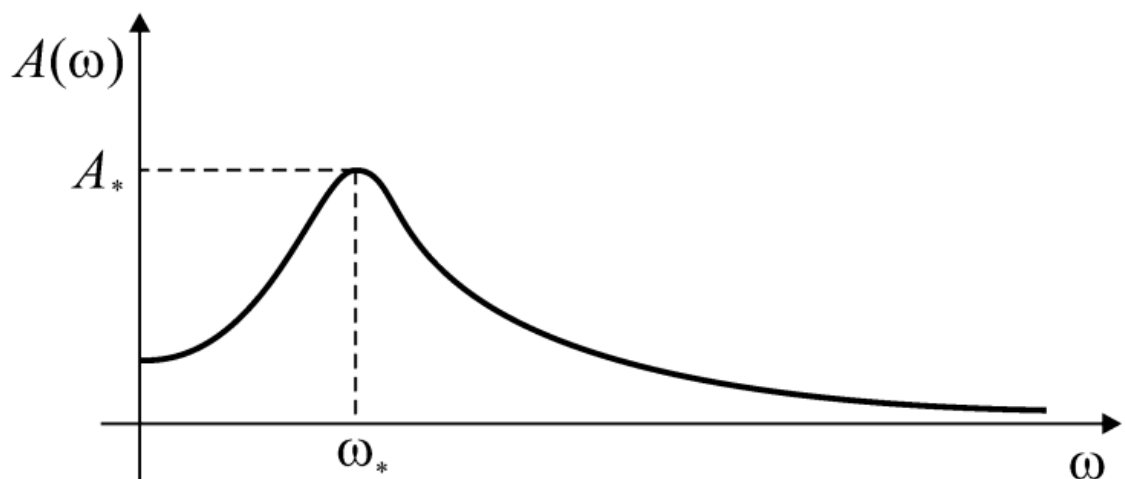


Рисунок 2.7 – Амплітудно-частотна характеристика фільтру другого порядку

Отже маємо нескінченну кількість фільтрів другого порядку, що відповідають різним значенням параметру n передаточної функції фільтру. Слід підкреслити, що вибір параметрів фільтру у вигляді є ілюстративним для роз'яснення загальної ідеї фільтрації і не є оптимальним для забезпечення найкращої фільтрації, оскільки при такому виборі параметрів не враховано фазово-частотну характеристику, тобто зміну фази відфільтрованого сигналу. В той же час,

підбір параметрів фільтру у вигляді повністю відповідає меті даної лабораторної роботи і є досить нескладним та зрозумілим.

2.3.1 Огляд фільтрів

Фільтри в широкому значенні слова є приладами або пристроями, за допомогою яких можна відокремити один від одного предмети, явища, що володіють різними характеристиками. Так, наприклад, механічні фільтри, що зустрічаються в повсякденному житті майже на кожному кроці, стали для нас часто настільки звичайним явищем, що ми не замислюємося навіть над тим, що той чи інший прилад або пристрій є не що інше, як фільтр, наприклад сито. просіювання борошна, сітка для відокремлення кавової гущі від рідини, прилади для очищення води тощо. частот, бажано відокремити струми однієї частоти від струмів іншої частоти або затримати проходження певної смуги частот і надати іншій смузі частот вільний шлях, або навпаки.

Майже бездоганна робота сучасних радіопристроїв-передавачів, приймачів, телевізійних і радіолокаційних пристроїв тощо – є результатом широкого застосування електричних фільтрів як у силовій частині, так і у високочастотних і низькочастотних частинах цих пристроїв. Електричні фільтри мають дуже широке застосування у сучасній техніці.

Вони знаходять застосування щодо характеристик устаткування зв'язку, при передачі імпульсів складної форми, які є, наприклад, мова, музика тощо. п. Вони дають можливість розкласти складний звук. на його складові частоти для вивчення або виділення для будь-яких інших потреб. Вони широко використовуються, наприклад, у телефонії для виправлення деяких з її недоліків для послаблення одних частот або для виділення, надання більшої виразності іншим частотам.

За допомогою так званих смугових фільтрів можна виділити цілі смуги частот.

Це дає можливість проводити по одній і тій же лінії телефонного ланцюга або по радіо одночасно кілька передач або розмов, а потім ці передачі на приймальному

пункті відокремити один від одного. Наприклад, у мультиплексній схемі, відомої під назвою телефонії на несучій частоті, по одній і тій же парі проводів можна передавати одночасно 10 телеграфних депеш на 10 різних частотах, що лежать трохи вище звукових частот, дві звичайні телеграфні передачі на постійному струмі, тобто на нульовій частоті, і звичайна телефонна розмова.

Поділ всіх цих одночасних передач здійснюється в місці прийому за допомогою електричних фільтрів, кожен з яких виділяє тільки ту смугу частот, для пропуску якої він призначений, і підводить цю смугу частот до відповідного апарату, не пропускаючи в той же час до нього всі інші цієї передачі [18].

Дія всіх типів електричних фільтрів ґрунтується на наступних чотирьох законах ланцюгів змінного струму.

1. Індуктивність становить значно менший опір проходженню через неї низької частоти або струму постійного постійний струм - можна розглядати як струм змінний, частота якого дорівнює нулю, ніж струмів високої частоти.

Дійсно, з теорії електротехніки відомо, що чиста індуктивність, тобто котушка, що не містить в собі жодних активних опорів, що зумовлюють в ній втрату потужності і не володіє власною ємністю, представляє реактивний опір, що визначається формулою:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L, \quad (2.47)$$

де $\pi = 3,14$;

f – частота проходить через індуктивність струму;

L – величина індуктивності.

Коли частота f струму, що проходить через індуктивність, дорівнює нулю, тобто через індуктивність проходить постійний струм, то $X_L = 2\pi \cdot 0 \cdot L = 0$ – індуктивний опір котушки постійному струму дорівнює нулю.

У міру збільшення частоти пропорційно зростанню останньої буде лікуватись і індуктивний реактивний опір котушки. Цей закон ілюстрований

графічно (рис. 2.8), звідки видно, що індуктивне опір зростає пропорційно збільшенню частоти струму, що проходить через дану котушку струму.

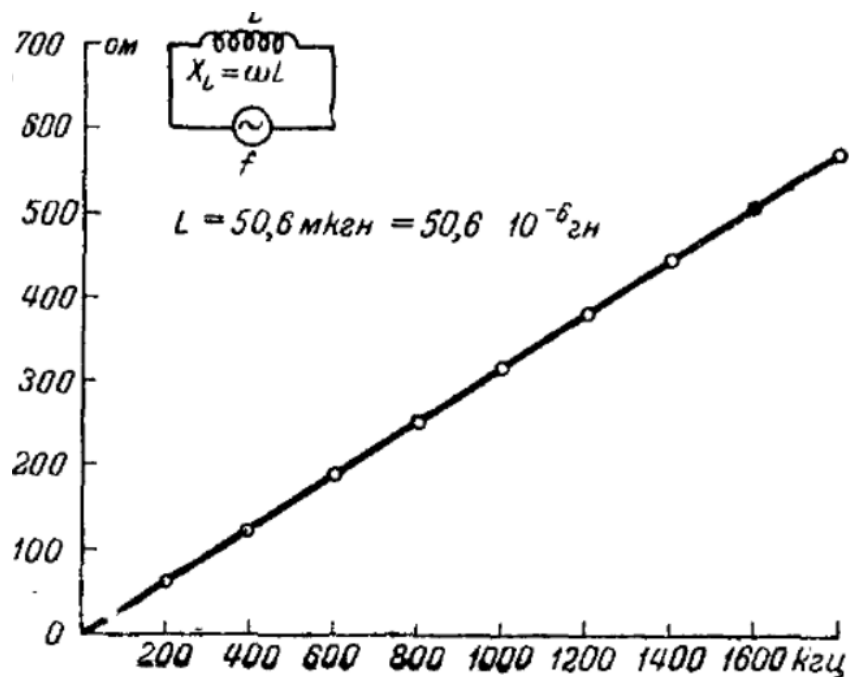


Рисунок 2.8 – Криві зміни реактивного опору індуктивності залежно від частоти

Фактично будь-яка котушка має деякий активний опір, що враховує всі втрати потужності, що мають у ній: втрати в міді дроту, в ізоляції каркаса, втрати в навколишніх котушку предметах і т. д. Цей активний опір R_L збільшує повний опір котушки, і котушка втрачає свої властивості чистої (ідеальної) індуктивності. Але зазвичай у правильно розрахованої і сконструйованої котушки цей активний опір R_L у тому діапазоні частот, для роботи в якому вона призначена, дуже мало в порівнянні з її реактивним опором X_L і тому в деяких випадках їм можна в першому наближенні нехтувати і вважати, що дана котушка має тільки індуктивний реактивний опір, як це і зроблено при побудові кривої.

Але в деяких випадках, зокрема у фільтрах, навіть цей невеликий активний опір істотно впливає на умови роботи фільтрів. Враховувати цей вплив зараз ми не будемо, оскільки це ускладнило б виклад питання, але надалі, у своєму місці, ми

вказемо, у чому позначається вплив активних опорів елементів позначається вплив активних опорів елементів, що становлять електричний фільтр, на роботу останніх.

2. Місткість становить значно менший опір проходженню через неї струмів високої частоти, ніж струмів низької частоти, і повністю затримуємо „блокує” - проходження через неї постійного струму. З теорії електротехніки відомо, що чиста ємність, тобто конденсатор без втрат і індуктивності, представляє для змінного струму, що проходить через неї, реактивний ємнісний опір, який визначається формулою:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{6,28 f C}, \quad (2.48)$$

де $\pi = 3,14$;

f – частота проходить через індуктивність струму;

C – величина індуктивності.

Ця формула показує, що ємнісний реактивний опір конденсатора змінюється обернено пропорційно до частоти змінного струму, що проходить через нього.

Як і у разі чистої індуктивності цей закон можна ілюструвати графічно (рис. 2.9). Ця крива наочно показує, що для постійного струму опір конденсатора нескінченно велике, а в міру збільшення частоти струму, що проходить через нього, ємнісний опір даного конденсатора спочатку різко, а потім все повільніше та повільніше зменшується і при дуже великих частотах стає мізерно малим.

Будь-який реальний конденсатор володіє деяким активним опором, що враховує всі втрати потужності, що мають в ньому місце.

Цей активний опір R_c збільшує повний опір конденсатора. Але так як зазвичай це опір в тому діапазоні частот, на роботу в якому розрахований даний конденсатор, мізерно мало в порівнянні з реактивним ємнісним опором, то їм можна нехтувати і вважати, що конденсатор має тільки суто реактивний опір.

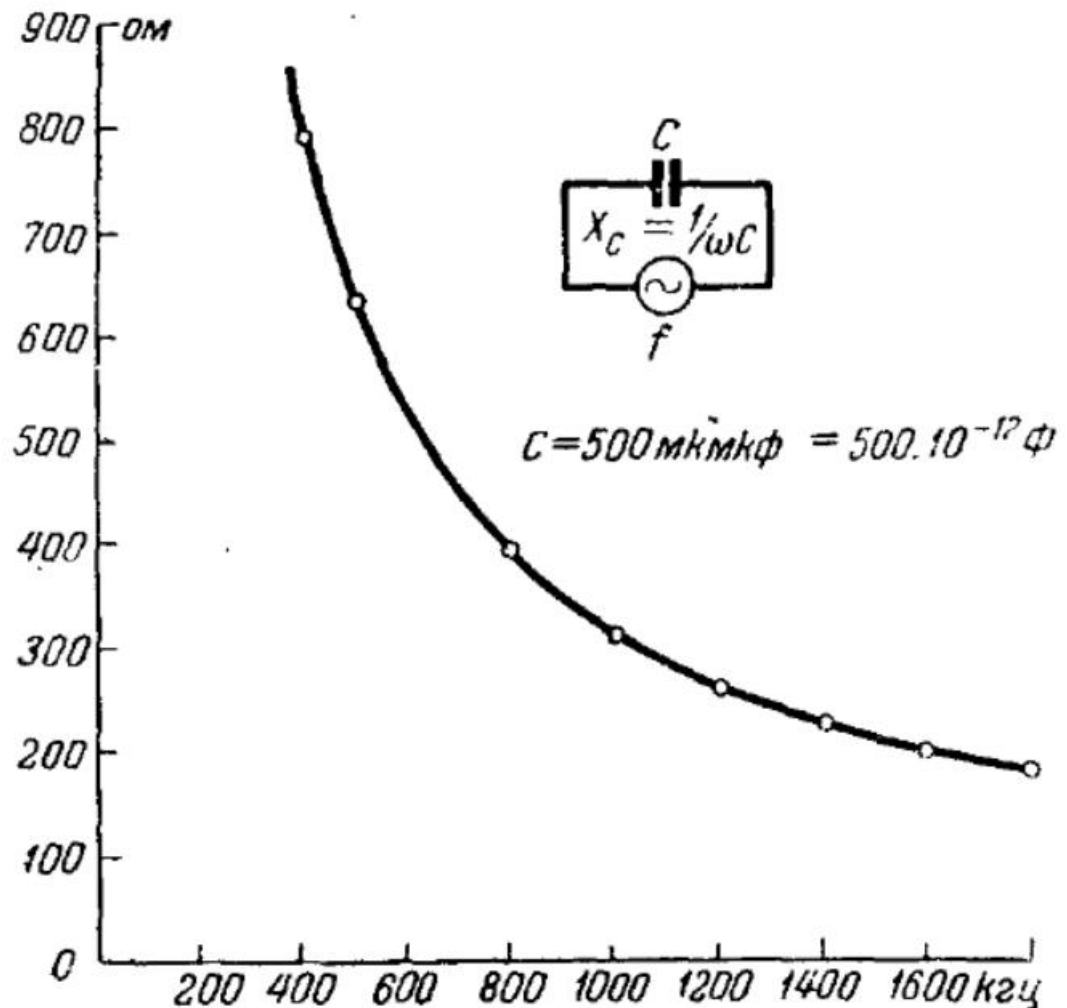


Рисунок 2.9 – Крива зміни реактивного опору ємності, залежно від частоти.

3. Якщо ємність та індуктивність увімкнути паралельно один одному і складений таким чином контур включити послідовно з джерелом змінної напруги, то цей контур представлятиме при його резонансній частоті для джерела напруження дуже великий опір і тому не пропускати мемо через себе змінних струмів резонансної та близьких до неї частот, а всі інші частоти зустрічатимуть у ньому тим менший опір, чим далі ця частота віддалена від резонансної [19].

2.3.2 Лінійні фільтри

Лінійні фільтри – фільтри, що включаються на вході лінії і здійснюють поділ діапазонів частот системи передачі, що працюють по одному і тому ж ланцюгу.

У напірних гідролініях насосів і об'єднаної зливальної лінії встановлені манометри, а в баку датчик температури. Потік рідини фільтрується лінійним фільтром з переливним клапаном.

На об'єднаній зливальній гідролінії встановлені два лінійних фільтри є переливними золотниками.

Фільтрація – це операція над сусідніми елементами (neighborhood operation), тобто значення будь-якого отриманого пікселя вихідного зображення визначається значеннями пікселів, сусідніх відповідного вхідного пікселя. Лінійна фільтрація характерна тим, що значення вихідного пікселя визначається лінійною комбінацією відповідних вхідних пікселів.

Основним завданням фільтрації є виділення корисного сигналу з суміші сигнал / шум. У цифровій обробці зображень, фільтрація використовується для перетворення зображення і / або поліпшення його якості, для підкреслення або видалення деяких деталей зображення [20].

Лінійна фільтрація зображення виконується за допомогою операції згортки. При виконанні цієї операції, значення вихідного пікселя обчислюється як зважена сума сусідніх пікселів. Матриця ваг називається ядром згортки (ця матриця також називається фільтром).

Всі види фільтрів можна розділити на такі класи: частотні, лінійні, нелінійні, комбіновані. У класі частотних фільтрів обробці підлягають коефіцієнти розкладання зашумленого сигналу по базису Фур'є або інших базисах, зокрема, вейвлет-базису. Перетворення Фур'є особливо важливе для лінійних фільтрів, оскільки множення в Фур'є-області для частотних методів - це операція згортки для вихідного зображення.

У цифровій обробці сигналів широко використовуються методи лінійної фільтрації. Однак, лінійна фільтрація дає хороші результати лише в разі наявності гауссова адитивного шуму. У випадку імпульсного шуму ефективніше працюють методи нелінійної фільтрації, зокрема медіанна та рангова фільтрація.

У випадку комбінованого шуму можна послідовно застосовувати лінійні і нелінійні фільтри або компонувати ці фільтри так, щоб посилити їх сильні сторони і послабити недоліки, це відбувається при використанні гібридних фільтрів.

Лінійні фільтри ще називають згладжуючими або усереднюючими, тому що відповідь лінійного фільтра усереднює значення пікселів, що містяться в апертурі, і таким чином згладжує зображення. Фільтр Гауса усереднює по закону Гауса пікселі довкола точки [21].

3 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ, ПРОЦЕСІВ ЇХНЬОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ ВИМІРЮВАНИХ СИГНАЛІВ

3.1 Комп'ютерна система Scilab та її можливості щодо дослідження процесів в РТС

Комп'ютерне моделювання – метод розв'язування задачі аналізу або синтезу складної системи, що ґрунтується на використанні її комп'ютерної моделі. Сутність комп'ютерного моделювання полягає у відшукуванні кількісних і якісних результатів із залученням наявної моделі.

Якісні висновки, зроблені на підставі такого дослідження, дають змогу розкривати невідомі досі властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність тощо. Кількісні висновки мають переважно характер прогнозу майбутніх чи пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Scilab – одна з найпотужніших та найбільш функціональних програм, аналог MATLAB. Являє собою інтерпретовану мову програмування та безліч математичних пакетів, які дозволяють швидко отримати правильне рішення непростих рівнянь та завдань. Ця утиліта, крім математичних обчислень, застосовується як середовище для програмування з підтримкою відповідних мов, серед яких C чи C++. У першу чергу, цей додаток розроблявся виключно для вирішення завдань з лінійної алгебри, проте згодом його можливості суттєво розширилися.

Scilab – це багатоплатформна система комп'ютерної алгебри (СКА), що володіє подібним до Matlab синтаксисом вбудованої мови. Спочатку це був комерційний проект під назвою Blaise, потім Basile. З 2003 року продукт отримав

нове ім'я Scilab та став безкоштовним. В даний час він поширюється на вільну ліцензію CeCILL.

Сама система Scilab, як і Matlab, призначена насамперед для чисельних розрахунків та роботи з матрицями. Крім того, вона має розвинені засоби програмування (включаючи відладник скриптів), так що її якоюсь мірою можна розглядати як систему розробки високотехнологічних додатків.

Розробка використовує у роботі самі алгоритми, як і аналоги, але попри це, Scilab включає у свій функціонал деякі особливі можливості. Дана програма дозволяє здійснювати побудову 2D та 3D графіків, створювати анімацію, вирішувати завдання лінійної алгебри, обробляти сигнали, вирішувати ОДУ та ДУ. Також програма підтримує поліноміальні та раціональні функції, розріджені матриці, паралельну роботу, диференціальні та недиференціальні оптимізації, інтерполяцію і це ще далеко не всі функції.

Ця утиліта надає всі необхідні інструменти для роботи з платформою для візуального програмування – Lab VIEW. Показавши свій обчислювальний потенціал, ця програмна мова перевершила всі очікування користувачів і на даний момент є однією з найкращих у своєму роді. Щоб отримати розв'язання будь-якого завдання необхідно написати умову або задати рівняння, а система в автоматичному порядку підбере відповідне рішення на основі введених вами даних. Однак, користувачеві надається можливість створення свого модуля для вирішення певної задачі, що можливе завдяки наявності графічного модуля Xcos.

При необхідності, до SciLab може бути підключений код, написаний іншою мовою, наприклад, Fortran та Java.

Безумовно, ця утиліта буде складною в освоєнні для того, хто вперше з нею зіткнувся, оскільки розрахована на досвідченого користувача. Розробники подумали про це та передбачили інтегровану довідку, вивчивши яку ви отримаєте відповіді на більшість питань. Крім того, в Інтернеті є безліч методичок та підручників з цієї програмної мови, в яких також можна знайти вирішення своєї проблеми.

У цій розробці матриці є основним типом даних, які характеризуються за кількістю рядків, стовпців та видів зазначених визначень. Також творці Scilab приділили особливу увагу швидкості виконання обчислювальних операцій, для цього було створено внутрішнє уявлення матриць, якими може керувати користувач на стадії обробки.

Є можливість відображення декількох графіків в одному графічному вікні. Для оптимізації функцій передбачено можливість побудови контурних графіків. Ця опція дозволяє розташувати рельєф функцій двох змінних таким чином, що місцезнаходження оптимуму стає очевидним.

Вбудований редактор скриптів дозволяє задавати нові функції програмі, проте скористатися цією можливістю зможе не кожен, оскільки для цього необхідно знати всі нюанси та принцип роботи утиліти, а це під силу лише досвідченим користувачам. SciLab може бути запущений прямо з командного рядка операційної системи, що досить зручно.

3.2 Моделювання руху складових робототехнічних систем

Виявляється математична модель має такий вигляд (рис. 2.3), запишемо її у вигляді формули:

$$\frac{JL}{B_e} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{LB+RJ}{B_e} \cdot \frac{dx}{dt} + \left(B_e + \frac{Rb}{B_e} \right) x = u(t), \quad (3.1)$$

де u – напруга живлення приводного електричного двигуна;

x – кутова швидкість ротора приводного електричного двигуна.

$$w(s) = \frac{1}{\frac{JL}{B_e}s^2 + \frac{b+R}{B_e}s + B_e + \frac{Rb}{B_e}}. \quad (3.2)$$

Числові значення вихідних даних приймаємо наступним:

$$R = 36 \text{ Ом}; B = 0,06 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{Ас}^2},$$

$$u = 36 \text{ В},$$

$$J = 5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$b = 1,5 \text{ кг/с}.$$

У Task 1 ми використовуємо сигнал – константа (рис. 3.1).

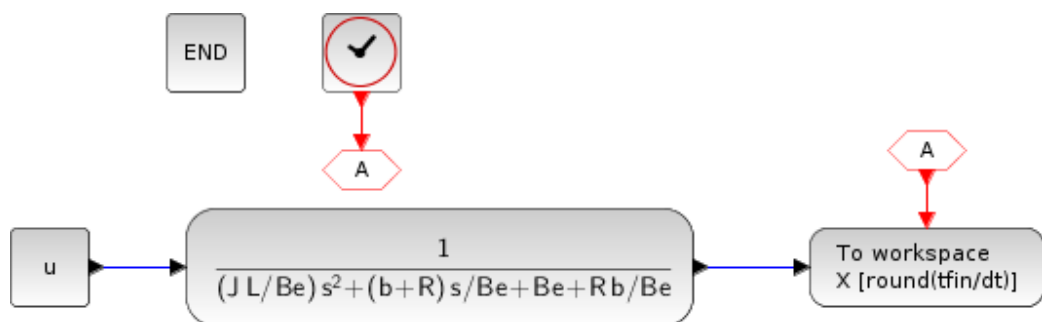


Рисунок 3.1 – Комп'ютерна модель робототехнічної системи

Результат впливу в'язкого опору (рис. 3.2)

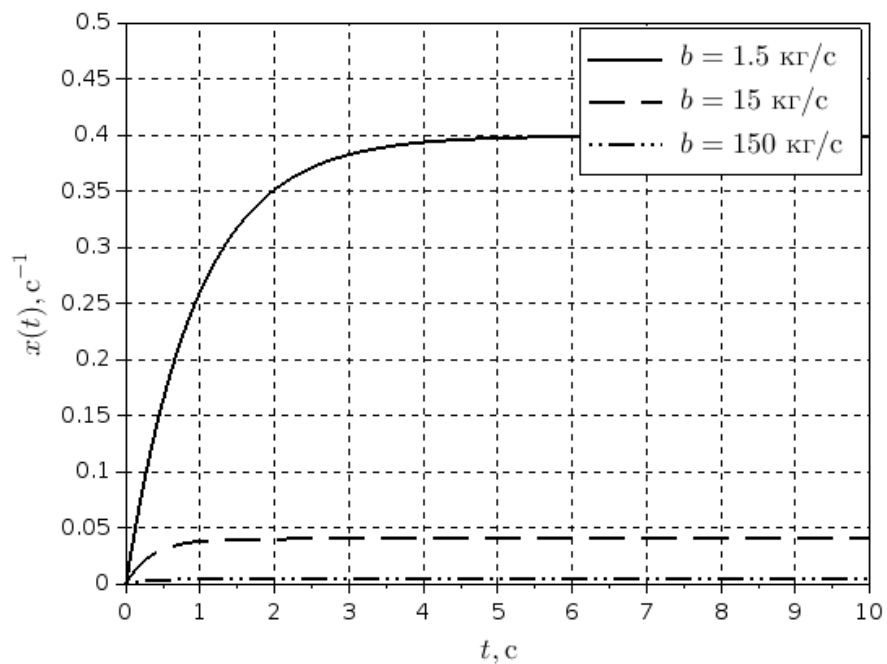


Рисунок 3.2 – Вплив в'язкого опору на рух робототехнічної системи

Результат впливу живильної напруги рушійного електродвигуна (рис. 3.3).

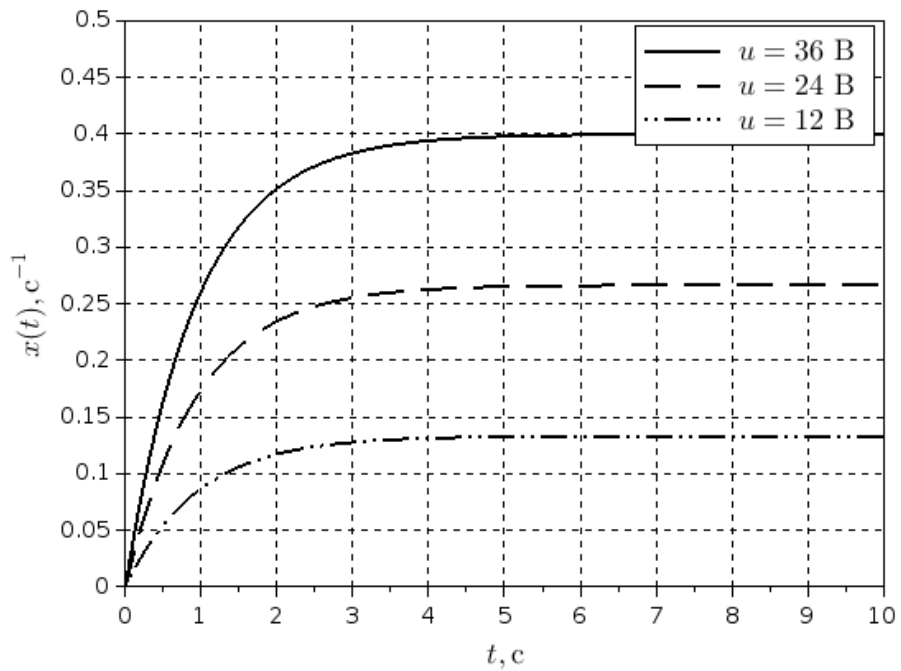


Рисунок 3.3 – Вплив живильної напруги рушійного електродвигуна на рух робототехнічної системи

Результат впливу моменту інерції (рис. 3.4).

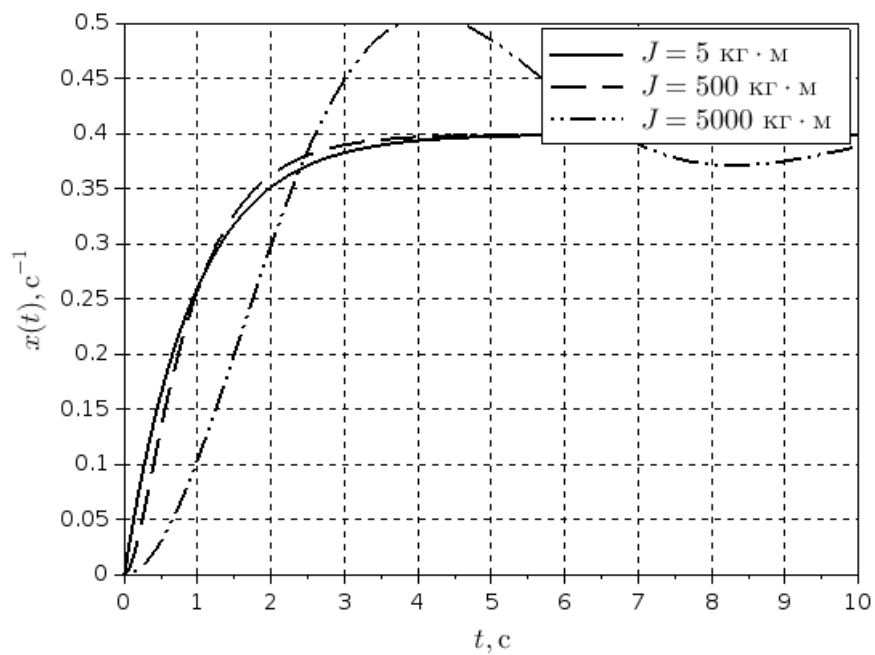


Рисунок 3.4 – Вплив моменту інерції на рух робототехнічної системи

У Task 2 ми також використовуємо сигнал – константа (рис. 3.5).

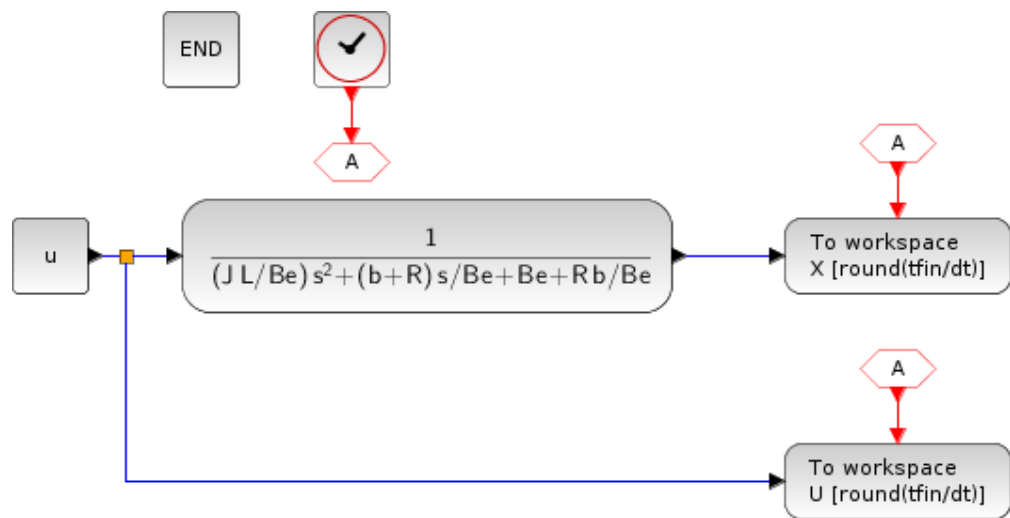


Рисунок 3.5 – Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи ступінчастим сигналом

Результати Task 2 можемо побачити у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати Task 2

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.4211413	-215.85599
a_1	85	85.421565	-0.4959586
a_0	90.06	90.060586	-0.0006509

У Task 3 ми змінили сигнал із константи на синусоїду (рис. 3.6).

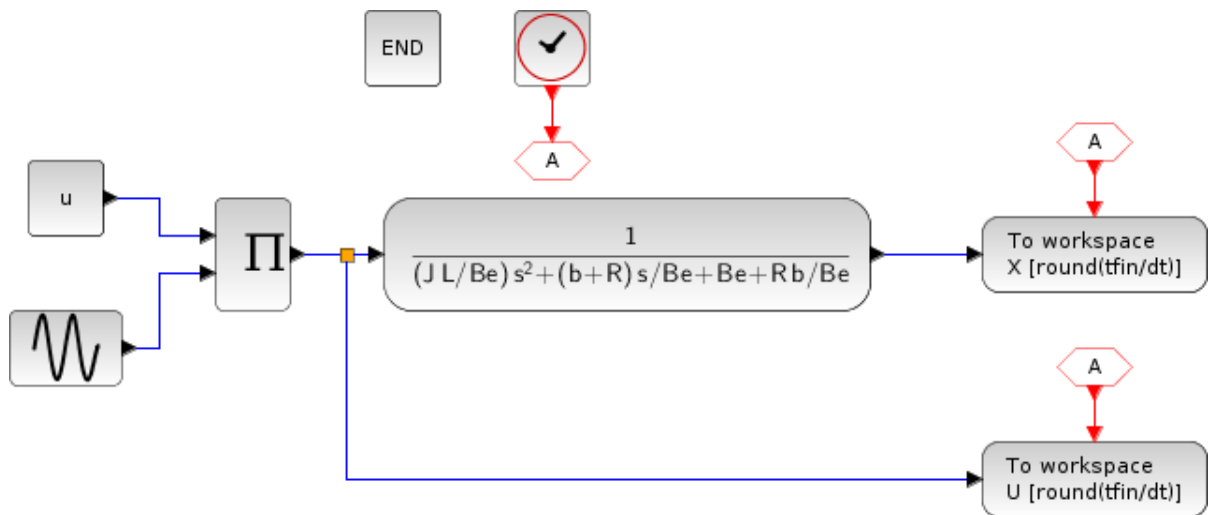


Рисунок 3.6 – Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи синусоїдальним сигналом

Результати Task 2 можемо побачити у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати Task 3

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.1286788	3.4909224
a_1	85	85.150926	-0.17756
a_0	90.06	90.22377	-0.1818452

По результатам таблиці (3.2) робимо висновок, що ідентифікацію краще проводити за допомогою синусоїдального сигналу. Бо похибка дуже маленька.

3.3 Ідентифікація робототехнічних систем

У Task 4 ми використовуємо 2 сигнали. Сигнал синусоїдальний та константу (рис. 3.7).

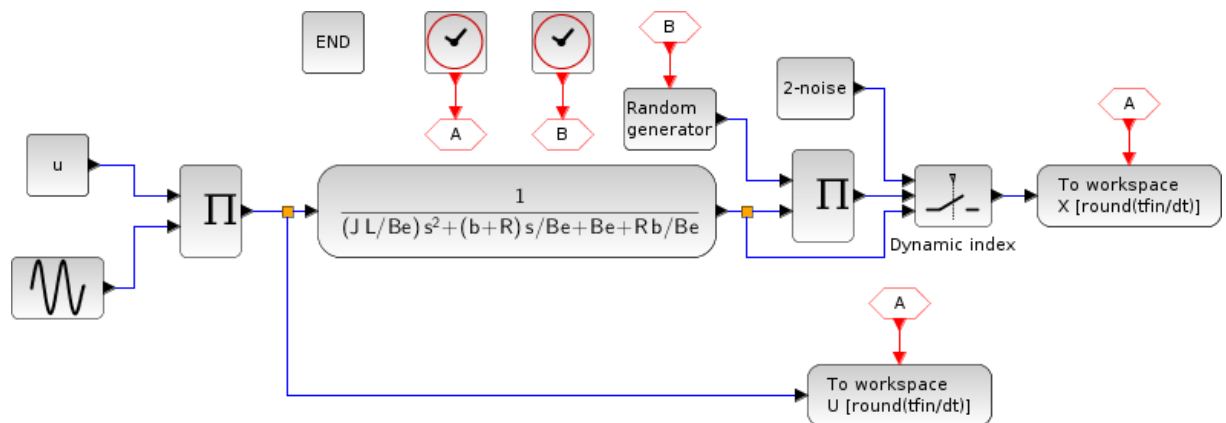


Рисунок 3.7 – Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи синусоїдальним сигналом при наявності збурень сигналів, що моделюються множенням на випадкову величину

Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються множенням на випадкову величину (рис 3.8 А).

Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються множенням на випадкову величину (рис 3.8 А).

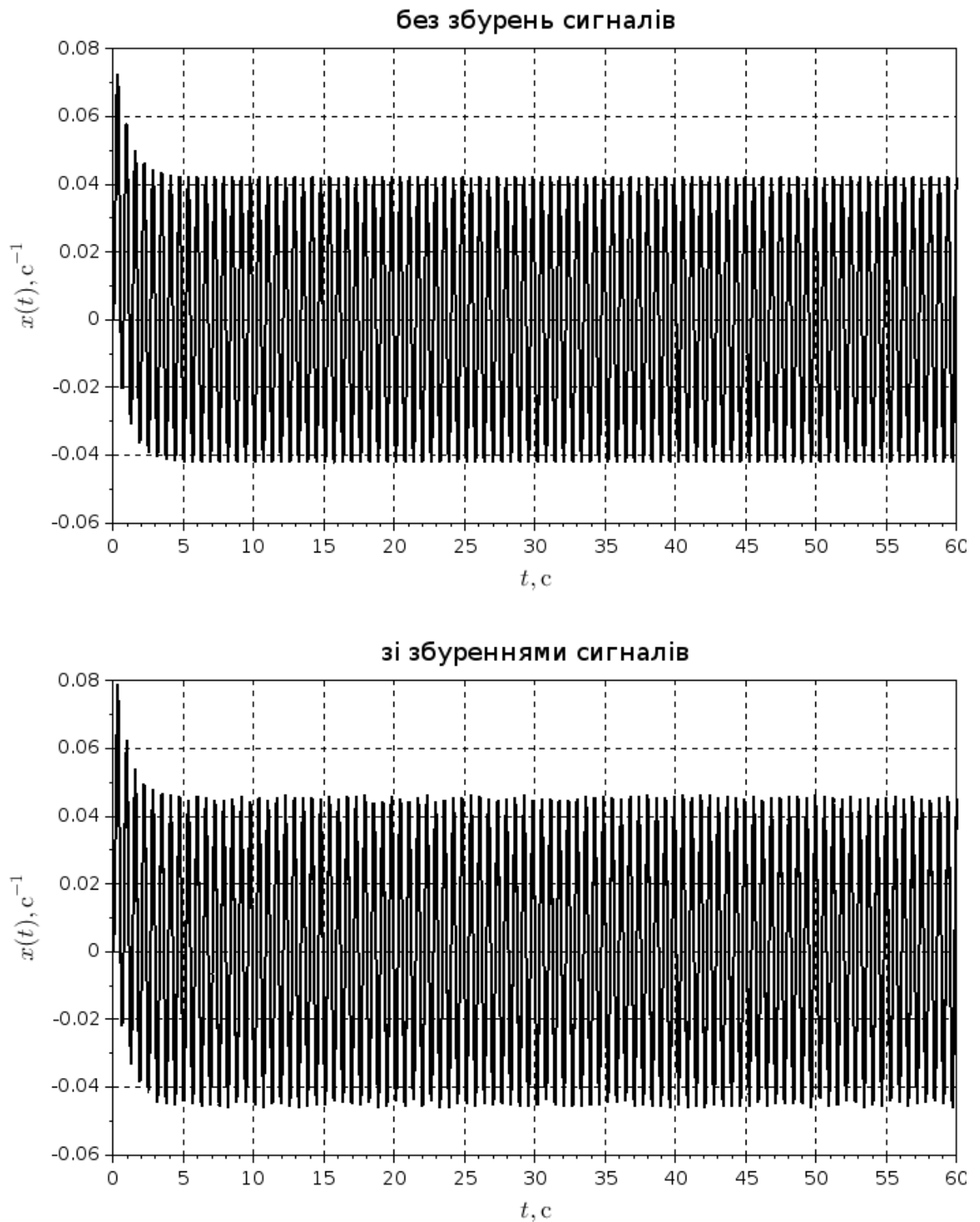


Рисунок 3.8 А – Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються множенням на випадкову величину

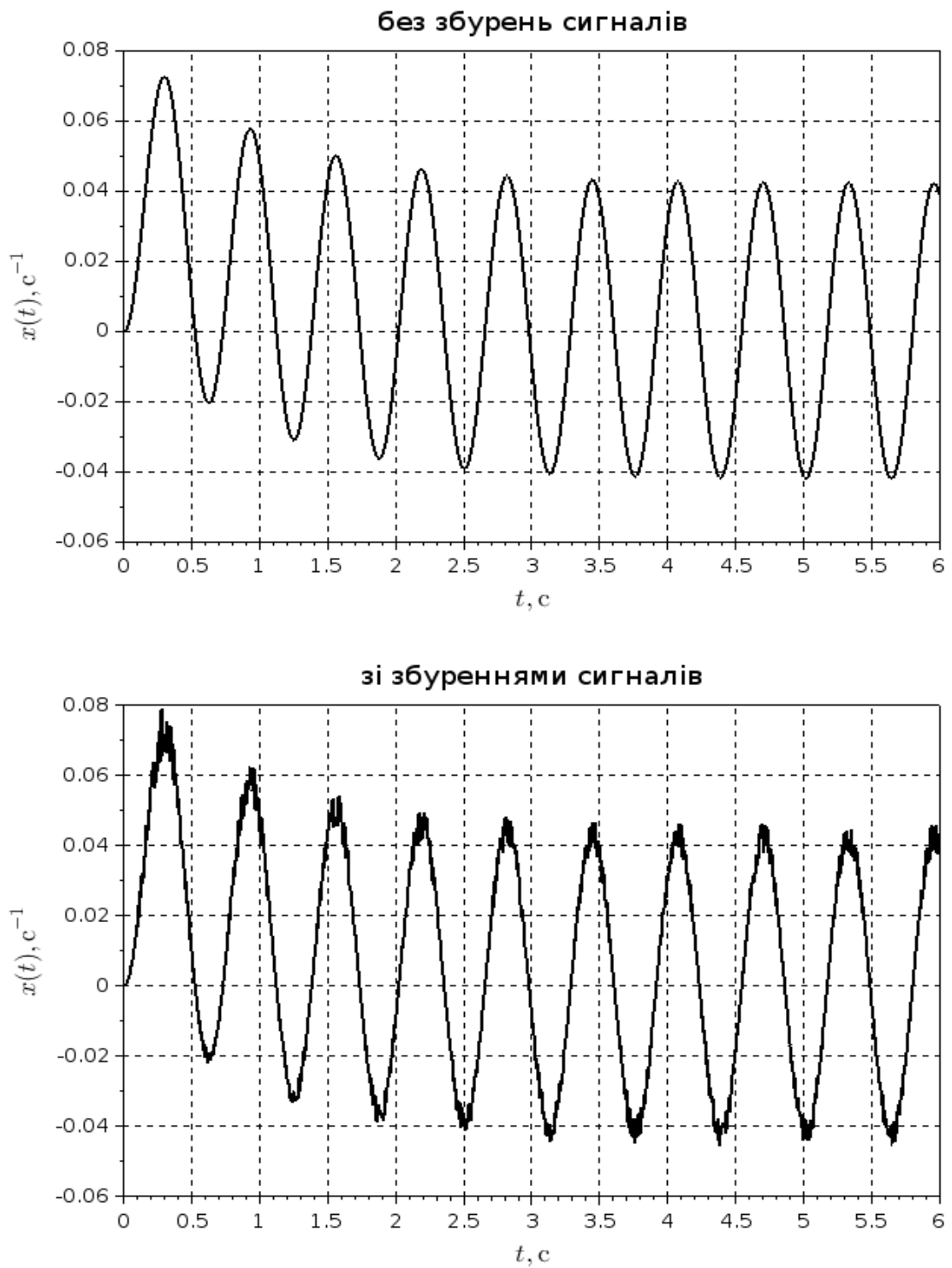


Рисунок 3.8 В – Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються множенням на випадкову величину

Результати Task 4 без збурень сигналів можемо побачити у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати Task 4 без збурень сигналів

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.1169745	12.269105
a_1	85	85.004816	-0.0056658
a_0	90.06	89.986928	0.0811372

Результати Task 4 зі збуреннями сигналів можемо побачити у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати Task 4 зі збуреннями сигналів

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.00004	99.970033
a_1	85	10.854459	87.230048
a_0	90.06	79.804326	11.387601

У Task 5 ми використовуємо 2 сигнали, синусоїдальний та константу (рис. 3.9).

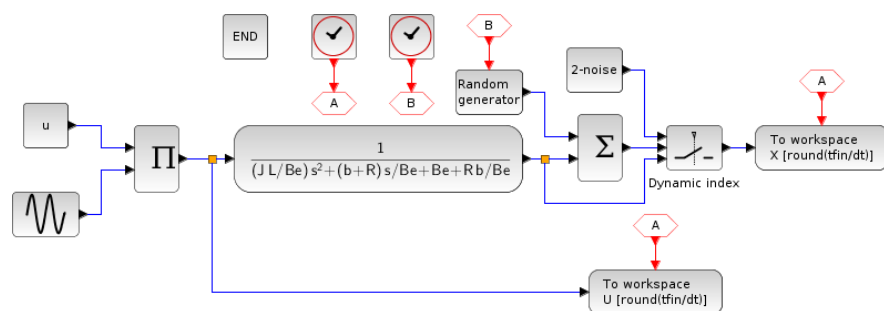


Рисунок 3.9 – Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи синусоїдальним сигналом при наявності збурень сигналів, що моделюються додаванням випадкової величини

Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини (рис 3.10).

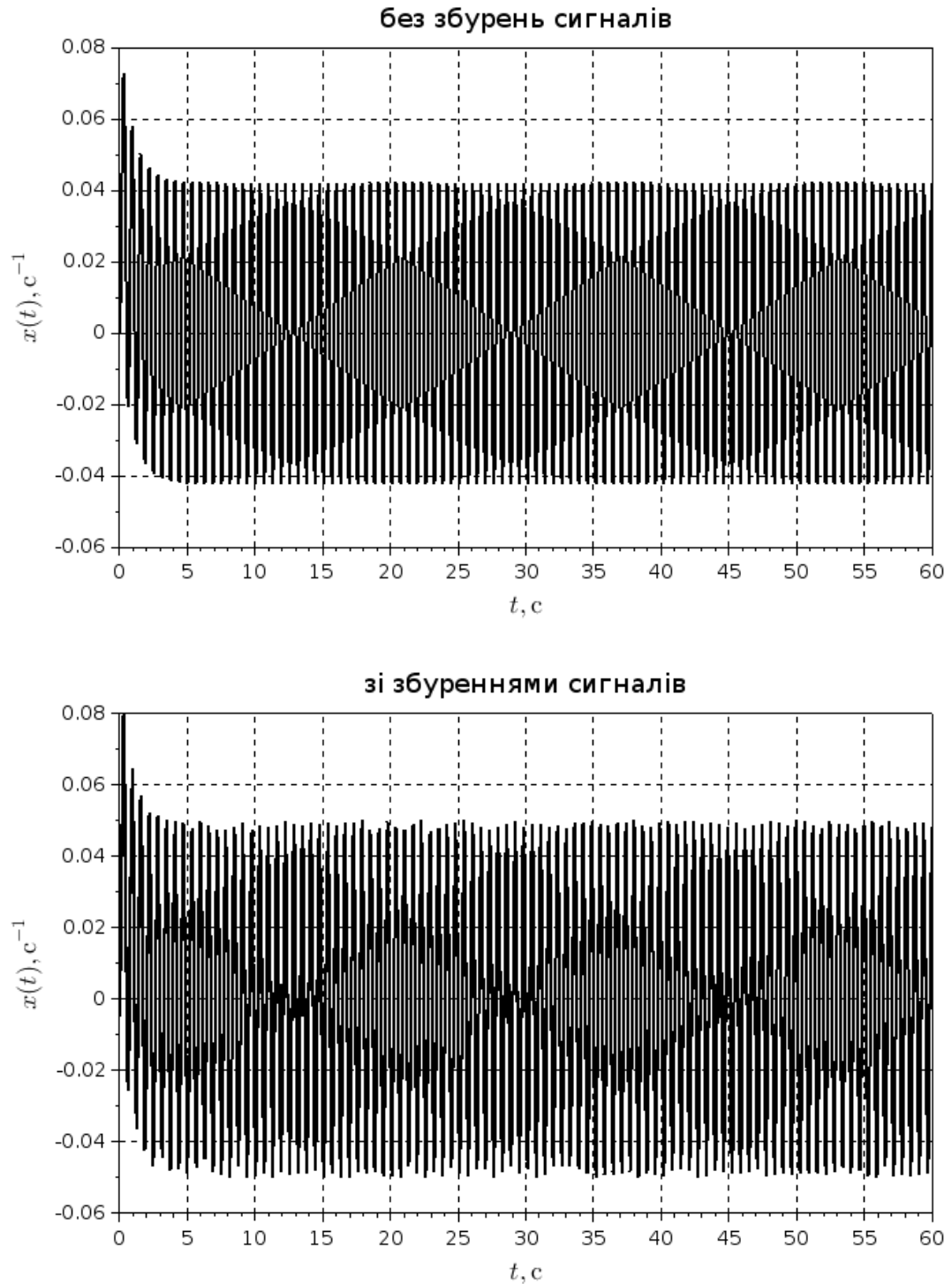


Рисунок 3.10 – Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини

Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини (рис 3.11).

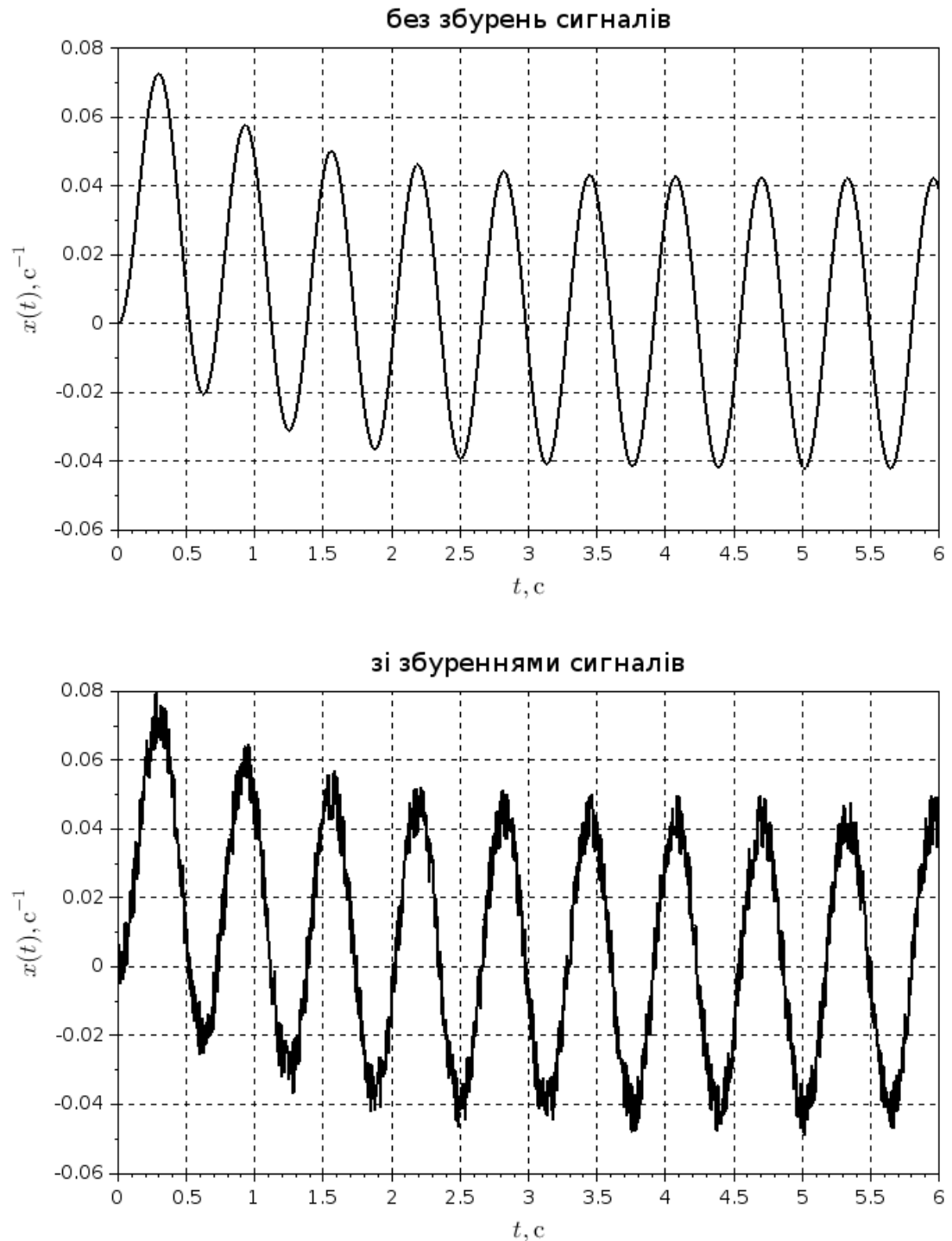


Рисунок 3.11 – Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування та з врахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини

Результати Task 5 без збурень сигналів можемо побачити у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати Task 5 без збурень сигналів

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.1169745	12.269105
a_1	85	85.004816	-0.0056658
a_0	90.06	89.986928	0.0811372

Результати Task 5 зі збуреннями сигналів можемо побачити у таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Результати Task 5 зі збуреннями сигналів

Параметер	Результат		
	Точне значення	Ідентифікація	Похібка ідентифікації, %
a_2	0.1333333	0.0000393	99.970561
a_1	85	1.72133	97.974906
a_0	90.06	78.498012	12.838095

У ході роботи над дипломною роботою було розроблено функцію, яка дозволяє зручно масштабувати графіки (див. додаток А).

3.4 Дослідження можливостей фільтрації щодо ідентифікації РТС

Змоделюємо властивості фільтра (рис 3.12).

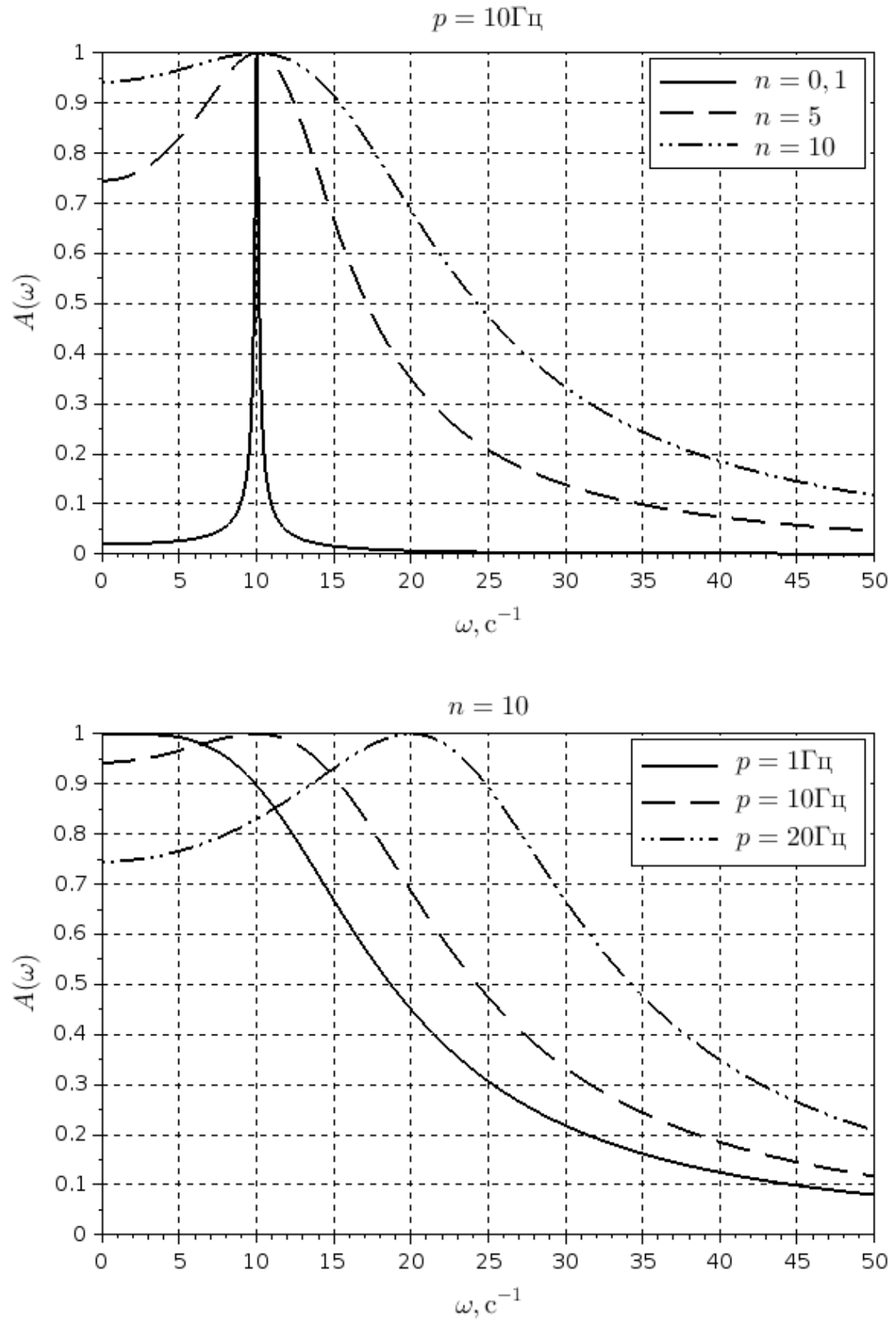


Рисунок 3.12 – Амплітудно-частотні характеристики лінійного фільтру другого порядку

Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи синусоїдальним сигналом при наявності збурень сигналів, що моделюються множенням на випадкову величину та лінійного фільтру другого порядку (рис 3.13).

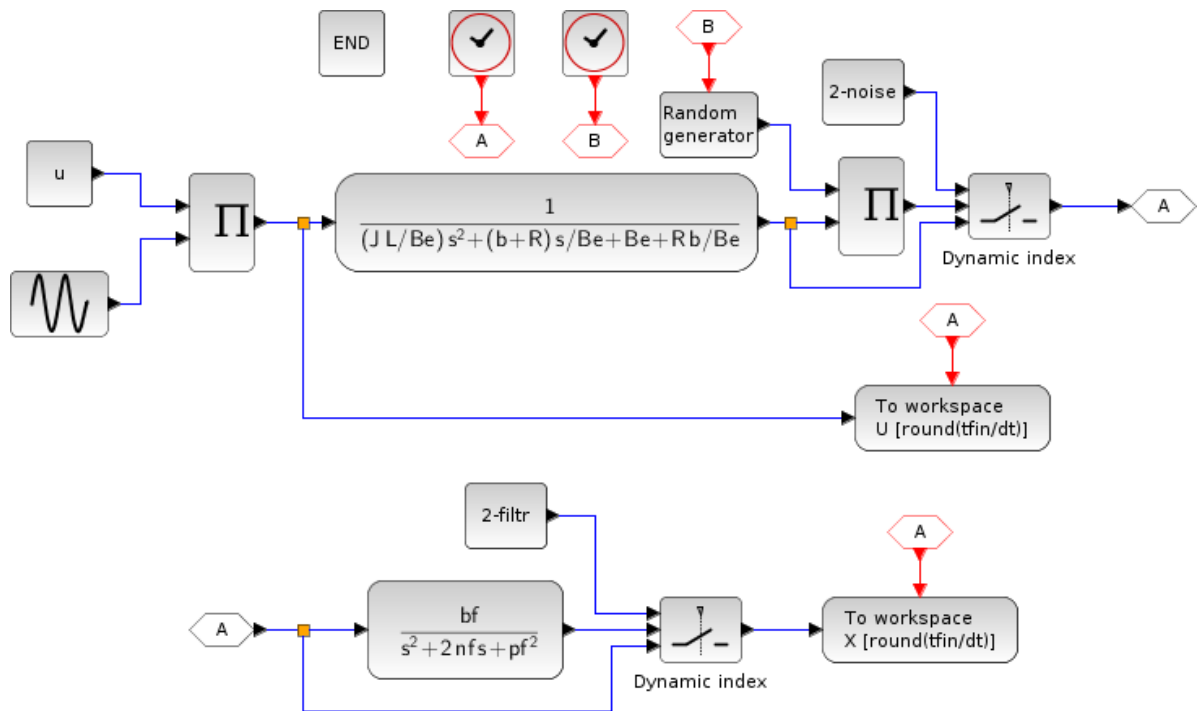


Рисунок 3.13 – Модель процесу ідентифікації робототехнічної системи синусоїдальним сигналом при наявності збурень сигналів, що моделюються множенням на випадкову величину та лінійного фільтру другого порядку

Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування збурень сигналу (рис 3.14).

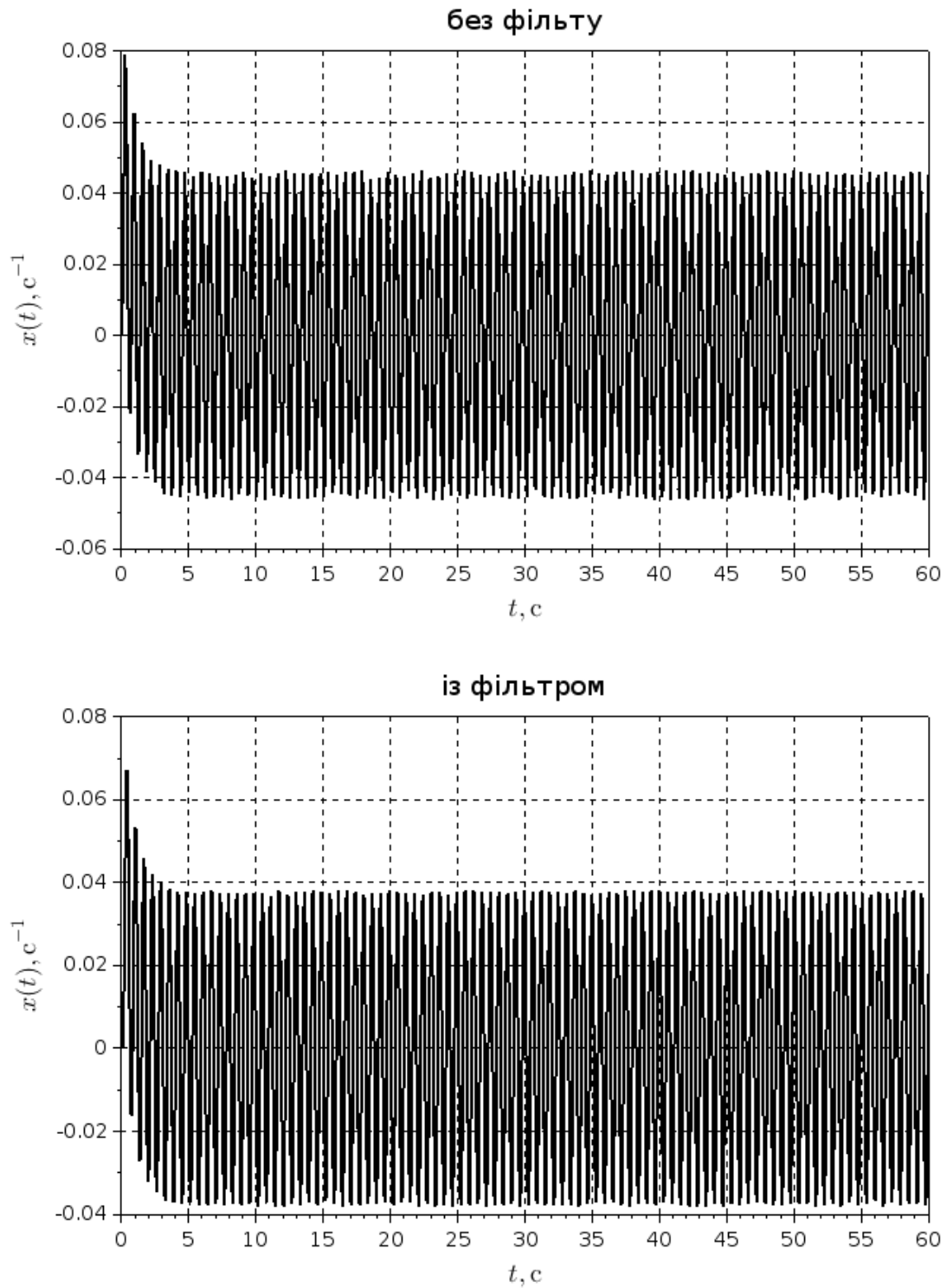


Рисунок 3.14 – Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування збурень сигналу

Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи з урахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової

величини при відсутності та наявності лінійного фільтру другого порядку (рис 3.15).

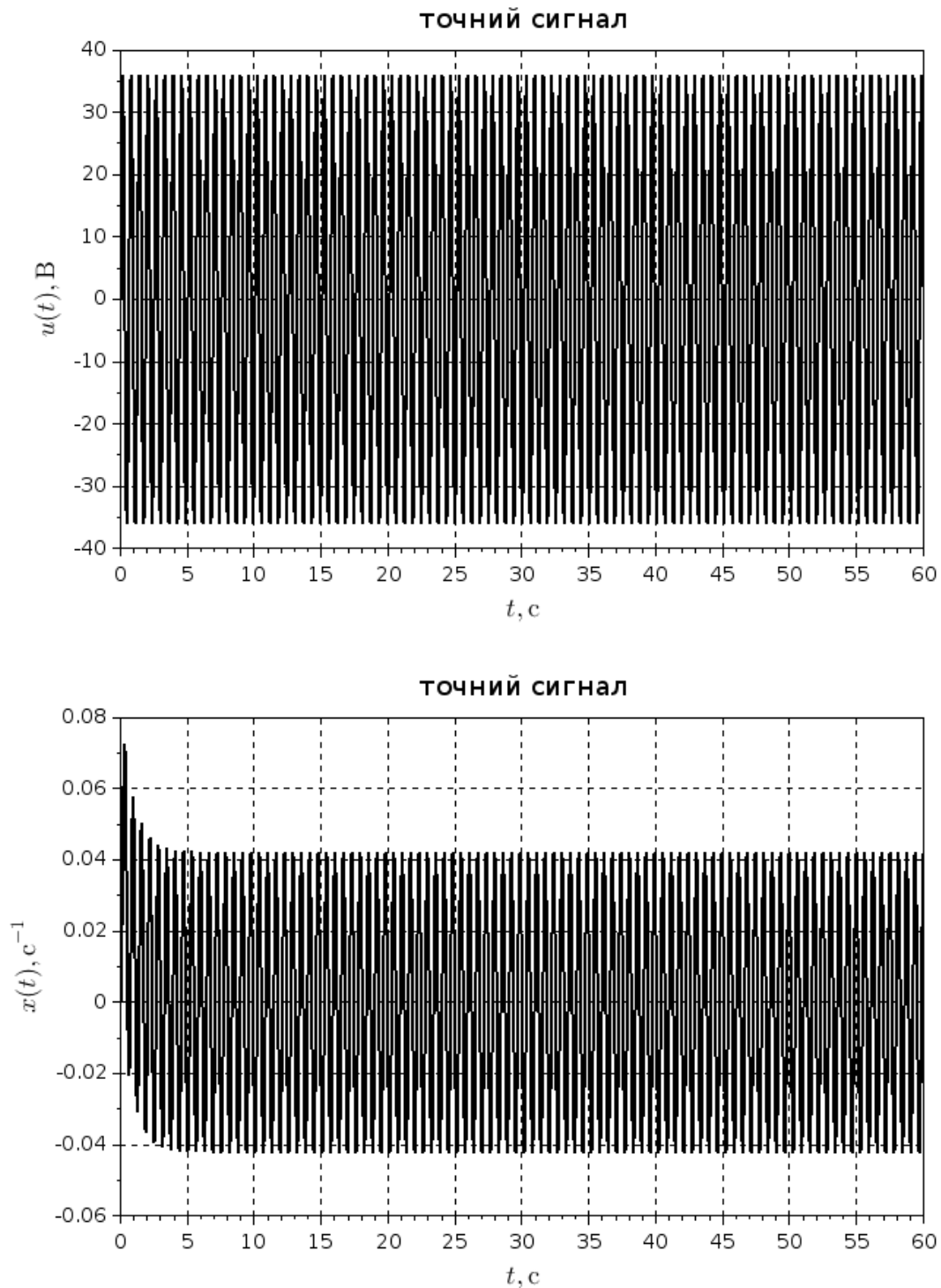


Рисунок 3.15 – Моделювання на великому проміжку часу стану робототехнічної системи з урахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини при відсутності та наявності лінійного фільтру другого порядку.

Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування збурень сигналу (рис 3.16).

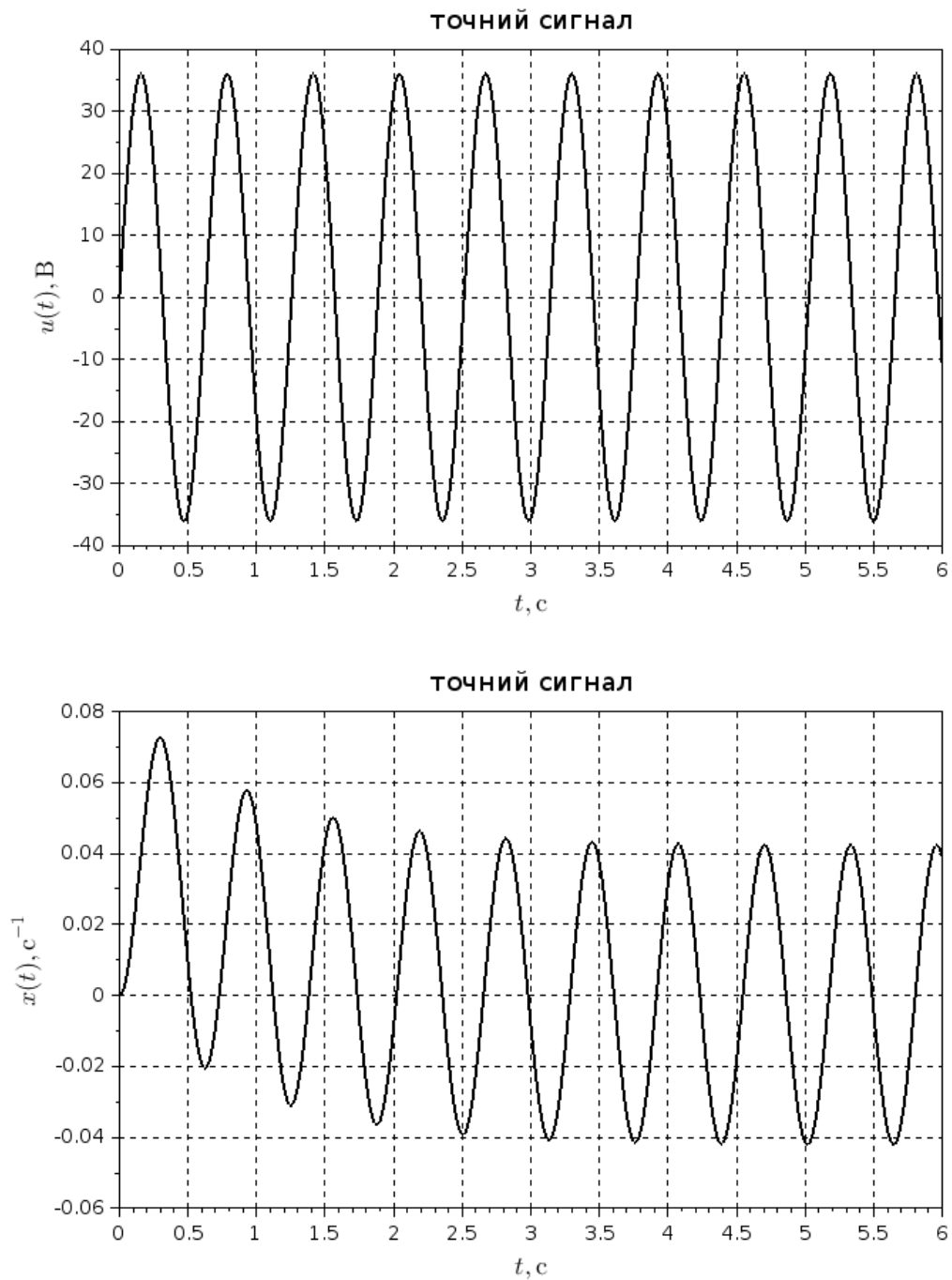


Рисунок 3.16 – Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи без врахування збурень сигналу.

Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи з

урахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини при відсутності та наявності лінійного фільтру другого порядку (рис 3.17).

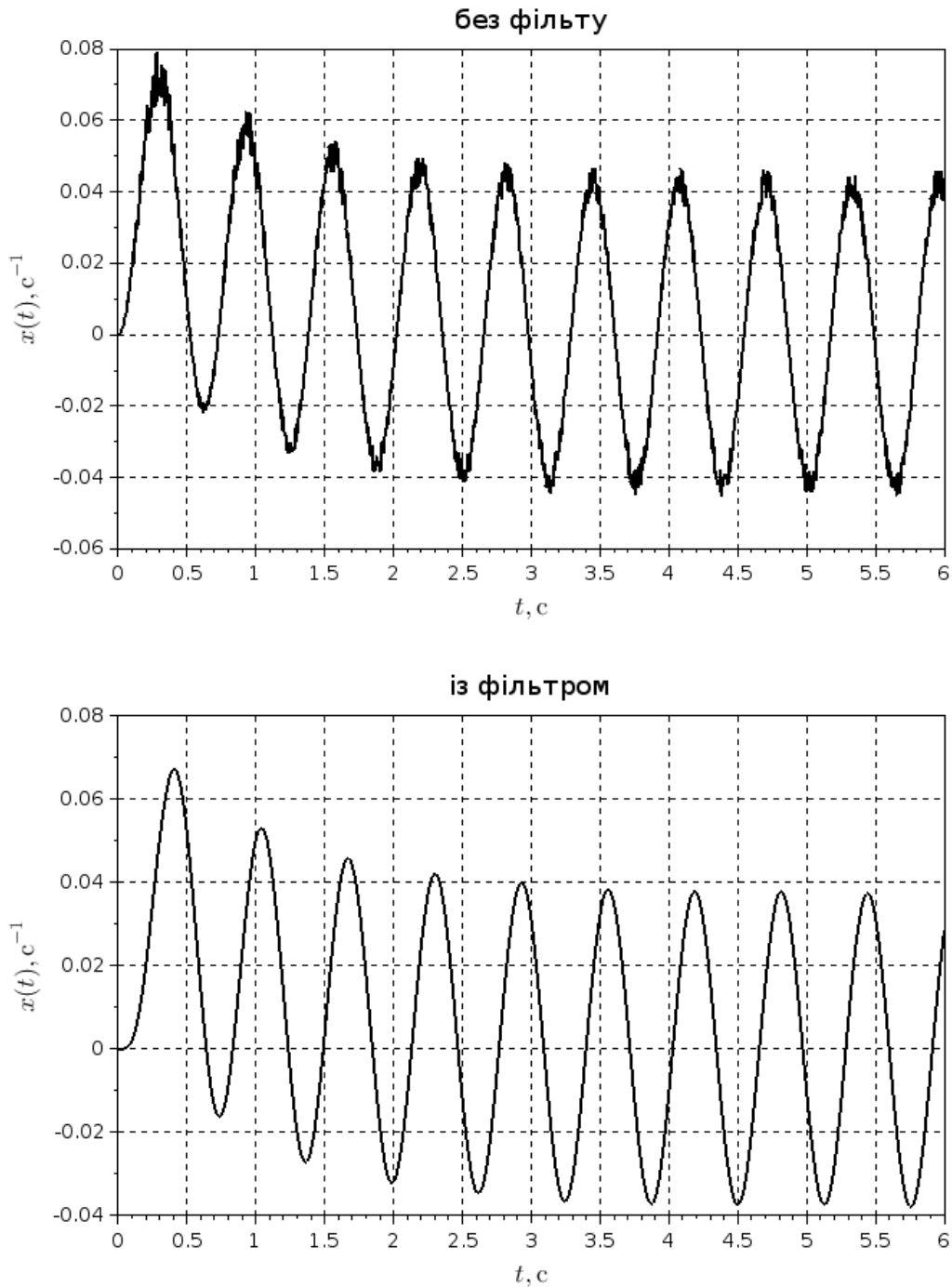


Рисунок 3.17 – Моделювання на малому проміжку часу стану робототехнічної системи з урахуванням збурень сигналу, що моделюються додаванням випадкової величини при відсутності та наявності лінійного фільтру другого порядку

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Людина, яка працюватиме з розробленою системою є сапером з навичками знешкодження ВНО. Сапер повинен дотримуватися усіх зазначених загальнопрофесійних компетентностей.

До виконання робіт допускаються особи, які пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці, у тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою, ознайомлені з правилами поведження при виникненні аварій та надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за № 231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05).

Сапер зобов'язаний знати [21]:

- основні законодавчі акти з охорони праці;
- права працівників з охорони праці на підприємстві;
- положення колективного договору щодо охорони праці;
- порядок проведення адміністративно-громадського контролю за станом охорони праці;
- основні вимоги правил безпеки праці до службових приміщень і споруд піротехнічного підрозділу;
- вимоги правил безпеки праці до піротехнічних та аварійно-рятувальних автомобілів, спеціальних пристроїв для проведення піротехнічних та аварійно-рятувальних робіт, переносного спеціального та аварійно-рятувального інструменту, засобів індивідуального бронезахисту фахівців піротехнічних;

- вимоги правил безпеки праці під час проведення саперних, піротехнічних та вибухових, а також аварійно-рятувальних робіт, ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків;

- основи електробезпеки;

- параметри й властивості, що характеризують вибухонебезпеку середовища;

- основи пожежної безпеки та шляхи її забезпечення;

- основи гігієни праці та виробничої санітарії;

- засоби та методи захисту працівників від шкідливого та небезпечного впливу виробничих факторів;

- правила проходження медичних оглядів.

Також, згідно з загальнопрофесійною компетентністю сапер зобов'язаний вміти [21]:

- дотримуватись вимог безпеки праці під час проведення саперних, піротехнічних та вибухових, а також аварійно-рятувальних робіт, ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків;

- дотримуватись вимог безпеки праці під час роботи із піротехнічними та аварійно-рятувальними автомобілями, спеціальними пристроями для проведення піротехнічних та аварійно-рятувальних робіт, переносним спеціальним та аварійно-рятувальним інструментом;

- використовувати за призначенням засоби індивідуального бронезахисту фахівців піротехнічних підрозділів;

- дотримуватись вимог електробезпеки під час роботи із електрифікованим обладнанням та електроустановками;

- володіти засобами і методами індивідуального та колективного захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

4.2 Загальні вимоги до знань та вмінь сапера в області надання домедичної допомоги

Згідно з загальнопрофесійною компетентністю сапер зобов'язаний знати [21]:

- медико-правові та етичні аспекти надання домедичної допомоги;
- як надавати домедичну допомогу, щоб виявити фактори, які загрожують життю, та усунути або зменшити їх негативний вплив на організм людини;
- як оцінювати стан постраждалого, здійснювати первинний і вторинний його огляд, ґрунтуючись на принципах анатомії, фізіології, патофізіології та особливостях вікового розвитку людини;
- як здійснювати серцево-легеневу реанімацію, виконувати основи підтримки життєдіяльності;
- як надавати допомогу постраждалим з невідкладними медичними станами або станами, що викликані факторами навколишнього середовища, як-от: загальне переохолодження, обмороження, перегрівання, опіки;
- як надавати домедичну допомогу постраждалим з тупими травмами, проникаючими пораненнями, пошкодженнями опорно-рухового апарату;
- як вживати невідкладних заходів для зупинки кровотечі, накладати пов'язки;
- як працювати з базовим медичним обладнанням, застосовувати підручні засоби;
- принципи іммобілізації та евакуації постраждалих з транспортних засобів, запобігати пошкодженням хребта, особливо його шийного відділу;
- як надавати домедичну допомогу вагітним в разі пологів.

Згідно з загальнопрофесійною компетентністю сапер зобов'язаний вміти [21]:

- оглядати постраждалого;
- визначати життєві показники;
- оцінювати стан постраждалого;
- надавати допомогу при зупинці серця, використовувати автоматичний зовнішній дефібрилятор;
- використовувати дихальне обладнання;

- надавати допомогу при критичних кровотечах;
- використовувати допоміжні засоби для забезпечення прохідності дихальних шляхів;
- накладати шийний комір та іммобілізувати хребет;
- іммобілізувати кінцівки;
- евакуювати постраждалого з транспортного засобу;
- накладати пов'язки;
- надавати допомогу при опіках, обмороженнях;
- дотримуватись заходів безпеки під час роботи у небезпечних місцях;
- надавати допомогу при пологах.

4.3 Вимоги безпеки при аварійній ситуації

При аварійній ситуації програміст зобов'язаний:

- при виявленні небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, радіаційна безпека, неполадки в електрогосподарстві тощо) для власного життя та життя співробітників заспокоїти і заспокоїти оточуючих;
- не усувати самому несправностей електромережі та електрообладнання, а вимкнути загальне електропостачання;
- при виявленні пожежі зобов'язаний негайно викликати пожежну частину;
- вжити заходів згідно з планом евакуації на випадок пожежі, виробничих та природних явищ та вивести працівників у безпечне місце. Організувати роботу ДПД щодо збереження майна та цінних паперів;
- при появі сторонньої особи, яка застосовує протиправні дії щодо безпеки життєдіяльності оточуючих, викликати міліцію;
- у випадку травмування працівників або клієнтів під час роботи підприємства необхідно викликати швидку допомогу або за потреби надати першу долікарську допомогу, за необхідності створити комісію по розслідування нещасного випадку, видати акт встановленого зразка, наказ про підсумки розслідування, повідомлення про наслідки нещасного випадку.

Дії при наданні першої долікарської допомоги:

- надання першої медичної допомоги починати з оцінки загального стану потерпілого і на підставі цього скласти думку про характер пошкодження;
- у разі різкого порушення або відсутності дихання, зупинки серця негайно зробити штучне дихання та зовнішній масаж серця, викликати швидку медичну допомогу.

Дії при ураженні електричним струмом:

- необхідно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електрообладнання від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал;
- за відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані оживлення необхідно починати негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу.

Дії при пораненні:

- для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти на рану стерильний перев'язувальний матеріал і зав'язати її бинтом;
- якщо індивідуального пакету немає, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану.

Дії при переломах, вивихах, ударах, розтягненні:

- при переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба;

– при передбачуваному переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або рота) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку;

– при підозрі перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям у низ, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався з метою уникнення ушкодження спинного мозку;

– при переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

Дії при теплових опіках:

– при опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом;

– при опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом; при опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3 % марганцевим розчином або 4 % розчином таніну;

– при опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Дії при кровотечі:

– для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно підняти поранену кінцівку вгору, кровоточиву рану закрити перев'язувальним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани;

– при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок у суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою.

4.4 Висновки до четвертого розділу

Для забезпечення безпечних умов праці сапера розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Зокрема, розглянуто вимоги до обов'язкових знань сапера з питань техніки

безпеки, надання домедичної допомоги та при виникненні аварійних операцій.

Також приведено послідовність дій, що потрібно виконати при наданні першої долікарської допомоги, ураженні електричним струмом, пораненні, переломах, вивихах, ударах, розтягненні, теплових опіках та кровотечі.

ВИСНОВКИ

У процесі роботи над роботою магістра було з'ясовано що робототехнічні системи – це сукупність інформаційно-сенсорних, механічних виконавчих та мікроконтролерних керуючих пристроїв, що функціонують спільно з метою виконання заданого технологічного процесу чи операції.

Також ми провели огляд різних фільтрів і тепер маємо найкраще уявлення про них. Лінійні фільтри це фільтри, що включаються на вході лінії і здійснюють поділ діапазонів частот системи передачі, що працюють по одному і тому ж ланцюгу.

Фільтрація – це операція над сусідніми елементами (neighborhood operation), тобто значення будь-якого отриманого пікселя вихідного зображення визначається значеннями пікселів, сусідніх відповідного вхідного пікселя. Лінійна фільтрація характерна тим, що значення вихідного пікселя визначається лінійною комбінацією відповідних вхідних пікселів.

Ми з'ясували що основним завданням фільтрації є виділення корисного сигналу з суміші сигнал/шум. У цифровій обробці зображень, фільтрація використовується для перетворення зображення і / або поліпшення його якості, для підкреслення або видалення деяких деталей зображення.

А також завдяки дослідженням та побудови різних графіків ми дійшли висновку, що по результатам таблиці (3.2) ідентифікацію краще проводити за допомогою синусоїдального сигналу. Тому що саме при таких значеннях у нас виходить найменша похибка, це власне те, до чого нам треба прагнути.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 55 с.

2. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Чинний від 2017 – 07 – 01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с.

3. Освітньо – професійна програма другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології» галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування» (Вчена рада ХНУРЕ протокол № 1 від 28.01. 2021 р.). [https://nure.ua/wp-content/uploads/Education programs/2020/2020 mag 151 opp ksua.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Education%20programs/2020/2020%20mag%20151%20opp%20ksua.pdf).

4. M. Shehata, M. Elshami, Q. Bai, X. Zhao, Parameter Estimation for Multibody System Dynamic Model of Delta Robot From Experimental Data, IFAC-PapersOnLine, Volume 54, Issue 14, 2021, Pages 72-77, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.331>.

5. P. Aivaliotis, E. Papalitsa, G. Michalos, S. Makris, Identification of dynamic robot's parameters using physics-based simulation models for improving accuracy, Procedia CIRP, Volume 96, 2021, Pages 254-259, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.083>.

6. Ромашов Ю. В. Оцінка показників довговічності теплообмінних труб парогенераторів АЕС з ВВЕР на основі континуальної моделі корозійного розтріскування // Ядерна та радіаційна безпека. – 2012. – № 3(55). – С. 16–20.

7. Ромашов Ю. В. Оцінка довговічності елементів конструкцій енергетичного обладнання на основі континуальної механіки руйнування // Проблеми машинобудування. – 2012. – Т. 15, № 5–6. – С. 15–20.

8. Положення про організацію освітнього процесу у ХНУРЕ [електронний ресурс] : Наказ ХНУРЕ від 27 листопада 2020 р. № 400. – Режим доступу: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennjaproorganizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure.pdf.

9. Положення про організацію проведення практики здобувачів вищої освіти Харківського національного університету радіоелектроніки [Електронний ресурс]: Наказ ХНУРЕ від 03 травня 2019 р. № 222. – Режим доступу: <https://nure.ua/wp-content/uploads/222-vid-03.05.2019-provvedennjavdiju-rishennja-vchenoi-radi-universite-tu.pdf>

10. Положення про кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні [Електронний ресурс] : Наказ ХНУРЕ від 06 травня 2021 р. № 143. – Режим доступу : https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/143-vid-06.05.2021-pro-vvedennja-v-dijurishennjavchenoiradi-universitetu.pdf

11. Стандарт вищої освіти магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» затверджено і введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України від 10.08.2020 р. № 1022. Режим доступу : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/zatverdzeni%20standarty/2020/08/10/151-avtomatizatsiya-ta-kitmagistr.pdf>

12. Освітньо-професійна програма «Автоматизоване управління технологічними процесами». – Режим доступу : https://nure.ua/wpcontent/uploads/Education_programs/2021/2021_mag_151_opp_autp.pdf.

13. Освітньо-професійна програма «Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва». – Режим доступу : https://nure.ua/wpcontent/uploads/Education_programs/2021/2021_mag_151_opp_kitpv.pdf. 35

14. Положення про роботу екзаменаційних комісій [Електронний ресурс] : Наказ ХНУРЕ від 09 лютого 2015 р. № 40. – Режим доступу : https://nure.ua/wpcontent/uploads/Main_Docs_NURE/nakaz-ta-polozhennya-proporyadokstvorennya-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiy....pdf.

15. Положення про академічну доброчесність [Електронний ресурс] : Наказ ХНУРЕ від 02 лютого 2021 р. № 50. – Режим доступу : https://nure.ua/wpcontent/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-proakademichnu-dobrochesnist.pdf.

16. Невлюдов І.Ш. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ. 2019. 396 с. 35.

17. Невлюдов І.Ш. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. К. : пр. Космонавта Комарова, 1. 2016. 245 с. 14. Основи виробництва електронних апаратів / Невлюдов І.Ш. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2005. 598 с. 14. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації: Підручник / Кривий Ріг: КК НАУ. 2017. 444 с.

18. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ. 2018. 332 с.

19. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ. 2019. 36 с.

20. Невлюдов І.Ш. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: Підручник / І.Ш. Невлюдов. Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ. 2019. 448 с.

21. СП(ПТ)О 5169.О.84.25 - 2019. Стандарт професійної (професійно-технічної) освіти (Сапер (розмінування)). – Чинний від 2019-05-31. – Вид. офіц. – Київ : МОН України Міністерство соц. політики України, 2019. – 70 с.