

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИ НЕПОВНІЙ АПРІОРНІЙ ІНФОРМАЦІЇ

*Анотація:* Робота присвячена використанню методів, що базуються на адаптивному або робастому підході при побудові систем керування з нечітко визначеними математичними моделями та неповною апріорною інформацією.

*Ключові слова:* Математична модель, апріорна невизначеність, робаста система, спостерігач, нечутливість, домінуючий полюс.

### Вступ

Методи класичної теорії керування при побудові систем керування з нечітко визначеними математичними моделями та неповної апріорної інформації часто не вдається ефективно застосовувати на практиці [1, 2]. Ця проблема стимулює розробку інших методів дослідження, які дозволяють розв'язувати задачі аналізу та синтезу систем в умовах, коли неможливо або важко здобути повну інформацію про режими функціонування системи. Подібні методи базуються або на адаптивному, або на робастому підході до проблеми апріорної невизначеності. Використання принципів адаптації може дати кардинальний підхід до розв'язання проблеми. Однак труднощі реалізації та динамічні властивості контуру адаптації часто стають незворотною перепоною на цьому шляху. Задовільної роботи системи керування в умовах зміни характеристик зовнішніх впливів та деяких нестабільностей її властивих параметрів можна досягнути без використання адаптації. Для цього синтезують систему із постійними параметрами таким чином, щоб збуджуючих факторів якості її роботи не ставала нижче допустимого рівня. Такі системи здобули назву робастих. Однак і вони можуть працювати тільки в умовах незначної зміни параметрів. Метод, що надається в даній роботі, забезпечує властивості робастості в широкому розумінні, коли можуть змінюватися по невідомому закону у декілька разів параметри системи та її структура, тобто в умовах невизначеності її математичної моделі (передаточної функції). Для розв'язання поставленої проблеми пропонується застосувати компенсаційні методи з використанням дуального спостерігаючого пристрою [3, 4, 5].

### Постановка задачі

Вважаючи на вказані недоліки побудови систем керування об'єктами, які мають нестабільні параметри, що випадково змінюються за невизначеними законами, а також можуть змінювати свою структуру, тобто мають не чітко визначену математичну модель, враховуючи що на систему з боку навколишнього середовища діють неконтрольовані завади, перед нами була поставлена задача дослідити можливість побудови такої системи, яка б мала наступні властивості:

© С.В. Шпіт, І.М. Кучер, А.В. Мойсеєнко, А.В. Какотко, 2012

1. Система керування об’єктами, які мають не чітко визначену математичну модель, повинна бути нечутливою до дії зовнішніх неконтрольованих впливів, які можуть приймати великі значення;
2. Параметри (коефіцієнти передачі, постійні часу) можуть випадково змінюватися;
3. Структура ( передаточна функція) змінюється за невідомим законом;
4. В залежності від умов роботи система керування повинна мати можливість змінювати свої динамічні властивості без зміни функціонально необхідних елементів.

Для виконання поставлених умов було запропоновано застосувати систему керування з компенсаційною адаптацією на основі дуального спостерігаючого пристрою (ДС) [2, 5].

У якості експериментальної системи керування об’єктом третього порядку використовується система з цифровим ПІД-регулятором (Рис.1).

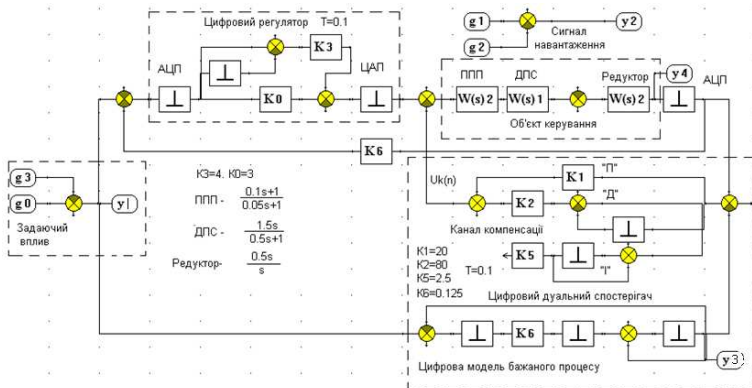


Рис. 1 – Схема експериментальної системи керування

Експериментальні дослідження виконувались на віртуальному комплексі “SHS—TAK”, який було розроблено на кафедрі технічної кібернетики НТУУ “КПІ”. Для порівняння експерименти проводилися з вимкненим та включеним каналом компенсації дуального спостерігача. Дуальний спостерігач та канал компенсації моделювались як цифрові пристрої, параметри яких представлені на Рис.1. Бажаний рух задавався ДС як рівняння першого порядку. Вихід— $Y_3$ . Вихід об’єкту керування  $Y_4$ . Завада  $Y_2$ .

### Результати експериментів

При вимкненому каналі компенсації (Рис.2а) бажаний рух  $Y_3$  має аперіодичний характер, а дійсний  $Y_4$  (вихід об’єкту керування) – коливальний з перерегулюванням 30%. При ввімкненому каналі ком-

пенсації (Рис.2б) дійсний процес у перехідному процесі підстроюється до бажаного  $Y4=Y3$ . Отже, система зберігає домінуючий полюс.

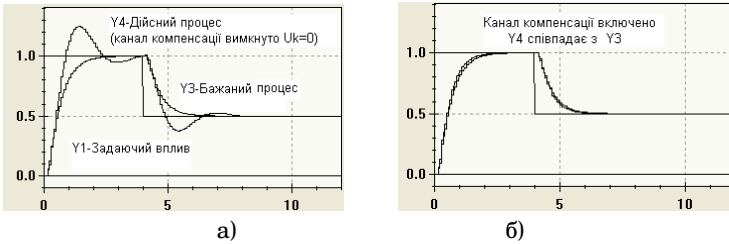


Рис. 2 – Система при вимкненому та ввімкненому каналах компенсації

На систему на 8-й сек. діє неконтрольований зовнішній вплив  $Y2$ . При вимкненому каналі компенсації (Рис.3а) в системі спостерігається велике динамічне відхилення  $Ey2$  та значна стала похибка. Ввімкнення каналу компенсації значна зменшує динамічне відхилення, але в системі залишається незначна стала похибка  $Ey2$ . (Рис.3б). Для надання властивостей робастості в канал компенсації слід ввести зображення впливу, тобто інтегральну складову. При цьому стала похибка зменшується до нуля (Рис. 3в).

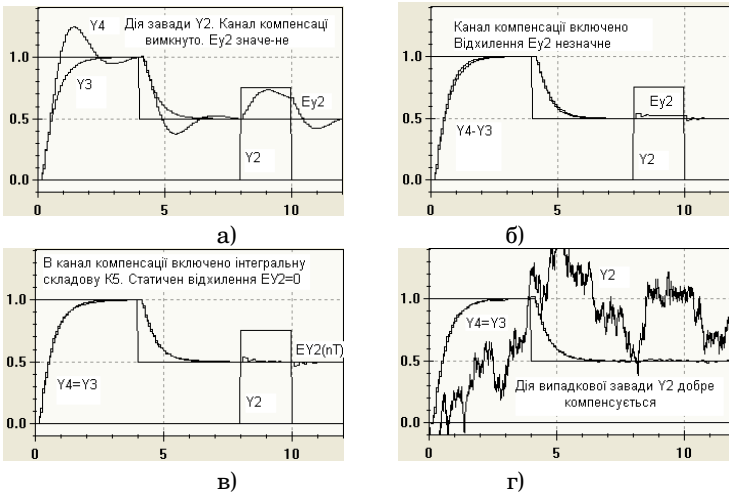


Рис. 3 – Система при дії неконтрольованого зовнішнього впливу

На Рис.3г приводяться результати дії неконтрольованої випадкової завади  $Y2$ , яка має значні значення та яка прикладається до об'єкта керування. Система добре компенсує дію завади, сигнали  $Y4$  та  $Y3$  практично співпадають.

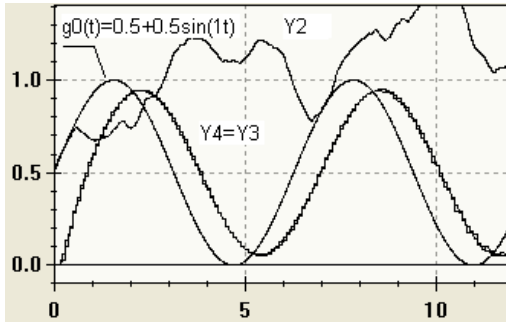


Рис. 4 – Система при зміні коефіцієнта передачі

Результати зміни коефіцієнта передачі ланки  $W(s)1$  (характер зміни коефіцієнта передачі представлено кривою  $Y_2$ ) при задаючому впливі  $g_0(t) = 0.5 + 0.5 \sin(1t)$  приведені на Рис.4. Система не чутлива до зміни коефіцієнта передачі, виходи  $Y_4 = Y_3$  співпадають.

Дослідження результатів випадкової зміни структури передаточної функції об'єкта керування виконувались при випадковому характері підключення ланок  $W(s)1$  та  $W(s)4$  (закон переключення – простий марковський процес дається на Рис.5). Переключення виконувалося у 3-х режимах :  $W(s)1$ ,  $W(s)1 + W(s)4$ ,  $W(s)4$ . Система не реагує на зміну структури, виходи  $Y_4 = Y_3$  співпадають.

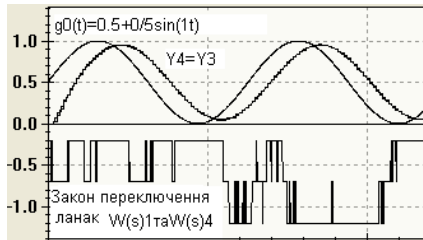


Рис. 5 – Закони переключення в системі

Відомо до чого приводить обрив каналу головного зворотного зв'язку ( $K_6$ ). При цьому звичайна системи завжди стає неприцездатною, це так званий жорсткий аварійний режим. Результати перевірки таких умов представлені на Рис.6 (закон зміни  $K_6$  — простий марковський процес). Система не реагує на зміну в каналі зворотного зв'язку, виходи  $Y_4 = Y_3$  співпадають.

Можливість зміни динамічних властивостей системи керування без зміни функціонально необхідних елементів може бути досягнута шляхом перепрограмування задаючого вузла дуального спостерігача. Але ця задача може бути вирішена і шляхом підключення нового задаючого вузла, як другого дуального спостерігача до першого. При цьому дина-

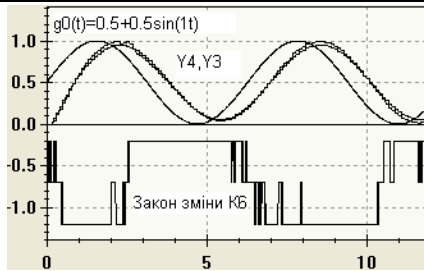


Рис. 6 – Система в жорсткому аварійному режимі

мічні властивості першого перелаштовуються на властивості другого. Далі система працює у звичайному режимі. Необхідність такої задачі зустрічається у тренажерах для навчання операторів керування різноманітними рухомими апаратами, у напівнатурних експериментальних дослідженнях при проектуванні нових пристроїв, коли на існуючому прототипі відпрацьовуються навички керування апаратом, що проектується. Для цього в систему керування існуючого прототипу слід включити дуальний спостерігач з динамічними характеристиками апарата що проектується.

### Висновки

Експериментальні дослідження системи керування з компенсаційною адаптацією на основі ДС показали високу ефективність даного методу для систем з нечітко визначеною математичною моделлю та неповною апріорною адаптацією. При цьому була досягнута можливість зміни динамічних властивостей системи керування без зміни функціонально необхідних елементів.

### Література

1. Петров Б.Н. Принцип инвариантности и условия его применения при расчете линейных и нелинейных систем, Труды I Конгресса ИФАК, т. 1, 1960.
2. Тютюнник А.Г. Оптимальні і адаптивні системи автоматичного керування: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 1998. – 512 с.
3. Шпіт С.В., Янцеловський С.Г., Ткаченко О.І. Системи автоматичного керування з еталомом – спостерігачем // Адаптивні системи автоматичного управління. -2008-№12(32).- с. 145 – 151.
4. Шпіт С.В., Семчишин А.В. Автономна багатомірна система керування з еталонами – спостерігачами // Адаптивні системи автоматичного управління. -2009 - №13(33).- с. .
5. Шпіт С.В. Дуальний спостерігач в системах автоматичного керування // Адаптивні системи автоматичного управління. -2009 - №14(34).

Отримано 23.11.2012 р.