УДК 681.52

С.Г. Ткаченко, С.В. Шпіт, О.І. Янцеловський

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ З ЕТАЛОНОМ-СПОСТЕРІГАЧЕМ

Вступ

Класична теорія побудови оптимальних систем керування базується на наявності апріорної інформації про параметри та структуру об'єкта керування. При цьому вважається, що ці параметри відомі і залишаються сталими за весь час роботи системи. Однак у багатьох випадках динамічні та статичні властивості системи можуть змінюватися у часі, також змінюється вплив зовнішнього середовища, тобто змінюються у часі зовнішні завади, які діють на об'єкт керування. У цьому випадку регулятори із жорстким (незмінним) налаштуванням не можуть забезпечити оптимальні режими роботи. У цих випадках необхідно змінювати налаштування задаючих пристроїв, параметри деяких елементів системи, вводити у систему нові елементи, які можуть змінювати свою структуру та параметри.

Системи, які можуть автоматично змінювати свої властивості з метою забезпечення заданих показників якості при зовнішніх впливах, що довільно змінюються, називають самонастроювальними (адаптивними) системами керування.

Постановка задачі

Однією з важливих проблем адаптивних систем є задача відновлення змінних стану системи керування, які використовуються для забезпечення обраного закону керування. При цьому вирішується дві задачі: вивчення об'єкта керування у процесі його роботи з метою здобуття необхідної інформації для подальшого аналізу та безпосереднього керування на основі отриманих оцінок змінних стану.

У практиці теорії автоматичного керування широке застосування має задача стабілізації динамічних властивостей об'єктів керування, для яких перехідні процеси вважаються основним режимом роботи. Стабілізацію перехідних процесів можна забезпечити шляхом порівняння часових характеристик об'єкта керування з деякими еталонними часовими характеристиками, тобто на основі застосування еталонних моделей. Як правило, у таких системах з еталонною моделлю вирішуються задачі самонастроювання з метою мінімізації середньоквадратичної похибки, виходячи з умов найкращої фільтрації та часу керування, найкращого наближення керованого процесу до деякого заданого (еталонного) у кожний момент часу. Якщо у результаті зміни параметрів або дії неконтрольованого зовнішнього збудження динамічні характеристики системи (вектор змінних стану $X(t)$) відхиляється від оптимальних характеристик моделі (вектор $X_M(t)$), то з'являється сигнал похибки $E(t)$, за допомогою

© С.Г. Ткаченко, С.В. Шпіт, О.І. Янцеловський, 2008

якого змінюються параметри або структура системи керування. Але процес побудови систем керування такого типу є досить складним, оскільки необхідно одночасно вирішувати задачі аналізу процесу керування, вибору критерію адаптації, принципу побудови контурів самонастроювання, визначення алгоритму ідентифікації та закону зміни параметрів, розробки структури моделі та аналізатора динамічних характеристик.

Значно спростити побудову таких систем можна застосувавши принцип використання спостерігаючого пристрою у якості еталонної моделі, за допомогою якої у систему керування вводяться відповідні корегуючі сигнали, які компенсують впливи зовнішніх завад, неспівпадіння початкових умов та зміну параметрів самої системи. При цьому зникає необхідність вводити у систему додаткові контури самонастроювання параметрів системи або змінювати її структуру, за рахунок чого полегшується задача досягнення заданих показників якості і спрощується структура самої системи та спостерігаючого пристрою.

Розглянемо деякі варіанти побудови таких систем керування на прикладі класичної системи керування, яка може бути задана умовно-розімкнутою передаточною функцією

$$W_P(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_0 s + 1)s}, \tag{1}$$

де T_1 – постійна часу регулятора, T_0 – постійна часу об’єкта керування.

Еталонну модель (спостерігач) візьмемо адекватною заданій системі керування (1), тобто структура та параметри спостерігача і системи повністю співпадають (рис. 1). Вважатимемо, що змінювати параметри системи неможливо.

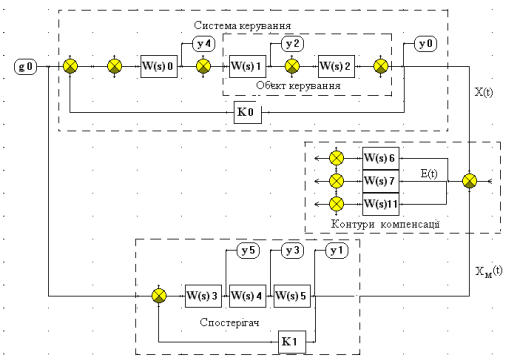

Рис. 1 – Структурна схема системи та спостерігача

На основі вимірювань вихідних сигналів системи і моделі та відомої схеми побудови спостерігаючого пристрою, компенсуючі сигнали будуть подаватися не на спостерігаючий пристрій, а безпосередньо на відповідні змінні стану системи керування.

На рис. 2 показано характер перехідних процесів у системі керування та моделі при їх повній адекватності, відсутності збуджуючих впливів та нульових початкових умовах.

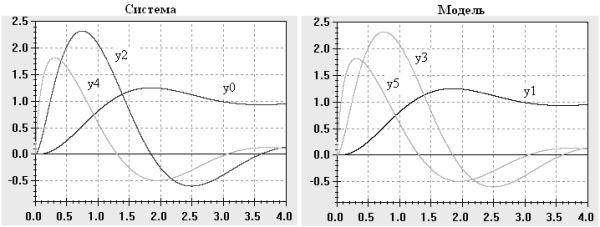

Рис. 2 – Перехідні процеси у системі і моделі при їх повній адекватності

На рис. 3 показано вплив початкових умов ($y0(0) = 0, y2(0) = 1, y4(0) = -1$) при вимкнутих контурах компенсації. На рис. 4 показані додаткові перехідні процеси при дії на об’єкт керування неконтрольованого зовнішнього впливу ($g1(t) = 2 \cdot 1(t)$), який починає діяти у момент $t = 1$с. На рис. 5 показується вплив зміни параметрів системи керування (відповідно коефіцієнта підсилювання K та постійної часу T_0) на змінні стану системи.

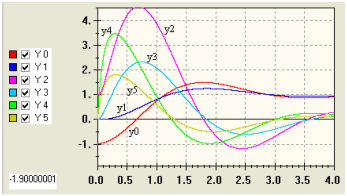

Рис. 3 – Перехідні процеси при розбіжності початкових умов системи та моделі

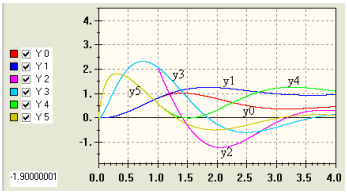

Рис. 4 – Перехідні процеси при дії на систему зовнішнього впливу

Як видно з наведених вище графіків, відмінність у початкових умовах і параметрах системи, а також дія завад, призводять до значних розузгоджень між змінними стану системи керування та спостерігача. Розглянемо дію контурів компенсації на ці розузгодження.

Схема включення каналів компенсації показана на рис. 6.

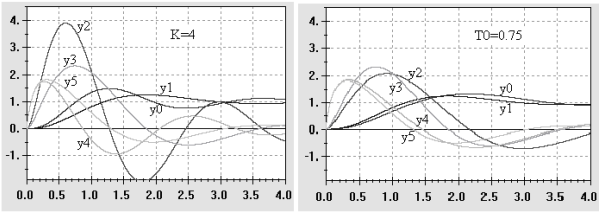

Рис. 5 – Перехідні процеси у випадку зміни параметрів системи

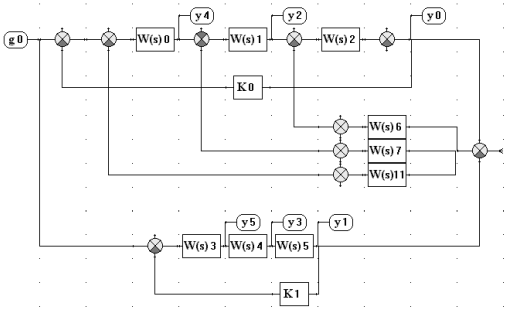

Рис. 6 – Схема включення каналів компенсації

Дія пропорційних каналів компенсації при початкових умовах $y0(0) = 0, y2(0) = 1, y4(0) = -1$ показана на рис. 7. Як видно, перехідні процеси погано збігаються та мають коливальний характер. Для покращення процесу збігання та забезпечення необхідної швидкодії контурів компенсацій можна вводити у них похідні від сигналу похибки $E(t)$, тобто канал компенсації у цьому випадку буде мати вигляд $W_K(s) = \frac{\tau s+k}{Ts+1}$, де T обирається значно меншим одиниці (у нашому випадку $W_K(s) = \frac{5s+50}{0.01s+1}$). При цьому можна значно підвищувати коефіцієнт передачі каналу компенсації, що прискорює процес збігання змінних стану (Рис. 7а).

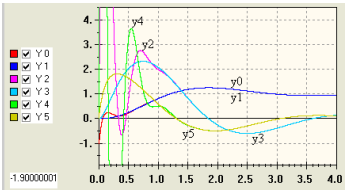

Рис. 7 – Перехідні процеси при дії пропорційних каналів компенсації

Компенсація зовнішнього впливу $g1(t) = 2 \cdot 1(t)$, який прикладається до системи у момент $t = 1$с, показана на рис. 8. При цьому в канал компенсації для забезпечення нульової сталої похибки додається інтегральна складова порядку v, яка відповідає зображенню діючого збу-

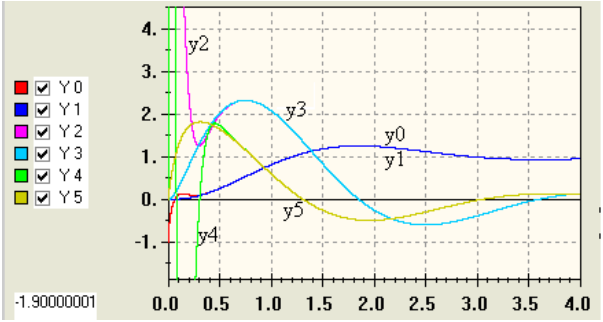

Рис. 7а – Перехідні процеси при дії динамічних каналів компенсації

дження, тобто передаточна функція каналу компенсації матиме вигляд $W_K(s) = \frac{\tau s+k}{Ts+1} + \frac{k_i}{s^v}$.

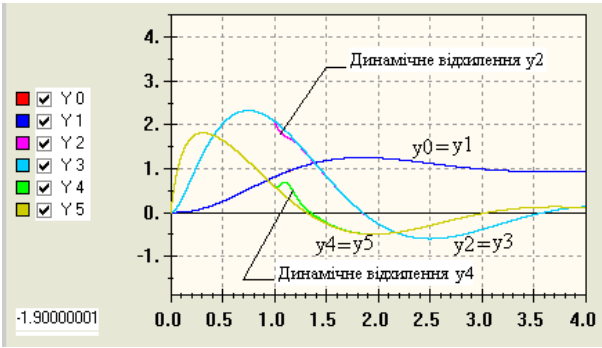

Рис. 8 – Компенсація зовнішнього впливу, прикладеного до системи

Аналіз графіків показує, що неконтрольований збуджуючий вплив повністю компенсується та на вихідну координату не впливає. Тобто система керування стає інваріантною по відношенню до діючого збудження.

Дослідження таких принципів побудови систем керування зі спостерігачем у якості еталона показало, що для забезпечення потрібних (оптимальних з точки зору деякого критерію) характеристик можна застосовувати спостерігаючі пристрої зниженого порядку. Так на рис. 9 приведена схема системи керування з коливальним перехідним процесом при вимогах неколивальності перехідного процесу замкнутої системи. Для реалізації поставленої задачі у якості еталона-спостерігача було обрано модель першого порядку з передаточною функцією $W_M(s) = \frac{K_M}{T_M s+1}$.

Характер перехідних процесів (рис. 10) при комплексній дії усіх розглянутих факторів при відключених каналах компенсації показує повну непрацездатність системи керування. Тоді як при включенні каналів

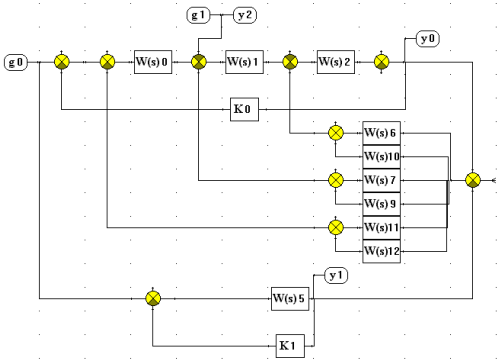

Рис. 9 – Схема системи зі спостерігачем зниженого порядку

компенсації автоматично компенсуються всі похибки та забезпечується аперіодичний перехідний процес на виході системи керування (рис. 11).

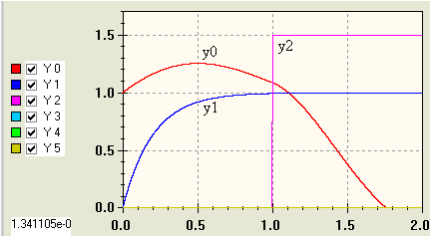

Рис. 10 – Перехідні процеси при відключених каналах компенсації

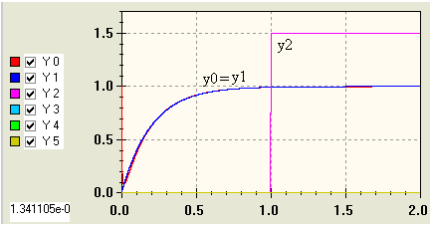

Рис. 11 – Перехідні процеси при включених каналах компенсації

Всі експериментальні дослідження, пов’язані з побудовою та аналізом графіків перехідних процесів у розглянутих системах керування, виконувалися на лабораторному стенді “ТАК-SHS”, який було розроблено на кафедрі Технічної кібернетики НТУУ “КПІ”.

 ISSN 1562-9945

Висновки

Теоретичні та експериментальні дослідження побудови систем керування з еталоном-спостерігачем показали високу ефективність запропонованих методів при значному спрощенні їх фізичної реалізації. При цьому знімається проблема корекції параметрів як об'єкта керування так і регулятора, а сама система керування набуває властивостей грубості (зобастості) навіть при значних змінах параметрів системи та впливу неконтрольованих завад у широкому діапазоні.

Література

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
2. Тютюнник А.Г. Оптимальні і адаптивні системи автоматичного керування: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 1998. – 512 с.
3. Чураков Е.П. Оптимальные и адаптивные системы. – М.:Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.

Получено 08.04.2008