

УДК 621.398

Н.Б. Репнікова, А.В. Писаренко, О.В. Лобода, А.М. Хомій

*Національний технічний університет України «КПІ», Київ*

### **АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ З МОДЕЛЛЮ**

*Проведені дослідження на моделі показали, що якість адаптації на базі існуючих адаптивних алгоритмів низька, і як наслідок, синтезована система не задовольняє бажаним показникам, зафіксованим у моделі. Запропоновано вдосконалений алгоритм синтезу самоналагоджувальних систем та формулу розрахунку пропорційного регулятора, який забезпечує в системі бажану якість, з використанням прямого методу стійкості Ляпунова.*

**Ключові слова:** *система управління, адаптивна система, пропорційний регулятор.*

#### **Вступ**

Як відомо, застосування прямого методу Ляпунова справило великий вплив на розвиток адаптивних алгоритмів, стійких в великому і цілому. Такі

алгоритми застосовуються для побудови самонастроювальних систем управління.

Однак при практичному застосуванні такого алгоритму для синтезу адаптивних систем управління і проведені дослідження на моделі показали, що

якість адаптації низька, і як наслідок, синтезована система не задовольняє бажаним показникам, зафіксованим у моделі [1 – 3].

У даній статті пропонується алгоритм синтезу адаптивної системи з пропорційним регулятором, який не тільки забезпечує адаптивні властивості синтезованої системи, а й бажані показники якості.

### Основна частина

Структурна схема досліджуваної системи представлена на рис. 1.

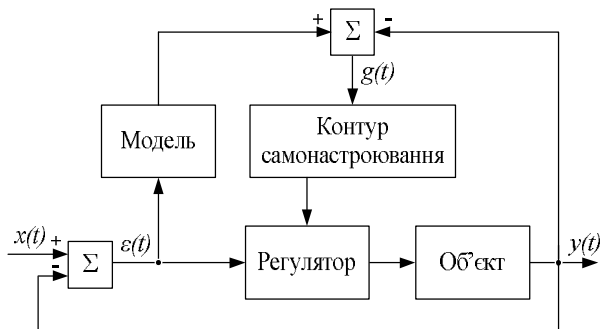


Рис. 1. Структурна схема адаптивної системи

На рис. 1 система управління описується рівнянням виду:

$$\ddot{y}(t) + c_1 \cdot \dot{y}(t) + c_2 \cdot y(t) = k_0 \cdot a \cdot \varepsilon(t), \quad (1)$$

де  $c_1, c_2$  – незмінні параметри об'єкту управління;  $k_0(t)$  – коефіцієнт підсилення об'єкту управління, який змінюється;  $a$  – коефіцієнт підсилення регулятора.

Рівняння моделі має вигляд:

$$\ddot{y}_M(t) + c_1 \cdot \dot{y}_M(t) + c_2 \cdot y_M(t) = k_M \cdot \varepsilon(t). \quad (2)$$

Необхідно синтезувати такий алгоритм роботи контуру самонастроїки, щоб при зміні параметрів об'єкта управління (коефіцієнту підсилення) регулятор забезпечував адаптивні якості в системі управління, а саме:

$$g(t) \rightarrow 0. \quad (3)$$

У відповідності з алгоритмом для синтезу адаптивної системи [1], вхідний сигнал для контуру самонастроїки запишемо в нормальній формі Коші:

$$\dot{g}_1 = g_2;$$

$$\dot{g}_2 = -c_1 \cdot g_2 - c_2 \cdot g_1 + (k_M - k_0 \cdot a) \cdot \varepsilon(t). \quad (4)$$

Для розв'язання поставленої задачі була вибрана функція Ляпунова вигляду:

$$V = c_2 \cdot g_1^2(t) + g_2^2(t) + b^2, \quad (5)$$

де

$$b = k_M - a \cdot k_0(t)$$

і алгоритм роботи регулятора має вигляд:

$$a = \frac{1}{k_0} \int g_2 \cdot \varepsilon(t) dt. \quad (6)$$

Дослідимо роботу синтезованої адаптивної системи на прикладі з використанням пакета MatLab.

### Приклад 1.

В якості об'єкту управління обрано передавальну функцію вигляду:

$$W_o = \frac{0,5}{s^2 + 10s}.$$

При цьому  $k_0$  змінюється,  $k_0 = 0,5 \pm 0,05$ .

В якості моделі обрано наступну передавальну функцію:

$$W_M = \frac{20}{s^2 + 10s}.$$

Графіки перехідних процесів і модель адаптивної системи представлені відповідно на рис. 2, 3.

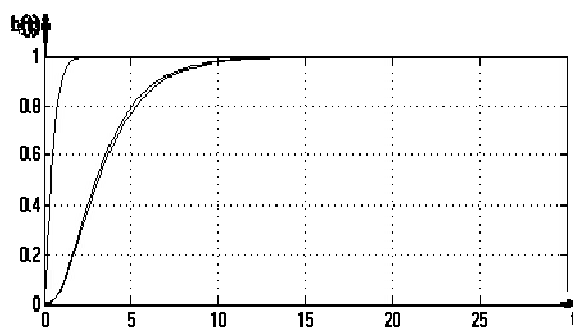


Рис. 2. Перехідний процес адаптивної системи і моделі

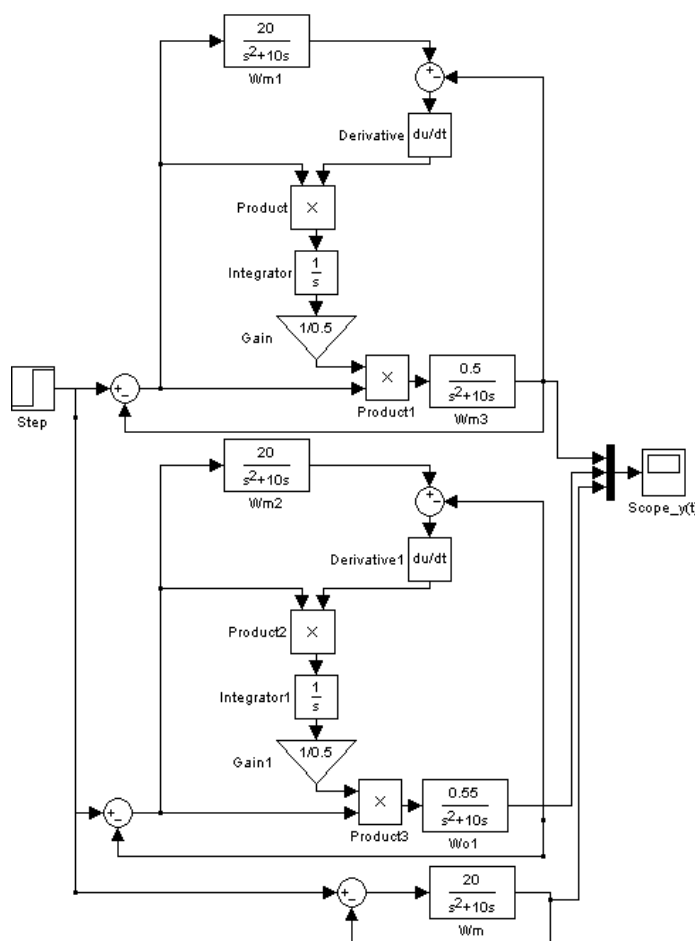


Рис. 3. Модель адаптивної системи

Як видно з отриманих графіків перехідного процесу, система адаптується до змінних параметрів об'єкта управління, але не забезпечує закладену в модель якість адаптивної системи.

Для забезпечення якості адаптації авторами пропонується використовувати в системі пропорційний регулятор, який зведе розузгодження між входом та виходом моделі і системи до нуля.

Запропоновано для обчислення коефіцієнта пропорційного регулятора користуватись формулою

$$K^* = k_0 \cdot k_M \cdot 10^p,$$

де  $k_0, k_M$  – коефіцієнти підсилення об'єкту управління та моделі відповідно;  $p$  – модуль різниці порядків  $k_0$  та  $k_M$ .

Для підтвердження запропонованого алгоритму розглянемо наступний приклад.

### Приклад 2.

Об'єкт управління та модель описуються такими ж передавальними функціями, як і в прикладі 1.

За формулою (7) обчислюємо значення пропорційного регулятора:

$$K^* = k_0 \cdot k_M \cdot 10^p = 0,5 \cdot 20 \cdot 10^2 = 1000.$$

Схема самоналагоджувальної системи з пропорційним регулятором в пакеті MatLab Simulink та перехідні процеси представлені на рис. 4 та 5 відповідно.

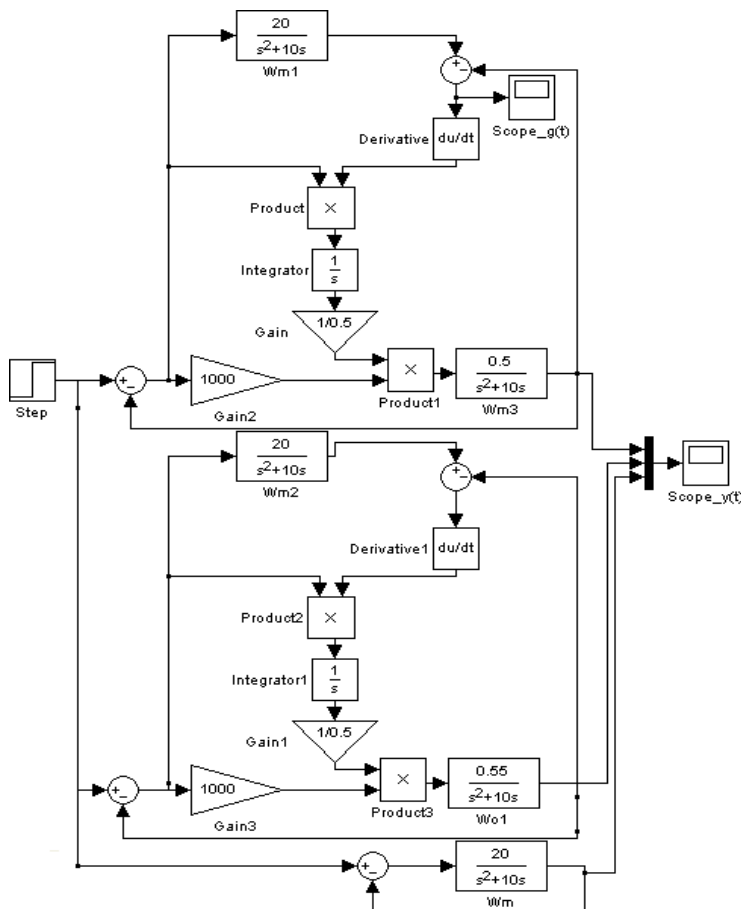


Рис. 4. Самоналагоджувальна система з пропорційним регулятором

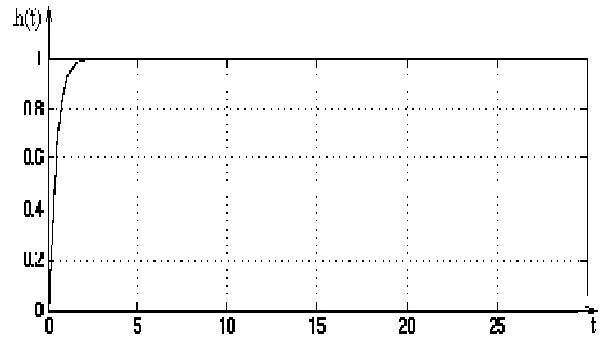


Рис. 5. Перехідні характеристики синтезованої системи з пропорційним регулятором та моделі

Графік розузгодження (сигнал  $g(t)$ ) представлений на рис. 6.

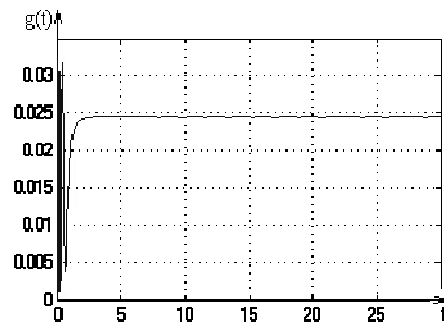


Рис. 6. Розузгодження  $g(t)$

## Висновки

Таким чином, запропонований вдосконалений алгоритм синтезу адаптивної системи з моделлю, який забезпечує не тільки адаптацію до змінних параметрів коефіцієнта підсилення системи, а й бажані показники якості, які закладені в структуру і параметри еталонної моделі.

## Список літератури

1. Чураков Е.П. *Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов / Е.П. Чураков.* – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.
2. Куо Б. *Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо.* – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
3. Репнікова Н.Б. *Синтез цифрових систем управління з ПнД-регуляторами / Н.Б. Репнікова, В.Ю. Федулова, Т.Я. Богодьорова // Системи обробки інформації: збірник наукових праць.* – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 7(74). – С. 112-113.

Надійшла до редколегії 23.12.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. П.О. Качанов, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

**АЛГОРИТМ СИНТЕЗА САМОНАСТРАИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
С МОДЕЛЬЮ**

Н.Б. Репникова, А.В. Писаренко, О.В. Лобода, А.М. Хомий

*Проведенные исследования на модели показали, что качество адаптации на базе существующих адаптивных алгоритмов низкое, и как следствие, синтезированная система не удовлетворяет желаемым показателям, зафиксированным в модели. Предложен усовершенствованный алгоритм синтеза самонастраивающихся систем и формула расчета пропорционального регулятора, который обеспечивает в системе желаемое качество, с использованием прямого метода стойкости Ляпунова.*

**Ключевые слова:** система управления, адаптивная система, пропорциональный регулятор.

**ALGORITHM OF SYNTHESIS OF THE SELF-ADJUSTING CONTROL  
SYSTEMS WITH A MODEL**

N.B. Repnikova, A.V. Pisarenko, O.V. Loboda, A.M. Khomiy

*The conducted researches showed on a model, that quality of adaptation on the base of existent adaptive algorithms is low, and as a result, the synthesized system dissatisfies the desired indexes, to fixed in a model. The improved algorithm of synthesis of the self-adjusting systems and formula of calculation of proportional regulator which provides the desired quality in the system is offered, with the use of direct method of firmness of Lyapunov.*

**Keywords:** control system, adaptive system, proportional regulator.