

Л. Г. Козлов¹Ю. А. Бурєнніков¹О. В. Гарболінський¹О. М. Лукіянов¹

АДАПТИВНИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ МЕХАНОТРОННОЇ ГІДРОСИСТЕМИ МАНІПУЛЯТОРА

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто структуру адаптивного регулятора для механотронної гідросистеми маніпулятора. Регулятор формує сигнал зворотного зв'язку в механотронній гідросистемі, якій має основну та корегувальну складові. Для формування корегувальної складової застосована система нечіткого логічного висновку. Знайдена можливість за рахунок застосування адаптивного регулятора зменшити час регулювання та перерегулювання по тиску в механотронній гідросистемі.

Ключові слова: механотронна гідросистема, адаптивний регулятор, нечіткій логічний висновок, час регулювання, перерегулювання по тиску.

В будівництві, промисловості та на транспорті широко застосовуються мобільні робочі машини оснащені маніпуляторами з гідроприводом. Розвиток гідроприводів мобільних робочих машин йде у напрямку широкого застосування регульованих насосів, пропорційної гідроапаратури з дистанційним електрогідравлічним керуванням, використанням контролерів, що виконують роль адаптивних регуляторів. Впроваджуються також інтелектуальні системи керування машинами [1, 2, 3, 4, 5].

В лабораторії Вінницького національного технічного університету створено адаптивний регулятор для механотронної гідросистеми маніпулятора. Гідросистема складається з регульованого насоса, гідроциліндрів, пропорційного розподільника та контролера, що виконує роль адаптивного регулятора.

Можливості підвищення швидкодії механотронної гідросистеми знаходяться перш за все в адаптивному регуляторі. Раціональне налаштування його параметрів дає змогу суттєво впливати на характеристики гідросистеми. Адаптивний регулятор формує сигнал зворотного зв'язку U_m (рис. 1), який подається на регулятор насоса. Сигнал U_m визначає витрату насоса та тиск p_n , під яким робоча рідина подається в гідросистему. Величина сигналу U_m визначається адаптивним регулятором на основі сигналів i_p та i_h , що формуються датчиками тиску в залежності від значень тиску p_c на вході в гідроциліндр стріли та відкриття h робочого вікна пропорційного розподільника. Адаптивний регулятор включає блок 1 основної складової сигналу керування, 2, 3, 4 – блоки математичних операцій, 5 – блок сигналу холостого ходу насоса, логічний блок 6 та блок корегувальної складової сигналу керування. Сигнал U_m визначається залежністю

$$U_m = F_2(i_p) - k_p \frac{d i_p}{dt}$$

де $F_2(i_p)$ – передавальна функція блока основної складової сигналу адаптивного регулятора;

k_p – коефіцієнт підсилення корегувальної складової сигналу адаптивного регулятора.

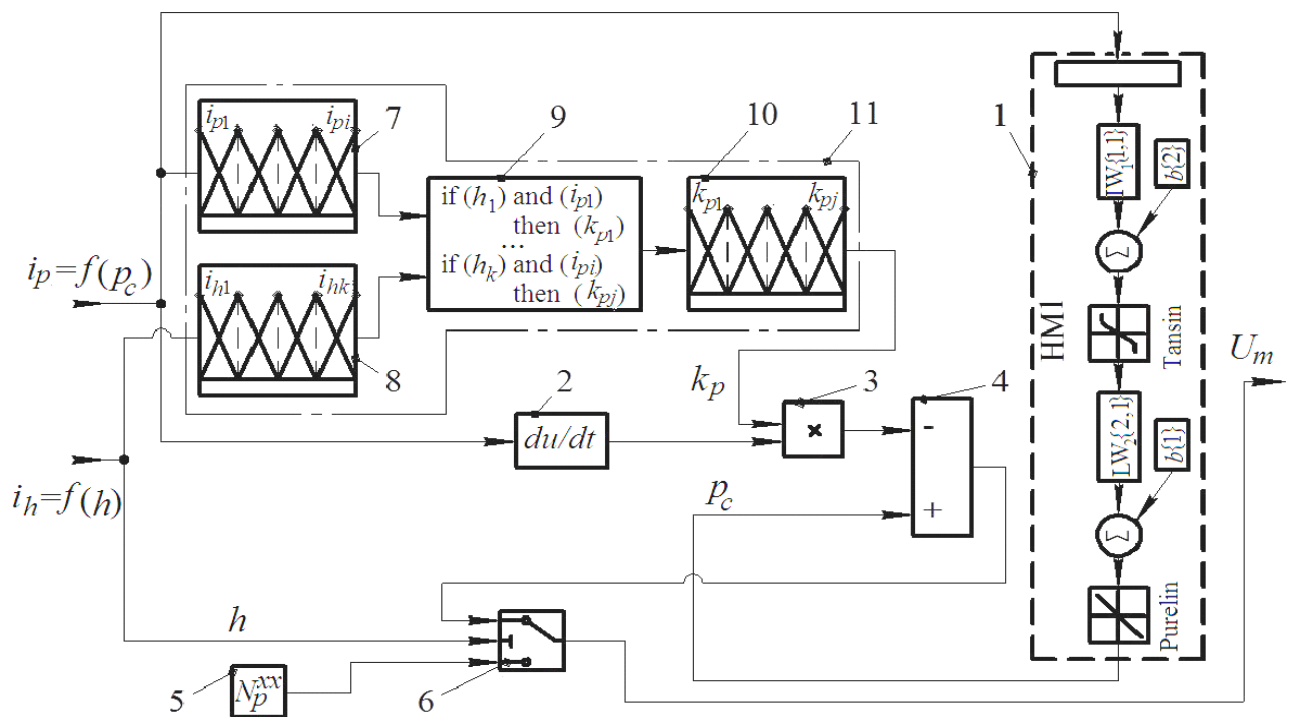


Рис. 1. Структура адаптивного регулятора

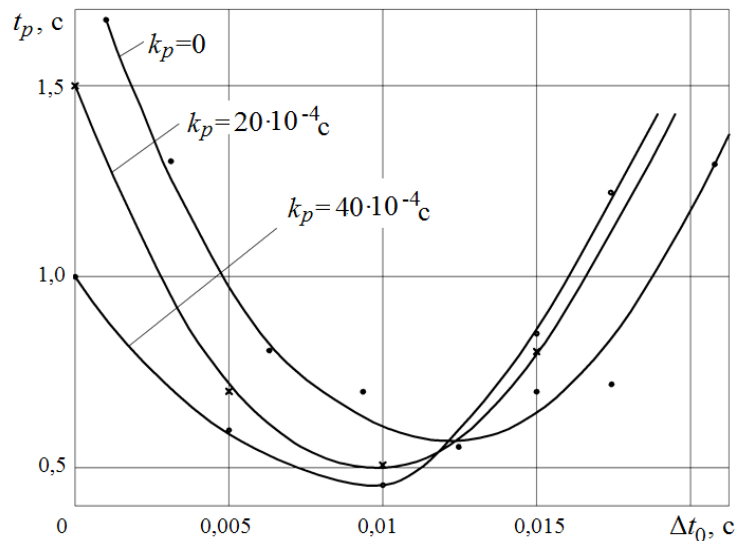
Структура системи нечіткого логічного висновку, яка реалізована в блоці 11 коригувальної складової сигналу керування. Система має два входи (величини i_p та i_h), один вихід (k_p), два блоки фузифікації 7, 8, блок бази правил 9 та блок дефузифікації 10. Діапазони зміни параметрів привода стріли маніпулятора становили $h=(0,1-4) \cdot 10^{-3}$ м, $p_c=(1-250) \cdot 10^5$ Н/м², $\Delta k_p=(0-220) \cdot 10^{-4}$ с. Система нечіткого логічного висновку реалізована в пакеті Fuzzy Logic Toolbox. Функції приналежності вибрані по типу подвійної кривої Гауса (gaus2mf). При настройці алгоритму Mamdani використані наступні параметри And method – prod, Or method – max, Implication – min, Agregation – sum, Defuzzification – centroid. База правил, що використана в системі нечіткого логічного висновку представлена нижче:

1. If (x is a1) and (y is b1) then (output1 is z7) (1)
2. If (x is a1) and (y is b2) then (output1 is z7) (1)
3. If (x is a1) and (y is b3) then (output1 is z7) (1)
4. If (x is a1) and (y is b4) then (output1 is z6) (1)
5. If (x is a1) and (y is b5) then (output1 is z5) (1)
6. If (x is a1) and (y is b6) then (output1 is z4) (1)
7. If (x is a1) and (y is b7) then (output1 is z3) (1)
8. If (x is a2) and (y is b1) then (output1 is z7) (1)
9. If (x is a2) and (y is b2) then (output1 is z6) (1)
10. If (x is a2) and (y is b3) then (output1 is z6) (1)
11. If (x is a2) and (y is b4) then (output1 is z5) (1)
12. If (x is a2) and (y is b5) then (output1 is z4) (1)
13. If (x is a2) and (y is b6) then (output1 is z4) (1)
14. If (x is a2) and (y is b7) then (output1 is z2) (1)
15. If (x is a3) and (y is b1) then (output1 is z6) (1)
16. If (x is a3) and (y is b2) then (output1 is z6) (1)
17. If (x is a3) and (y is b3) then (output1 is z5) (1)
18. If (x is a3) and (y is b4) then (output1 is z5) (1)

В базі правил позначено: $x = i_{p1}$, $y = i_{h1}$, $z = k_p$.

Проведено дослідження впливу затримки основної складової Δt_0 сигналу адаптивного регулятора на час регулювання t_p та величину перерегулювання σ в приводі стріли маніпулятора. Величина часу затримки основної складової змінювалась від 0 до 0,02 с.

На рис. 2 представлено вплив величини затримки Δt_0 на час регулювання при різних значеннях коефіцієнта k_p . При використанні менших та більших значень величини затримки сигналу Δt_0 з розглянутого діапазону час регулювання t_p зростає, а при величині затримки $\Delta t_0=0,01$ с час регулювання мінімізується. Застосування одночасно величини затримки основної складової сигналу



Δt_0 та корегувальної складової з коефіцієнтом k_p дозволяє зменшити час регулювання до величини порядку 0,5 с.

Рис.2. Вплив величини затримки Δt_0 основної складової сигналу адаптивного регулятора на час регулювання t_p

При цьому також відмічаються позитивний вплив використання затримки основної складової сигналу Δt_0 та наявності корегувальної складової з коефіцієнтом k_p на величину перерегулювання σ (рис.3).

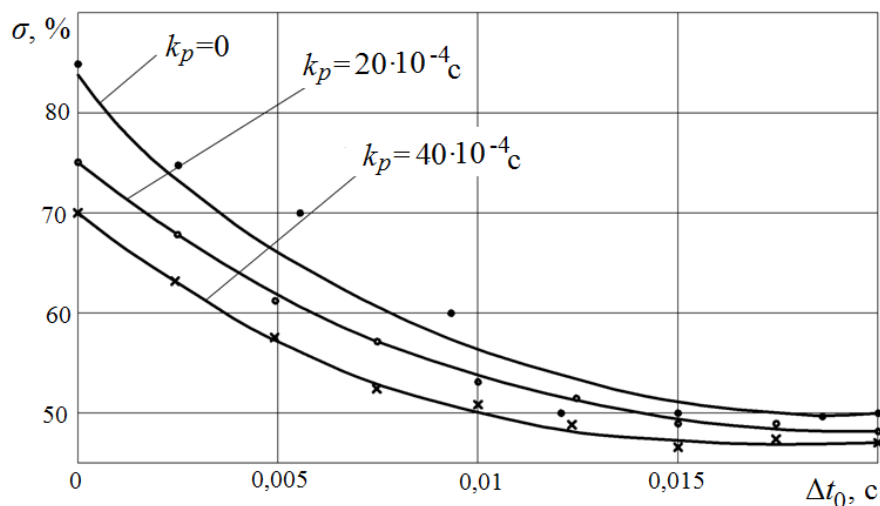


Рис.3. Вплив величини затримки Δt_0 основної складової сигналу адаптивного регулятора на час перерегулювання σ

ВИСНОВКИ

1. Розроблена мехатронна гідросистема маніпулятора забезпечує пропорційне керування та стабілізацію швидкості руху робочого органу при можливості суміщення двох робочих рухів та забезпечення індивідуального привода працюючих гідроциліндрів від регульованих насосів.
2. Застосування адаптивного регулятора, який включає корегування сигналу зворотного зв'язку з регульованою затримкою та його налаштування на основі результатів досліджень дозволило

зменшити перерегулювання до 20 %, коливальність в гідросистемі до значень $k=3\dots 4$ та зменшити час регулювання t_p на 30...60 % в залежності від режимів роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Scherer M. Contribution on Control Strategies of Flow-On-Demand Hydraulic Circuits / M. Scherer, M. Geimer, B. Weis // The 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power: June 3-5, 2013 – Sweden – P. 531 - 540.
2. Stamm von Baumgarten T. A novel system layout for extended functionality of mobile machines / T. Stamm von Baumgarten, B. Grösbink, T. Lang, H-H. Harms // Fluid Power and Motion Control. 2008 – United Kingdom – P. 13 – 25.
3. Du C. Variable Supply Pressure Electrohydraulic System for Efficient Multi-axis Motion Control : A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy University of Bath Department of Mechanical Engineering / Can Du // University of Bath: November 2014 – 221p.
4. Finzel R. New Electro-Hydraulic Control Systems for Mobile Machinery / R. Finzel, S. Helduser // Fluid Power and Motion Control. 2008 – United Kingdom – P. 311 – 321.
5. Kozlov L. Energy-saving mechatronic drive of the manipulator // Buletinul institutului politehnic Din Iasi.- Tomul LVII (LXI), Fasc. 3, 2011, - P. 231 – 239.

Козлов Леонід Геннадійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету, e-mail: osna2030@gmail.com

Буренніков Юрій Анатолієвич, канд. техн. наук, професор, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету, e-mail: yu.burennikov@gmail.com

Гарболінський Олександр Володимірович, студент групи 1 ПМ-196 факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету, e-mail: garbolinskiy@gmail.com

Лукіянов Олександр Миколайович, студент групи 1 ПМ-196 факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету, e-mail: lukiyanov@gmail.com

ADAPTIVE REGULATOR FOR MECHANOTRONIC HYDRAULIC SYSTEM OF THE MANIPULATOR

Abstract

The structure of the adaptive regulator for the mechanotron hydraulic system of the manipulator is considered in the work. The regulator generates a feedback signal in the mechanotronic hydraulic system, which has the main and corrective components. A fuzzy inference system is used to form the corrective component. It is possible to reduce the time of regulation and over-regulation of pressure in the mechanotronic hydraulic system due to the use of an adaptive regulator.

Key words: mechatronic hydraulic system, adaptive regulator, fuzzy logical conclusion, regulation time, pressure overregulation.

Kozlov Leonid, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Technological Automation of Machine Engineering in Vinnitsa National Technical University, e-mail: osna2030@gmail.com

Burennikov Yuri, Ph.D. tech. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnitsia National Technical University, e-mail yu.burennikov@gmail.com

Garbolinsky Oleksandr, student of group 1 PM-19b of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Vinnitsia National Technical University, e-mail: garbolinskiy@gmail.com

Lukyanov Oleksandr, student of group 1 PM-19b of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Vinnytsia National Technical University, e-mail: lukyanov@gmail.com