

АДАПТИВНИЙ РЕГУЛЯТОР З ДИНАМІЧНОЮ FUZZY-КОРЕКЦІЄЮ НАСТРОЙКИ ДЛЯ МЕХАТРОННОГО ПРИВОДА МАНІПУЛЯТОРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Визначено, що тенденцією розвитку мобільних гідроприводів маніпуляторів є перехід на регульовані насоси, пропорційну апаратуру та контролери. Представлено мехатронний привод з адаптивним регулятором, розроблена в Вінницькому національному технічному університеті. Мехатронний привод з розробленим адаптивним регулятором забезпечує можливість пропорційного керування та стабілізацію швидкості руху маніпулятора. На основі розробленої математичної моделі визначена залежність коефіцієнта передачі корегуючої складової адаптивного регулятора від режимів роботи мехатронного привода. Залежність має нечіткий характер і для її реалізації в адаптивному регуляторі застосовано процедуру нечіткого висновку по типу Mamdani з функціями приналежності по типу подвійної гаусової кривої. Застосування адаптивного регулятора з нечіткою залежністю коефіцієнта передачі корегуючої складової адаптивного регулятора дозволяє зменшити коливальність, час регулювання та перерегулювання в мехатронному приводі.

Ключеві слова: мехатронний привод, адаптивний регулятор, пропорційне керування, динамічна корекція параметрів, нечіткі залежності, динамічні характеристики.

Вступ

Маніпулятори, що встановлюються на транспортних засобах знаходять широке застосування на транспорті, в будівництві, комунальному господарстві, промисловості та сільськогосподарському виробництві. Останнім часом провідні виробники таких машин оснащують їх приводами на базі регульованих насосів та пропорційної гідроапаратури. В системах керування таких машин все частіше застосовуються контролери. Це дозволяє підвищити точність роботи машини, їх продуктивність та економічність [1,2, 3, 4].

Результати дослідження

Гідроприводи маніпуляторів, що встановлюються на тракторних засобах працюють в декількох режимах: холостого ходу, регулювання, захисту від перенавантаження. Необхідно також забезпечити можливість регулювання та стабілізацію швидкісних режимів руху маніпуляторів в широких діапазонах. Маніпулятори працюють із змінними по величині та напрямку навантаженнями. Всі ці обставини потребують застосування адаптивних регуляторів, що здатні забезпечувати високоефективну роботу при зміні режимів роботи, швидкості руху маніпуляторів та навантажень в широких діапазонах.

Мехатронний привод маніпулятора включає регульований насос, пропорційний розподільник, гідроциліндр, гальмівний клапан, адаптивний регулятор, систему датчиків тиску та переміщення, а також розподільник з електромагнітним керуванням. Контролер приймає сигнали від датчиків переміщення і тиску та формує на їх основі сигнал, яким керуються регульований насос. Контролер виконує роль адаптивного регулятора, що забезпечує роботу гідропривода маніпулятора з мінімальним перерегулюванням, високою швидкістю та високим гідравлічним ККД.

Структурна схема адаптивного регулятора представлена на рис. 1. Адаптивний регулятор отримує від датчика переміщення золотника пропорційного розподільника сигнал i_{h1} та сигнал i_{p1} від датчика тиску на вході в гідроциліндр. Блоки фузикації 7, 8, блок бази правил 9 та блок дефузикації 10 формують величину коефіцієнту передачі коригуючої складової сигналу керування k_p . Величина цього коефіцієнта k_p множиться на похідну від сигналу k_{p1} (блок 3) і додається з від'ємним знаком до сигналу, що формується нейромережею 1 з передавальною функцією $F_1(i_{h1})$. Сигнал U_{m1} , що є сумою сигналів, які формується на виході блоків 4 та 6 поступає до регульованого насоса і забезпечує відповідність його подачі споживанню гідроциліндром маніпулятора.

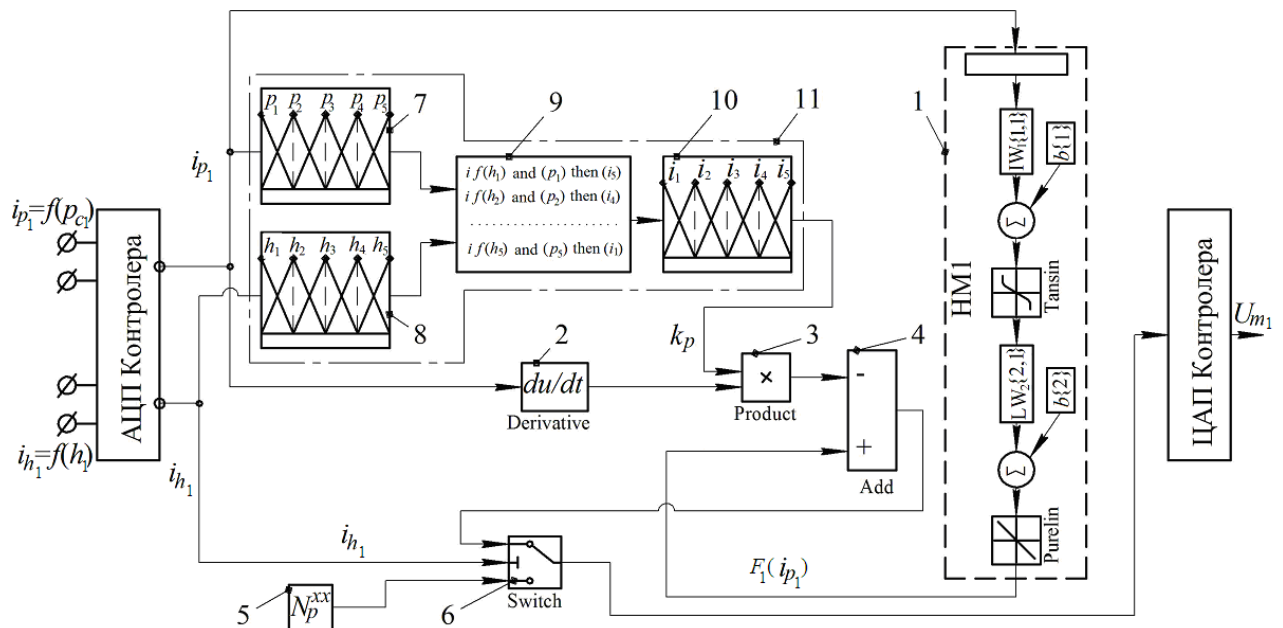


Рис.1. Структурна схема адаптивного регулятора з використанням нечіткої корекції параметрів настройки

Передавальна функція нейромережі $F_1(i_{h1})$ формує статичну характеристику гідропривода і визначається на основі експериментальних даних та вимог до точності підтримання швидкості руху маніпулятора при зміні величини навантаження на ньому. Функція $F_2(i_{h1})$, яка формує нечітку залежність коефіцієнта k_p від сигналів i_{h1} та i_{p1} визначена з використанням алгоритму Mamdani і враховує зміну демпфуючих властивостей привода при зміні температури робочої рідини, зміну режимів роботи гідропривода та навантажень на маніпуляторі. Необхідна нечітка залежність коефіцієнта $k_p = F_2(i_{p1}, i_{h1})$ знайдена на основі експериментальних досліджень гідроприводу маніпулятора та імітаційних досліджень по його математичній моделі [5, 6].

Висновки

Знайдено залежність коефіцієнта передачі k_p корегуючої складової сигналу адаптивного регулятора від величин тиску на вході в гідродвигун та відкриття робочого вікна гідророзподільника. Сукупність граничних значень діапазонів коефіцієнта передачі k_p при зміні величини тиску та відкриття робочого вікна гідророзподільника, при яких мінімізується час регулювання, дозволяє створити нечітко-визначену залежність коефіцієнта передачі k_p від вказаних параметрів. Залежність апроксимована системою нечіткого виводу по типу Mamdani з Гаусовими функціями приналежності. Застосування нечіткої залежності величини коефіцієнта передачі корегуючої складової сигналу адаптивного регулятора дозволяє знизити коливальність привода, час регулювання та перегулювання в мехатронному приводі маніпулятора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Christensen G.K. Present State and Future Development in Mechatronics and its Effect on Fluid Power Systems / G.K. Christensen, J. Zhou, F. Conrad, T. Sorensen // Developments in Fluid Power Control of Machinery and Manipulators: Proceedings of the First International Scientific Forum. – Cracow, 2000 (Fluid Power Net publication). – P. 1 – 23.
2. Harms, Hans-Heinrich. Mechatronic Systems in Mobile Hydraulic Machines / Hans-Heinrich Harms. Technical University of Braunschweig, Germany [Electronic resource]. – Mode of access: URL: <http://www.tu-bs.de/institute/ilf>
3. Козлов Л. Мехатронна гідросистема мобільної машини / Леонід Козлов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №6, С 22-30.
4. Kozlov L. Digital PD controller for dynamic correction of the differential component coefficient for a mechatronic hydraulic system / L. Kozlov // Tehnomus journal: Proceedings of the XVIIth International Conference “New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies”. – Suceava, Romania, May 17 – 18, 2013. – P. 120-125.
5. Струтинський В.Б., Козлов Л.Г. Адаптивний регулятор на основі нейромереж для мехатронної гідросистеми мобільної машини // Збірник праць Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю „Нейросітьові технології і їх застосування”. – Краматорськ : ДГМА, 2013. – С. 83-95.
6. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпулятора з адаптивним регулятором на основі нейромереж для мобільних робочих машин / дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец 05.02.02 // Вінницький національний техн. університет, Вінниця, 2015.

Козлов Леонід Геннадійович – д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Osna2030@gmail.com

Буренніков Юрій Анатолійович – канд. техн. наук, професор, професор кафедри технологій і автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету, e-mail: yuburennikov@gmail.com

Каишканов Андрій Альбертович д-р. техн. наук, професор, директор ІДА, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Козлов Сергій Леонідович, аспірант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: soterix@gmail.com

Abstract. *It has been determined that the trend in the development of mobile hydraulic drives of manipulators is the transition to regulation of pumps, proportional equipment and controllers. A mechatronic drive with an adaptive controller was presented, developed at the Vinnytsia National Technical University. A mechatronic drive with a separate adaptive regulator ensures the possibility of proportional balancing and stabilization of the fluidity of the manipulator arm. On the basis of a disaggregated mathematical model, the degree of transmission coefficient of the core warehouse adaptive controller in the modes of operation of the mechatronic drive is determined. The dependence is of a fuzzy nature and for its implementation in the adaptive controller, a fuzzy alignment procedure of the Mamdani type with attachment functions of the type of a curved Gaussian curve is established. The stagnation of the adaptive regulator with the unclear distribution of the transmission coefficient of the core warehouse of the adaptive regulator allows for changes in the quantity, regulation time and over-regulation in the mechatronic drive. Key words: mechatronic drive, adaptive controller, proportional control, dynamic correction of parameters, unclear position, dynamic characteristics.*

Kozlov Leonid G. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osna2030@gmail.com

Burennikov Yuriy Anatolyevich – Ph.D. tech. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, E-mail: yuburennikov@gmail.com

Kashkanov Andriy Albertovich Dr. tech. Sciences, professor, director of the IDA, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Kozlov Sergey Leonidovich, graduate student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: soterix@gmail.com