УДК 621.22

Товкач А.О.
Козлов Л.Г.
Ковальчук В.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ГІДРОПРИВОДА НА ОСНОВІ РЕГУЛЬОВАНОГО НАСОСА З ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності логістичних і промислових процесів шляхом впровадження автоматизованих гідроприводів. Обґрунтовано доцільність застосування регульованих гідравлічних приводів із пропорційною апаратурою, що забезпечують зниження енергоспоживання, підвищення точності керування та збільшення ресурсу обладнання. Особливу увагу приділено дослідженню стійкості гідравлічних систем як визначального фактора їх надійного функціонування за змінних навантажень. У результаті проведених досліджень встановлено параметри, що забезпечують стійку роботу гідропривода, та сформульовано практичні рекомендації щодо їх вибору.

Ключові слова: гідросистема, регульований насос, стійкість, дослідження, пропорційне керування, електромагніт.

Abstract

This paper examines ways to improve the efficiency of logistics and industrial processes through the implementation of automated hydraulic drives. It justifies the use of adjustable hydraulic drives with proportional control systems, which reduce energy consumption, improve control accuracy, and extend equipment service life. Particular attention is paid to the study of the stability of hydraulic systems as a determining factor in their reliable operation under variable loads. As a result of the research, parameters ensuring the stable operation of the hydraulic drive have been established, and practical recommendations for their selection have been formulated.

Keywords: hydraulic system, variable-displacement pump, stability, research, proportional control, solenoid.

Вступ

У сучасних умовах розвитку логістичних і промислових систем ключового значення набуває автоматизація та оптимізація процесів транспортування і розвантаження вантажів. Вагоме місце серед технічних засобів, що забезпечують ефективність цих операцій, посідають автомобілерозвантажувачі. Їх застосування дозволяє істотно скоротити тривалість технологічних операцій, зменшити фізичне навантаження на персонал, підвищити продуктивність праці та забезпечити точність процесу розвантаження [1].

Разом з тим, традиційні гідроприводи такого обладнання, що базуються на використанні нерегульованих насосів, мають низку суттєвих недоліків. До них належать підвищене енергоспоживання, зумовлене роботою насоса з максимальною продуктивністю незалежно від режиму навантаження, а також обмежені можливості керування через відсутність плавного регулювання швидкості виконавчих механізмів. Це, у свою чергу, ускладнює реалізацію точного та стабільного процесу розвантаження. Використання регульованих гідравлічних приводів із пропорційною апаратурою відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності, точності керування та довговічності обладнання [2].

Важливою складовою створення сучасних гідроприводів є дослідження їх стійкості. Стійкість гідравлічної системи визначає її здатність зберігати працездатність і задані характеристики в умовах змінних навантажень та динамічних впливів. Надійне функціонування гідропривода передбачає відсутність самозбуджень, небажаних коливань і втрати керованості в робочих режимах [3–5]. Використання сучасних методів математичного моделювання та аналізу дозволяє виявляти критичні

режими роботи ще на етапі проектування, що сприяє зниженню експлуатаційних ризиків і підвищенню загальної ефективності системи [6, 7].

Метою даного дослідження є визначення умов забезпечення стійкої роботи гідропривода та оцінка його робочих характеристик з урахуванням впливу параметрів керування і навантаження для забезпечення надійного та стабільного функціонування системи.

Результати дослідження

Дослідження стійкості гідропривода виконано шляхом моделювання його математичної моделі [7] у спеціалізованому програмному середовищі MATLAB Simulink. В ході проведеного дослідження змінювались параметри, такі як, площа f_0 дроселя, площа f_x дроселя, площа f_e дроселя, коефіцієнт підсилення K_x робочого вікна сервоклапана, коефіцієнт підсилення K_z робочого вікна золотника, коефіцієнт в'зкого тертя b_x сервоклапана, коефіцієнт в'зкого тертя b_z золотника, величина навантаження F_v, що діє на гідроциліндр у відповідних діапазонах.

В результаті досліджень отримано залежності величини подачі Q_n насоса від тиску P_c, які показані на рис. 1-4.

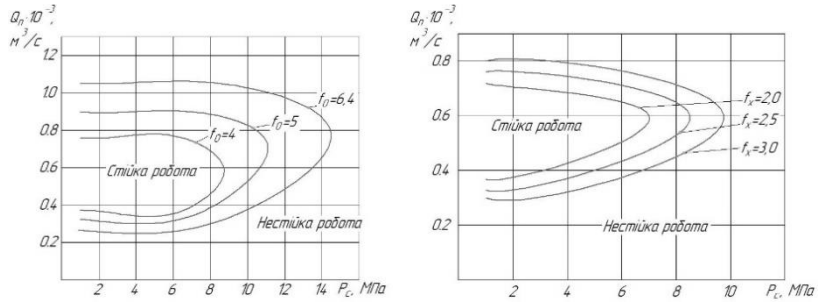


Рис. 1 та 2. Графіки залежностей при зміні площі f_0 дроселя та площі f_x дроселя відповідно

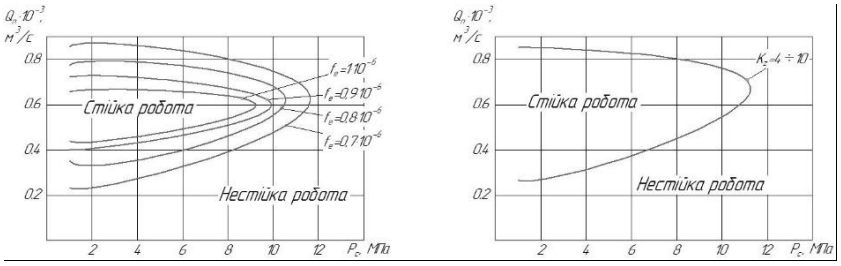


Рис. 2 та 3. Графіки залежностей при зміні площі f_e дроселя та зміні коефіцієнт K_z відповідно

Величина впливу кожного із досліджуваних параметрів на стійкість гідропривода наведена нижче у таблиці 1.

Таблиця 1 - Вплив параметрів гідропривода на стійкість

Параметр	Не впливає	Впливає не суттєво	Впливає суттєво
f_0			+
f_x		+	
f_e			+
K_x	+		
K_z		+	
b_x	+		
b_z		+	

Висновки

За результатами проведеного дослідження встановлено параметри, що забезпечують стійке функціонування гідропривода. На основі отриманих результатів сформульовано такі рекомендації:

- площа f_0 дроселя та площа f_e дроселя мають значний вплив на стійкість гідропривода;

- площа f_x дроселя, коефіцієнт підсилення K_z робочого вікна золотника та коефіцієнт в'язкого тертя b_z золотника не мають суттєвого впливу на стійкість гідропривода;

- коефіцієнт підсилення K_x робочого вікна сервоклапана та коефіцієнт в'язкого тертя b_x сервоклапана на стійкість гідропривода не впливають;

- у процесі проектування гідропривода для забезпечення стійкості слід обрати значення параметрів f_0 та f_e у діапазонах $f_0 = 4\ldots4,5\cdot10^{-6}$ м^2 та $f_e = 0,7\ldots0,8\cdot10^{-6}$ м^2.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mondal, N. A single stage spool valve for the pressure compensator of a variable displacement pump: design, dynamic simulation and comparative study with a real pump / Mondal, N.; Saha, R.; Sanyal, D. // Sādhanā, 47(4), p. 279, (2022), doi:10.1007/s12046-022-02038-3.
2. Козлов Л. Г. Експериментальні дослідження перехідних процесів в адаптивній гідросистемі / Козлов Л. Г., Бурєнніков Ю. А., Ковальчук В. А., Товкач А. О. // LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту, 2025.
3. Бурєнніков Ю. А. Огляд електрогідравлічних систем керування насосами змінної продуктивності / Ю. А. Бурєнніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2016. - № 2. - С. 202-206. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2016_2_37.
4. Volodymyr V. Bogachuk. Influence of electrohydraulic controller parameters on the dynamic characteristics of a hydrosystem with adjustable pump / Volodymyr V. Bogachuk; Leonid H. Kozlov; Artem O. Tovkach; Valerii M. Badakh; Taras V. Tarasenko; Yevhenii O. Kobylianskyi; Zbigniew Omiotek; Gauhar Borankulova // Collective Monograph: "Mechatronic Systems 1: Applications in Transport, Logistics, Diagnostics, and Control, pp. 267–278", 1st Edition // Leonid K. Polischuk, Waldamar Wojcik. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2021 – 420 P.
5. Burennikov Y., Kozlov L., Pyliavets V., Piontkevych O., Mechatronic Hydraulic Drive with Regulator, Based on Artificial Neural Network, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 209 (2017), n.1, 012071.
6. Kozlov, L. Parametric Synthesis of Electrohydraulic Control System for Variable Displacement Pump / Kozlov, L.; Bilichenko, V.; Kashkanov, A.; Tovkach, A.; Kovalchuk, V. // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2023, pp. 48–57.
7. Товкач А.О. Стійкість мехатронного привода на основі мультирежимного регулятора / Товкач А.О., Козлов С.Л. // Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «Молода наука – роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування», 2025.

Товкач Артем Олегович – інженер кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: TovkachAO@gmail.com

Козлов Леонід Геннадійович – д. т. н., професор, завідувач кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com

Ковальчук Вадим Анатолійович – інженер кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vadkovalchuk@gmail.com

Tovkach Artem O. – Engineer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: TovkachAO@gmail.com

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

Kovalchuk Vadym A. – Engineer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vadkovalchuk@gmail.com