

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН ІЗ СИСТЕМАМОЮ СИСТЕМИ НЕЗАЛЕЖНОГО ДОЗУВАННЯ

Анотація

Досліджено особливості застосування систем незалежного дозування (IMS) для підвищення енергоефективності гідроприводів мобільних машин. Представлено результати порівняльного аналізу традиційної системи гідроприводу та системи з незалежним дозуванням

Ключові слова: система незалежного дозування, енергоефективність, гідравлічний привод, мобільні машини, пасивне навантаження.

Abstract

The features of using independent metering systems (IMS) to improve the energy efficiency of hydraulic drives for mobile machines have been studied. The results of a comparative analysis of traditional hydraulic system and independent metering system are presented.

Keywords: independent metering system, energy efficiency, hydraulic drive, mobile machines, passive load.

Вступ

Розвиток сучасних мобільних машин вимагає постійного підвищення їхньої енергоефективності. Гідропривод традиційно застосовується в будівельній, сільськогосподарській та дорожній техніці через його високу питому потужність та надійність [1, 2]. Однак, класичні гідроприводи характеризуються значними енергетичними втратами, особливо при роботі з пасивними навантаженнями [3]. Сучасні тенденції спрямовані на розробку систем, які здатні забезпечити раціональне використання енергії у різних режимах роботи.

У традиційних системах гідроприводу керування вхідним та вихідним потоками робочої рідини механічно пов'язані через єдиний золотник розподільника, що призводить до обмеженої гнучкості керування та додаткових енергетичних втрат, особливо при роботі з пасивним навантаженням [4, 5].

Метою роботи є огляд енергоефективності гідроприводів мобільних машин із застосуванням системи незалежного дозування (IMS) та порівняльний аналіз її переваг відносно традиційних систем.

Результати дослідження

Система незалежного дозування (Independent Metering System, IMS) представляє собою інноваційний підхід до керування гідроприводами, що забезпечує окреме керування потоками робочої рідини на вході та виході гідроциліндра (рис. 1) [6 -8]. Це досягається шляхом заміни традиційного моноблочного розподільника на чотири незалежно керованих клапани (по два на кожну порожнину гідроциліндра).

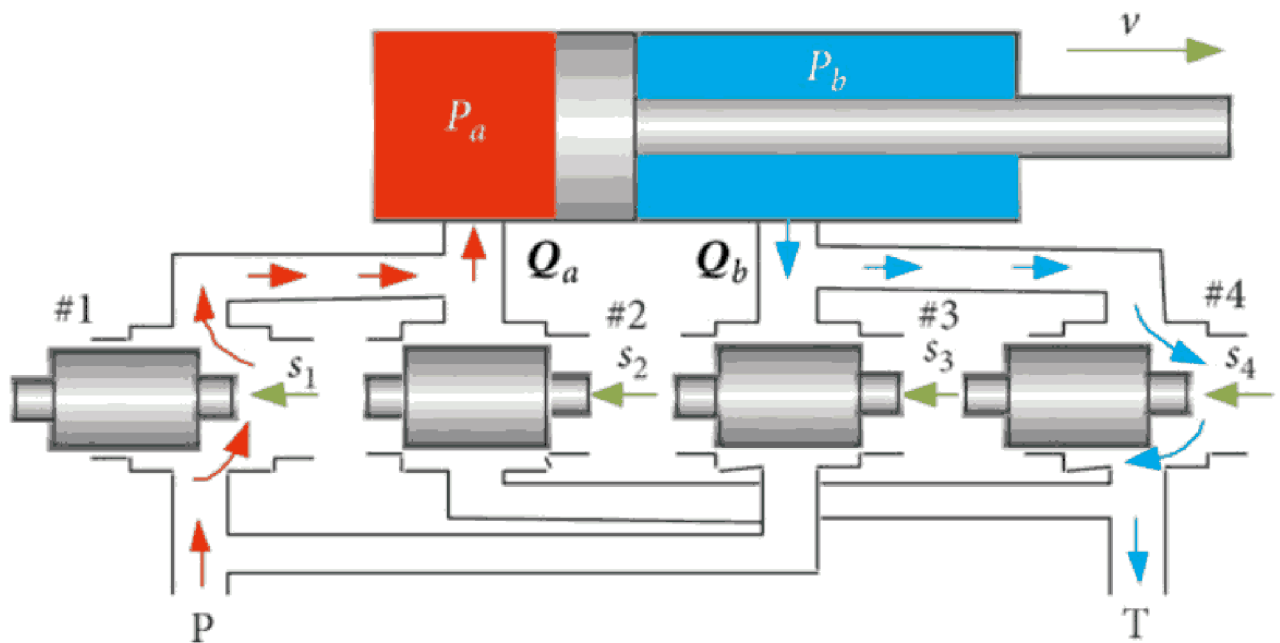


Рис. 1. Схема системи незалежного дозування (IMS)

Така система є більш складнішою за традиційні проте має суттєві відмінності в роботі, особливо при роботі з пасивним навантаженням. У традиційній системі при опусканні вантажу створюється високий тиск у напірній лінії насоса, що збільшує величину перепаду тиску на переливному клапані і призводить до надлишкових енергетичних витрат. Натомість, у системі з IMS можна реалізувати режим рекуперації енергії, коли рух робочого органу забезпечується енергією самого пасивного навантаження [9 -11].

Дослідження показали, що система IMS дозволяє реалізувати кілька режимів роботи залежно від характеру навантаження:

1. Режим регенерації - забезпечує перепуск робочої рідини з однієї порожнини гідроциліндра в іншу без участі насоса, що суттєво знижує енергоспоживання.
2. Режим низького тиску - використовується при опусканні вантажу, коли насос працює з мінімальним тиском.
3. Режим високої потужності - застосовується при необхідності створення максимального зусилля.
4. Режим рекуперації - дозволяє накопичувати енергію пасивного навантаження у гідроаккумуляторі для подальшого використання.

Важливою особливістю системи IMS є можливість реалізації електронного LS-керування (Load Sensing), коли тиск насоса автоматично адаптується до навантаження. Експериментальні дослідження показали, що при використанні такого підходу середнє енергоспоживання знижується додатково на 12,4% порівняно з системою IMS без електронного LS-керування [12 -13].

Доповнення системи IMS алгоритмами машинного навчання дозволяє реалізувати адаптивне керування, коли система автоматично визначає характер навантаження та обирає оптимальний режим роботи. Результати випробувань показали, що така інтелектуальна система здатна зменшити енергоспоживання ще на 8-10% порівняно з базовою системою IMS за рахунок оптимального вибору режиму роботи.

Висновки

В ході досліджень проведено аналіз енергоефективності традиційних гідроприводів та систем з незалежним дозуванням при роботі з пасивним навантаженням.

Встановлено, що застосування системи незалежного дозування (IMS) забезпечує зниження енергоспоживання при збереженні або покращенні динамічних характеристик гідроприводу.

Визначено, що найбільший ефект від впровадження IMS досягається при роботі з пасивним навантаженням, що робить дану технологію особливо перспективною для мобільних машин з обмеженими енергетичними ресурсами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлов Л. Г. Особливості конструкцій гідророзподільників для гідросистем чутливих до навантаження [Текст] / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський, В. А. Ковальчук, Ю. В. Дзісь // Промислова гідравліка і пневматика. – 2009. – № 1. – С. 80-84.
2. Eriksson B. Mobile Fluid Power Systems Design with a Focus on Energy Efficiency / B. Eriksson // Linköping Studies in Science and Technology. – 2010. – No. 1339. – P. 1-72.
3. Finzel R. Energy-Efficient Electro-Hydraulic Control Systems for Mobile Machinery / R. Finzel, S. Helduser // Proceedings of the 6th International Fluid Power Conference. – Dresden, 2008. – P. 89-102.
4. Abuowda K. A review of electrohydraulic independent metering technology / K. Abuowda, I. Okhotnikov, S. Noroozi, P. Godfrey, M. Dupac // ISA Transactions. – 2020. – No. 98. – P. 364-381. doi: 10.1016/j.isatra.2019.08.057
5. Vukovic M. Reducing Fuel Consumption in Hydraulic Excavators—A Comprehensive Analysis / M. Vukovic, R. Leifeld, H. Murrenhoff // Energies. – 2017. – No. 10. – P. 687. doi: 10.3390/en10050687
6. Shenouda A. Energy Saving Hydraulic System Using Programmable Valves / A. Shenouda // SAE Technical Paper. – 2006. – No. 2006-01-3474. doi: 10.4271/2006-01-3474
7. Лозінський Д. О. Багатопотоковий електрогідравлічний привод з системою керування на основі елементів штучного інтелекту / Д. О. Лозінський, О.І. Кавецький // Матеріали конференції «ЛІ науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)», Вінниця, 2022.
8. Huova M. Energy efficient digital hydraulic valve control utilizing pressurized tank line / M. Huova, A. Laamanen, M. Linjama // International Journal of Fluid Power. – 2010. – No. 11(3). – P. 15-22.
9. Zhang B. Design of Control System for Independent Metering Valve / B. Zhang, Q. Zhong, M. Niu, H. Hong, H. Yang // International Fluid Power Conference, Aachen, Germany, 2018. – P. 158-167.
10. Lu L. Experimental validation of energy-efficient control strategy for hydraulic manipulator using independent metering valves / L. Lu, B. Yao // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. – 2014. – No. 136(4). – 041002.
11. Opdenbosch P. Machine Learning Applications in Hydraulic Drive Systems / P. Opdenbosch, N. Sadegh, J. Book // International Journal of Fluid Power. – 2013. – No. 14(2). – P. 7-19.
12. Sitte A. Review of Energy Saving Technologies for Mobile Hydraulic Systems / A. Sitte, J. Weber // Energies. – 2021. – No. 14. – P. 2375. doi: 10.3390/en14092375
13. Mahulkar V. On-board energy and situation awareness based diagnostics for hydraulic systems / V. Mahulkar, D. Adams, M. Gutierrez // Quality and Reliability Engineering International. – 2016. – No. 32(2). – P. 577-587.

Кавецький Олександр Ігорович – аспірант третього року навчання факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: kavetskiyi98@gmail.com.

Сиротін Олексій Андрійович – аспірант другого року навчання факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: 00-23-066.stud@vntu.vn.ua.

Лозінський Дмитро Олександрович — к-т техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lozinskiy_dmitriy@vntu.edu.ua

Kavetskyi Oleksandr I. – third -year PhD student at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kavetskiyi98@gmail.com

Syrotin Oleksiy A. – second -year PhD student at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: 00-23-066.stud@vntu.vn.ua.

Lozinskyi Dmytro O. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Machine-building technologies and Automation Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: lozinskiy_dmitriy@vntu.edu.ua