УДК 621.22

Ю.А. БУРЄННІКОВ, Л.Г. КОЗЛОВ, С.В. РЕПІНСЬКИЙ
Вінницький національний технічний університет

ОГЛЯД ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НАСОСАМИ ЗМІННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Проведено огляд функціональних можливостей та класифікацію сучасних пропорційних електрогідравлічних систем керування регульованих аксіально-поршневих насосів. Зазначається, що регульовані насоси з пропорційним електрогідравлічним керуванням знаходяться на стадії інтенсивного розвитку та мають в умовах вітчизняної промисловості широкі перспективи впровадження і використання.

Ключові слова: пропорційне електрогідравлічне керування, регульований аксіально-поршневий насос, регулятор насоса.

YU.A. BURENNIKOV, L.G. KOZLOV, S.V. REPINSKYI
Vinnytsia National Technical University

REVIEW OF ELECTROHYDRAULIC CONTROL SYSTEMS OF VARIABLE PUMPS

The aim of the work is to review functional capabilities and to classify modern electro hydraulic proportional control systems of variable axial-piston pumps, offered by leading manufacturers. The paper considers basic circuits of proportional electro hydraulic control systems of variable pumps. In particular, operating principle of the variable pump with proportionally-controlled pressure compensation regulator, proportional flow and pressure regulators, electro hydraulic p/Q controller with digital electronic control is described. Static characteristics of the considered variable pump with said regulators are analyzed. Classification of the proportional electro hydraulic control systems of variable axial-piston pumps is proposed. It is noted that variable pumps with proportional electro hydraulic control are at the stage of intensive development and have broad prospects for implementation and use in domestic industry.

Keywords: *electro hydraulic proportional control,* variable *axial-piston pump*, pump regulator.

Вступ

Гідравлічний привод – один з найважливіших компонентів будь-якої мобільної техніки та технологічного обладнання. Гідроприводи використовуються практично у всіх галузях промисловості. Сьогодні провідні світові виробники інтенсивно поєднують гідроприводи з електронними системами керування, застосовують «інтелектуальні» гідрокомпоненти з вбудованою електронікою і спеціальні комутаційні засоби (польові шини) з відкритою структурою, що дозволяє успішно поєднувати виняткові силові та динамічні властивості гідравліки з можливостями мікроелектроніки та комплексних систем керування, що швидко розвиваються. Важливе місце при цьому займають пропорційні електрогідравлічні системи керування регульованих насосів, які надають гідрофікованій техніці якісно нові характеристики [1–4].

Метою роботи є огляд функціональних можливостей та класифікація сучасних пропорційних електрогідравлічних систем керування регульованих аксіально-поршневих насосів (АПН), що знаходяться на стадії інтенсивного розвитку.

Основна частина

В Україні ринок регульованих АПН та їх механізмів керування представлений заводами колишнього СССР (зокрема Росії, України та Білорусії) і постачальниками продукції з Західної Європи, в тому числі передових фірм, які виготовляють найбільш досконалі зразки. Високий технічний рівень регульованих АПН та їх широкий асортимент відмічений у фірм Atos (Італія), Rexroth, Linde Hydraulics, Sauer-Danfoss (Німеччина), Parker Hydraulics, Vickers, Denison (США) і ін. Асортимент сучасних регульованих АПН містить виконання з робочими об'ємами q_0 = 4…1000 см^3, тисками p = 8…42 МПа і частотою обертання n до 5000 хв$^{-1}$. Системи керування регульованих АПН достатньо різноманітні та відрізняються залежно від виробника, типорозміру, а також серії чи моделі насоса [1–9]. Однак можна відмітити основні схеми пропорційних електрогідравлічних систем керування регульованих АПН, що пропонуються виробниками.

На рис. 1 показано схему компенсатора тиску з пропорційним керуванням. Керування за допомогою компенсатора тиску використовується з метою обмеження максимального тиску в гідравлічному контурі шляхом зміни продуктивності насоса на виході. Насос забезпечує максимальну подачу до того моменту, поки тиск в системі не досягне значення, заданого пропорційним клапаном тиску. Після досягнення цього тиску, регулятор знижує подачу насоса таким чином, щоб робочий тиск залишався на рівні, заданому для пропорційного клапана електричним сигналом керування. Існують модифікації регулятора з додатковим обмеженням мінімального і максимального робочого об'єму за допомогою механічних обмежувачів.

Пропорційний регулятор подачі (робочого об'єму) (рис. 2) дозволяє регулювати подачу насоса за допомогою електричного вхідного сигналу. Задане значення електричного вхідного сигналу (0–10 В, 0–20 мА або 4–20 мА) визначається системою керування машини і може встановлюватися потенціометричним регулятором, пультом керування, джойстиком, педаллю, пакетним перемикачем тощо.

Фактичний робочий об'єм насоса вимірюється датчиком, який подає сигнал на електронний блок керування. Електронний блок безперервно порівнює вхідне задане значення і фактичний робочий об'єм, включаючи пропорційний електромагніт регулятора. Відхилення від заданого робочого об'єму призводить

до зміни вхідного струму через електромагніт. При цьому регулятор змінює тиск в циліндрі керування насоса до встановлення необхідного робочого об'єму.

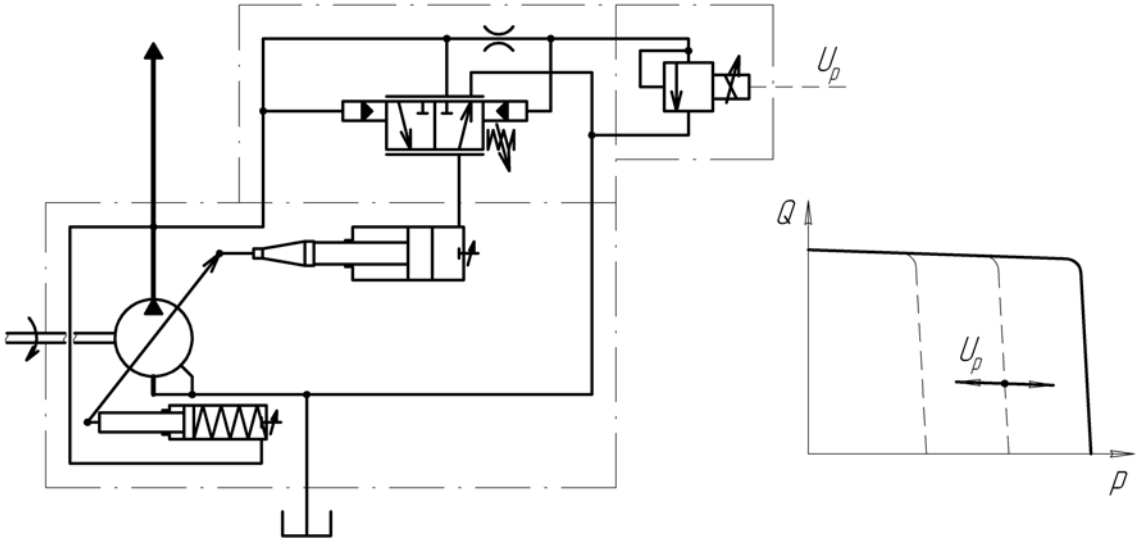


Рис. 1. Компенсатор тиску з пропорційним керуванням

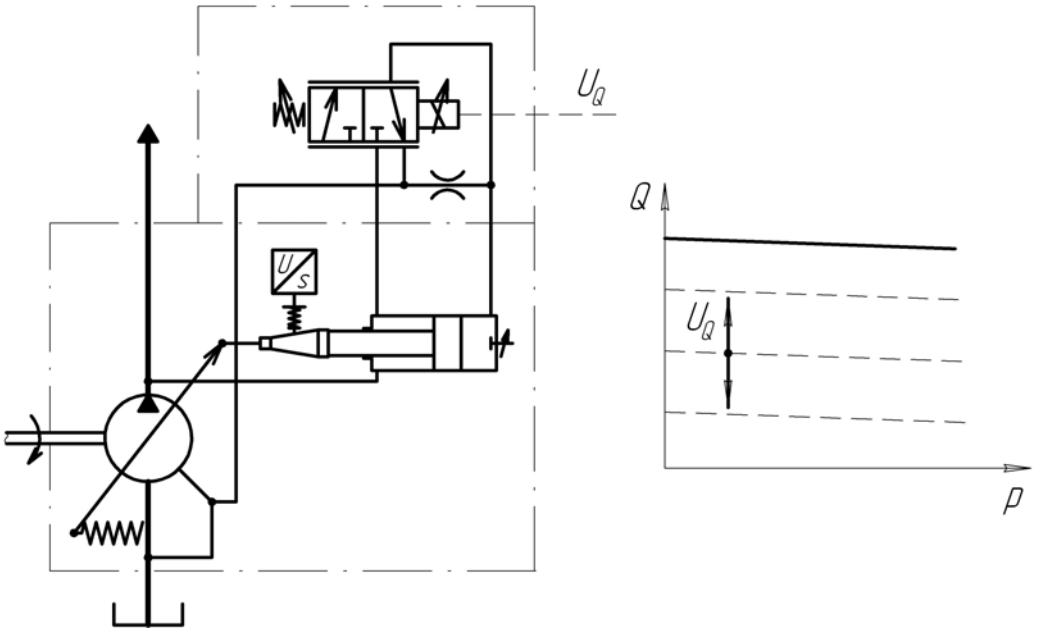


Рис. 2. Пропорційний регулятор подачі (робочого об'єму)

Пропорційний регулятор подачі показаний на рис. 2 не має компенсації тиску. Гідравлічний контур повинен бути захищений клапаном тиску.

На рис. 3 показаний пропорційний регулятор подачі та тиску. В даній конструкції роз'єднані дві базові функції керування: регулювання робочого об'єму і регулювання тиску.

Регулювання робочого об'єму здійснюється регулятором подачі. Датчик положення контролює поточну величину робочого об'єму і повертає виміряний сигнал в електронний блок керування. Електронна схема цього блоку порівнює сигнал зворотного зв'язку з сигналом керування і приводить в дію пропорційний електромагніт регулятора подачі для узгодження двох сигналів.

Компенсація тиску здійснюється окремим регулятором тиску, що керується пропорційним клапаном тиску. Цей клапан блокує функцію регулювання робочого об'єму.

Виробниками пропонується різні модифікації пропорційного регулятора подачі та тиску. Існують модифікації регулятора без керуючого пропорційного клапана тиску, коли регулювання тиску здійснюється механічним налаштуванням регулятора тиску або сигналом від дистанційного клапана тиску. У модифікації регулятора, що містить пропорційний клапан тиску разом з датчиком тиску, реалізується електрогідравлічне p/Q керування. В цьому випадку блок керування дозволяє додатково реалізувати електронне обмеження потужності, що знімається з приводного двигуна.

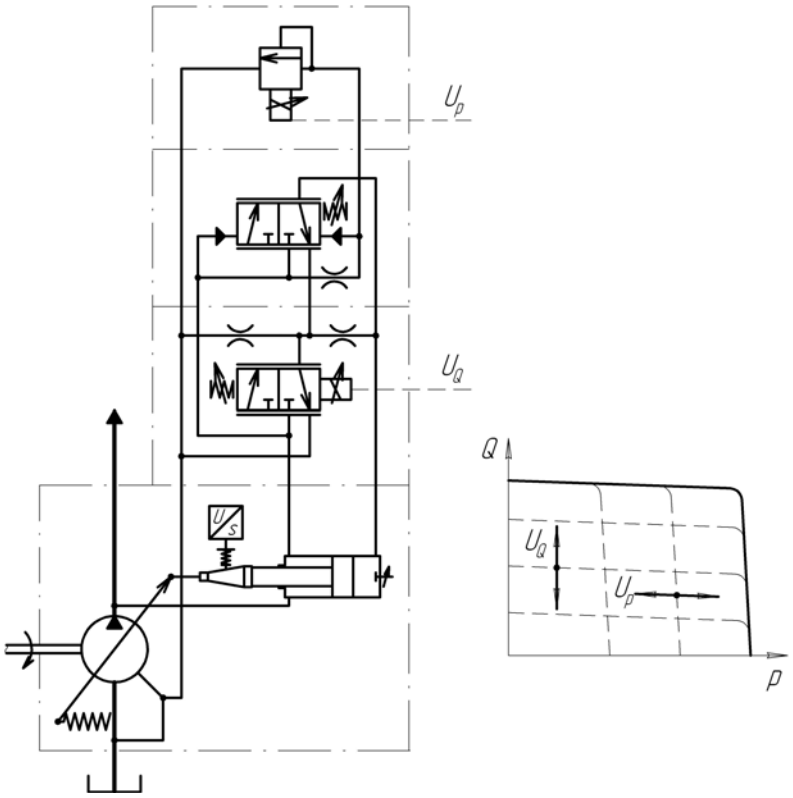


Рис. 3. Пропорційний регулятор подачі (робочого об'єму) та тиску

Електрогідравлічний p/Q регулятор з цифровим електронним керуванням (рис. 4) дозволяє користувачу вибирати різні функції керування: пропорційне регулювання тиску, пропорційне регулювання робочого об'єму та електронне обмеження крутного моменту.

Крім датчика робочого об'єму насоса, у гідравлічній системі повинен бути встановлений датчик тиску. Сигнали зворотного зв'язку від датчиків підключаються до електронного блоку керування. У провідних виробників, таких як Parker, Rexroth, Atos, система керування може бути вбудована в насос і не має зовнішніх проводів або сполучних трубопроводів, за винятком сигнального проводу для задавання подачі і вихідного сигналу тиску. Насос крім вбудованих датчиків тиску і робочого об'єму, може додатково комплектуватися вбудованим датчиком частоти обертання. Сигнали від датчиків використовуються керуючою програмою для забезпечення необхідного тиску і подачі нагнітання навіть при змінних параметрах, таких як частота обертання, температура, в'язкість і тиск навантаження. Крім того, ці датчики забезпечують можливість контролю гідравлічної системи з метою діагностики. Всі функції можуть бути налаштовані на заводі-виробнику, можуть керуватися сигналами або можуть бути налаштовані у відповідному програмному забезпеченні для ОС Windows.

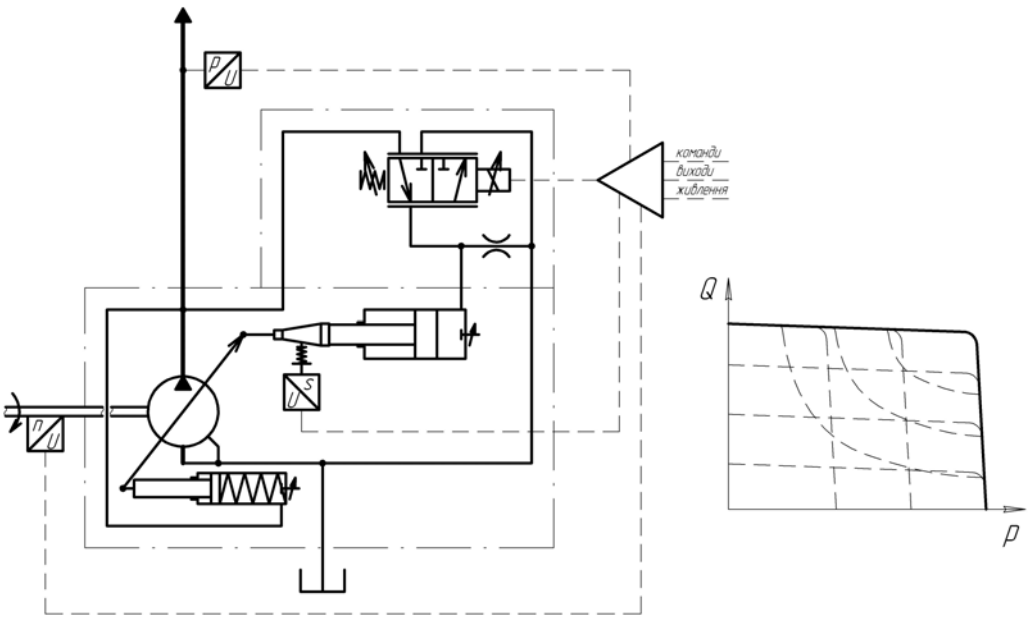


Рис. 4. Електрогідравлічний p/Q регулятор

У фірми «Parker» електрогідравлічний p/Q регулятор з цифровим електронним керуванням має модифікацію, у якої пружина зміщує регулятор до нульового робочого об'єму (варіант EY) та модифікацію, у якої пружина зміщує регулятор до максимального робочого об'єму (варіант GY) [2].

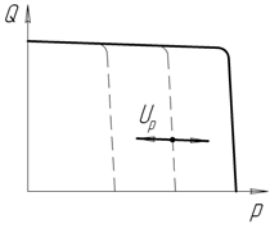
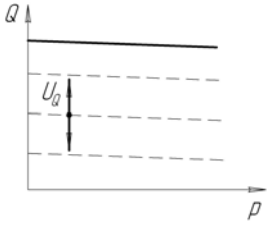
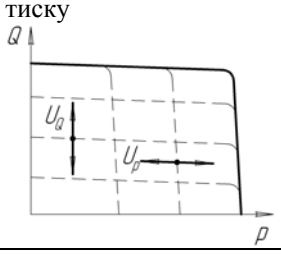
Слід відмітити, що насоси з p/Q керуванням характеризуються високою надійністю, підвищеною швидкодією та покращеними регулювальними характеристиками.

В табл. 1 наведено основні пропорційні електрогідравлічні системи керування регульованих аксіально-поршневих насосів.

Пропорційне електрогідравлічне керування регульованих насосів дозволяє інтегрувати гідропривод в загальну систему керування, значно розширює можливості мобільної техніки та технологічного обладнання, дозволяє реалізувати енергозберігаючі режими, підвищує точність керування, зменшує масо-габаритні показники, а також підвищує безпеку і покращує умови праці операторів.

Таблиця 1

Основні пропорційні електрогідравлічні системи керування регульованих АПН

Гідравліко-механічний принцип з пропорційним керуванням			Електронний принцип керування (системи керування на основі контролерів)
1	2	3	4
Компенсатор тиску з пропорційним керуванням 	Пропорційний регулятор подачі (робочого об'єму) 	Пропорційний регулятор подачі (робочого об'єму) та тиску 	Електрогідравлічний p/Q регулятор з цифровим електронним керуванням
- з додатковим регулюванням min робочого об'єму за допомогою механічного обмежувача	- без зворотного зв'язку по робочому об'єму	- без керуючого пропорційного клапана тиску (регулювання тиску налаштовується механічно)	- пружина регулятора зміщує його до нульового робочого об'єму
- з додатковим регулюванням max робочого об'єму за допомогою механічного обмежувача	- зі зворотним зв'язком по робочому об'єму	- без керуючого пропорційного клапана тиску (регулювання тиску здійснюється дистанційним клапаном тиску)	- пружина регулятора зміщує його до максимального робочого об'єму
- з додатковим регулюванням min і max робочого об'єму за допомогою механічних обмежувачів		- з керуючим пропорційним клапаном тиску	
		- з керуючим пропорційним клапаном тиску та датчиком тиску (p/Q керування), що дає можливість додаткового електронного обмеження потужності	

В Україні наявний виробничий і технологічний потенціал, а також досвід виробництва гідрофікованої техніки. Зокрема, діють виробництва на таких підприємствах як ПАТ «Борекс», ХТЗ, ДП «ПІВДЕНМАШ», ВАТ «Тернопільський комбайновий завод», ВАТ «Хмельницький механічний завод», ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод», ПАТ «Дрогобицький завод автомобільних кранів», АТ «Турбівський машинобудівний завод "Атеко"».

Однак, сьогодні тенденція така, що зберегти свою частку на ринку будуть здатні тільки ті компанії, які своєчасно впровадять у виробництво гідравлічне обладнання з пропорційним електрогідравлічним керування. Оскільки, незважаючи на умови кризи, все більше число підприємств прагне встановити саме таке обладнання на виробництво, а також інтегрувати його в бортові системи керування мобільною

технікою.

Висновки

Проведено огляд функціональних можливостей та запропоновано класифікацію сучасних пропорційних електрогідравлічних систем керування регульованих АПН, що пропонуються провідними виробниками. Регульовані насоси з пропорційним електрогідравлічним керуванням знаходяться на стадії інтенсивного розвитку та мають в умовах вітчизняної промисловості широкі перспективи впровадження і використання.

Література

1. Каталоги Bosch Rexroth [Електронний Ресурс] / Bosch Rexroth. – Режим Доступу : https://www.boschrexroth.com/ics/Vornavigation/VorNavi.cfm.

2. Насосы и моторы : каталог. HY02-8001/RU [Електронний ресурс] / Parker Hannifin. – Режим доступу : http://parker-hannifin.ru/up/catalog/parker_pumps_and_motors_HY02-8001.pdf.

3. Proportional controls for PVPC pumps [Електронний ресурс] / Atos. – Режим доступу : http://www.atos.com/english/technical_tables/english/A170.pdf.

4. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпулятора з адаптивним регулятором на основі нейромереж для мобільних робочих машин : дис. … доктора техн. наук : спец 05.02.02 «Машинознавство» / Козлов Леонід Геннадійович. – Вінниця, 2015. – 421 с.

5. Репінський С. В. Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі : дис. … канд. техн. наук : спец. 05.02.02 «Машинознавство» / Репінський Сергій Володимирович. – Вінниця, 2011. – 248 с.

6. Оптимізація конструктивних параметрів комбінованого регулятора подачі аксіально-поршневого регульованого насоса / Ю. А. Бурєнніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Поліщук // Промислова гідравліка і пневматика. – 2012. – № 1(35). – С. 73–77.

7. Бурєнніков Ю. А. Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі / Ю. А. Бурєнніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». – 2012. – № 64. – С. 113–118.

8. Аналіз переваг та недоліків існуючих регуляторів подачі та потужності в системі керування аксіально-поршневого регульованого насоса / Ю. А. Бурєнніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Поліщук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 5. – С. 107–113.

9. Математична модель пропорційної електрогідравлічної системи керування регульованим насосом / С. В. Репінський, Д. О. Лозінський, М. П. Кучеренко, О. О. Ланова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 105–109.

Рецензія/Peer review : 28.3.2016 р. Надрукована/Printed :18.4.2016 р.
Рецензент : д.т.н., проф., Іскович-Лотоцький Р.Д.