

Л.Г. Козлов,
В.А. Ковальчук,
С.М. Лозовський,
А.О. Товкач,
О.В. Піонткевич,
М.П. Коріненко

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДІВ З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

TEST RIG FOR INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC DRIVES WITH PROPORTIONAL CONTROL

Ефективність та якість виконання робочих рухів мобільними та технологічними машинами, що створені на базі гідроприводів з пропорційною електрогідравлічною апаратурою, а також їх функціональні можливості визначаються статичними та динамічними характеристиками гідроагрегатів, що входять до складу гідроприводів. Оскільки упродовж написання математичних моделей гідроприводів з метою спрощення викладок виконують лінеаризацію деяких нелінійних сил, а також приймають певні припущення щодо роботи гідропривода, постає задача перевірки адекватності математичної моделі. З цією метою розроблено експериментальний стенд, оснащений контролером, гідроманіпулятором та гідромотором з встановленим на ньому тахогенератором, а також системою реєстрації даних. Розроблений стенд дозволяє проводити дослідження статичних та динамічних характеристик гідроприводів з пропорційним керуванням, що використовуються в мобільних та технологічних машинах різного призначення в широких діапазонах їх роботи.

Ключові слова: експериментальний стенд, гідропривод, пропорційне керування, статичні та динамічні характеристики.

Вступ

Ефективність та якість виконання робочих рухів мобільними та технологічними машинами, що створені на базі гідроприводів з пропорційною електрогідравлічною гідроапаратурою, а також їх функціональні можливості визначаються статичними та динамічними характеристиками гідроагрегатів, що входять до складу гідроприводів.

Оскільки під час моделювання роботи гідроприводів з метою спрощення викладок математичних моделей виконують лінеаризацію деяких нелінійних сил, що діють на механізми гідропривода (наприклад, гідродинамічна сила, пружні властивості рукавів високого тиску), а також приймаються деякі припущення та спрощення [1], щодо роботи гідропривода, то задача підтвердження адекватності розробленої математичної моделі гідропривода є актуальною. Перевірка адекватності прийнятих припущень виконується порівнянням результатів експериментальних та теоретичних досліджень, що особливо важливо для гідроприводів, побудованих на базі гідроапаратури з пропорційним електрогідравлічним керуванням.

Основні результати

У Вінницькому національному технічному університеті розроблено стенд, що дозволяє проводити експериментальні дослідження зразків гідроприводів

що включають до чотирьох гідродвигунів, як поступальної так і обертальної дії, а також гідроагрегатів з пропорційним електрогідравлічним керуванням. Для цього його оснащено гідроманіпулятором та гідромотором, з встановленим на ньому тахогенератором. Система реєстрації дозволяє встановити в гідроприводі до 30 датчиків різного призначення, а вільно програмований контролер дозволяє здійснювати керування 16 дискретними та 3 пропорційними електромагнітами.

На рисунку 1 представлено мехатронний гідропривод, що включає регульований насос 1 з регулятором 2, нерегульований насос 3, розподільник 4 з переливною 5 та двома робочими секціями 6 та 7. Переливна секція 5 складається з переливного клапана, 12 сервоклапана 13, а робочі секції 6 та 7 включають золотники 8 та 9, компенсатори тиску 14 та 15, датчики переміщення 16 та 17, датчики тиску 18 та 19 відповідно. До робочих секцій 6 та 7 підключені гідроциліндр 21 та гідромотор 22. Мехатронний гідропривод включає також контролер 20.

Мехатронний гідропривод працює таким чином. При вмиканні розподільного золотника 8 гідроциліндр 21 підключається до регульованого насоса 1, а при вмиканні розподільного золотника 9 гідромотор 22 підключається до нерегульованого насоса 3. При цьому до регулятора 2 через контролер 20 надходить

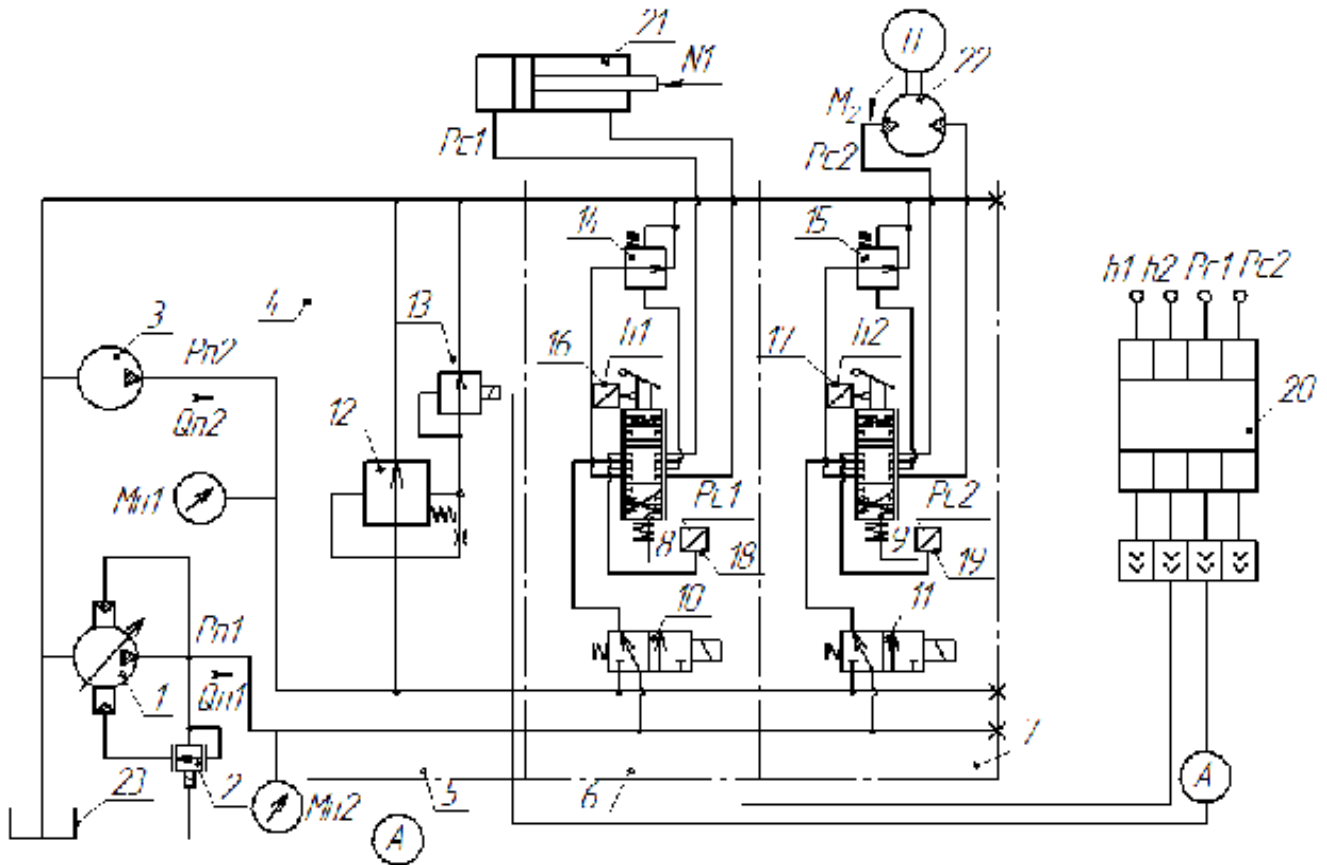


Рисунок 1 — Схема експериментального стенда на базі мехатронного гідропривода

сигнал p_{c1} , пропорційний величині навантаження $\pm N_1$ на гідроциліндрі 21, а до сервоклапана 13 надходить сигнал p_{c1} , пропорційний величині моменту $\pm M_2$ на гідромоторі 22. Регулятор насоса 2 та переливний клапан 12 забезпечують подачу витрат Q_{n1} та Q_{n2} від насосів 1 та 3 до гідроциліндра 21 та гідромотора 22 відповідно, при цьому величини витрат Q_{n1} та Q_{n2} не залежатимуть від навантажень $\pm N_1$ та $\pm M_2$ на гідроциліндрі 21 та гідромоторі 22. Зміна величин витрат Q_{n1} та Q_{n2} , що потрапляють до гідроциліндра 21 та гідромотора 22 і визначають швидкість руху, забезпечується зміною відкриття h_1 та h_2 розподільних золотників 8 та 9. Підпірні клапани 14 та 15 включаються в роботу при попутному навантаженні $-N_1$ та $-M_2$ на гідроциліндрі 21 та гідромоторі 22.

Таким чином мехатронний гідропривод забезпечує суміщення незалежних і регульованих рухів поршня гідроциліндра 21 та вала гідромотора 22, причому швидкість руху не залежить від величини і напрямку навантаження.

Гідроциліндр та гідромотор мехатронного гідропривода забезпечують рух гідроманіпулятора, що змонтований на стенді з можливістю реєстрації, як статичних так і динамічних процесів, що виникають під час його роботи.

На рисунку 2 представлено схему гідропривода інжекційного вузла термопластавтомата (ТПА). Він містить нерегульований насос 1, пропорційний регулятор потоку 2, гідророзподільник 3, гідроциліндр 4

та датчики тиску 12 та 13. Гідророзподільник 3 включає пропорційний запобіжно-переливний клапан 5, комутаційний клапан 6, та золотник 7. Регулятор потоку складається з основного клапана 8, керуючого пропорційного золотника 9 та компенсатора тиску 10.

Працює гідропривод таким чином. У відповідності з заданим законом зміни профілю потоку (швидкості впорскування) на пропорційний електромагніт EM1 регулятора потоку 2 подається керуючий сигнал, в результаті чого з надклапанної порожнини клапана 8 відбувається витрата рідини в бак. Клапан піднімається вгору і створює витрату рідини до робочих органів, одночасно підсилюючи сигнал керування. Отже клапан встановлюється в рівноважному положенні, яке відповідає значенню уставки електромагніта EM1 за рахунок реалізації гідравлічного зворотного зв'язку.

В штокову порожнину гідроциліндра 4 рідина подається через золотник 7, що керується електромагнітом EM3.

Швидкість впорскування визначається налаштуванням пропорційного регулятора 2, а тому в лінії керування клапаном комутації 6 поршневої порожнини гідроциліндра 4 встановлено дискретний електромагніт EM2.

На етапі витримки виробу під тиском необхідно дотримуватися заданого закону зміни тиску витримки. Для цього в лінію керування клапаном 5 паралельно золотнику, що керується дискретним електромаг-

нітом EM4, встановлено пропорційний запобіжно-переливний клапан тиску, що керується електромагнітом EM5. В результаті цього при досягненні тиску в поршневі порожнині гідроциліндра заданого значення, через клапан тиску створюється витрата рідини, основний клапан піднімається вгору, посилюючи витрату рідини в бак до тих пір, поки величина тиску в гідроциліндрі не дорівнювати заданій.

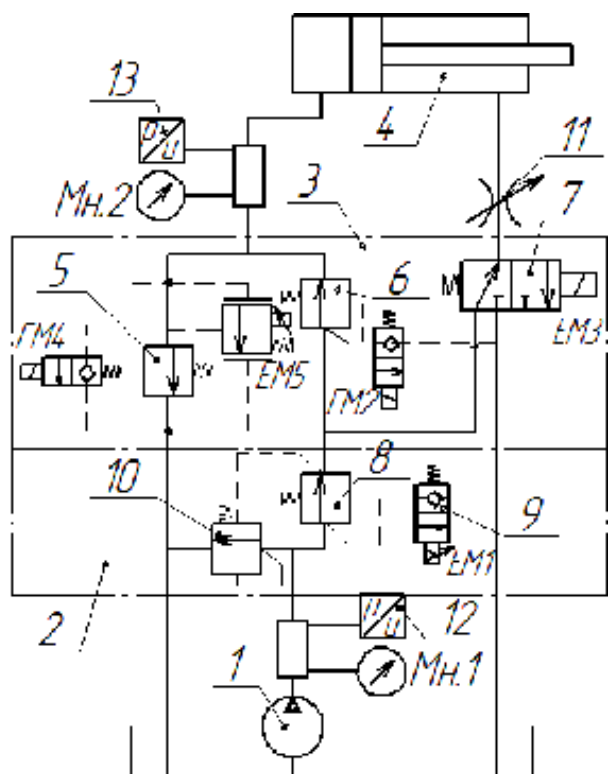


Рисунок 2 — Схема експериментального стенда для дослідження гідропривода інжекційного вузла ТПА

Послідовність спрацьовувань окремих клапанів в розподільнику 3 та регулятора потоку 2 задається керуючою програмою контролера. Регульований дросель служить для імітації навантаження на гідроциліндрі 4.

На рисунку 3 представлено гідропривод з незалежним від навантаження розподілом потоків. Гідропривод призначено для використання в мобільних машинах і забезпечує рух декількох гідродвигунів в незалежних і регульованих режимах. Гідропривод включає нерегульований насос 1 та секційний гідророзподільник 2 з переливною 3 та двома робочими 4 та 5 секціями. На виходах секційного гідророзподільника 2 встановлено гідроциліндр 6 та гідромотор 7. Кожна робоча секція гідророзподільника 2 включає розподільні золотники 8 та 9, керовані зворотні клапани 10 та 11, 12 та 13, а також регулятори потоку 14, 15. Переливна секція 4 включає переливний 16 та запобіжний 17 клапани. Гідропривод з незалежним від навантаження розподілом потоків працює таким чином. При вмиканні розподільного золотника 8 робоча рідина від насоса 1 надходить через регулятор потоку 14, керований зворотний клапан 10 до гідроциліндра 6, на який діє навантаження N_1 , приводячи його до руху. Злив робочої рідини від гідроциліндра 6 відбувається через розподільний золотник 8, а керований зворотний клапан 11 при цьому закритий. Частина робочої рідини $Q_n - Q_1$ при цьому через переливний клапан 16 зливатиметься до баку. Змінюючи величину відкриття h_1 робочого вікна розподільного золотника 8, можна змінювати величину витрати Q_1 , що надходить до гідроциліндра 6, визначаючи тим самим швидкість його руху V_1 . Тиск p_n на виході насоса 1 при цьому залежить від навантаження N_1 на гідроциліндрі 6.

При підключенні гідромотора 7 (гідроциліндр 6 теж працює) частина витрати Q_2 від насоса через розподільний золотник 9, регулятор потоку 15 та керо-

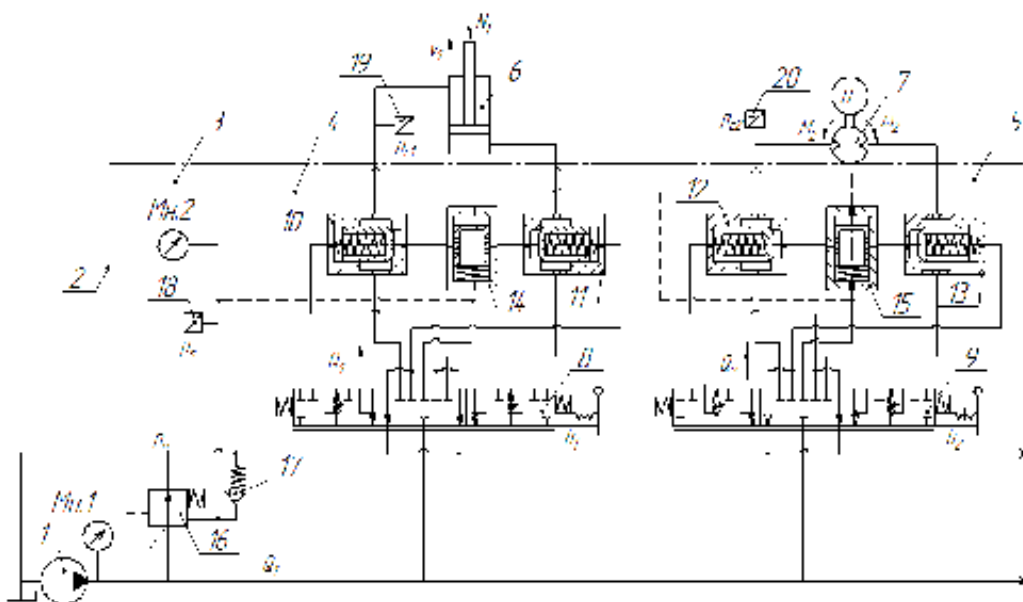


Рисунок 3 — Схема експериментального стенда на базі гідропривода з незалежним розподілом потоків

ваний зворотний клапан 12 надходить до гідромотора 7, визначаючи його кутову швидкість ω_2 . При цьому за рахунок регуляторів потоку 14 та 15 та переливного клапана 16 тиск на виході насоса 1 буде пропорційним найбільшому з навантажень на гідроциліндрі або гідромоторі, а витрати Q_1 та Q_2 , що надійдуть до гідроциліндра та гідромотора, не залежатимуть від величин навантажень N_1 та M_1 . Змінюючи відкриття h_1 та h_2 робочих вікон розподільних золотників 8 та 9, можна регулювати співвідношення швидкостей, яке зберігатиметься навіть у випадку, якщо настройка сумарної витрати $Q_1 + Q_2$ перевищить витрату насоса Q_n .

Розроблений експериментальний стенд оснащено двома насосними станціями з регульованими насосами, які забезпечують подачу робочої рідини в діапазонах $(0-2,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ та $(0-1,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ і номінальним тиском 16,0 МПа. Стенд оснащено контролером з аналоговими входами-виходами типу FC620-FST фірми Festo (Німеччина), та пристроєм збору аналого-цифрових сигналів E14-140D фірми L-card (Росія), який використовується як зовнішній пристрій ПК з USB інтерфейсом. Прилад дозволяє реєструвати до 16 диференційних сигналів, або до 32 сигналів з загальною "землею" з частотою до 200 кГц. Для реєстрації та візуалізації даних використовувалося програмне забезпечення LGraph2, яке працює в середовищі Windows XP. Середовище LGraph2 дозволяє здійснювати математичну обробку вхідних сигналів, цифрову фільтрацію, тощо.

Протягом досліджень реєструються такі параметри гідроприводів:

- тиск в характерних точках гідросистеми в діапазоні 5–15 МПа при точності вимірювання $\pm 1,5\%$;
- переміщення золотника гідророзподільника в межах $(0-20) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ при дискретності вимірювання $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$;

- частота обертання гідромотора в діапазоні (1–200) рад/с при точності вимірювання $\pm 2,5\%$;
- температура робочої рідини 0–100°C, точність $\pm 0,5^\circ\text{C}$;
- сила струму 0–400 мА, точність $\pm 1 \text{ мА}$;
- напруга 0–50 В, точність $\pm 0,5\text{В}$.

Висновки

Розроблений стенд дозволяє проводити дослідження статичних та динамічних характеристик гідроприводів з пропорційним керуванням, що використовуються в мобільних та технологічних машинах різного призначення в широких діапазонах зміни режимів їх роботи, при реєстрації вимірюваних величин та їх обробці сучасними апаратними та програмними засобами.

Література

1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Учебник для ВУЗов, 2-е изд. /Д.Н. Попов. — М.: Машиностроение, 1987.
2. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний. ГОСТ 20245-74.
3. Гидропривод объемный. Сервоаппараты. Методы испытаний. ГОСТ 28971-91.

References

1. Popov D.N. Dinamika i regulirovanie hidro- i pnevmosistem. Uchebnik dlia VUZov, 2-e izd. / D.N. Popov.-M.: Mashinostroenie, 1987.
2. Hidroaparatura. Pravila priemki i metody ispytaniy. GOST 20245-74.
3. Hidroprivod obyomnyy. Servoapparaty. Metody ispytaniy. GOST 28971-91.

Надійшла 5.10.2013

УДК 621.22

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДОВ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Л.Г. Козлов, В.А. Ковальчук,
С.М. Лозовский, А.О. Товkach,
О.В. Пионткевич, М.П. Корниенко

Эффективность и качество исполнения рабочих движений мобильными и технологическими машинами, созданными на базе гидроприводов с пропорциональной электрогидравлической аппаратурой, а также их функциональные возможности определяются статическими и динамическими характеристиками гид-

UDC 621.22

TEST RIG FOR INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC DRIVES WITH PROPORTIONAL CONTROL

Kozlov L.G. , Kovalchuk V.A.,
Lozovskiy S.M., Tovkach A.O.,
Piontkевич O.V., Korinenko M.P.

Efficiency, operation quality and functionality of mobile and technological machines, which are based on the hydraulic drives with proportional electro-hydraulic equipment, are defined by static and dynamic characteristics of the hydraulic apparatuses which are parts of the hydraulic drive.

роагрегатов, которые входят в состав гидропривода.- Так как с целью упрощения выкладок проводят линеаризацию некоторых нелинейных сил, а также принимают определенные допущения касательно работы гидропривода, то возникает необходимость проверки адекватности математической модели.

С этой целью разработан экспериментальный стенд, который оснащен контролером, гидроманипулятором и гидромотором с установленным на нём тахогенератором, а также системой регистрации данных.

Разработанный стенд позволяет проводить исследования статических и динамических характеристик гидроприводов с пропорциональным управлением, которые используются в мобильных и технологических машинах разного назначения в широких диапазонах их работы.

Ключевые слова: экспериментальный стенд, гидропривод, пропорциональное управление, статические и динамические характеристики.

Since in order to simplicity, we carrying out the linearization of some nonlinear forces as well as taking some of the assumptions about the hydraulic drive operation, there is a need to verify the adequacy of the mathematical model.

For this purpose the test rig was developed. The test rig is equipped with the controller, data-logging system, a hydraulic manipulator and hydraulic motor, which is mounted with a tachometer.

The given test rig enables static and dynamic characteristics investigation of the hydraulic drives with proportional control, which are used in a different purposes mobile and technology machines in a wide range of their work.

Key words: test rig, hydraulic drives, proportional control, static and dynamic characteristics.