

Козлов Л.Г., к.т.н., доц., Ковальчук В.А., аспірант, Лозовський С.М., аспірант  
Товкач А.О., Піонткевич О.В., магістрант, Коріненко М.П.  
Вінницький національний технічний університет

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДІВ З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

*Представлен експериментальний стенд для дослідження статических и динамических характеристик различных гидроприводов. Разработанный стенд позволяет проводить визуализацию и регистрацию рабочих процессов при физическом моделировании гидроприводов.*

*Experimental rig for the research of static and dynamic characteristics of different hydraulic drives was presented. Visualization and registration of working processes of the hydraulic drives physical simulation was allowed by the designed experimental rig.*

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

Оскільки під час моделювання роботи гідроприводів з метою спрощення викладок математичних моделей виконують лінеаризацію деяких нелінійних сил, що діють на механізми гідропривода (наприклад сили тертя, гідродинамічна сила, пружні властивості рукавів високого тиску) а також приймаються деякі припущення та спрощення, 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.

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 рис. 1 представлена 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. Мехатронна гідросистема включає також вільно програмований контролер 20.

Мехатронний гідропривод працює таким чином. При вмиканні розподільного золотника 8 гідроциліндр 21 буде підключений до регульованого насоса 1, а при вмиканні розподільного золотника 9 гідромотор 22 буде підключений до нерегульованого насоса 3. При цьому до регулятора 2 через контролер 20 буде поступати сигнал  $p_{c1}$  пропорційний величині навантаження  $\pm N_1$  на гідроциліндрі 21, а до сервоклапана 13 буде поступати сигнал  $p_{c2}$  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 будуть залежати від навантажень  $\pm N_1$  та  $\pm M_2$  на гідроциліндрі 21 та гідромоторі 22. Зміна величин витрат  $Q_{n1}$  та  $Q_{n2}$ , що поступають до

гідроциліндра 21 та гідромотора 22 і визначають швидкість руху забезпечується зміною відкриття

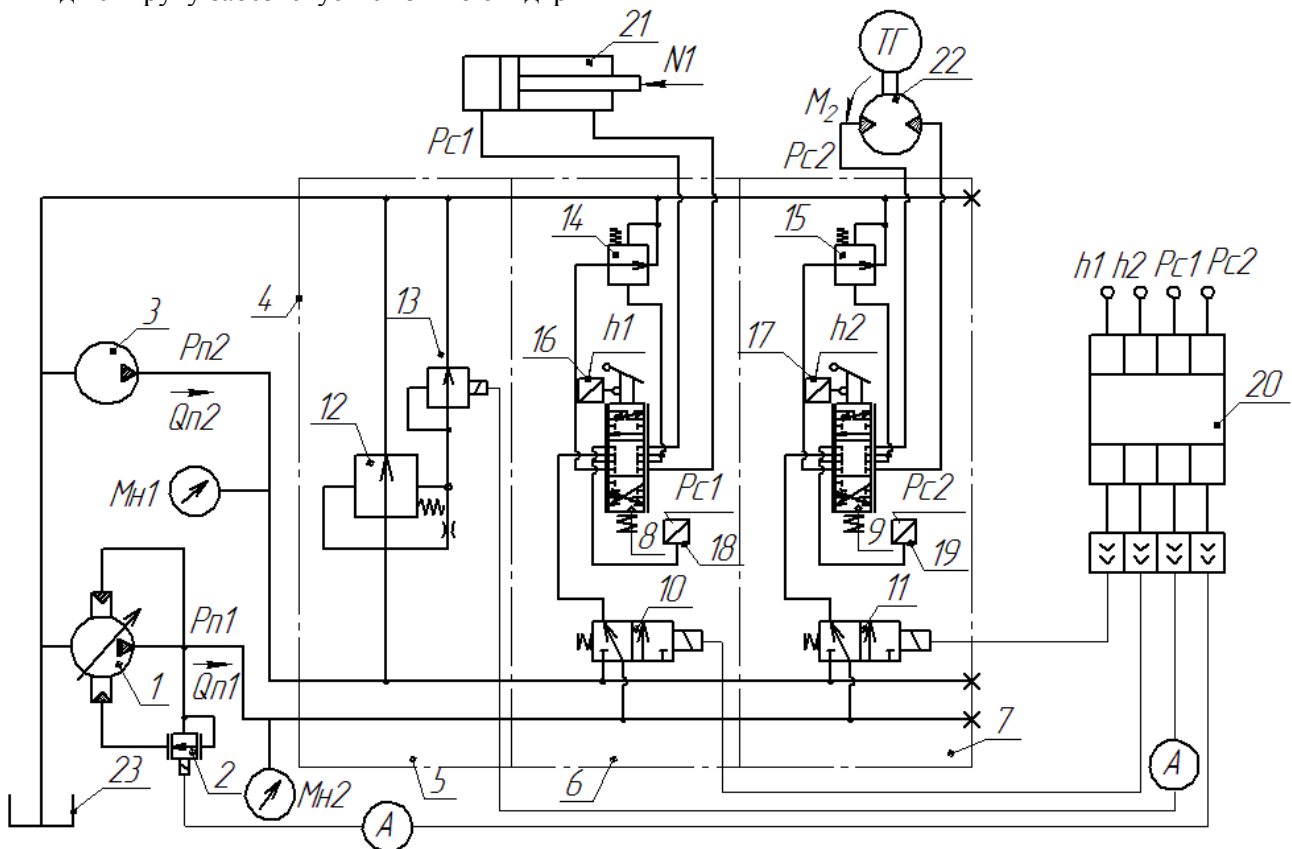


Рисунок 1 –Схема експериментального стенду на базі мехатронного гідропривода

$h_1$  та  $h_2$  розподільних золотників 8 та 9. Компенсатори тиску 14 та 15 забезпечують стабілізацію руху поршня гідроциліндра 21 та вала гідромотора 22 при попутному навантаженні  $-N_1$  та  $-M_2$ .

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 ЕМ1 регулятора потоку 2 подається керуючий сигнал, в результаті чого з надкритою порожниною 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 ЕМ1 за рахунок реалізації гідравлічного зворотного зв'язку.

В штокову порожнину гідроциліндра 4 рідина подається через золотник 7, що керується електромагнітом ЕМ3.

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 формування виробу (витримка під тиском) необхідно дотримуватися заданого профілю тиску (закону зміни тиску витримки).

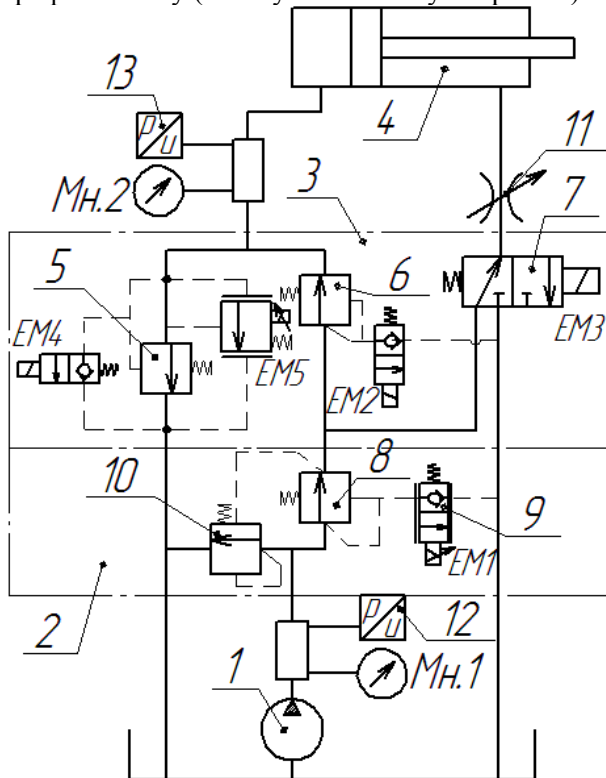


Рисунок 2 – Схема експериментального стенду для дослідження гідропривода інжекційного вузла ТПА

Для цього в лінію керування клапаном 5, паралельно золотнику, що керується дискретним електромагнітом EM4 встановлено пропорційний запобіжно - переливний клапан тиску, що керується електромагнітом EM5. В результаті чого при досягненні тиску в поршневій 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 стане рівною заданій.

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

На рис. 3 представлений гідропривод з незалежним від навантаження розподілом потоків. Гідропривод призначений 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 встановлені 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 буде поступати через регулятор потоку 14, керований зворотній 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 зворотній клапан 11 при цьому закритий. Частина робочої рідини  $Q_n - Q_1$  при цьому буде через переливний клапан 16 зливатися в бак. Змінюючи величину відкриття  $h_1$  робочого вікна розподільного золотника 8 можна змінювати величину витрати  $Q_1$ , що поступає 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 керований зворотній клапан 12 буде поступати до гідромотора, визначаючи його кутову швидкість  $\omega_2$ . При цьому за рахунок регуляторів потоку 14 та 15 та переливного клапана 16 тиск на виході насоса 1 буде пропорційний найбільшому з навантажень на гідроциліндрі або гідромоторі, а витрати  $Q_1$  та  $Q_2$ , що будуть поступати до гідроциліндра та гідромотора не будуть залежати від величин навантажень  $N_1$  та  $M_2$ . Змінюючи відкриття  $h_1$  та  $h_2$  робочих вікон розподільних золотників 8 та 9 можна регулювати співвідношення швидкостей, яке буде зберігатися навіть у випадку, якщо настройка сумарної витрати  $Q_1 + Q_2$  перевищить витрат насоса  $Q_n$ .

Розроблений експериментальний стенд оснащено двома насосними станціями з регульованими насосами, які забезпечують подачу робочої рідини в діапазонах  $(0 \dots 2,0) \cdot 10^4$

$3\text{ м}^3/\text{с}$  та  $(0...1,0) \cdot 10^{-3}\text{ м}^3/\text{с}$  і номінальним тиском 16, 0 МПа. Стенд оснащено вільно-

програмованим контролером з аналоговими входами-виходами типу FC620- FST, фірми

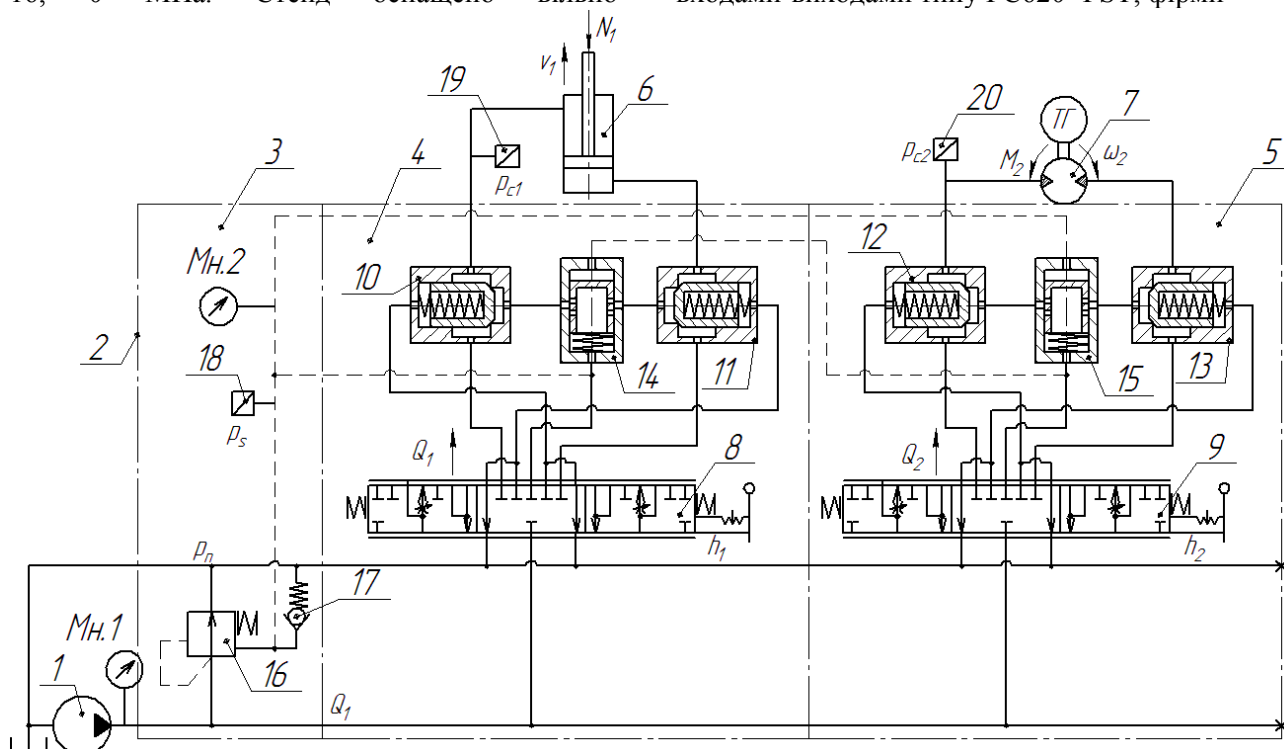


Рисунок 3 – Схема експериментального стенду на базі гідропривода з незалежним розподілом потоків

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.

Під час дослідження реєструвалися такі параметри гідроприводів:

- тиск в характерних точках гідросистеми в діапазоні 5...15 МПа при точності вимірювання  $\pm 1,5\%$ ;
- переміщення золотника гідророзподільника в межах  $(0...20) \cdot 10^{-3}$  м при дискретності вимірювання  $1 \cdot 10^{-4}$  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 mA, точність  $\pm 1$  mA;
- напруга 0..50 V, точність  $\pm 0,5\text{V}$ .

#### Висновки:

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати розроблений стенд для експериментального дослідження характеристик пропорційної гідроапаратури.

Система збору та реєстрації даних може бути використана для дослідження гідросистем різного призначення.

#### Література.

1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро - и пневмосистем. Учебник для ВУЗов, 2-е изд. /Д.Н. Попов. – М.: Машиностроение, 1987.– 464с.
2. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний. ГОСТ 20245-74.
3. Гидропривод объемный. Сервоаппараты. Методы испытаний. ГОСТ28971-91.