

УДК 621.22

Д. О. Лозінський¹, А. М. Білінський¹, М. М. Лозінська¹, А. В. Коломійчук¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКАМИ ТА СТЕЖНОЮ СИСТЕМОЮ

¹Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуто аспекти застосування стежної системи переміщення пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками та впливом на динамічні характеристики.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В мобільних машинах гідропривід в багатьох випадках забезпечує виконання основних робочих операцій і якість виконання цих операцій безпосередньо залежить від характеристик його елементів та гідроприводу в цілому.

Однією з головних елементів гідроприводу є розподільна апаратура, яка забезпечує керування виконанням робочих дій [1, 2]. Досягти покращення керованості та точності позиціонування можна за рахунок удосконалення конструкції та забезпечення зворотних зв'язків між вхідними та вихідними сигналами. В роботі [3] розглянуто позитивні сторони застосування елементів зворотного зв'язку (стежної системи) в пропорційному електрогідравлічному розподільнику з незалежним керуванням потоками, проте питання впливу конструктивних параметрів розподільника зі стежною системою на його динамічні характеристики потребує додаткових досліджень.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Метою роботи є дослідження динамічних характеристик пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками зі зворотним зв'язком та, зокрема, впливу стежної системи на динамічні характеристики. Для досліджень до уваги взято перший каскад розподільника та розподільний золотник, переміщення якого відслідковується стежною системою.

На рис. 1 представлена розрахункова схема розподільника [3, 4]. Основні його елементи: лінія живлення 1, клапан першого каскаду 2 із магнітом 3, золотник другого каскаду 4 з пружиною 5 та датчиком переміщення 6 (рис. 1). Докладно роботу розподільника та математичну модель представлено в роботі.

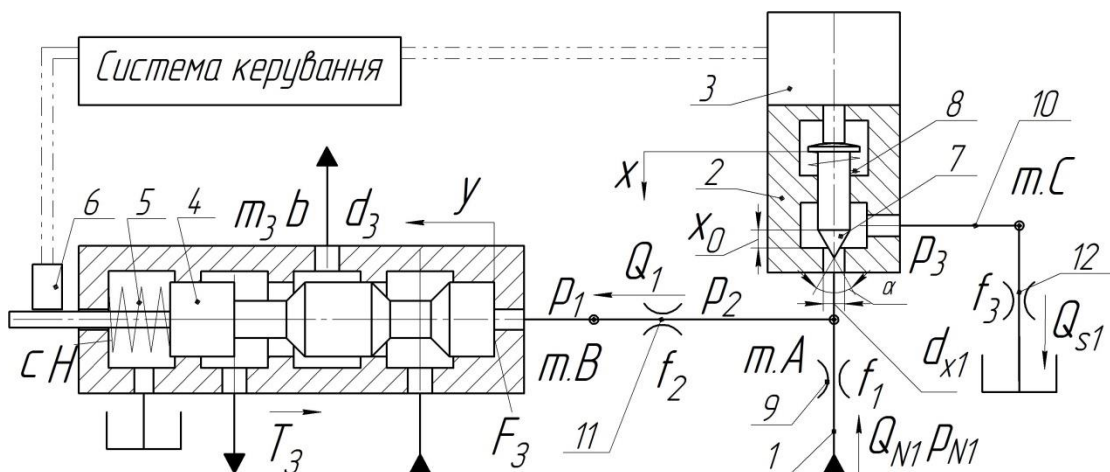


Рисунок 1 – Розрахункова схема пропорційного електрогідравлічного розподільника

В роботі проведені дослідження впливу конструктивних параметрів на динамічні характеристики, зокрема на час регулювання, коливальність та перерегулювання p_1 – тиску керування золотником другого каскаду. Розглянуто вплив таких параметрів: f_3 – площі робочого вікна дроселя 12 ($f_{3 \max} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$), d_3 – діаметра золотника 4 ($d_{3 \max} = 30 \text{ мм}$) та b – коефіцієнта в'язкого тертя золотника 4 ($b_{\max} = 1500$).

Дослідження роботи розподільника були виконані на основі математичної моделі, що складається з рівняння сил, що діють на золотник 4 (1), рівнянь нерозривності потоків (2–4), та рівнянь, які визначають зворотний зв'язок.

$$m_3 \frac{dV_y}{dt} = p_1 \cdot F_3 - c \cdot (H + y) - b \frac{dy}{dt} - T_3 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dy}{dt}; \quad (1)$$

$$\mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{N1} - p_2|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_{N1} - p_2) = \mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_1) + \beta \cdot W_A \cdot \frac{dp_2}{dt} +$$

$$+ \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot ((x_0 - x) \cdot \sin \alpha + 2 \cdot d_{x1}) \cdot (x_0 - x) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_3|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_3)$$

$$\mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot ((x_0 - x) \cdot \sin \alpha + 2 \cdot d_{x1}) \cdot (x_0 - x) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_3|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_3) = \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_3}{\rho}} + \beta \cdot W_C \cdot \frac{dp_3}{dt}; \quad (3)$$

$$\mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_1) = F_3 \cdot \frac{dy}{dt} + \beta \cdot W_B \cdot \frac{dp_1}{dt}; \quad (4)$$

$$x = x_0(t) - k\Delta; \quad (5)$$

$$\Delta = y(t) - y_0(t). \quad (6)$$

Рівняння математичної моделі складені з такими основними допущеннями і спрощеннями: розглядалися зосереджені параметри; температура робочої рідини вважалась постійною; хвильові процеси не враховувались; коефіцієнти потоку через дросельні та золотникові елементи вважались постійними; втрати тиску в гідролініях не враховувались; гідродинамічні сили не враховувались; коефіцієнт податливості робочої рідини враховувався, як середня величина для розглянутого діапазону зміни тиску; величина тиску в гідролінії живлення першого каскаду вважалась постійною, тиск в зливній лінії рівний нулю.

В математичній моделі позначено: p_{N1} – тиск на виході насоса 1; p_1 – тиск керування золотником другого каскаду (див. рис. 1); p_2 – тиск, що формується клапаном першого каскаду 7; p_3 – тиск, що формується дроселем 12; f_1, f_2, f_3 – площі робочих вікон дроселів 9, 11 та 12 (надалі для зручності будемо використовувати f_2 та $k_f = \frac{f_1}{f_2} \geq 1$); W_A, W_B, W_C – об'єми рідини в точках A, B, C; F – площа торця золотника 4; F_X – площа вхідного каналу клапана першого каскаду 2; c – жорсткість пружини 5; H – початкове стиснення пружини 5; m_3 – маса золотника 4; b – коефіцієнт в'язкого тертя золотника 4; d_3 – діаметр золотника 4; y та V_y – координата положення та швидкість золотника 4; x – координата положення клапана 7; x_0 – початкова координата положення клапана 7; T_3 – сила тертя, що діє на золотник; α – кут нахилу робочої кромки клапана 7; ρ – густина робочої рідини; μ – коефіцієнт витрати; β – коефіцієнт, що враховує сумарну деформацію робочої рідини та гумометалевих рукавів.

Рівняння математичної моделі розв'язується для таких початкових умов: $p_{N1}(0) = 1,5$ МПа, $p_1(0) = 1,2$ МПа, $p_2(0) = 1,4$ МПа, $p_3(0) = 1,0$ МПа, $y(0) = 0$ м, $x(0) = 0$ м. В ході розрахунків були використані такі значення постійних величин: $d_x = 8 \cdot 10^{-3}$ м; $d_{x1} = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $\beta = 0,5 \cdot 10^{-9}$ мм; $\rho = 900$ кг/м³; $W_A = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м³; $W_B = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м³; $W_C = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м³; $\mu = 0,7$; $c = 7,831 \cdot 10^4$ Н/м; $H = 2,3 \cdot 10^{-3}$ м;

Обробку математичної моделі виконано за допомогою програмного пакета MatLAB Simulink [5].

Вплив конструктивних параметрів на динамічні характеристики при застосуванні стежної системи дещо збільшується в порівнянні з розподільником без її застосування: на перерегулювання до 34 %, на коливальність до 37 %, на час регулювання до 20 % (рис. 2).

Застосування стежної системи не спричиняє суттєвих погіршень динамічних характеристик: збільшується коливальність, проте зменшуються перерегулювання та час регулювання, що покращує швидкодню та зменшує перенавантаження (рис. 3, 4), а отже покращує керованість.

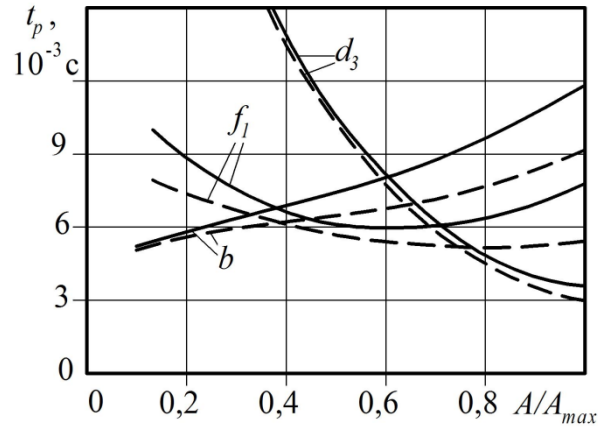


Рисунок 2 – Дослідження впливу конструктивних параметрів на час регулювання (суцільна лінія – з вимкненою стежною системою, штрихова лінія – з увімкненою стежною системою)

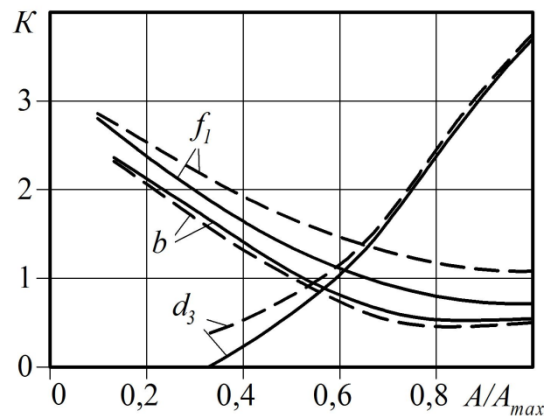


Рисунок 3 – Дослідження впливу конструктивних параметрів на час регулювання (суцільна лінія – з вимкненою стежною системою, штрихова лінія – з увімкненою стежною системою)

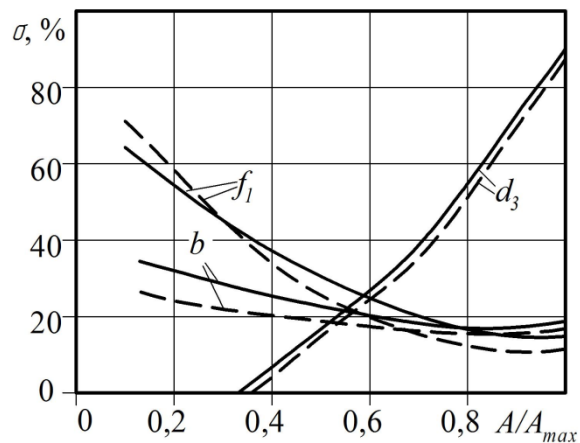


Рисунок 4 – Дослідження впливу конструктивних параметрів на час регулювання (суцільна лінія – з вимкненою стежною системою, штрихова лінія – з увімкненою стежною системою)

Вплив конструктивних параметрів на динамічні характеристики не має однозначного характеру. Збільшення діаметра золотника d_3 має наслідком погіршення перерегулювання й коливальності та зменшення часу регулювання; збільшення коефіцієнта в'язкого тертя b та площі робочого вікна дроселя f_3 навпаки зменшує коливальність та перерегулювання але збільшує час регулювання, вплив площі робочого вікна дроселя f_3 на час регулювання досить не однозначний.

Отже, застосування стежної системи в запропонованому пропорційному електрогідравлічному розподільнику з незалежним керування потоками забезпечує покращення керованості та не спричиняє суттєвого погіршення динамічних характеристик.

ВИСНОВКИ

Запропоновано застосувати стежну систему для покращення характеристик керованості розподільника.

На основі математичної моделі електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками проведено дослідження впливу конструктивних параметрів на динамічні характеристики.

Встановлено, що застосування стежної системи збільшує вплив значень конструктивних параметрів на динамічні характеристики до 37 %.

Вплив конструктивних параметрів на динамічні характеристики не має однозначного характеру і для визначення найбільш раціональних параметрів потребує проведення подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Особливості конструкцій гідророзподільників для гідросистем чутливих до навантаження / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський, В. А. Ковальчук, Ю. В. Дзись // Промислова гідравліка і пневматика. – 2009. – № 1. – С. 80–84.

2. Лозінський Д. О. Порівняльні дослідження варіантів першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника [Електронний ресурс] / Д. О. Лозінський, Л. Г. Козлов, С. І. Шевчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2012_2/2012-2.files/uk/12dalehd_ua.pdf

3. Лозінський Д. О. Дослідження пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків та стежною системою / Д. О. Лозінський, І. С. Михайловський, А. О. Наконечна // Вісник факультету машинобудування та транспорту. – 2016. – №1. – С. 52–58.

4. Пат. 41887 України, МПК⁸ F15B 11/00 Гідропривід з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський; Заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200900907; заявл. 06.02.2009; опубл. 10.06.2009, Бюл. №11.

5. Черных И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений / И. В. Черных. – М. : Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с.

REFERENCES

1. Kozlov L. H. Osoblyvosti konstruktsii hidrorozpodilnykiv dlia hidrosystem chutlyvykh do navantazhennia / L. H. Kozlov, D. O. Lozinskyi, V. A. Kovalchuk, Iu.V. Dzis // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2009. – №1. – S. 80–84.

2. Lozinskyi D. O. Porivnialni doslidzhennia variantiv pershoho kaskadu proportsiinoho elektrohivavlichnoho rozpodilnyka [Elektronnyi resurs] / D. O. Lozinskyi, L. H. Kozlov, Ie. I. Shevchuk // Naukovi pratsi Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. – 2012. – №2. – Rezhym dostupu do zhurn.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2012_2/2012-2.files/uk/12dalehd_ua.pdf.

3. Lozinskyi D. O. Doslidzhennia proportsiinoho elektrohivavlichnoho rozpodilnyka z nezalezhnym keruvanniam potokiv ta stezhnoiu systemoiu / D. O. Lozinskyi, I. S. Mykhailovskyi, A. O. Nakonechna // Visnyk fakultetu mashynobuduvannia ta transportu. – 2016. – №1. – S. 52–58.

4. Pat. 41887 Ukrainy, MPK⁸ F15B 11/00 Hidropryvid z proportsiinym elektrohivavlichnym upravlinniam / L. H. Kozlov, D. O. Lozinskyi; Zaiavnyk ta patentovlasnyk Vinnytskyi nats. tekhn. universytet. – №u200900907; zaiavl. 06.02.2009.; opubl. 10.06.2009, Biul. №11.

5. Chernikh Y. V. Simulink: sreda sozdaniya inzhenernykh prylozheniy / Y. V. Chernikh. – Dyaloh-MYFY, 2004. – 496 s.

Д. О. Лозінський¹, А. М. Білінський¹, М. М. Лозінська¹, А. В. Коломійчук¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКАМИ ТА СТЕЖНОЮ СИСТЕМОЮ

¹Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керування потоками.

Мета роботи – дослідження впливу стежної системи на динамічні характеристики пропорційного електрогідравлічного розподільника.

В мобільних машинах гідропривод в багатьох випадках забезпечує виконання основних робочих операцій і якість виконання цих операцій безпосередньо залежить від характеристик його елементів та гідроприводу в цілому.

В роботі, на основі математичної моделі, проведені дослідження впливу конструктивних параметрів на динамічні характеристики

Застосування стежної системи не спричиняє суттєвих погіршень динамічних характеристик, зменшуються перерегулювання та час регулювання, що покращує швидкодію та зменшує перенавантаження.

Вплив конструктивних параметрів на динамічні характеристики не має однозначного характеру і для визначення найбільш раціональних параметрів потребує проведення подальших досліджень.

Ключові слова: пропорційний електрогідравлічний розподільник, стежна система, динамічні характеристики, золотник другого каскаду.

Лозінський Дмитро Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net.

Білінський Андрій Миколайович, студент факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com.

Лозінська Мальвіна Миколаївна, технік кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tam.kafedra@ukr.net.

Коломійчук Антон Вікторович, студент факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: 1pm16ms.kolomiychuk@gmail.com.

D. Lozinskyi¹, A. Bilinskyi¹, M. Lozinska¹, A. Kolomiichuk¹

RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE ELECTROHYDRAULIC DIRECTIONAL CONTROL VALVE WITH INDEPENDENT FLOWS CONTROL AND STEERING SYSTEM

¹Vinnitsia National Technical University

Target of the research – electrohydraulic directional control valve with independent flows control.

Aim of the research – investigate the effect of the tracking system application on dynamic characteristics.

In mobile machines, the hydraulic drive in many cases provides basic operations and the quality of these operations directly depends on the characteristics of its components and the hydraulic drive in general.

In the work on the basis of a mathematical model, studies of the influence of constructive parameters on dynamic characteristics of the of electrohydraulic directional control valve with independent flows control have been carried out.

The application of the steering system does not cause significant deterioration of the dynamic characteristics, reduce overregulation and control time, improve speed and reduce overload.

The influence of constructive parameters on dynamic characteristics is not ambiguous and requires further research to determine the most rational parameters.

Key words: electrohydraulic directional control valve, steering system, proportional, dynamic characteristics, second stage spool.

Lozinskyi Dmytro, Cand. Sc. (Eng.), Ass. Professor, Ass. Professor of the Chair of Machine-building technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net

Bilinskyi Andrii, student of the Faculty of machine-Building and Transport, Vinnytsia National Technical University, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com

Lozinska Malvina, technician of the Chair of Machine-building technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tam.kafedra@ukr.net

Kolomiichuk Anton, student of the Faculty of machine-Building and Transport, Vinnytsia National Technical University, e-mail: lpm16ms.kolomiychuk@gmail.com

Д. А. Лозинский¹, А. Н. Билинский¹, М. Н. Лозинская¹, А. В. Коломийчук¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С НЕЗАВИСИМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОТОКАМИ И СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ

¹Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – пропорциональный электрогидравлический распределитель с независимым управлением потоками.

Цель работы – исследование влияния следящей системы на динамические характеристики электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоками.

В мобильных машинах гидропривод во многих случаях обеспечивает выполнение основных рабочих операций и качество выполнения данных операций напрямую зависит от характеристик его элементов и гидропривода в целом.

В работе на основе математической модели, проведены исследования влияния конструктивных параметров на динамические характеристик.

Применение следящей системы не вызывает существенных ухудшений динамических характеристик, уменьшаются перегревание и время регулирования, улучшает быстродействие и уменьшает перегрузки.

Влияние конструктивных параметров на динамические характеристики не имеет однозначного характера и для определения наиболее рациональных параметров требует проведения дальнейших исследований.

Ключевые слова: пропорциональный электрогидравлический распределитель, следящая система, динамические характеристики, золотник второго каскада.

Лозинский Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net.

Билинский Андрей Николаевич, студент факультета машиностроения и транспорта, Винницкий национальный технический университет, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com.

Лозинская Мальвина Николаевна, техник кафедры технологии и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: tam.kafedra@ukr.net

Коломийчук Антон Викторович, студент факультета машиностроения и транспорта, Винницкий национальный технический университет, e-mail: lpm16ms.kolomiychuk@gmail.com