

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАТРОННОГО ПРИВОДА ПРИ ПРОСТОРОВОМУ РУСІ МАНІПУЛЯТОРА

В наведена схема мехатронного привода маніпулятора мобільної машини. Використання контролера створює можливість покращення динамічних характеристик мехатронного привода, що є актуальним для машин різного призначення, оснащених маніпуляторами. Розглянуто просторовий рух маніпулятора, що забезпечується при одночасній роботі мехатронних приводів підйому стріли та повороту. На основі математичного моделювання просторового руху визначені динамічні характеристики приводата показані шляхи їх покращення.

Постановка проблеми. В будівництві та промисловості широко застосовуються мобільні робочі машини з маніпуляторами. Виробники машин налагодили випуск широкої номенклатури змінних робочих органів: різного типу захватів, екскаваторного обладнання, підйомників, гідронозиць та ін. Конструкція маніпулятора та система його приводів визначають, в основному, функціональні можливості мобільної робочої машини, а також її характеристики. Характеристики та ефективність роботи мобільних машин покращується при оснащенні їх мехатронними приводами на основі регульованих насосів та контролерів [1].

Метою роботи є визначення динамічних характеристик мехатронного привода маніпулятор під час просторового руху та розробка заходів по їх покращенню.

На рис. 1 показана схема маніпулятора з мехатронним приводом. Схема включає стойку 1, стрілу 2, рукоять 3, захват 4, гідроциліндри 5, 6 та механізм повороту 7. Маніпулятор змонтований на рамі 8 мобільної машини. Під час виконання робочих операцій рама 8 мобільної машини фіксується відносно опорної поверхні за допомогою аутригерів 10 та 11. Мехатронний привод маніпулятора включає регульований насос 12 з регулятором 13, гідророзподільники 19 та 20, гальмівний клапан 26, адаптивний регулятор 34, датчики тиску 29 та 30. Гідроциліндри забезпечують поворот ланок маніпулятора відносно осей x та z . На ланки маніпулятора діють проекції M_x , M_y , M_z головного моменту зовнішніх сил \bar{M} . Рух маніпулятора визначається проекціями кутових швидкостей ω_x , ω_y , ω_z .

Для дослідження просторового руху маніпулятора та визначення динамічних характеристик мехатронного гідропривода розроблена математична модель [2].

Просторовий рух маніпулятора забезпечується суміщенням обертального руху стойки 1 (див. рис. 1) з рухом стріли 2 або рукояті 3. Розглянута одночасна робота стойки, що приводиться до руху гідроциліндром 23 та стріли, що приводиться до руху гідроциліндром 5. Гідроциліндри 23 та 5 живляться від окремих насосів. Кожний із гідроциліндрів 23 та 5 має індивідуальний привод і швидкості поршнів залежать від відкриття робочих вікон пропорційних розподільних золотників, через які гідроциліндри під'єднані до насосів.

Математична модель маніпулятора дозволяє визначити характеристики просторового руху при одночасній роботі двох гідроприводів. Динамічні

характеристики визначені по перехідним процесам в мехатронному приводі, розрахованим по розробленій математичній моделі із застосуванням програмного пакету Matlab-Simulink. В роботі визначено вплив параметрів приводів та маніпулятора на величину часу регулювання t_p та перерегулювання σ під час запуску маніпулятора в роботу.

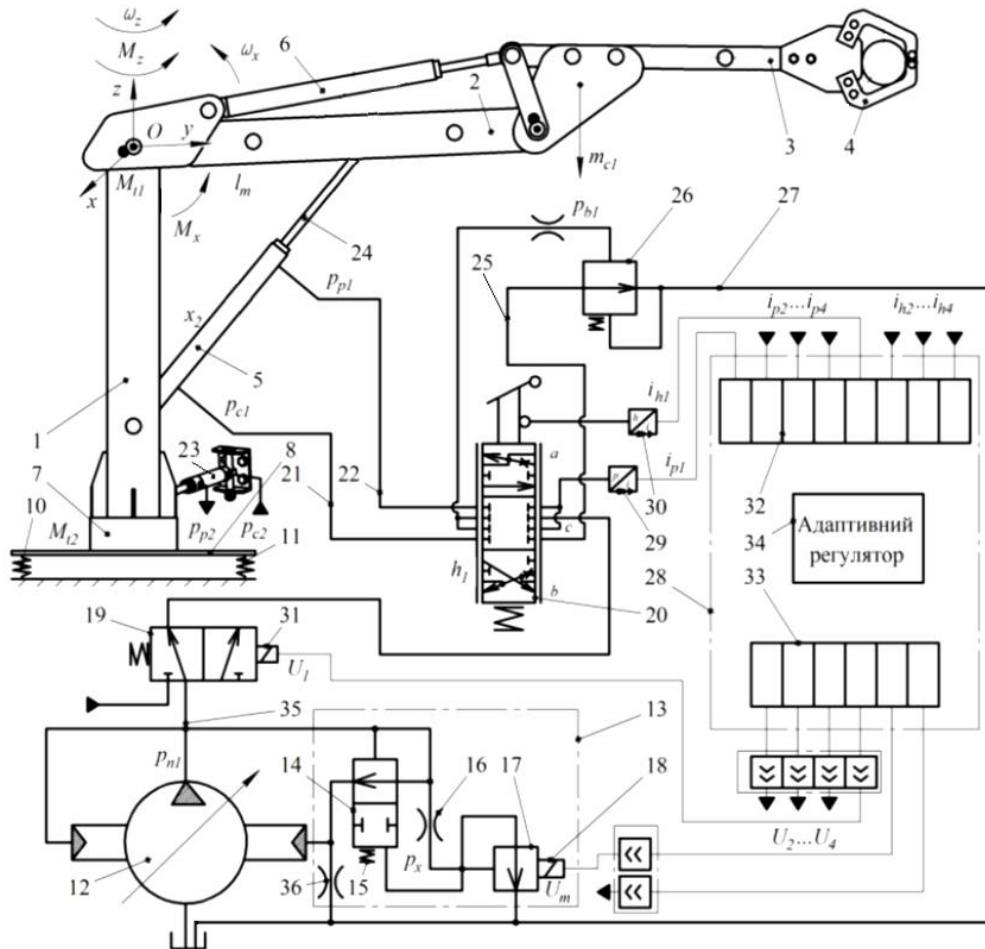


Рис. 1. Схема маніпулятора з мехатронним приводом

На показники якості регулювання при одночасній роботі двох приводів суттєво впливає момент інерції маніпулятора. На рис. 2 розглянуто вплив на час регулювання t_p та перерегулювання σ в приводі підйому стріли при одночасному повороті стійки маніпулятора моменту інерції маніпулятора при різних значеннях компонент I_{xx} та I_{zz} .

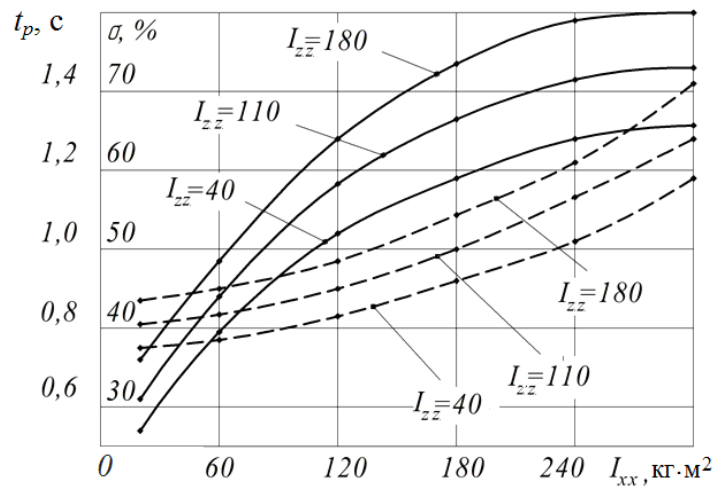


Рис. 2. Залежність часу регулювання t_p (—) та перерегулювання σ (---) від величин I_{xx} та I_{zz} при суміщенні роботи двох приводів

Покращення показників якості в динамічних режимах роботи, перш за все зменшення перерегулювання та часу регулювання, досягається в приводах маніпулятора за рахунок раціонального вибору конструктивних параметрів регулятора насоса. Проведено дослідження впливу основних конструктивних параметрів регулятора насоса на показники якості керування в динамічних процесах при зустрічному навантаженні.

На рис. 3 подано вплив параметрів регулятора насоса: площі дроселя f_0 , площі демпфера сервоциліндра f_e та коефіцієнта підсилення робочого вікна регулятора k_z на час регулювання. Моделювався процес запуску гідроциліндра підйому стріли при одночасному обертанні стойки маніпулятора з усталеною кутовою швидкістю $\omega_z = 0,2$ рад/с.

Дослідження проведені при відкритті робочого вікна пропорційного розподільного золотника $h = 4 \cdot 10^{-3}$ м та зустрічному навантаженні на стрілу маніпулятора $M_x = 2,8 \cdot 10^4$ Н·м, що відповідає величині тиску на вході в гідроциліндр в усталеному режимі $p = 16,0$ МПа. Збільшення параметрів регулятора насоса в діапазонах $f_0 = (1,5 \dots 4,0) \cdot 10^{-6}$ м² та $k_z = (1,5 \dots 6,0) \cdot 10^{-3}$ м зменшує час регулювання. Площа демпфера сервоциліндра f_e впливає на час регулювання неоднозначно. Зміна f_e в діапазоні $(1,0 \dots 2,4) \cdot 10^{-6}$ м² зменшує час регулювання, а подальше її збільшення веде до зростання t_p . В розглянутих діапазонах зміни k_z та f_e збільшення цих параметрів забезпечує зменшення перерегулювання. Зміна площі дроселя f_0 від $1,5 \cdot 10^{-6}$ м² до $3,0 \cdot 10^{-6}$ м² супроводжується зростанням величини перерегулювання σ , а подальше збільшення до значень $4,0 \cdot 10^{-6}$ м² практично не впливає на величину σ .

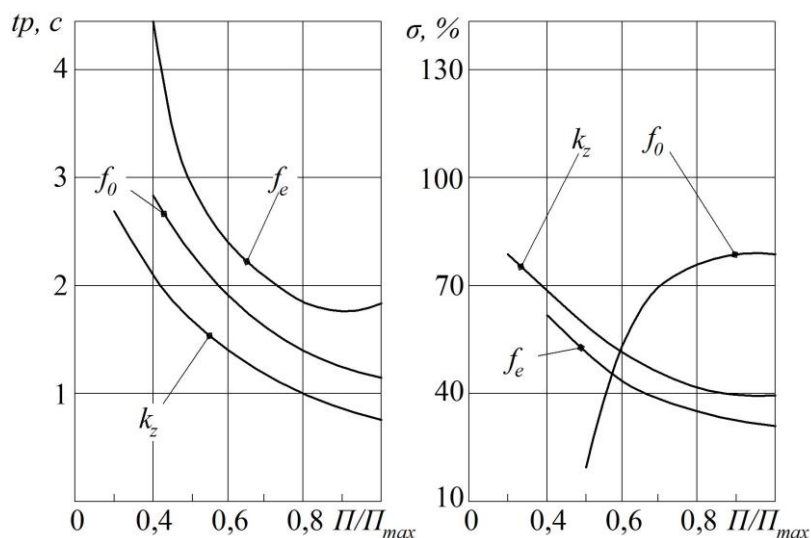


Рис. 3. Вплив параметрів демпфера f_e , дроселя f_0 , коефіцієнта підсилення регулятора насоса k_z на час регулювання t_p та перерегулювання σ

Зміна величини f_b суттєво не впливає на величину перерегулювання σ , збільшення k_b та n_b в розглянутих діапазонах суттєво збільшують величину перерегулювання.

На рис. 4 а подано розрахований перехідний процес при одночасному запуску гідроциліндра механізму повороту маніпулятора та гідроциліндра підйому стріли. В роботі маніпулятора при сполученні конструктивних параметрів регуляторів $f_0=1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $f_e=1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $k_z=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $f_b=1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $k_b=8,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $n_b=0,25$ з мають місце незатухаючі автоколивання із діапазонами кутової швидкості обертання $\omega_x = (-0,05 \dots +6,0) \text{ рад/с}$ та кутової швидкості $\omega_z = (-0,4 \dots +1,0) \text{ рад/с}$. При одночасному запуску приводів повороту та підйому стріли та при сполученні конструктивних параметрів регуляторів $f_0=3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $f_e=2,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $k_z=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ має місце перехідний процес поданий на рис. 4 б. Перехідний процес стійкий, хоча і має коливальний характер, але за чотири коливання швидкість руху стріли встановлюється рівною $\omega_x = 0,5 \text{ рад/с}$, швидкість руху стойки маніпулятора стабільна та має значення $\omega_z = 0,2 \text{ рад/с}$.

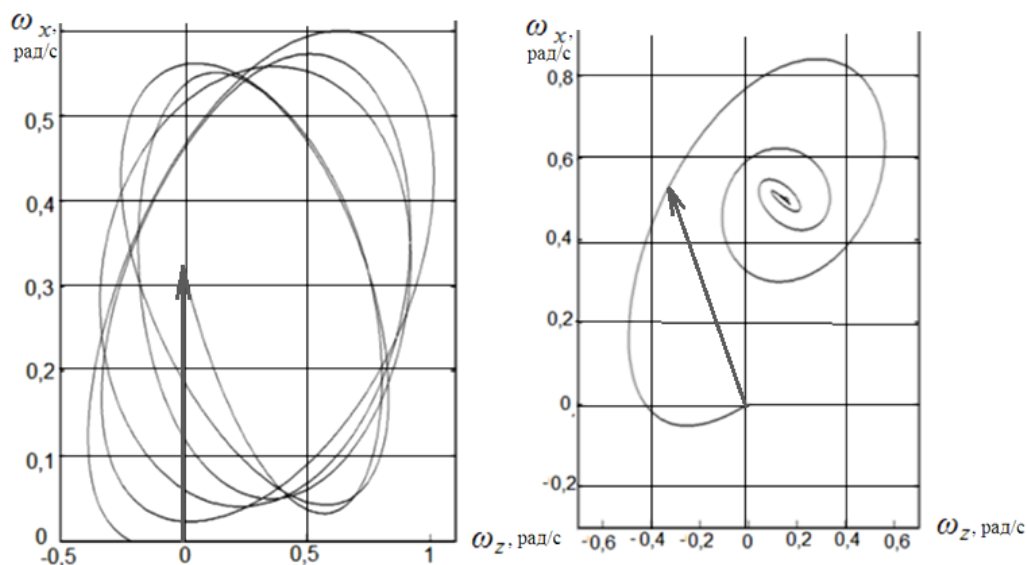


Рис. 4. Залежність кутової швидкості руху маніпулятора від часу роботи
а – на межі стійкості;
б – при стійкому русі.

Висновок. Виявлено, що при одночасній роботі двох приводів, що взаємодіють через конструкцію маніпулятора, перехідні процеси проходять при інтенсивних коливаннях, параметри яких залежать від режимів роботи. Динамічні характеристики мехатронного привода можуть бути покращені за рахунок раціонального вибору конструктивних параметрів, що лежать в діапазонах: $f_0=(1,8...2,5)\cdot 10^{-6}$ м², $f_e=(1,6...2,0)\cdot 10^{-6}$ м², $k_z=(4...6)\cdot 10^{-3}$ м

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлов Л. Г. Зменшення втрат потужності в гідравлічних системах мобільних машин / Л. Г. Козлов // Наукові нотатки ЛНТУ. – 2011. – №4. – С. 101 – 107.
2. Козлов Л.Г. Про можливість покращення динамічних характеристик мехатронного привода мобільної машини / Л. Г. Козлов // II Міжнародна науково-технічна конференція „Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування” Збірник тез доповідей. - Вінниця. – 2016. – №4. – С. 112 – 117.

Козлов Леонід Геннадійович – д. т. н., доцент, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет.