

ВИКОРИСТАННЯ CAE/CAD КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ MATLAB-SIMULINK ТА КОМПАС 3D ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОАПАРАТУРИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Л.Г. Козлов, О.В. Петров

Вступ

Більшість вітчизняних мобільних машин оснащується нерегульованими гідросистемами на базі шестеренних насосів та гідророзподільників релейного типу [1]. Такі гідросистеми добре працюють в нерегульованих режимах, але в разі необхідності змінювати швидкість руху робочих органів виникають непродуктивні втрати. Разом з тим розвиток технологій, що застосовується в сільському господарстві, будівництві та в галузях металообробки вимагає застосування гідросистем з регульованими параметрами [2]. В сучасних мобільних машинах знаходять все ширше застосування гідросистеми нового покоління, які називають гідросистемами з LS-регулюванням. Такі гідросистеми забезпечують підвищення економічності роботи машин та якості виконуваних робіт [3]. На сьогоднішній день виробництво гідроагрегатів для гідросистем з LS-регулюванням в Україні не налагоджене, тому гостро стоїть проблема розробки сучасних конструкцій гідроагрегатів.

Постановка задачі та об'єкт моделювання

Одним із основних елементів гідросистеми з LS-регулюванням є розподільник спеціальної конструкції, складовою частиною якого є запобіжно-переливна секція [4]. Розробка та оптимізація конструкції запобіжно-переливної секції гідророзподільника для гідросистем з LS-регулюванням – це складний та достатньо тривалий процес, пов'язаний з точним конструкторським проектуванням та громіздким математичним моделюванням робочих процесів. Сучасні CAD та CAE системи дозволяють значно прискорити цей процес. Отже, актуальним є питання про найкоротші терміни розв'язання таких задач: розробка схеми запобіжно-переливної секції гідророзподільника для гідросистем з LS-регулюванням; розробка математичної моделі гідросистеми з LS-регулюванням; отримання залежностей змінних стану від часу, що дозволяють вивчити поведінку гідросистеми у динамічних та статичних режимах; дослідження впливу основних параметрів запобіжно-переливної секції на характеристики гідросистеми; визначення оптимальних конструктивних параметрів запобіжно-переливної секції, створення на основі отриманих результатів 3-вимірної моделі клапана та розробка робочих креслень деталей.

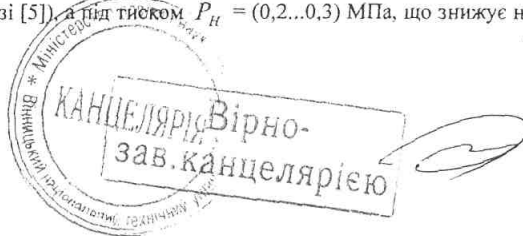
Мета дослідження

Основною метою дослідження є визначення таких конструктивних параметрів переливного клапана запобіжно-переливної секції гідророзподільника, що забезпечують мінімальний час перехідного процесу, тобто здатність гідроагрегата швидко реагувати на зміни тиску, що безперервно відбуваються у гідросистемі під час її експлуатації.

Розробка математичної моделі

На рис. 1 показана схема гідросистеми, в якій використовується гідророзподільник із запобіжно-переливною секцією розробленою у ВНТУ. Схема включає насос 1, розподільник 2, гідроциліндр 3, запобіжно-переливну секцію 4. Запобіжно-переливна секція включає переливний клапан 5 з золотником 6, плунжером 7, пружинами 8 та 9, а також запобіжний клапан 10 з пружиною 11.

Секція забезпечує роботу гідросистеми в трьох режимах: режимі перепуску, режимі регулювання та режимі перевантаження. Перевагою розробленої запобіжно-переливної секції перед аналогами є те, що подача робочої рідини від насоса в бак в режимі перепуску відбувається не під перепадом ΔP_p (як у відомому аналізі [5]), а під тиском $P_H = (0,2...0,3)$ МПа, що знижує непродуктивні витрати потужності в гідросистемі.



КОПІЯ

$$\frac{dy}{dt} = P_{II} \cdot \frac{f_{pl}}{b} - \frac{c_1 \cdot H_1}{b} - y \cdot \frac{c_1}{b}$$

де Q_H – величина витрат насосу 1, P_H – тиск в лінії нагнітання, P_{II} – тиск в циліндрі 3, P_D – тиск в камері 14, W_H – об'єм рідини в лінії нагнітання, W_{II} – об'єм рідини в поршневі камері циліндра 3, W_D – об'єм рідини в камері 14, D_{II} – діаметр поршня циліндра 3, d_K, d_X – діаметри золотника 6, m_{II} – маса поршня циліндра 3, m_K – маса золотника 6, V – швидкість переміщення поршня циліндра 3, V_K – швидкість переміщення золотника 6, f_0 – площа дроселя золотника 6, f_{op} – площа робочого вікна розподільника, f_{pl} – площа плунжера 7, x – координата положення золотника 6, y – координата положення плунжера 7, z – координата положення поршня циліндра 3, b – коефіцієнт в'язкого демпфування золотника 6, b_{II} – коефіцієнт в'язкого демпфування штока циліндра 3, β – коефіцієнт, що враховує сумарну деформацію газорідинної суміші та гумометалевих рукавів, α – величина кута нахилу робочої кромки золотника 6, ρ – густина робочої рідини, c – жорсткість пружини 8, μ – коефіцієнт витрат; c_1 – жорсткість пружини 9, H – попереднє стиснення пружини 8, H_1 – попереднє стиснення пружини 9.

Отримана математична модель дозволяє проводити необхідні проектування та обчислення із застосуванням сучасних CAD та CAE систем.

Математичне моделювання та проектування у середовищах CAE та CAD систем

Для розрахунків та математичного моделювання процесів, дослідження динамічних та статичних характеристик у системі використано пакет MATLAB, а саме один з його модулів Simulink [6]. Модуль Simulink спеціально призначено для розв'язання диференціальних рівнянь, на зразок тих, що описані системою рівнянь (1). Головний блок, що візуально відтворює метод розв'язання системи диференціальних рівнянь (1) показано на рис. 2.

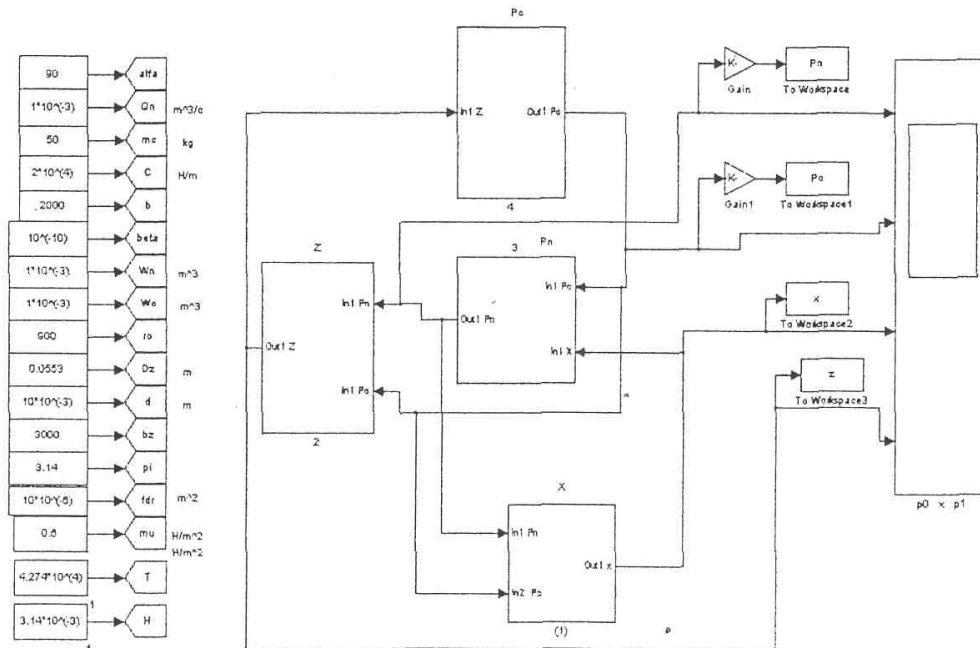
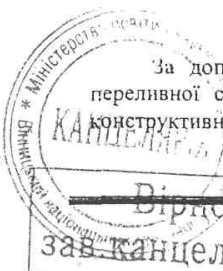


Рис. 2. Вигляд головного блока розв'язання системи диференціальних рівнянь

За допомогою математичної моделі визначено вплив конструктивних параметрів запобіжної-переливної секції на динамічні характеристики гідросистеми з LS-регулюванням. Діапазони змін конструктивних параметрів були такими: величина кута нахилу робочої кромки золотника $\alpha = 45...90^\circ$.



Вірно
зав. канцелярією

величина демпфування золотника клапана $b = 30...3000 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$, величина діаметра золотника клапана $d_K = (10...20) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

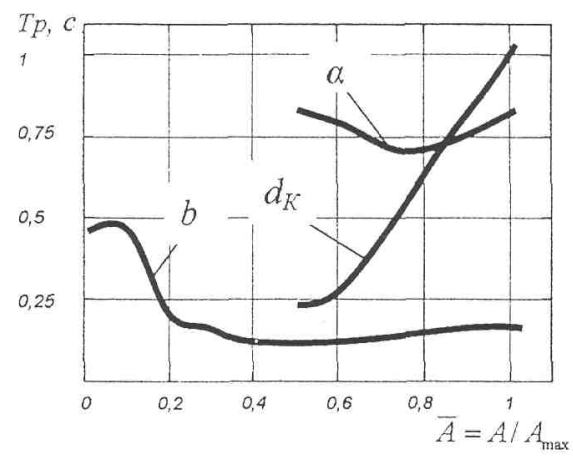


Рис. 3. Вплив параметрів клапана на час перехідного процесу в гідросистемі

На рис. 3 відкладено значення безрозмірних параметрів $\bar{A} = A/A_{\max}$, де A – поточне значення параметрів, A_{\max} – максимальне значення параметрів. Подана залежність дозволяє зробити висновки про вплив конструктивних параметрів переливного клапана на його динамічні характеристики та час перехідного процесу T_p . Збільшення величини діаметра золотника клапана веде до збільшення часу перехідного процесу (регулювання) у гідросистемі. З точки зору забезпечення мінімального часу регулювання слід рекомендувати b з діапазону $(0,2...1,0)b_{\max}$. Збільшення кута нахилу робочої кромки α з $0,5 \cdot \alpha_{\max}$ до $0,8 \cdot \alpha_{\max}$ знижує час регулювання, а від $\alpha = 0,8 \cdot \alpha_{\max}$ до $\alpha = 1,0 \cdot \alpha_{\max}$ підвищує час регулювання.

Виходячи із аналізу отриманих залежностей можна рекомендувати при конструюванні переливного клапана для гідросистем з LS-регулюванням вибирати такі сполучення конструктивних параметрів: величина кута нахилу робочої кромки золотника $\alpha = 0,8 \cdot \alpha_{\max}$, величина демпфування золотника клапана $b = (0,2...0,4) \cdot b_{\max}$, величина діаметра золотника клапана $d_K = (0,5...0,6) \cdot d_{K_{\max}}$ (див. рис. 4).

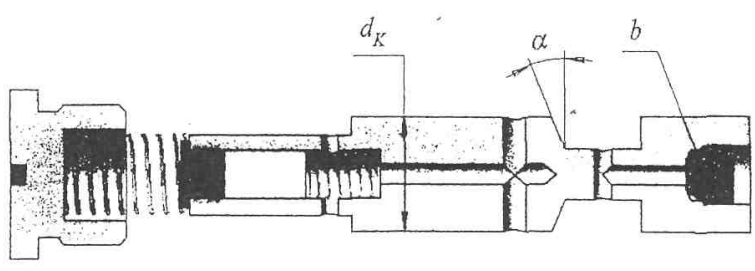


Рис. 4. Конструкція золотника переливного клапана запобіжно-переливної секції гідророзподільника

Визначені значення конструктивних параметрів використані при створенні тривимірної моделі запобіжно-переливної секції гідророзподільника (див. рис. 5). Значення параметрів α , b та d_K передаються із середовища MATLAB в середовище КОМПАС, що дозволяє трансформувати тривимірну модель секції в залежності від вимог до гідророзподільника. Наявність комплексу програмних засобів MATLAB-КОМПАС надає конструктору можливості в короткі терміни досліджувати робочі процеси в гідросистемі з LS-регулюванням та оперативно вносити зміни в конструкцію розподільника, що значно полегшує та прискорює його роботу.

Вірно-
зав. канцелярією

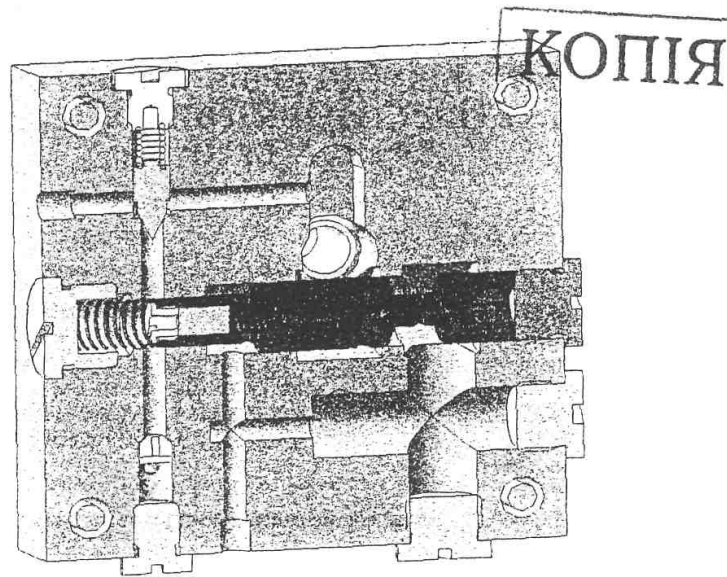


Рис. 5. Конструкція запобіжно-переливної секції гідророзподільника для гідросистем з LS-регулюванням

Для розробки конструкції використано програмний продукт Компас 5.11.R03 російської фірми „Аскон” [8]. Виходячи з необхідних конструктивних складових та традиційних вимог проектування подібних елементів побудована 3D-модель запобіжно-переливної секції.

Висновки

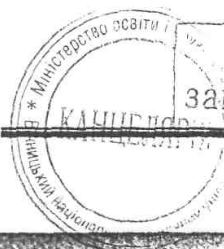
1. Розроблена математична модель дозволяє вивчити динамічні процеси в гідросистемі та визначити конструктивні параметри, що забезпечують необхідні характеристики гідророзподільника.
2. САЕ/САD комплекс на базі MATLAB та КОМПАС дозволяє використовувати результати моделювання при конструюванні запобіжно-переливної секції гідророзподільника, що суттєво прискорює розробку гідроапаратури нового покоління.

Список літератури

1. Малинский И.М., Ярош С.Д., Флеер Д.Е. Объединённые гидравлические системы с/х тракторов. – М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1981 – Вып. 6. – 36с.
2. Ведерников В.В. Основные направления комплексной гидрофикации сельхозмашин // тракторы и сельхозмашины. – 1982. – №9. – С.14-16.
3. Jonson. Load-sensing systems control speed accurately // HYDRAULICS & PNEUMATICS. – 1995. – MARCH. – P.33-36.
4. Drive and Control Systems for Combine Harvesters and Forage Harvesters. - Bosch Rexroth AG, 2001, RE 98071.
5. Drive and Control Systems for Commercial Vehicles. - Brueninhaus Hydromatic, 1998, RE 98075.
6. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. – М: Диалог-МИФИ, 2003.
7. Богуславский А.А. Учимся моделировать и проектировать в КОМПАС-3D LT: Учебное пособие. – Коломна: КГПИ. – 2002.

Козлов Леонід Геннадійович, к.т.н., доцент, декан факультету Технології, автоматизації та комп'ютеризації машинобудування Вінницького національного технічного університету, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел. (0432) 44-03-23, E-mail: ftakm@iunt.vstu.vinnica.ua

Петров Олександр Васильович, аспірант Інституту магістратури, аспірантури та докторантури Вінницького національного технічного університету, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел. (0432) 53-84-96, E-mail: petrovov@ukr.net.



Вірно-
зав. канцелярією