

УДК 621.654

В.П. Пурдик, О.Л. Брицький
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕГУЛЯТОРА ВИТРАТИ З
ПОЛІМЕРНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

Виконано імітаційне дослідження регулятора витрати з робочим органом з полімерного матеріалу, досліджено динамічні процеси регулювання витрати рідини.

Ключові слова: регулятор витрат, математична модель, дросель, статична характеристика, Перехідний процес, Рис. 4. Форм. 7. Літ. 5.

В.П. Пурдик, А.Л. Брицко
ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА
С ПОЛИМЕРНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Выполнено имитационное исследование регулятора расхода с рабочим органом из полимерного материала, исследованы динамические процессы регулирования расхода жидкости.

Ключевые слова: регулятор витрат, математична модель, дросель, статична характеристика, перехідний процес,

V. Purdyk, O. Brytskyy
MATHEMATICAL MODELING FEATURES Flow regulator with polymer working bodies

The simulation study the flow controller with a working body of polymeric material studied dynamical processes control the flow of liquid.

Keywords: cost control, mathematical model, throttle, static characteristics, transient

Вступ. В переважній більшості приводів технологічних машин та автоматизованих ліній різних галузей промисловості є необхідність регулювання швидкості виконавчих органів або середовища, що є предметом виробництва чи постачання. Для реалізації такої задачі використовуються регулятори витрати, які забезпечують постійне значення величини потоку незалежно від зміни робочих режимів. Конструктивно існуючі регулятори [1, 2], як правило, містять в якості робочих органів точні спряжені елементи (золотникові пари, клапанні елементи та інші.), що призводить до ускладнення конструкції та технології їх виготовлення і ремонту, а також знижує надійність роботи по причині чутливості до чистоти робочої рідини або середовища, що є предметом регулювання.

В значній мірі ліквідувати негативні фактори на роботу регулятора витрати дозволяє використання нетрадиційних конструкцій робочих органів, виготовлених із полімерних матеріалів [3,4]. Так як цей напрямок техніки недостатньо вивчений, тому має місце актуальність розробки методів розрахунку характеристик полімерних робочих органів, а також статичних та динамічних характеристик самого регулятора на основі всебічного дослідження особливостей його функціонування в реальних конструкціях технологічних машин.

Основні результати дослідження. Розроблена конструктивна схема регулятора витрати з полімерним робочим органом зображена на рисунку 1, складається з корпусів 1 та 2 на корпусі 1 жорстко закріплений робочий орган 3, у вигляді тонкостінної циліндричної оболонки, також в корпусі є постійний дросель 6. На внутрішній поверхні корпуса 2 розміщені кільцеві виступи 4 які формують змінний дросель з зовнішньою поверхнею полімерного робочого органу, який являє собою кільцевий зазор зв'язаний із вихідним каналом 5.

У сталому режимі регулятор витрати підтримує необхідну задану постійну витрату на виході. При подачі на вихід регулятора витрати збурюючої дії виникає перепад тиску на дроселі 6, що призводить до порушення рівноваги сил на робочому органі 3 в результаті чого він деформується і змінює площу робочого вікна змінного дроселя, як наслідок витрата з порожнини А через дросель 6 в порожнину Б, на виході залишається постійною.

Розрахункова схема регулятора витрати з полімерним робочим органом, що представляє собою два послідовно з'єднані дроселі постійний та змінний. Змінний дросель забезпечує постійний перепад тиску за рахунок зміни площі прохідного перетину робочого вікна внаслідок деформації робочого органу (рисунку 1).

При розробці математичної моделі прийняті наступні припущення [5]:

- коефіцієнт витрати величина постійна;
- об'єм робочого органу незмінний;
- робочий орган - лінійно-пружне тіло;
- площа торцевої поверхні керуючого органа не враховується;

© В.П. Пурдик, О.Л. Брицький

– площа робочого вікна змінного дроселя зв'язана з переміщенням керуючого елемента лінійною залежністю.

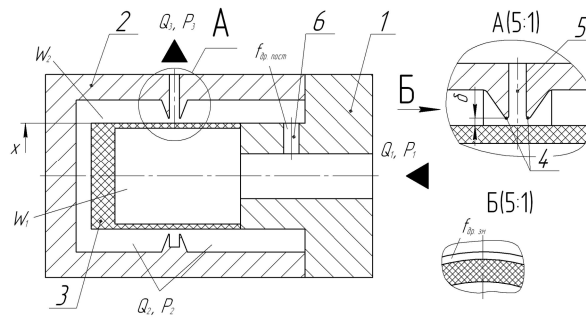


Рис. 1. Конструктивна схема регулятора

Розглянемо рівняння нерозривності потоку, через постійний дросель описується рівнями (1), (2) та через змінний дросель рівняннями (3), (4):

$$Q_1 = Q_2 + kW_1 \frac{dp_1}{dt} + f \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

$$Q_2 = \mu \cdot f_{др.пост.} \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)} \quad (2)$$

$$Q_2 = Q_3 - kW_2 \frac{dp_2}{dt} - f \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

$$Q_3 = \mu \cdot f_{др.зм.} \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_2 - p_3)} \quad (4)$$

де Q_1, Q_2, Q_3 – витрати через дроселі РВ;

W_1, W_2 – об'єми порожнин РВ;

k – коефіцієнт стиснення рідини;

μ – коефіцієнт витрати;

$f_{др.пост.}$ – площа постійного дроселя;

$f_{др.зм.}$ – площа змінного дроселя.

ρ – густина рідини.

Розглянемо рівняння рівноваги (5) та (6) робочого органу:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} + cx = f \cdot p_1 + f \cdot p_2 \quad (5)$$

$$c = \frac{\Delta p}{x} \quad (6)$$

де p_1, p_2 – тиски у вхідній та проміжній порожнинах РВ;

m – маса керуючого елемента;

f – зведена площа керуючого органу в радіальному напрямі;

β – коефіцієнт демпфування робочого органу в рідинному середовищі;

x – радіальне переміщення поверхні оболонки в перетині, що формує робоче вікно змінного дроселя;

Δp – перепад тиску на постійному дроселі ($\Delta p = p_1 - p_2$)

c – жорсткість робочого органу в радіальному напрямі.

Динаміка регулятора витрати описується такою системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} + cx = f_{\text{вх}} \cdot p_1 + f_{\text{др.пост.}} \cdot p_2, \\ Q_1 = \mu \cdot f_{\text{др.пост.}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)} + kW_1 \frac{dp}{dt} + f \frac{dx}{dt}, \\ Q_2 = \mu \cdot f_{\text{др.зм.}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_2 - p_3)} - kW_2 \frac{dp}{dt} - f \frac{dx}{dt}. \end{cases} \quad (7)$$

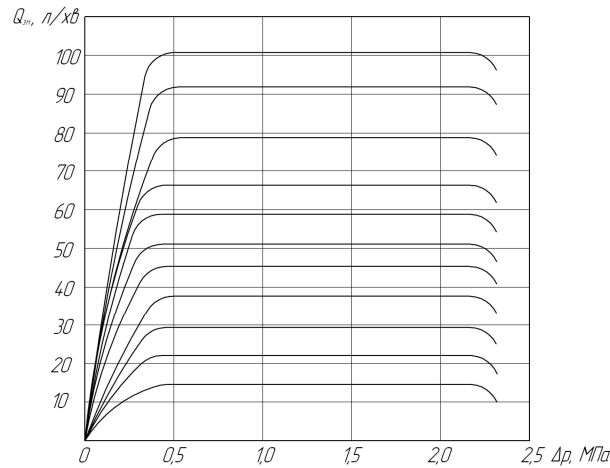


Рис. 2. Статична характеристика регулятора витрати

Дана система диференціальних рівнянь (7) розв'язана за допомогою MATLAB-Simulink. В результаті імітаційного дослідження отримано статичну характеристику (рисунок 2) регулятора витрати із полімерним робочим органом з якої можна визначити діапазон перепаду тиску при якому змінний дросель буде адекватно відпрацьовувати реакцію на збурюючу дію ($\Delta p = 0,3 \dots 2$ МПа для $Q = 2 \dots 100$ л/хв.)

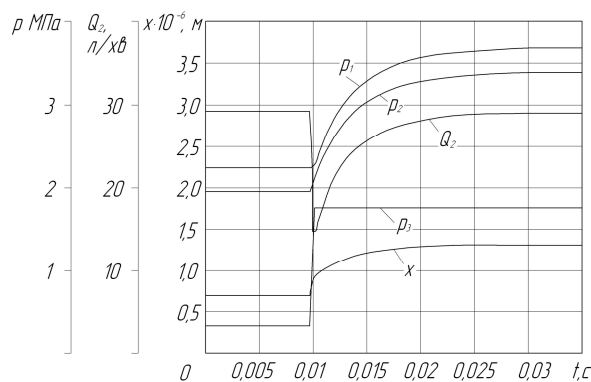


Рис. 3. Перехідний процес в РВ

В процесі імітаційного дослідження динамічних процесів регулятора витрати з полімерним робочим органом отримані осцилограми перехідного процесу одна з яких представлена на рисунку 3. Представлена осцилограма відтворює процес регулювання витрати при ступінчастому збурюючому сигналі на вході.

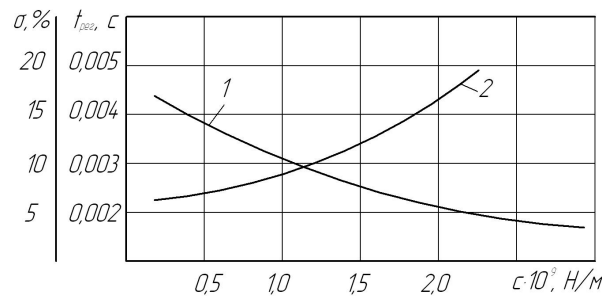


Рис. 4. Залежність часу регулювання (крива 1) та відносного перерегулювання (крива 2) витрати від жорсткості робочого органу

Висновки. Математичне моделювання динамічних процесів регулятора витрати з полімерним робочим органом показало, що з підвищенням жорсткості робочого органу час регулювання витрати (крива 1) зменшується, а величина перерегулювання (крива 2) збільшується по залежностях зображених на рисунку 4, підтверджено прийняті припущення та визначено вплив маси робочого органу, визначені оптимальні конструктивні параметри та їх співвідношення ($W_1=0,5W_2$, $c=2,5 \cdot 10^9$ Н/м, $f_{\text{др.пост.}}=19,6 \cdot 10^{-6}$ м,).

1. Коробочкин Б.Л. Динамика гидравлических систем станков. – М., Машиностроение, 1976, – 240 с.
2. Попов Д.Н. Динамика регулирование гидро- и пневмосистем. – М., Машиностроение, 1976, – 424 с.
3. Р.П. Кириков / Исследования и разработка гидрораспределителей с упругими оболочками для гидроприводов дорожных и строительных машин: Диссертационная работа, Омск, 1977. – 187с.
4. А.Н. Гаврилов / Адаптивные регуляторы расхода с высокоэластичными оболочками: Диссертационная работа/ , 1993. – 145 с.
5. В.Б. Петров / Эластические элементы в устройствах управления гидромеханизмов технологических машин: Диссертационная работа, Винница, 1986. – 272 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013.