

- підтримання гальмівного моменту на рівні, необхідному для уповільнення автомобіля;
- перерозподілу гальмівного зусилля між системою рекуперативного гальмування та фрикційною гальмівною системою;
- підтримання крутного моменту, на рівні необхідному для заряджання акумуляторної батареї.

У даній гальмівній системі жорсткий зв'язок між педаллю гальма і гальмівними колодками забезпечується за допомогою пневмопривода. Принципова схема запропонованої системи керування представлена на рис. 3. Стиснуте повітря з балонів-акумуляторів через редуційний клапан направляється системою керування, що складається з перепускних клапанів 14 та 16, робота яких управляється за допомогою педалей 13 та 17, що ерганомічно розташовані на місці водія. Клапан 14 являється органом керування подачі стиснутого повітря до пневмодвигуна через дросельну заслінку 15, який, в свою чергу, з'єднаний з атмосферою. Клапан 16 є керівним органом пневматичної гальмівної системи, що здійснює керування одночасно всіма опорами на яких розташовані вказані гальма. Для розгальмування системи клапан 16 має з'єднання з атмосферою.

Рішення про інтенсивність і спосіб гальмування приймає система керування на підставі аналізу дій водія та характеру руху автомобіля. Система рекуперативного гальмування також взаємодіє з антиблокувальною системою гальм, системою розподілу гальмівних зусиль, системою курсової стійкості, підсилювачем екстреного гальмування.

#### **УДК 621.87**

**Володін С.О., Мирончук В.Г., проф., д.т.н.,**

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО ПРИВОДА ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ**

Об'єктами дослідження є автоматизовані системи управління технологічними потоками цукрового виробництва на основі елементів трубопровідної арматури з розподіленою технологічною схемою і нестаціонарними режимами роботи.

Предметом дослідження є математичні моделі елементів і пристроїв системи управління дисковою заслінкою з електропневматичним позиційним приводом (ЕППП), методи синтезу і реалізації систем керування, з метою отримання оптимального управління по швидкодії в реальному часі.

В роботі поставлена науково-технічна проблема синтезу і реалізації оптимального за швидкодією режиму роботи елементів трубопровідної арматури і пристроїв автоматизованих систем цукрового виробництва, які характеризуються суттєво нелінійними властивостями і значним транспортним запізненням. Для досягнення мети: формалізовано задачу оптимального управління в автоматизованій системі ділянки цукрового технологічного процесу з розподіленою технологічною схемою і обмеженими обчислювальними ресурсами інформаційно-вимірювальними пристроями (рис.1); виконано синтез математичних моделей системи керування дисковою заслінкою, з урахуванням нелінійних властивостей технологічного об'єкта, при ефекті транспортного запізнення і обмежень аналого-цифрового перетворення сигналів у вимірювальних каналах; вирішено завдання вибору критерію оцінки якості управління та адекватності моделей на основі обчислених трендів за експериментальними даними експлуатованих систем на розробленому стенді (за схемою рис.1). На рис.1 представлена функціональна схема експериментального стенду трубопровідної арматури електропневматичної підсистеми регулювання в трубопроводі із рідинним продуктом.

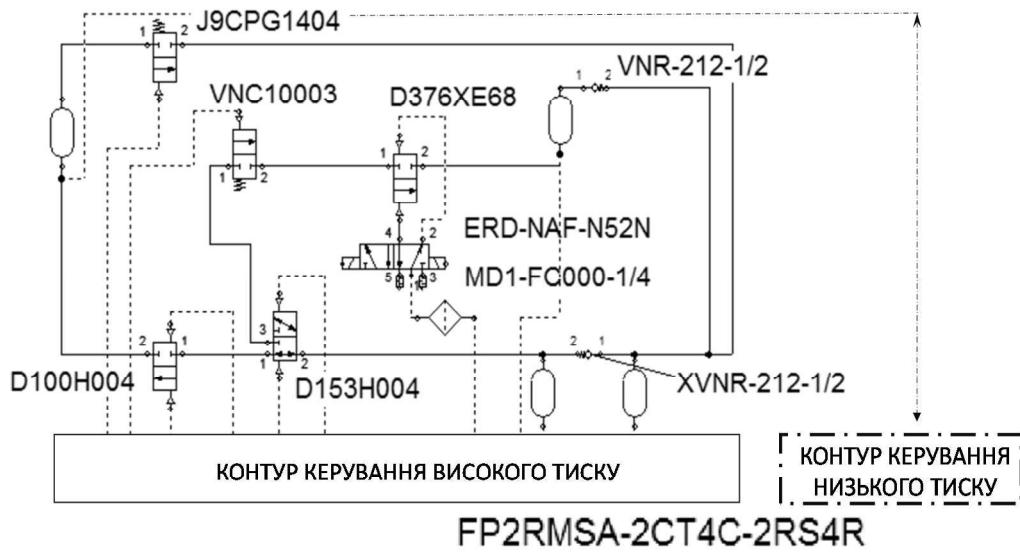


Рис.1 - Схема експериментального стану трубопровідної арматури електропневматичної підсистеми регулювання в трубопроводі.

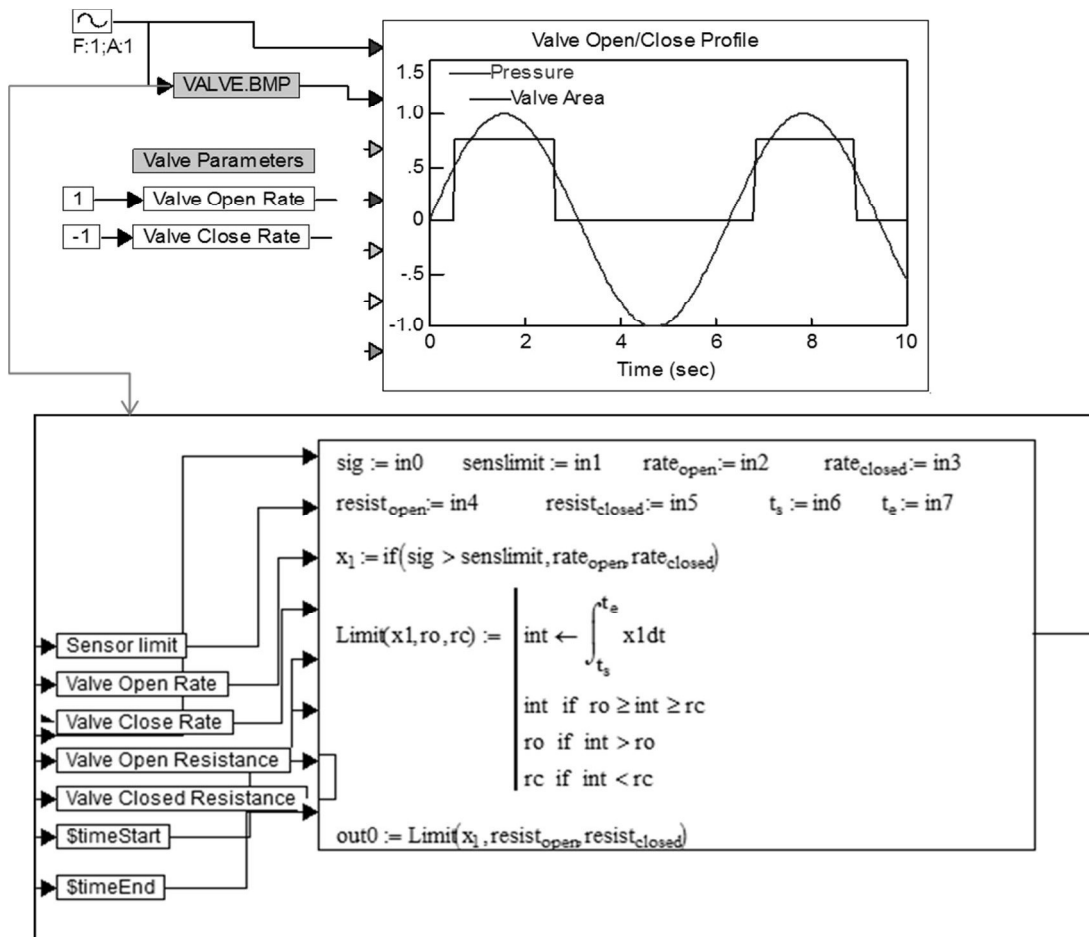


Рис.2 – Комп'ютерне моделювання реакції цифрового ЕППП на ступеневий вхідний вплив в ПП .VisSim.

Стенд укомплектовано елементами трубопровідної арматури Камоці, зокрема дисковою міжфланцевою заслінкою D376XE68 з позиційним проводом ERDNAF-N52N

(сигнал керування 4-20мА). Емпіричними методами проведено розрахунок витратних характеристик для оцінки роботи регулюючих клапанів і запірних елементів. Досліджено моделі об'єкта регулювання рис.1 на експериментальному стенді: 1-го типу - має постійний об'єм, витрата робочого середовища напрямлена у ресивер і визначається перепадом тисків; 2-го типу - має змінний об'єм, і процес витікання робочого середовища визначається гідродинамічними законами. Залежно від величини сигналу позиціонера 4-20мА змінюється кут повороту дискової міжфланцевої заслінки і як наслідок умовний прохід і пропускна здатність трубопроводу.

Традиційно в процесі синтезу законів і алгоритмів керування системами продуктопроводів прийнято використовувати прості лінійні математичні моделі об'єктів управління (ОУ), як правило, другого порядку, з урахуванням транспортного запізнювання сигналу управління. Дійсно, при виконанні умов експлуатації системи продуктопроводу, використання класичних методів управління лінійними системами другого порядку цілком виправдано. Для цього достатньо синтезувати ПД-закон, розрахувати параметри одним з відомих методів: наприклад, забезпечити відповідність коефіцієнтів характеристичного рівняння коефіцієнтам Баттерворда або вирішити рівняння Ріккати щодо параметрів регулювання. Проблема нелінійності релейного елемента вирішується за допомогою гармонійної лінеаризації, яку частіше застосовують при використанні ШІМ[1,2]. Однак умови експлуатації можуть не тільки істотно змінити параметри системи, але й надати нелінійність залежності самих параметрів від стану системи і зовнішніх чинників. З огляду на можливості ПЛК, сучасні рішення в галузі управління можуть базуватися на максимально можливій інформації про параметри об'єкта як в синтезі управління, так і в моделюванні. Тому в цьому матеріалі розглянуто питання аналізу математичної моделі системи трубопроводного транспортування продукту.

В результаті аналізу отриманих реакцій ЕППП на ступінчасті і гармонійні вхідні впливи і впливу збурюючих впливів можна зробити висновок, що структура з контуром регулювання положення забезпечує необхідну динамічну точність при відтворенні колових частот до 3 рад/с. Необхідна статична точність досягається при малих запасах стійкості ЕППП. Для підвищення запасів стійкості доцільно зменшити коефіцієнт посилення контуру положення ЕППП, а для підтримки динамічної точності в керуючій частини запропонованої структури ЕППП - застосувати нелінійні закони регулювання в ланцюзі корекції вхідного впливу і в ланцюзі формування коефіцієнтів регуляторів.

#### Список літератури

1. *Beater Peter. Pneumatic Drives. System Design, Modelling and Control / Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. — 324 p.*
2. *Мартинов Г.М., Сосонкин В.Л. Концепція числового програмного управління мехатронними системами: проблема реального часу // Мехатроника, 2000. № 3, с.37–41.*

**УДК 621.87**

**Володін<sup>1</sup> О.С., Гнатів<sup>2</sup> Т.Т., Кривопляс-Володіна<sup>2</sup> Л.О., к.т.н., доцент**

1 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

2 - Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

### **СИНТЕЗ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ З ПРОПОРЦІЙНИМ РЕГУЛЯТОМ ТИСКУ**

Пакувальні машини-автомати, які працюють з одного рулону, застосовуються зазвичай для малопорційних систем пакування сипучої, рідкої, пастоподібної і дрібноштучної продукції в трьохшовні пакети, що виготовляються з різних термозварювальних або