

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВОРОТНОЇ ЗАСЛІНКИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВИТРАТ ВЕЛИКИХ ПОТОКІВ

© Кріль С.О., 2014

Розглянуто переваги застосування поворотної заслінки для регулювання витрат великих потоків, моделюються динамічні характеристики поворотної заслінки у комплексі з частотно керованим електроприводом.

Ключові слова: поворотна заслінка, регулювання тиску, магістральний нафтопровід, нафтоперекачувальна станція, виконавчий механізм, частотний перетворювач, динамічна характеристика.

The positive aspects of using a butterfly valve to control the outlet pressure of the oil pumping station are discussed in the article. The importance of the pressure control in oil pipeline to ensure its safe operation is emphasized. The dependence of the differential pressure on the butterfly valve, which was experimentally obtained in the oil pipelines in operation, is also analyzed in this article. The uneven impact of butterfly valve on the hydrodynamic regime of the main oil pipeline is demonstrated. The article points out the need to change velocity of the butterfly valve rotation especially in the inefficient and too large throttling areas.

Key words: Butterfly valve, pressure control, main oil pipeline, oil pumping station, actuator, frequency converter, dynamic characteristic.

Постановка завдання

Для багатьох промислових процесів необхідним є регулювання витрат рідин та газів. Для цього застосовуються регулювальні органи різної конструкції та призначення. Це клапани, крани, засувки та заслінки. У разі великих витрат переважно застосовуються одно- та двосідлові клапани. Проте за збільшення діаметра трубопроводу з'являються недоліки їх застосування – це значний гідравлічний опір у відкритому стані, великі розміри та висока ціна. Ці недоліки можна виправити, застосовуючи для регулювання витрат великих потоків поворотну заслінку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В [1] досліджується вплив зміни часу закриття запірної засувки на перехідний процес у нафтопроводі. Поворотна заслінка має подібну характеристику, тому доцільно дослідити можливість зміни часу повного ходу поворотної заслінки для її застосування у регулюванні витрат великих потоків.

Формулювання цілі статті

Мета роботи – дослідити доцільність та переваги застосування поворотної заслінки для регулювання витрат великих потоків.

Виклад основного матеріалу

Найпоширенішими регулювальними пристроями є клапани – односідлові та двосідлові. Односідлові клапани найпростіші за конструкцією. Однак через неврівноваженість плунжерів і великого гідравлічного опору для клапанів більших діаметрів характерні великі габарити та розміри і потужність приводу. Пропускна здатність односідлових клапанів приблизно в 1,5 раза нижча, ніж у двосідлових. Тому для регулювання на трубопроводах, навіть середніх діаметрів, вони не застосовуються. Перевагами двосідлових регулювальних клапанів є невеликі зусилля по штоку, що дає змогу застосовувати виконавчі механізми невеликої потужності, доволі великої пропускної здатності, легкості одержання будь-якого виду витратної характеристики для узгодження з

технологічним об'єктом. Двосідлові клапани за своїми параметрами придатні для регулювання тиску на трубопроводах діаметром до 800 мм. Однак двосідлові клапани трудомісткі в обробці сідел і плунжерів; мають порівняно більші габаритні розміри й металомісткість, їх складно обслуговувати (розбирання і ремонт трудомісткі). Основним недоліком є те, що перепад тиску на клапані обмежений до 1,5 МПа.

Завдяки простоті конструкції, низькій вартості та трудомісткості, мінімальній конструктивній довжині вставної частини у поєднанні з великою пропускною здатністю поворотні заслінки стали витіснити традиційні двосідлові клапани на трубопроводах з великим діаметром. Поворотна заслінка здійснює регулювання потоку розміщеним у вставній частині диском, який обертається. Поворотна заслінка характеризується малим опором потоку у положенні повного відкриття, а отже, і більшою пропускною здатністю. Проте переваги застосування поворотної заслінки нівелюються основним її недоліком – нелінійною статичною характеристикою. На рис. 1 відображена експериментально знята залежність перепаду тиску на поворотній заслінці від її положення для трубопроводу з діаметром 500 мм (кут повороту 0–90 відповідає 0–100 %, причому 100 % – це повне відкриття). Ця залежність покладена в основу подальших досліджень і моделювання.

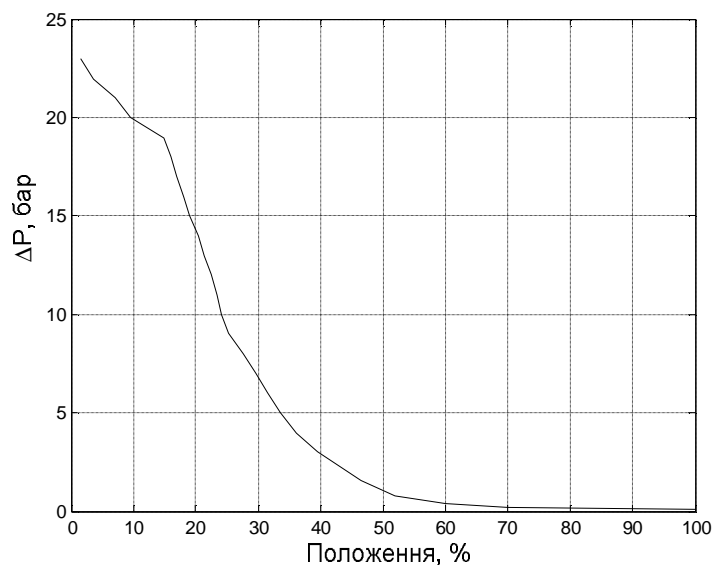


Рис. 1. Експериментальна характеристика залежності перепаду тиску на поворотній заслінці діаметром 500 мм залежно від її положення

Якщо поворотна заслінка повністю відкрита, то вона фактично не створює перепаду тиску; значення перепаду на рівні 1–2 % від максимального. Коли в процесі регулювання заслінка рухається в бік закриття від положення повного відкриття, до певного кута повороту заслінки (30–40 % від відкритого положення) перепад тиску на ній зростає незначно (до 5 % від максимального значення). Це негативно впливає на динамічні характеристики процесу регулювання витрати.

Для переміщення заслінки на цей кут повороту потрібний доволі значний час, ефективного дроселювання потоку при цьому не буде, але виставляти заслінку на певний початковий кут відкриття для зменшення цього часу не можна, оскільки для великих матеріальних потоків це призведе до значних економічних втрат (потужність приводу перекачувальних агрегатів на трубопроводах великого діаметра сягає 10 МВт). Щоб забезпечити достатню якісні динамічні характеристики процесу регулювання виконавчий механізм у цій області повинен рухатись з максимальною швидкістю, що можна реалізувати шляхом подачі на двигун вищої частоти живлення. За досягнення певного кута повороту заслінки перепад тиску на ній почне різко змінюватись. Якщо швидкість закриття виконавчого механізму у цій області буде надто високою, то це негативно позначиться на процесі регулювання, оскільки легко можна досягти перерегулювання або повної втрати стійкості системи регулювання через великий коефіцієнт передачі системи загалом.

Отже, застосовуючи в системах регулювання поворотні заслінки необхідно забезпечити швидку зміну положення у початковій зоні до 60 %, поступову зміну за визначеною залежністю у робочому діапазоні та повільну за положення заслінки, меншого, ніж 15 %. Вирішити цю проблему можна, збалансувавши значення статичних і динамічних параметрів усієї системи, за яких вона не буде втрачати стійкості. Одним з варіантів покращення характеристик регулювання таких систем є зміна швидкості ходу виконавчого механізму залежно від положення поворотної заслінки [1].

Частину статичної характеристики поворотної заслінки, що знаходиться у межах положення регулювального органа від 15 та до 50–60 %, можна з достатньою точністю апроксимувати за допомогою полінома 3-го порядку. Результатом апроксимації є функція

$$\Delta P = -199,62 \cdot 10^{-6} \cdot S^3 + 34,772 \cdot 10^{-3} \cdot S^2 - 2,0836 \cdot S + 43,271,$$

де ΔP – перепад тиску на заслінці; S – положення заслінки.

Наклавши графік одержаного полінома на експериментальні дані (рис. 2), бачимо, що одержаний поліном доволі добре повторює експериментальні дані на ділянці 15 – 60 %, але значно відрізняється від експериментальних даних на інших ділянках. На ділянці 0 – 15 % було важко одержати експериментальні дані і вони є недостатньо точними, але, як відомо, перепад тиску за значення положення заслінки, меншого за 15 %, повинен різко збільшуватись, тому отриманий результат апроксимації на цій ділянці наближено відповідає дійним значенням. Але на ділянці 60 – 100 % результат розрахунку за отриманим поліномом не збігається з експериментальними даними. Як відомо з характеристики поворотної заслінки [2] та як бачимо з експериментально одержаного графіка, поворотна заслінка майже не створює перепаду тиску у цій області характеристики, тому можна допустити, що перепад тиску на поворотній заслінці за її положення від 60 до 100 % не змінюється та дорівнює перепаду тиску у точці 60 %, тобто його значення приймаємо нульовим.

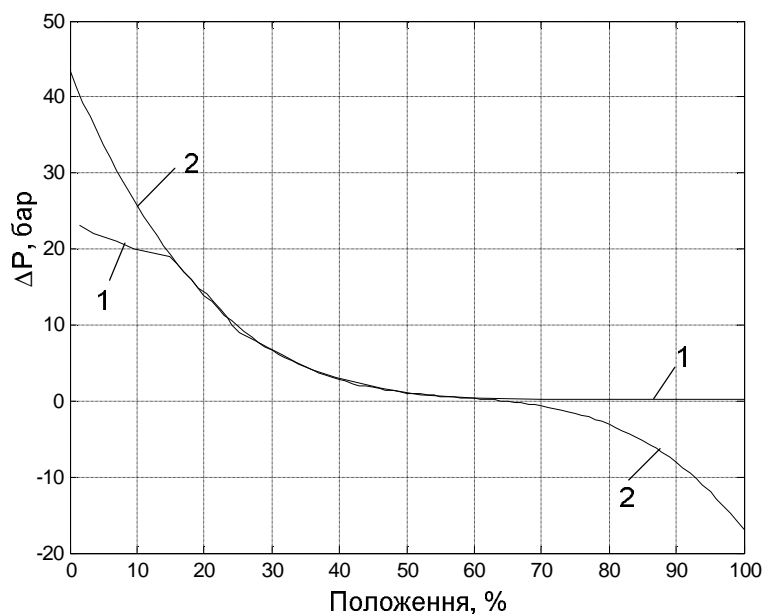


Рис. 2. Результат апроксимування експериментальної характеристики перепаду тиску на заслінці поліномом 3-го порядку: 1 – експериментальні дані; 2 – розрахований поліном 3-го порядку

Далі у середовищі Simulink була створена модель, яка відображає роботу поворотної заслінки у комплексі з частотно керованим приводом. Модель показано на рис. 3.

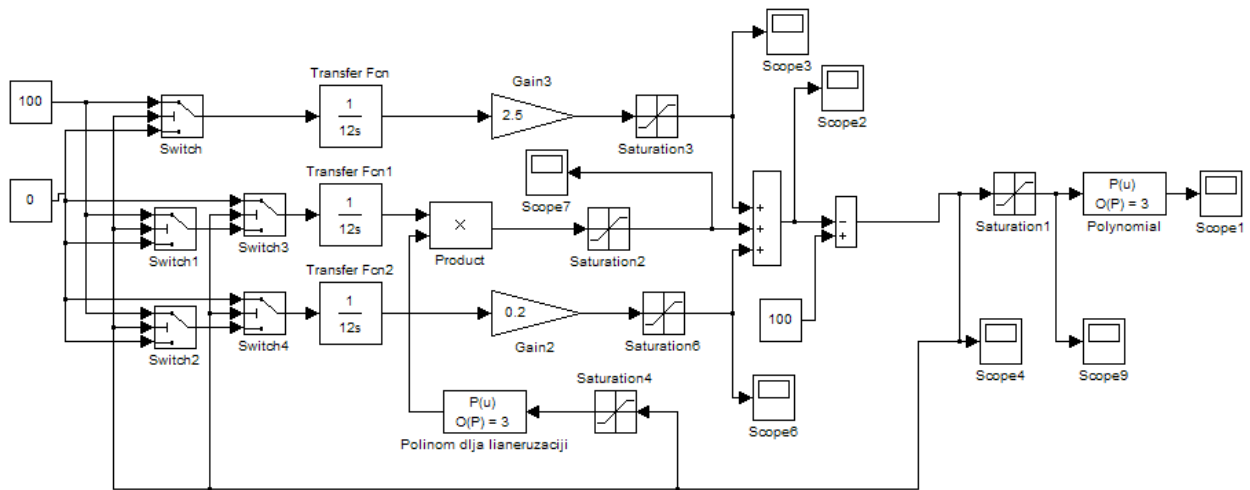


Рис. 3. Модель для побудови динамічної характеристики поворотної заслінки під час застосування методу зміни часу повного ходу ВМ

Блоки Switch застосовуються для симуляції зміни частоти живлення двигуна ВМ у різних діапазонах руху заслінки (0–15 %, 15–60 %, 60–100 %).

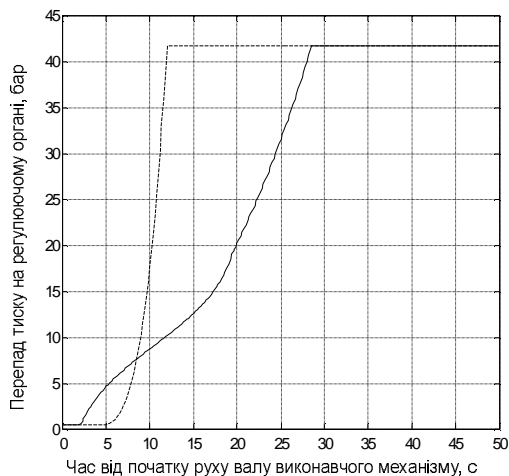


Рис. 4. Динамічна характеристика комплексу “поворотна заслінка–виконавчий механізм” за частоти живлення двигуна 50 Гц (---) та зміни частоти живлення двигуна відповідно до положення заслінки (–)

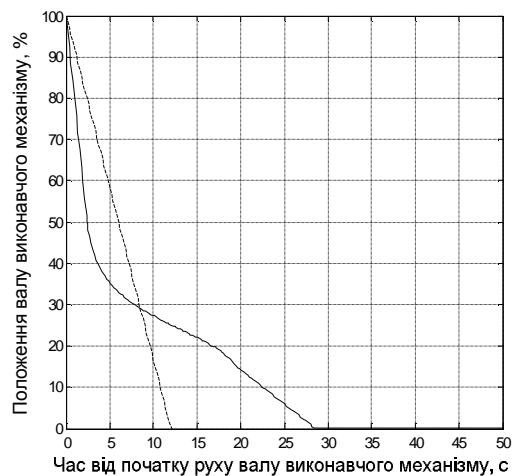


Рис. 5. Переміщення вала виконавчого механізму за частоти живлення двигуна 50 Гц (---) та зміни частоти живлення двигуна відповідно до положення заслінки (–)

Порівняння динамічної характеристики комплексу “поворотна заслінка – виконавчий механізм” за частоти живлення двигуна 50 Гц та зміни частоти живлення двигуна відповідно до положення заслінки зображено на рис. 4. Аналізуючи цей рисунок, бачимо, що в результаті виконаних обчислень значною мірою усунуто основний недолік поворотної заслінки спричинений нелінійністю її статичної характеристики.

Висновки

Одержані результати моделювання поворотної заслінки, яка керується частотнокерованим приводом, показують, що застосування частотного перетворювача покращує динамічні характеристики комплексу “поворотна заслінка – виконавчий механізм”. Це порівняно просте і

ефективне рішення, яке дає змогу застосовувати поворотну заслінку для регулювання витрат потоків у трубопроводах з великими діаметрами.

1. Арбузов Н.С. Влияние времени закрытия судовых задвижек на уровень максимального давления в трубопроводах нефтеналивных терминалов // Наука и технология трубопроводного транспорта нефти и газа. – 2011(1). – 38–40 с. 2. Зайцев Л.А., Ясинский Г.С. Регулирование режимов магистральных нефтепроводов. – М.: Недра, 1980. – 187 с.

УДК 543.27.8

О.В. Макарь

Національний університет “Львівська політехніка”

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ГАЗОАНАЛІТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

© Макарь О.В., 2014

Досліджуються режими роботи теплового чутливого елемента за постійних значень теплофізичних параметрів газової суміші. За цих самих режимів забезпечується висока відтворюваність результатів вимірювання, висока чутливість і не перевищується допустима температура чутливого елемента.

Ключові слова: газоаналізатор, газоаналітична техніка, тепловий чутливий елемент, вимірювальна комірка.

Combined methods of analysis based on the measurement of thermal and mechanical parameters of the gaseous mixture could be applicable in the development of gas analyzers for energy-saving technologies and new technologies of the enhanced raw materials and waste processing. Gas analyzers developed with the application of such methods of measurement have more advanced metrological and operational characteristics under complex measuring conditions and are not susceptible of the effect of corrosive contaminants and acidic gases. Thermal sensors, acting as transducers of thermal-physical and mechanical parameters of the gaseous mixture into an electrical signal, produce the output, the change of electrical resistance, which depends upon the thermal conductivity, heat capacity, energy consumption, density and viscosity of the gaseous mixture. The detection of the optimum operational modes of a heat sensing element, which could be heated up by the current, is essential for the pilot research of new circuit solutions in gas analyzing technologies. With certain restrictions, preconditioned by the small ratio of the length of the sensing element to its diameter, it would be reasonable to investigate the change of the measuring element sensitivity under the conditions of the current change, the change in the gaseous mixture expenditure and the temperature of the sensing element. The mathematical model of the measuring element with the heat sensing element is studied in this paper, obtained as a result of experimental calculations for the purpose of detecting the parameter values.

Key words: gas analyzers, gas analytical technique, thermal sensing element, measuring cell.

Постановка задачі

Для експериментального дослідження нових схемотехнічних рішень у газоаналітичній техніці важливим є визначення оптимальних значень режимів роботи теплової вимірювальної комірки з чутливим елементом, який нагрівається електричним струмом. За певних обмежень, які зумовлені малим відношенням довжини чутливого елемента до його діаметра, доцільно дослідити зміну чутливості вимірювальної комірки за змін струму через чутливий елемент, зміну витрати газової