

УДК 519.6

О.М.Решетило, Д.О.Сомов, Ю.І.Федосюк

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ СХЕМ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ШТОКА ЦИЛІНДРА ПНЕВМОПРИВОДУ

В роботі проведено аналіз схем позиціонування штока пневмоциліндра приводів автоматизованих систем керування технологічним процесом та можливість використання в них датчиків та розподільників.

Ключові слова: *пневмопривід, гідропривід, схеми позиціонування.*

1. Вступ

Гідравлічні та пневматичні приводи призначені, головним чином, для здійснення робочих переміщень в машинах і механізмах шляхом передачі, розподілу та регулювання потоків енергії рідини або газу, що знаходяться під тиском. Не дивлячись на зовнішню схожість, гідравлічні та пневматичні приводи різні за своїми технічними можливостями і завданнями, що вирішуються. Це обумовлено принципово різними властивостями робочих середовищ – рідини (в гідравлічних системах) та повітря (в пневматичних системах).

Рідина є практично нестискуваною, завдяки чому гідравлічні приводи мають наступні переваги:

- виконавча ланка з моменту старту рухається з постійною швидкістю;
- швидкість руху виконавчої ланки може залишатися незмінною при коливаннях навантаження, що прикладене до неї;
- навіть при найменших швидкостях виконавча ланка рухається рівномірно, без поштовхів;
- можливі проміжні зупинки виконавчої ланки з високою точністю позиціонування;
- можна отримувати великі зусилля при дуже обмежених габаритах виконавчого пристрою.

Завдяки цим та іншим якостям гідравлічні приводи займають міцні позиції в техніці, в багатьох завданнях володіючи вирішальними перевагами перед пневматичними і електричними приводами.

В той же час, не слід забувати, що невід'ємними елементами гідроприводу є дорогий насос, зливний трубопровід та бак, а сама гідравлічна рідина пожежонебезпечна і токсична. Зі свого боку, пневматичні приводи пожежо- і вибухобезпечні, при виконанні певних умов – гігієнічні і нешкідливі для харчових продуктів, медикаментів та інших "чистих" матеріалів. Пневматичне обладнання є, як правило, дешевшим, а його робоче середовище - стиснене повітря - доступне і відносно недороге в виробництві. Тому пневматичний привід набув надзвичайно широкого поширення в промисловості. Там, де завдання може бути вирішене засобами пневматики, перевага віддається пневматичному приводу, як найбільш економічному і безпечному рішенню в порівнянні з гідравлічним і електричним приводами. Проте, варто мати на увазі, що пневматичний привід економічний лише при відносно низькому тиску (до 7...10 бар), тому досягти великих зусиль на виконавчій ланці можна лише збільшенням його габаритів (діаметру поршня). Окрім цього, розвиток пневматичних приводів стримується такою принциповою властивістю газового робочого середовища як стисливість. Будучи в деяких випадках корисною, як, наприклад, в приводах автоматичних дверей автобусів, тролейбусів, вагонів трамваїв та метро, у ряді інших випадків стисливість може виявитися непереборним бар'єром використання пневматики. Так, виконавча ланка в пневматичному приводі, як правило, рухається нерівномірно, зокрема, через нерівномірності навантаження. Звичайно, пневматика розвивається, і з'явилися нові технічні рішення, що дозволяють в ряді випадків подолати наведені проблеми. Пневматичні позиціонери, пневмоциліндри, забезпечені прецизійним гальмівним механізмом і датчиком координати. Спеціальні пневмоциліндри з мінімальним тертям дозволили вирішити частину вказаних проблем і, тим самим, розширити сферу застосування пневматики. Проте, повітря продовжує залишатися стискуваним середовищем, і багато завдань для пневматики, як і раніше, залишаються нездоланими.

© О.М.Решетило, Д.О.Сомов, Ю.І.Федосюк

Звичайний пневмоциліндр має дві фіксовані точки зупинки, в яких він здатний утримувати положення штока навіть при прикладанні до штока зовнішнього навантаження. Однак все частіше виникає необхідність зупинити шток в проміжних положеннях.

Основними факторами, що впливають на точність позиціонування штока циліндра, є:

- коливання тиску робочого середовища (повітря або масла) в системі;
- характер і складність траєкторії;
- віддаленість точки позиціонування від вихідної точки (початку руху);
- непостійність коефіцієнта тертя в ущільненнях;
- вплив зносу направляючих пристроїв в механізмі;
- температурні деформації механізмів, що виникають при довготривалій роботі і т. д.

Більше можливостей для позиціонування дає неперервне управління. Воно здійснюється за допомогою позиціонерів – пристроїв, що доповнюють виконавчі механізми та мінімізують розузгодження між сигналами управління і зворотного зв'язку.

Загальною для всіх типів позиціонерів є наявність аналогового керуючого сигналу і негативного зворотного зв'язку.

За рядом ознак позиціонери можна розділити на наступні групи:

- за типом керованого виконавчого механізму: лінійні та поворотні;
- за характером керуючого сигналу: пневматичні (сигнал 0,2...1 бар) і електропневматичні (сигнал 4...20 мА);
- за типом зворотного зв'язку: механічні та електронні (сигнал від датчика зворотного зв'язку поступає на електронний блок управління позиціонера).

2. Аналіз схеми позиціонування штока пневмоциліндра

Розглянемо деякі із можливих схем позиціонування штока пневмоциліндра в проміжних положеннях. Якщо точок позиціонування небагато та їх координати відомі заздалегідь, то завдання можна вирішити введенням додаткових датчиків положення штока пневмоциліндра. Найпростішими з них є геркони, що кріпляться безпосередньо на гільзі (корпусі) пневмоциліндра. Найбільш економне рішення (рис. 1) отримуємо у випадку, якщо пневмопривід управляється за допомогою мікроконтролера.

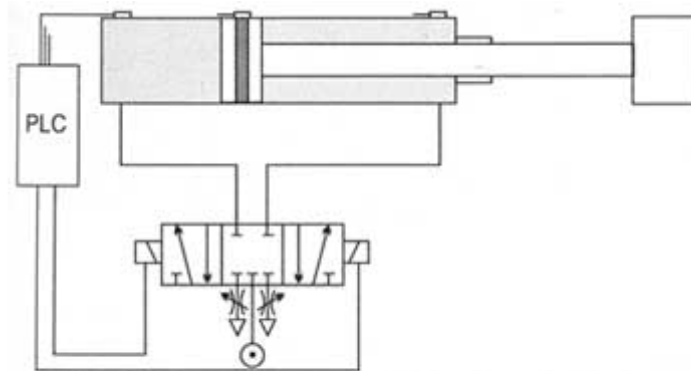


Рис. 1. Проста схема позиціонування з трьома точками зупинки

Наступною перевагою схеми, наведеної на рис. 1, є те, що при аварійному відключенні електроенергії або стисненого повітря в будь-якому поєднанні та послідовності, позиціонер залишається в заданому положенні та може знаходитися в ньому декілька годин, що необхідні для усунення аварії.

Для вирішення складніших завдань: велика кількість точок позиціонування, висока точність, дія на шток змінних зовнішніх навантажень та інше – застосовуються позиціонери, які оснащуються датчиками, що визначають положення штока з високою точністю на всьому діапазоні переміщення, і володіють малим гістерезисом (різницею показів при прямому і зворотному ході). Чим менше гістерезис, тим менше вірогідність попадання позиціонера в автоколивальний режим в точці позиціонування.

Лінійні пневматичні позиціонери призначені для пропорційного управління переміщенням штока пневмоциліндра. Вони складається з пневморозподільника, блока управління і механізму зворотного зв'язку. Лінійні пневматичні позиціонери не лише встановлюють шток в задану точку, але й утримують його в ній при зміні зовнішніх умов.

Розглянемо його роботу на конкретному прикладі.

Опис роботи: 5/2 пневморозподільник містить притертий сталевий золотник, один торець якого підтиснений пневмопружиною, а інший впирається в мембрану блока управління. Прогинаючись під дією керуючого тиску, мембрана переміщає золотник, внаслідок чого перерозподіляються потоки повітря в порожнині пневмоциліндра. Керуючий тиск формується за допомогою системи «сопло-заслінка». Заслінка займає положення, що відповідає балансу двох сил: з одного боку, сили тиску пневматичного керуючого сигналу поступає ззовні, з іншого – зусилля розтягнутої пружини зворотного зв'язку, протилежний кінець якої з'єднаний з штоком пневмоциліндра. При збільшенні вхідного пневмосигналу на деяку величину заслінка зміщується вліво (рис. 2), притискаючись до торця сопла. Це приводить до зростання протидії тиску і,

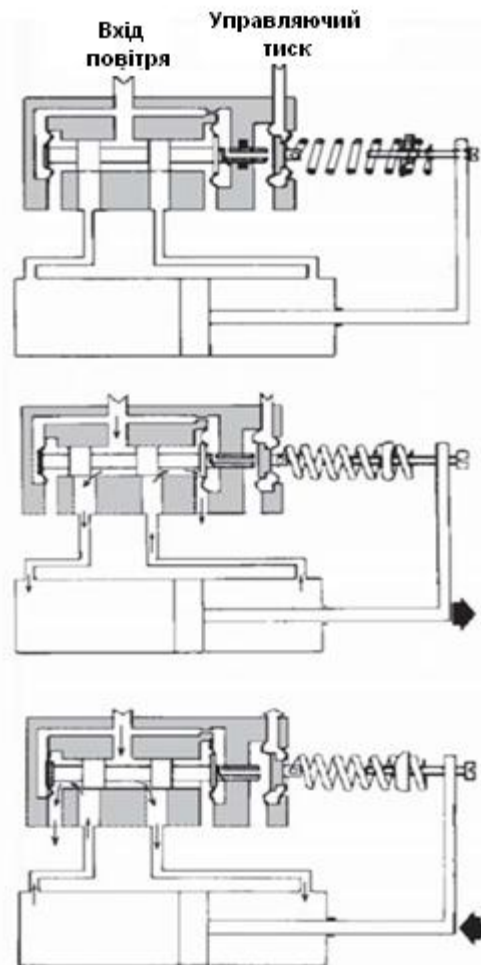


Рис. 2.

відповідно, керуючого тиску праворуч від мембрани. Остання натискає на торець золотника, зміщуючи його вліво, і повітря спрямовується в поршневу порожнину пневмоциліндра, та одночасно виходить з штокової порожнини. Шток починає витягуватися, розтягуючи пружину зворотного зв'язку. Пружина переміщує заслінку від сопла, що приводить до зворотного руху золотника і зменшення подачі повітря в поршневу порожнину. Настає момент, коли шток зупиняється, при цьому його координата пропорційна величині вхідного пневматичного сигналу. Примусове переміщення штока за допомогою пружини викликає зміну балансу сил на заслінці та

© О.М.Решетило, Д.О.Сомов, Ю.І.Федосюк

перерозподіл тиску в порожнинах пневмоциліндра. На поршні виникає зусилля, що сприяє поверненню штока в задане положення.

3. Використання датчиків в схемах позиціонування

Аналіз конструкцій позиціонерів показує, що для зупинки штока циліндра в проміжному положенні можна використовувати два типи датчиків – лінійні резистивні датчики, що вбудовані прямо в шток пневмоциліндра, і магнітострикційні датчики, які можуть бути встановлені як ззовні корпусу циліндра, так і всередині порожнинного штока пневмоциліндра. Особливістю ж магнітострикційних датчиків є можливість зовнішнього встановлення, коли датчик визначає положення штока пневмоциліндра, вимірюючи положення стандартного магнітного кільця, яке встановлене на його поршні (рис. 3). Крім цього, існує герметичне виконання даного датчика, що дозволяє розташовувати його всередині порожнинного штока циліндра (рис. 4).

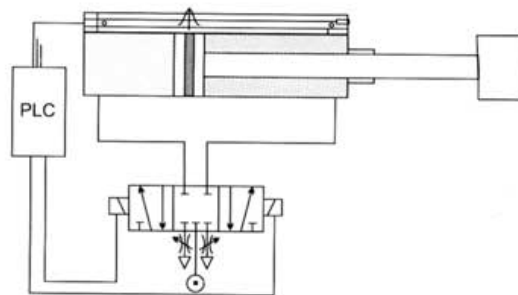


Рис. 3. Схема позиціонера із зовнішнім магнітострикційним датчиком, реакуючим на стандартний магніт, закріплений на поршні

Резистивні датчики широко застосовуються і добре відомі. Магнітострикційні ж датчики у поєднанні з гідроциліндрами в основному застосовувалися в термопластавтоматах. Їх робота ґрунтується на магнітомеханічному ефекті Віллари – появі магнітних полів при виникненні напруженого стану в деяких сплавах, і на ефекті Відемана, який полягає в тому, що при пропусканні імпульсу струму через провідник, який виготовлений з цих сплавів, в ньому виникає хвиля крутих коливань, що розповсюджується по провіднику із швидкістю звуку в сталі (4900 м/с). Поле постійного магніту створює локальну неоднорідність напруженого стану провідника, виникає відображена хвиля, що ресструється котушкою. Процесор по відомій швидкості звуку та проміжку часу до отримання ехосигналу розраховує відстань до магніту. Точність визначення координати може досягати 2 мікрон.

Перевагою резистивних датчиків є низька вартість і можливість застосування у вибухонебезпечних виробництвах, оскільки вони легко підключаються до АСУ ТП через бар'єри іскрозахисту.



Рис. 4. Схема управління двошвидкісним позиціонером

Головна перевага такого встановлення – це дотримання принципу, що вперше був сформульований німецьким фізиком Ернстом Аббе, основоположником метрології як науки. Його суть полягає в тому, що для досягнення максимальної точності вимірювання необхідно розташувати датчик на одній осі з об'єктом, положення якого вимірюється. Таке встановлення дозволяє усунути похибки, що пов'язані з перекосами і деформаціями як самого об'єкта, так і засобу вимірювання. Це особливо важливо, коли позиціонер розвиває великі зусилля. Наприклад, найпотужніший позиціонер розвиває зусилля 3,5 тонни і дозволяє управляти положенням робочого органу з роздільною здатністю 10 мікрон (рис. 5).



Рис. 5. Презиційні позиціонери з діаметром поршня 160 і 250 мм

Іншою перевагою внутрішнього встановлення є хороший захист датчика від зовнішніх дій (механічних, температурних та інших). Позиціонер, в якому всі пневматичні та електронні пристрої управління розташовані всередині, наведений на рис. 6.



**Рис. 6.
Двошвидкісний
позиціонер релейного
типу з резистивними
датчиками**

Належний вибір датчика визначає не тільки точність, але і надійність позиціонера. Причому, на відміну від інкрементних датчиків, які вимагають пошуку механічного нуля після включення,

обидва розглянуті вище типи датчиків забезпечують абсолютне вимірювання. Що, навіть при аварійному відключенні електроживлення не викликає втрати координати позиціонером.

4. Використання розподільника в системах позиціонування

Найкращі результати досягаються при застосуванні 5/3 розподільника з проміжною закритою позицією. Вони забезпечують найбільш швидку і точну зупинку штока в точці позиціонування на всьому діапазоні переміщень.

Це пов'язано з тим, що при старті поршня дуже швидко встановлюється режим руху з постійною швидкістю, а це, відповідно до другого закону Ньютона, означає, що всі сили, які діють на нього, врівноважені, тобто різниця зусиль, що створюються стисненим повітрям рівна сумі сил тертя та зовнішніх навантажень. Перемикання розподільника в середню позицію «заморожує» силову картину і приводить до швидкої зупинки поршня.

Поширеною помилкою в даному випадку є логічна, на перший погляд, подача стисненого повітря в обидві порожнини або одночасне скидання його з обох порожнин. При такому управлінні замість зупинки шток може продовжити рух як вперед, так і назад, через несиметричності об'ємів в штокової і безштокової порожнинах, неоднаковості опорів в магістралях, та через різниці його ефективних площ.

У випадках, коли потрібно забезпечити велику швидкість переміщення, застосовується схема двохшвидкісного позиціонування. При великих розузгодженнях розподільник 2/2 забезпечує швидке скидання тиску і, отже, велику швидкість переміщення. При підході до точки позиціонування розподільник перемикається в положення, наведене на рис. 4, і скидання повітря відбувається лише через регульований дросель та позиціонер переходить в режим точного позиціонування.

5. Висновки

Отже, проведений аналіз можливих схем позиціонування штока циліндра пневмоприводу показує, що всі вищерозглянуті схеми дозволяють отримати просте і недороге рішення при використанні лише стандартних релейних елементів. Для вирішення складніших завдань, коли потрібно керувати зусиллям, що розвивається штоком пневмоциліндра, або траєкторією руху захвата при одночасному його переміщенні по двом або декільком координатам. Такі завдання вирішуються аналоговими системами із застосуванням пропорційних розподільників тиску або витрати. Пропорційні розподільники витрати володіють вищою швидкістю, але є менш ефективнішими при малих швидкостях переміщення в області точки позиціонування. Для сучасних систем керування технологічним процесом в реальному режимі часу потрібно управляти одночасно витратою і тиском.

1. Апатов Ю.Л. Исследование точности позиционирования промышленного робота модели «РИТМ-05.01», 2006. - Киров.
2. Погорелов В.Б. Оборудование Регион// Пневматические позиционеры фирмы «Камоцци».- 2006. - №11.
3. Информационно-технический журнал// Гидравлика и пневматика, 2007. - № 31. - С. 35-37.
4. Д. Меркле, Б. Шрадер, М. Томес. Гидравлические средства автоматки. – Эсслинген: Фесто Дидактик КГ, 1988. – С. 409.
5. П. Кросер, Ф. Эбель. Пневмоавтоматика. – М.: АОЗТ «Фесто», 1997. – С. 227.
6. В.О. Федорець та ін. Гідроприводи та гідро пневмоавтоматика. – К.: Вища школа, 1995. – С. 463.