

УДК 622.232

В.М.Стасюк

Луцький національний технічний університет

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ГАЛЬМУВАННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ

Виконано вибір та аналіз систем гальмування, які доцільно використовувати у приводах із пневмомеханічними системами керування для підвищення їх довговічності та безпеки експлуатації.

Ключові слова: *гальмування, пневмомеханічні системи.*

Постановка проблеми. Проблема забезпечення плавності зупинки поршня у крайній „мертвій” точці компенсаційної камери зворотного ходу у сучасних приводах із пневмомеханічними системами керування виникає внаслідок постійного зростання швидкостей ведених ланок, яке, у свою чергу, диктується необхідністю підвищення ефективності використання технологічного обладнання з цими приводами. Адже навіть при відносно невисоких швидкостях підходу поршня до крайньої „мертвої” точки компенсаційної камери холостого ходу його зупинка супроводжується виникненням коливальних, тобто вібраційних навантажень на привод, що призводить до істотного зменшення його довговічності і, у випадку оснащення цими приводами ручних машин, небезпечного впливу на здоров'я оператора. Особливо небезпечна ситуація виникає у випадку наявності в складі пневматичного привода та ведених ланок значних інерційних мас.

Таким чином, забезпечення плавності зупинки поршня у крайній „мертвій” точці компенсаційної камери зворотного ходу залишається на сьогоднішній день актуальною задачею, а вибір і розрахунок гальмівних засобів повинен бути одним найважливіших етапів конструювання та розрахунків приводів із пневмомеханічними системами керування.

Аналіз останніх досліджень. Деяка інформація про найбільш широко використовувані способи гальмування руху поршня у пневматичних приводах наведена в роботах [1,2,3]. Однак даних про можливість їх застосування для приводів із пневмомеханічними системами керування у названих літературних джерелах немає.

Формулювання цілі статті – виконати раціональний вибір та аналіз систем гальмування для приводів із пневмомеханічними системами керування, використання яких дозволить підвищити термін їх служби та безпечність в експлуатації.

Основна частина. Детальний аналіз конструктивних схем та принципів дії приводів із пневмомеханічними системами керування свідчить, що одним із надійних способів забезпечення плавності зупинки поршня у крайній „мертвій” точці компенсаційної камери зворотного ходу може служити використання систем гальмування, принцип дії яких заснований на використанні стискуваності повітря як робочого тіла приводу. Можна запропонувати декілька конструктивних рішень таких систем. Базовою із них можна вважати систему, принцип дії якої полягає у створенні повітряної подушки шляхом підтискування рухомим поршнем повітря у компенсаційну камеру за рахунок поступового зменшення ним розмірів прохідного перерізу випускного каналу, вздовж якого він рухається. Ширина каналу у бік зворотного ходу за цим способом має зменшуватись. Гальмівна сила стисненого у замкненій компенсаційній камері повітря набуває при цьому досить високих значень.

Можна забезпечити отримання якісних гальмівних характеристик і при незмінних розмірах прохідного перерізу випускного каналу. Система керування пневмоприводом у цьому випадку повинна забезпечувати можливість утворення повітряної подушки на початку зворотного ходу, однак із різною інтенсивністю – меншою на початку руху і значно більшою на етапі його завершення.

У цілому повітряна подушка володіє властивостями, аналогічними властивостям звичайної пружини. Тобто якщо жорсткість пневматичної пружини вища за потрібну, то це призведе до ранньої зупинки поршня без досягнення ним крайньої „мертвої” точки компенсаційної камери зворотного ходу. При цьому швидкість його змінить свій знак (поршень відійде назад), після чого знову рухатиметься вперед і т.д., що в кінцевому рахунку призведе до виникнення віброколивальних у pne-

вмоциліндрі та збільшення тривалості циклу. Якщо ж жорсткість пневматичної пружини невисока, то швидкість поршня гаситиметься не повністю і він на першій хвилі падіння швидкості підходитиме до задньої кришки з ударом. Тобто потрібна плавність зупинки поршня забезпечуватиметься лише за дотримання умови узгодженості характеристик жорсткості пневматичної пружини і параметрів пневмомеханічного приводу з обов'язковим врахуванням конструктивних особливостей вибраної системи гальмування.

Найбільш перспективним способом отримання повітряної подушки у компенсаційній камері зворотного ходу приводів із пневмомеханічними системами керування можна вважати використання змінного перерізу випускного каналу, а саме зменшення його розмірів в напрямку руху поршня під час виконання ним холостого ходу. Для технічної реалізації цього способу можна використовувати зовнішні та внутрішні гальмівні засоби. В якості зовнішнього гальмівного засобу доцільно використовувати так званий в теорії пневмоприводів гальмівний золотник, який зазвичай складається із кінцевого перемикача, регульованого дроселя та зворотного клапана. При цьому для того, щоб під час зворотного ходу поршня тривалість підготовчого періоду не залежала від параметрів налагодження системи, то повітря із магістралі повинне надходити у порожнину через клапан. Тобто гальмівний золотник зручний тим, що його положення по довжині зворотного ходу можна довільно змінювати. При використанні такої системи на етапі конструювання приводів із пневмомеханічними системами керування конструктор має оперувати двома базовими параметрами: довжиною гальмівного шляху та площею перерізу каналу дроселя гальмівного золотника.

Внутрішній гальмівний пристрій функціонально не відрізняється від гальмівного золотника. У ньому функції кінцевого перемикача виконує еластична манжета, яка закриває випускний канал при підході поршня до крайньої „мертвої” точки камери холостого ходу, а регульований дросель і зворотний клапан доцільно розмістити в кришці пневмоциліндра. Однак у даному випадку регулювання довжини гальмівного шляху або зовсім неможливе, або пов'язане із необхідністю розмтовування пневмоциліндра.

Тому можливим раціональним варіантом є поєднання зовнішнього та внутрішнього гальмівних пристроїв у одній конструкції. Налагоджувати такі системи потрібно таким чином, щоб основна частина кінетичної енергії рухомих мас поглиналась після спрацьовування гальмівного золотника, тобто внутрішній гальмівний пристрій виконував лише задачу кінцевого гасіння швидкості поршня. Тобто система повинна бути налагоджена шляхом вибору гальмівного шляху і оснащена регулятором відкривань двох дроселів - гальмівного золотника і внутрішнього гальмівного пристрою. Оскільки число параметрів налагодження такої системи більше порівняно з попередніми, то відповідно вона повинна володіти значно ширшими можливостями для отримання плавної зміни швидкості поршня.

Варто зауважити, що гнучкість гальмівного пристрою можна істотно підвищити шляхом використання в конструкції приводу із пневмомеханічним керуванням декількох гальмівних золотників, послідовне спрацьовування яких забезпечить дискретну зміну перерізу випускного каналу за заданим законом. Однак використанню такої системи повинне передувати обґрунтування неможливості вирішення поставлених задач іншими, конструктивно простішими, технічними засобами. До таких задач перш за все відносяться забезпечення реалізації складніших законів зміни швидкості поршня на етапі його гальмування (порівняно із простим її падінням до нуля), наприклад, двократне сповільнення руху на протязі холостого ходу, перехід від одного режиму до іншого тощо. Крім того, варто пам'ятати, що налагодження системи із багатьма регульованими параметрами на оптимальний режим пов'язане із виникненням додаткових труднощів.

Як альтернативний варіант, для реалізації складних законів гальмування поршня приводу із пневмомеханічним керуванням можна використовувати зовнішні або внутрішні гальмівні пристрої, які аналогічно гідравлічним гальмівним пристроям змінюють прохідний переріз випускного каналу безперервно. Однак через стискуваність повітря як робочого тіла системи ефективність їх використання буде значно меншою порівняно з гідравлічними. При цьому основний їх недолік полягатиме в тому, що будь-яка зміна умов роботи порівняно з номінальними (коливання тиску в мережі, зміна сил опору тощо) призведе до відхилення реального закону руху поршня від заданого. При цьому розходження може виявитись досить істотним і зменшити його практично неможливо через безперервну зміну умов роботи пневмоприводу.

Перспективним можна вважати застосування саморегульовувальних гальмівних систем. Дросель гальмівного пристрою у них доцільно встановлювати у положення, близьке до повного перекриття його прохідного перерізу. Тобто після спрацьовування основного гальмівного пристрою

порожнина пневмоциліндра виявлятиметься замкнутою і тиск повітря в ній швидко зростатиме. Із досягненням ним тиску налагодження запобіжного клапана останній відкриється. При правильно вибраних його параметрах тиск у порожнині випуску буде підтримуватись на рівні, близькому до тиску налагодження. Із певним наближенням можна вважати, що прискорення гальмування знаходиться у прямій залежності від тиску в порожнині випуску. За рахунок цього автоматично забезпечуватиметься дотримання заданого закону зміни швидкості поршня на етапі його гальмування. При цьому можливе доналагоджування системи. Однак така система через зрозумілі причини непридатна для забезпечення режиму гальмування при невисоких швидкостях руху поршня. Крім того, при певних поєднаннях параметрів приводу можливе порушення прямого зв'язку між протидією в камері випуску та прискоренням.

Як варіант саморегулювальної гальмівної системи можна також застосовувати гальмівні механізми із незмінними прохідними перерізами випускного каналу, які використовуються на практиці для забезпечення так званого автогальмування. Суть його полягає в тому, що умови для плавної зупинки поршня в крайній „мертвій” точці компенсаційної камери створюються приводом автоматично без під'єднання будь-яких додаткових пристроїв, а лише завдяки правильному вибору відповідних основних параметрів і початкових умов. Якщо в момент, який передуює перемикаючому розподільнику, тиск в обох порожнинах приводу рівний атмосферному, то на першому етапі руху поршня у порожнині випуску він зростає повільно. Поршень у цей період, рухаючись практично без протитиску, набуває значної швидкості і на завершення зворотного ходу, незважаючи на безперервні втрати повітря через відкритий випускний канал, створює повітряну подушку, яка його зупиняє. Основним недоліком такої системи є те, що робоча порожнина за час вистоювання поршня у крайньому положенні може не встигнути звільнитися від відпрацьованого повітря, внаслідок чого тиск у ній залишається вищим за атмосферний, що призводить до порушення умов виникнення режиму автогальмування. Крім того, для такої системи властиві значні непродуктивні втрати енергоносія.

Можливим є також застосування ускладненого режиму автогальмування, коли в системі використовується вмонтований резервуар. Характерною особливістю такої системи є те, що низький протитиск в порожнині випуску в момент початку руху поршня забезпечується за рахунок незначного співвідношення між ефективними площами поршня з боку робочої порожнини і порожнини протитиску. Другою особливістю є стрибкоподібне збільшення ефективної площі поршня з боку робочої порожнини відразу ж після початку його руху.

Висновок. За допомогою використання описаних способів можна забезпечити плавну зупинку поршня під час здійснення ним зворотного ходу. На етапі конструювання пневматичних машин і механізмів із використанням приводів із пневмомеханічними системами керування конструктору потрібно попередньо виконати детальний аналіз умов їх застосування, а також технічних показників, отримання яких потрібно досягнути завдяки використанню таких приводів і лише після цього вибирати одну із запропонованих систем гальмування. Однак у цілому використання будь-якої з них забезпечить зростання довговічності приводу, а у випадку його застосування у ручних машинах і механізмах – захистить оператора від небезпечного та шкідливого впливу вібраційних і шумових навантажень.

1. Стасюк В.М. Пневматичний привод виконавчих органів ударних машин із механічним зв'язком поршня-ударника з впускними елементами: Дис...канд. техн. наук: 05.02.03. - Вінниця, 2003. - 296 с.
2. Кузнецов К.А. Разработка и исследование регулируемого поршневого вибровозбудителя с пневмоприводом для строительных технологий: Дис...канд. техн. наук: 05.02.03. - Винница, 1998. - 275 с.
3. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1975. - 272 с.
4. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. - М.: Машиностроение, 1985. - 256 с.
5. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник / В.О. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б. Струтинський та ін. / За ред. В.О. Федорця. - К.: Вища шк., 1995. - 463 с.
6. Коваленко А.А. Автоматизация исследования и проектирования пневматических приводов и систем: Дис...канд. техн. наук: 05.02.03. - К., 1997. - 208 с.