

УДК 621-85

СПОСОБИ РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНИХ ПЛОЩ МАГІСТРАЛЕЙ ЖИВЛЕННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ЦИФРОВИХ ПРИВОДІВ У ПІДГОТОВЧИЙ ПЕРІОД

Новік М.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ

01056, з. Киев, просп. Победы, 37

E-mail: Salenko2006@ukr.net

Рассмотрены два способа расчета значений величин эффективных площадей питающих трубопроводов. Приведен алгоритм расчета значений эффективных площадей трубопровода из условия отсутствия выбросов и провалов выходного штока в подготовительный период.

Показано, что при изменении сил, которые действуют на выходной шток необходимо изменять соответственно значения эффективных площадей согласно первому способу, что очень сложно. По другому способу – при изменении нагрузки необходимо изменять соответственно только давление питания в штоковой полости.

Ключевые слова: трубопроводы, пневмопривод, динамика

Two methods of calculation of values of sizes of effective areas of feedings pipelines are considered in the article. The algorithm of calculation of values of effective areas of pipeline is resulted from the condition of absence of the troop landings and failures of target rod in a preparatory period.

It is shown that at the change of forces which operate on target rod it is necessary to change accordingly the values of effective areas in obedience to the first method that very difficultly. On another way at the change of loading it is necessary to change accordingly only pressure of feed in a cavity of rod.

Key words: feedings pipelines, pneumatic drivers

Вступ. Дослідження динаміки пневматичних цифрових приводів (ЦП) показали, що на динамічні характеристики приводу істотний вплив мають процеси, що відбуваються в підготовчий період. Залежно від того, яка з розрядних порожнин, що переключаються, наповнюється або спорожняється раніше до тиску руху, може істотно залежати величина незапрограмованого пересування вихідного штока на початку руху. Тому дуже важливо підібрати ефективні площі керуючих ліній таким чином, щоб вони дозволили забезпечити заданий напрямок пересування вихідного штока від вихідного положення при переключенні керуючих порожнин привода.

У роботі [1], присвяченій дослідженню запобігання викидів і провалів методом підбору ефективних площ керуючих ліній, немає обґрунтованих рекомендацій з підбору ефективних площ. Автор робить припущення, що зміна в певних межах ефективних площ ліній керування поршнями молодших розрядів немає впливу на роботу в цілому. При цьому ефективні площі ліній керування старшими і молодшими розрядами визначаються на підставі критеріїв плавності пересування й величини викидів і провалів вихідного штока. Змінними параметрами при цьому є ефективні площі й величини тиску.

Недоліком цього методу є те, що процес відпрацювання керуючих сигналів не розбивається на періоди: підготовчий і період руху, а береться в цілому, і за динамікою вихідної ланки визначаються ефективні площі молодших розрядів.

Мета роботи. Досліди проведені з ЦП показали, що такий підхід не дає можливості повністю виклю-

чити викиди і провали в русі вихідного штока як на початку пересування, так і наприкінці його. При цьому відсутність алгоритму визначення ефективних площ молодших розрядів за заданими критеріями ускладнює можливість його застосування при розробці ЦП.

Матеріали і результати дослідження. Як приклад розглянемо роботу трирозрядного цифрового приводу в режимі переключення розрядних камер, схема якого показана на рис.1.

Такий привод складається з циліндра 1, в якому розміщені послідовно поршні 2, 3 і 4 із обмежувачами відносного пересування. Поршень старшого розряду 4 з'єднаний з вихідним штоком 5. Розрядні поршні 2, 3, 4 утворюють розрядні камери а, b, с і камеру зворотного руху d. До камери d постійно підводиться тиск живлення P_M .

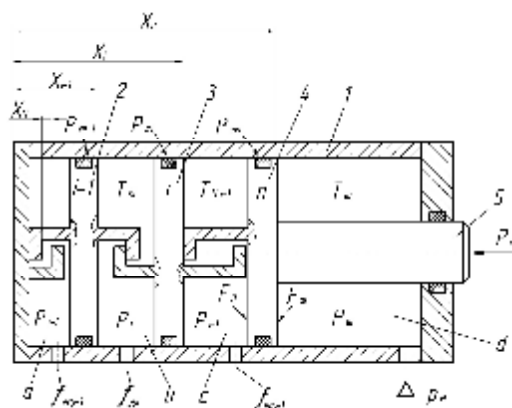


Рисунок 1 – Пневматичний цифровий привод

Принцип дії пневматичного цифрового приводу полягає в наступному. При переключенні, наприклад, комбінації керуючих сигналів із 010 на 101, тобто коли тиск живлення одночасно подається в камери а і с, а камера b з'єднується з атмосферою, у русі вихідного штоку 5 можуть виникати незапрограмовані пересування, так звані викиди і провали. При відпрацюванні кодової комбінації 101 вихідний шток 5 мусить переміститися вправо (по кресленню) на величину $4X_0 - 3X_0 = X_0$. У випадку, коли камера с наповнюється до тиску зрушення поршня 4 вправо, шток 5 буде від вихідного положення рухатися ліворуч, тобто він провалюється. При цьому величина провалу лежить у межах $0 \leq \Delta X_n \leq 2X_0$. Якщо до тиску руху раніше наповнюються камери а і с, у русі вихідного штоку 5 спостерігається викид, величина якого лежить у межах $0 \leq \Delta X_B \leq 3X_0$.

У процесі дослідження динаміки ЦП було встановлено, що між величинами ефективних площ трубопроводів розрядних порожнини виникають протиріччя. Так, у підготовчий період ефективні площі трубопроводів порожнин старших розрядів повинні бути більшими, ніж ефективні площі молодших розрядів, що сприяє запобіганню викидів і провалів на початку переміщення вихідного штока. У період руху навпаки – ефективні площі трубопроводів порожнин старших розрядів мають бути меншими ефективних площ молодших розрядів, що сприяє запобіганню виникнення викидів і провалів наприкінці ходу вихідного штока. Отже, попереднім підбором ефективних площ ліній живлення повністю усунути викиди й провали вихідного штоку неможливо.

Запропонований метод запобігання появи викидів і провалів полягає в тому, що підбір ефективних площ розділений на два етапи. На першому етапі, з умови одночасного зрушення розрядних поршнів у підготовчий період, визначаються ефективні площі трубопроводів порожнин молодших розрядів. На другому етапі – встановлюється закон зміни ефективних площ молодших розрядів залежно від параметрів руху поршня старшого розряду [2].

У підготовчий період можливість виникнення викидів і провалів усувається шляхом підбору ефективних площ трубопроводів керуючих розрядних порожнин привода. При цьому завдання з усунення викидів і провалів у підготовчий період може вирішуватися двома способами. Перший спосіб полягає в тому, що за заданим тиском живлення в штоковій порожнині визначається тиск руху поршня старшого розряду і за отриманим значенням тиску руху поршня старшого розряду й заданої ефективної площі трубопроводу підводу повітря, визначається час підготовчого періоду поршня старшого розряду. Далі, з умови одночасного зрушення всіх розрядних поршнів, визначаються ефективні площі живлячих і вихлопних трубопроводів розрядних порожнин.

Другий спосіб виключення викидів і провалів у підготовчий період полягає в тому, що за заданим тиском руху й ефективною площею трубопроводу живлення порожнини старшого розряду з умови од-

ночасного зрушення всіх розрядних поршнів, що переключаються визначаються ефективні площі інших трубопроводів і тиск живлення штокової порожнини.

Розглянемо алгоритм визначення ефективних площ розрядних порожнин за першим способом.

Для спрощення задачі припустимо, що сили тертя поршнів не залежать від перепаду тисків. Таке допущення можна приймати в тих випадках, коли ущільнення поршнів здійснюється гумово-фторопластовими кільцями, якщо тиск живлення $P_M < 1 \text{ МПа}$. Приймаємо також, що сили тертя зрушення не залежать від часу контакту ущільнень із контртілом. Це припущення може бути прийняте для гумово-фторопластових ущільнень. Прийmemo також початкові температури в порожнинах наповнення, вихлопу, в штоковій порожнині та у магістралі рівними температурі навколишнього середовища ($T_{ni} = T_{ei} = T_{ui} = T_M = T_C = 290^\circ \text{K}$). Початкові тиски в порожнинах наповнення, вихлопу, у штоковій порожнині та у магістралі відповідно дорівнюють: $P_{ni} \cdot P_{ei} \cdot P_{ui}$ і P_M .

Позначимо ефективну площу трубопроводу, по якому підводиться повітря до порожнини поршня старшого розряду, через f_{enc} .

Користуючись залежностями, наведеними в роботі [4], визначимо час підготовчого періоду поршня старшого розряду:

$$t_{nn} = 3,617 \times 10^{-3} \frac{V_{on}}{f_{enc}} \left[\Psi_{In} \left(\frac{P_{np}}{P_M} \right) - \Psi_{In} \left(\frac{P_a}{P_M} \right) \right], (1)$$

де V_{on} - мінімальний об'єм порожнини поршня старшого розряду; Ψ_{In} - функція відношень тисків.

$$\Psi_{In} \left(\frac{P_{np}}{P_M} \right) = \frac{P_{np}}{P_M} \text{ при } 0 < \frac{P_{np}}{P_M} < 0,528$$

$$\Psi_{In} \left(\frac{P_{np}}{P_M} \right) = \frac{2k\phi(\sigma_\epsilon)}{k-1} \times$$

$$\times \left[\sqrt{1 - \left(\frac{P_{np}}{P_M} \right)^{\frac{k-1}{k}}} - \sqrt{1 - \left(\frac{P_{np}}{P_M} \right)^{\frac{k-1}{k}}} \right] + \sigma_\epsilon.$$

$$\text{При } 0,5 < \frac{P_{np}}{P_M} < 1; \sigma_\epsilon = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0,528,$$

де k - показник адиабати; $\phi(\sigma_\epsilon)$ - функція витрати; P_{np} - тиск руху поршня старшого розряду.

$$P_{np} = \frac{P_{mn} + F \times C_n \pm P_H + P_{np}}{F}, (2)$$

де P_{mn} - сила тертя поршня старшого розряду; P_H - навантаження, що діє на шток; P_{np} - сила тертя рухомих частин, приєднаних до штоку;

$C_n = p_{uu}(1 - k_n) - k_n \times p_{\alpha}$; $k_n = \frac{F_{uu}}{F}$ - коефіцієнт відношення площ штока й поршня.

Отримане значення часу наповнення порожнини старшого розряду до тиску руху підставляємо в рівняння визначення часу наповнення й спорожнювання порожнин молодших розрядів й у рівняння визначення часу спорожнювання старшого розряду. При цьому отримуємо значення ефективних площ живлячих і вихлопних трубопроводів молодших розрядів.

У загальному випадку для i -ої порожнини, що наповнюється, можна значення f_{eni} представити у вигляді формули:

$$f_{eni} = 3,62 \times 10^{-3} \frac{V_{oi}}{t_{nn}} \left[\Psi_{li} \left(\frac{p_{ip}}{p_m} \right) - \Psi_{li} \left(\frac{p_a}{p_m} \right) \right], \quad (3)$$

де V_{oi} - мінімальний об'єм i -ої розрядної порожнини; Ψ_{li} - функція, аналогічна Ψ_{ln} ; p_{ip} - тиск руху i -го поршня, що у загальному виді визначається за залежністю:

$$p_{ip} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_{mi} + F \times C_n \pm P_n + P_{np}}{F}. \quad (4)$$

Для i -ої порожнини, що спорожняється, значення ефективної площі відповідного трубопроводу визначається за формулою:

$$f_{evi} = 2,53 \times 10^{-2} \frac{V_{imax}}{t_{nn}} \frac{k-1}{\left(\frac{p_a}{p_m} \right)^k} \times \left[\Psi_{2i} \left(\frac{p_a}{p_{ip}} \right) - \Psi_{2i} \left(\frac{p_a}{p_m} \right) \right], \quad (5)$$

де V_{imax} - максимальний об'єм порожнини i -го розрядного поршня; p_{ip} - тиск руху i -го поршня при спорожнюванні його керуючої порожнини:

$$p_{ip} = \frac{p_n \times F - \sum_{i=1}^{i=n-1} P_{mi}}{F}. \quad (6)$$

Ефективну площу відповідного трубопроводу n -ої порожнини, залежно від часу наповнення t_{nn} , визначимо як

$$f_{en} = 2,53 \times 10^{-2} \frac{V_{max,n}}{t_{nn}} \frac{k-1}{\left(\frac{p_a}{p_m} \right)^{2k}} \times \left[\Psi_{2k} \left(\frac{p_a}{p_{np}} \right) - \Psi_{2k} \left(\frac{p_a}{p_m} \right) \right], \quad (7)$$

де $V_{max,n}$ - максимальний об'єм порожнини старшого розряду;

$$p_{np} = \frac{F \times [p_{uu}(1 - k_n) + p_a k_n] - P_{mч} \pm P_n + P_{np}}{F}. \quad (8)$$

Таким чином, визначивши тиск руху за формулою (2) і підставивши його у (1) при відомій f_{enc} , знаходимо час підготовчого періоду поршня старшого розряду. Далі, підставляючи отримане значення t_{nn} у рівняння наповнення або спорожнювання, знаходимо f_{ni} ефективну площу i -го розряду. Розраховані за запропонованим алгоритмом ефективні площі забезпечують одночасний початок руху всіх розрядних поршнів за будь-яких комбінації їхнього переключення. При цьому кожному значенню сумарної величини сил тертя й корисного опору повинні відповідати певні значення ефективних площ підвідних і відвідних трубопроводів порожнин молодших розрядів. Така точна відповідність розрахункових ефективних площ сумарній силі, що діє на шток приводу, не дозволяє застосувати запропонований спосіб запобігання викидів і провалів у приводах зі змінним навантаженням.

Алгоритм визначення ефективних площ підвідних і відвідних трубопроводів молодших розрядів і трубопроводу старшого розряду за другим способом, аналогічний першому. Однак при зміні сумарної величини сил шкідливого й корисного опору ефективні площі керуючих ліній не змінюють свого значення. Запобігання можливості появи виникнення викидів і провалів здійснюється відповідною зміною тиску в штоковій порожнині приводу. При цьому взаємозв'язок між тиском у штоковій порожнині, тиском руху p_{np} поршня старшого розряду й діючих сил визначається рівнянням:

$$p_m = \frac{p_{np} + k_n \times p_a}{1 - k_n} - \frac{P_{mn} \pm P_n + P_{np}}{F(1 - k_n)}. \quad (9)$$

Висновки. З порівняльного аналізу способів видно, що другий спосіб переважає над першим, тому що зі зміною рівнодіючої сили, що діє на вихідний шток, за другим способом необхідно тільки визначити за формулою (9) значення тиску в штоковій порожнині й встановити його за допомогою клапана тиску, в той час, як за першим способом необхідно визначити й установити ефективні площі як підвідних, так і відвідних трубопроводів молодших розрядів, що значно складніше.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лимонов Ю.М. Динамический синтез дискретных пневмоприводов автоматизированных объектов: Диссертация на стиск. учен. степ. канд. техн. Наук. – Харьков, 1984. – 212 с.
2. Новик Н. А. Анализ пневматического ЦП. – В кн.: Технология и автоматизация машиностроения. – К.: Техника, 1984. – №34. – с.72-78.

Стаття надійшла 05.05.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Саленком О.Ф.