

УДК 62-85

Петренко В.В., Новік М.А., Іващенко М.В.,
Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, м.
Київ, Україна.

Пневмогідралічний багатопозиційний привод з об’ємним гідралічним цифровим дозатором

Вступ

Застосування в якості виконавчих пристроїв систем автоматики пневматичних, гідралічних, електричних та комбінованих приводів з цифровим, унітарним та комбінованим керуванням суттєво спрощує процес позиціонування вихідної ланки в широкому діапазоні з заданною точністю і дискретністю. Такі приводи нескладні конструктивно, легко стикуються з програмними керуючими пристроями і надійні в роботі [1,2,3]. Але поряд із безсумнівними перевагами перед дроселюючими пневматичними і гідралічними приводами вони мають і деякі недоліки. До основних недоліків таких приводів відносяться значний осьовий габаритний розмір виконавчого циліндра, поява при роботі незапрограмованих рухів вихідної ланки при перемиканні розрядних камер і складність забезпечення гальмування в кінці ходу. Все це обмежує область застосування таких приводів в системах автоматичного керування.

104

Тому створення і дослідження багатопозиційних пневматичних, гідралічних та комбінованих приводів з поліпшеними динамічними характеристиками заданою дискретністю, значним переміщенням вихідної ланки, незначними габаритними розмірами виконавчого циліндра і надійним гальмуванням є актуальною проблемою, вирішення якої дають можливість значно розширити область застосування приводів такого типу.

На рис. 1 показана схема пневмогідралічного багатопозиційного приводу з об’ємним гідралічним цифровим дозатором.

Структура пневмогідралічного багатопозиційного приводу з об’ємним гідралічним дозатором містить чотирирозрядний гідралічний дозатор (ГД) і однорозрядний виконавчий циліндр, які утворюють п’ятирозрядний цифровий двигун (ЦД), датчик лінійного переміщення (ДЛП), електронний

чотирирозрядний дешифратор (Decoder), пневмогідрравлічний аккумулятор (ПГА) та розподільчу і регулюючу апаратуру.

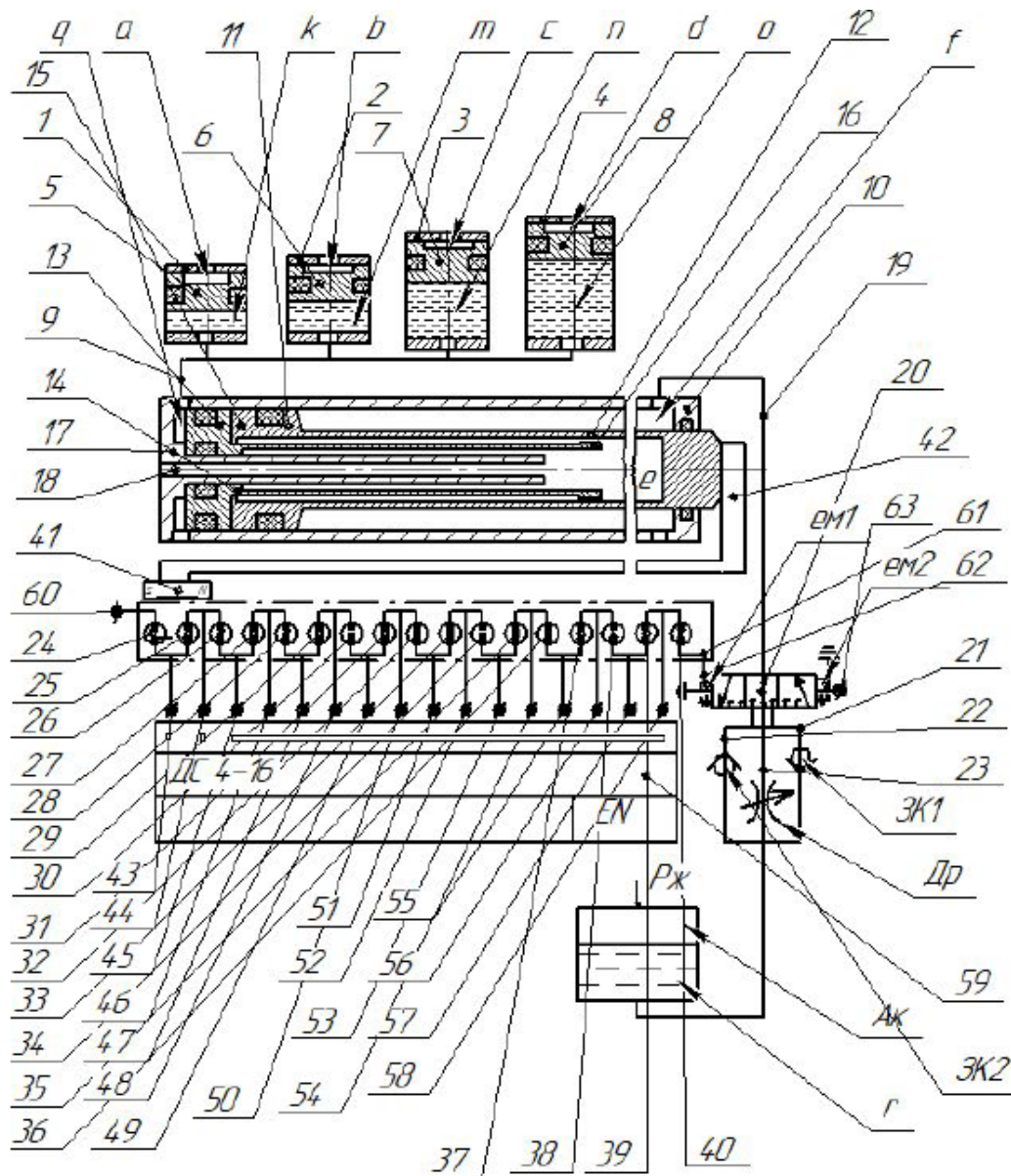


Рис. 1 Пневмогідрравлічний багатопозиційний привод з об'ємним гідравлічним цифровим дозатором.

Чотирирозрядний ГД складається з гідравлічних циліндрів 1,2,3, і 4, в яких розміщені відповідно розрядні поршні 5,6,7 і 8 з утворенням розрядних пневматичних камер а,b,c,d і гідравлічних камер k,m,n,o з об'ємами рідин V_0 , $2V_0$, $4V_0$ і $8V_0$. Гідравлічні камери k,m,n,o каналом 9 сполучені з гідравлічною камерою q виконавчого циліндра 10. Виконавчий циліндр

складається з поршня 11 з вихідним штоком 12, в циліндричній глухій розточці поршня зі штоком розміщений додатковий поршень 13 з хвостовиком 14. На поршні 11 і хвостовику 14 відповідно виконані упори 15 і 16, які обмежують переміщення поршня 11 з вихідним штоком 12 відносно додаткового поршня 13. В кришці 17 виконаний канал 18, по якому тиск живлення підводиться до камери старшого розряду ЦД е. Штокова камера f циліндра 10 каналом 19 сполучена з вихідним каналом трипозиційного розподільника 20, вхідні канали 21, 22, 23 якого через зворотні клапани ЗК1, ЗК2 і дросель Др з'єднані з гідравлічною камерою г пневмогідравлічного акумулятора Ак. Датчик лінійного переміщення виконаний у вигляді ланцюга послідовно увімкнених нормально замкнених герконів (герметичних контактів) 24...40 і магніту 41, який тягою 42 прикріплений до вихідного штока 12. Контакти герконів 24...40 відповідно з'єднані з вихідними контактами 43...58 електронного дешифратора (ЕД) 59.

Перемикання дешифратора 59 здійснюється подачею сигналів керування на вхідні контакти b',c',d' і e'. Вихідні контакти 60 і 61 датчика лінійного переміщення з'єднані відповідно з контактами 62 і 63 електромагнітів ем1 і ем2 розподільника 20.

Принцип дії пневмогідравлічного багатопозиційного приводу з об'ємним гідравлічним цифровим дозатором полягає в наступному. У вихідному положенні розрядні пневматичні камери a, b, c, d і e ЦД з'єднані з атмосферою, що відповідає кодовій комбінації керуючих сигналів 00000. Керуючі контакти b',c',d' і e' дешифратора 59 знеструмлені, що відповідає кодовій комбінації 0000. Електромагніти ем1 і ем2 розподільника 20 знеструмлені, при цьому рідина під тиском з акумулятора Ак через дросель Др і розподільник 20 підводиться до камери f. Під дією тиску в камері f. Вихідний шток 12 і розрядні поршні 5, 6, 7 і 8 циліндрів 1, 2, 3 і 4 займають вихідне положення. Магніт 41 знаходиться над герконами 24 і 25, при цьому їх нормально замкнені контакти магнітним полем розімкнені.

При опрацюванні ЦД кодової комбінації керуючих сигналів 00001 (тиск живлення подається в камеру a циліндра 1. Під дією тиску в камері a поршень 5 переміщується вниз (за кресленням) і витісняє рідину об'ємом V_0 у камеру q

виконавчого циліндра 10. При цьому вихідний шток 12 переміщується праворуч на величину

$$X_0 = \frac{4 \cdot V_0}{\pi(D_y^2 - d_x^2)} = \frac{D_d^2}{D_y^2 - d_x^2} \cdot y_0,$$

де y_0 - переміщення поршня 6 дозатора молодшого розряду; d_x - діаметр хвостовика кришки 17.

При переміщенні вихідного штока 12 праворуч на величину X_0 рідина із камери f витісняється в камеру r акумулятора A_k через дросель D_r , яким налаштовується гальмівна швидкість руху вихідного штока 12. При переміщенні вихідного штока 12 з магнітом 41 на величину X_0 магнітним полем магніта 41 забезпечується постійне розмикання контактів герконів 24 і 25, що обумовлює знеструмлення електромагнітів $em1$ і $em2$ розподільника 20 і його перемикавання. При опрацюванні наприклад комбінації керуючих сигналів 00111 (тиск живлення одночасно передається у камери a , b , c) гідравлічних циліндрів 1, 2 і 3. Одночасно з цим подаються керуючі сигнали на контакти b' , c' дешифратора 59. При цьому дешифратор 59 перемикається і напруга від контакту 2 подається на контакт 46 і по ланцюгу замкнених контактів герконів 28...40, контакти 61 і 62 подається на електромагніт $em1$. При цьому розподільник 20 перемикається праворуч, що обумовлює можливість перетікання рідини із камери f в камеру r акумулятора A_k через розподільник 20 і зворотній клапан ЗК2. Паралельно з цим під дією тисків в камерах a , b , рідина з камер k , m , n витісняється в камеру q виконавчого циліндра 10. Під дією тиску в камері q вихідний шток 12 і магніт 41 переміщується з великою швидкістю праворуч на величину

$$X_0 = \frac{4 \cdot 7 \cdot V_0}{\pi(D_y^2 - d_x^2)} = 7 \frac{D_d^2}{D_y^2 - d_x^2} \cdot y_0$$

В процесі переміщення магніта 41 його магнітним полем в кінці переміщення розмикаються контакти герконів 27 і 28, що призводять до знеструмлення електромагніта $em1$. При цьому розподільник 20 перемикається в середнє положення і рідина з камери f витісняється в камеру r через дросель D_r , яким забезпечується інтенсивне гальмування вихідного штока 12.

Аналогічно привод працює і опрацювання інших комбінацій керуючих сигналів.

Розглянемо роботу приводу в процесі перемикання розрядних камер з комбінації 00111 на 11000 (тобто камери a, b, c з'єднуються з атмосферою, а до камер d і e підводиться тиск живлення) одночасно подається команда і на перемикання дешифратора 59, тобто комбінація 0011 перемикається на 1100. При цьому напруга від контакта 12 дешифратора 59 подається на контакт 55. Від контакту 55 через ланцюг замкнених герконів 37...40 і контакти 61, 62 напруга подається на ем1, при цьому розподільник 20 перемикається праворуч і камера f циліндра 10 з'єднується з камерою г акумулятора Ак через зворотній клапан ЗК2. Таке перетікання рідини унеможлиблює рух вихідного штока 12 ліворуч, рух штока 12 можливий тільки праворуч.

Одночасно з перемиканням дешифратора 59 перемикаються і розрядні камери ЦД, при цьому камери a, b і c з'єднуються з атмосферою, а до камер e і d підводиться тиск живлення.

Внаслідок цього вихідний шток 12 переміщується праворуч на величину

$$X = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i = X_0 \sum_{i=1}^n (2^{1-1} \cdot 0 + 2^{2-1} \cdot 0 + 2^{3-1} \cdot 0 + 2^{4-1} \cdot 1 + 2^{5-1} \cdot 1) = 24 \cdot X_0 = 24 \frac{D_d^2}{D_y^2 - d_x^2} \cdot y_0$$

108

де n=5-число розрядів; i-порядковий номер розрядного поршня; b_i - значуща цифра, яка приймає значення "1" при підведенні тиску живлення до i-ої камери і значення "0", коли i-та камера з'єднується з атмосферою.

В кінці переміщення вихідного штока 12 магнітним полем магніта 41 розмикаються контакти герконів 36 і 37, що призводить до знеструмлення електромагніта ем1 розподільник 20 перемикається в середнє положення, при цьому рідина іх камери f потрапляє в камеру г акумулятора через дросель Др. Регулюванням прохідного перерізу дроселя Др налаштовується швидкість гальмування вихідного штока в кінці переміщення. Число позицій п'ятирозрядного цифрового приводу визначається по залежності.

$$N = 2^n = 2^5 = 32(\text{позиції})$$

Де n - число розрядів.

Дискретність (мінімальна величина переміщення вихідного штока)

$$X_0 = 4 \frac{D_d^2}{D_y^2 - d_x^2}$$

Максимальна величина переміщення вихідного штока

$$X_{max} = X_0(2^n - 1)$$

Переміщення поршня і-го розряду гідравлічного об'ємного дозатора

$$y_1 = y_0 \cdot 2^{i-1}$$

Об'єм і-го гідравлічного дозатора

$$V_i = V_0 \cdot 2^{i-1}$$

Величина переміщення вихідного штока в залежності штока в залежності від опрацювання кодової комбінації керуючих сигналів

$$X = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1}$$

Максимальне теоретичне зусилля

$$P_{max} = \frac{\pi D_{ш}^2}{4} p - \frac{\pi(D_{ш}^2 - d_{ш}^2)}{4} \cdot P_{ж}$$

де $d_{ш}$ - діаметр штока 12; p - тиск живлення що підводиться до камери е.

Розрахунок дискретного датчика лінійного перемикавання.

Датчик лінійного перемикавання в поєднанні з електронним дешифратором забезпечує як швидкий і гальмівний рух, так і унеможливорює появи в русі вихідного штока незапрограмованих рухів, так званих “викидів” і “провалів” при перемиканні розрядних камер цифрового двигуна.

Вихідні параметри розрахунку датчика.

Число розрядів цифрового двигуна $n=5$;

число розрядів електронного дешифратора $59 - n_{д} = 4$;

дискретність цифрового двигуна - X_0 ;

крок розміщення герконів 24...40- l_r ;

крок розміщення контактів 43...56 - l_k ;

довжина магніта 41 - l_m .

Приймаємо: - $l_m = 4 X_0$; $l_r = l_k = 2 X_0$.

1. Величина переміщення вихідного штока визначається по залежності

$$X = X_{ш} + X_{галь} \quad (1)$$

де $X_{ш}$ - велечина переміщення вихідного штока на великій швидкості;

$X_{галь}$ - шлях гальмування.

2. Величина переміщення вихідного штока 12 з магнітом 41 в залежності від опрацювання кодової комбінації ЦД визначається по залежності

$$X = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i$$

Вирішуємо сумісно рівняння (1) і (2) відносно $X_{ш}$, отримаємо

$$X_{ш} = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i - X_{галь}$$

Величина гальмівного переміщення вихідного штока 12 може мати два значення X_0 або $2 X_0$,

тобто

$$X_{галь} = KX_0 \quad (4)$$

Значення коефіцієнта K визначається з наступної умови, якщо величина переміщення вихідного штока кратна величині $2 X_0$, то коефіцієнт $K=1$, якщо величина переміщення кратна X_0 то $K=2$.

Підставим значення $X_{галь}$ із формули (4) в формулу (3) отримаємо

$$X_{ш} = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i - KX_0 = X_0 (X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} - K)$$

110

Приклад 1. Визначити шляхи гальмівного швидкого руху при опрацюванні ЦД кодової комбінації керуючих сигналів 11100, якщо $X_0=16$ мм, а $n=5$

Рішення:

1. Знаходимо величину переміщення вихідного штока

$$X = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i = 16(2^{1-1} \cdot 0 + 2^{2-1} \cdot 0 + 2^{3-1} \cdot 1 + 2^{4-1} \cdot 1 + 2^{5-1} \cdot 1) = 16 \cdot 28 = 448 \text{ (мм)}$$

2. Визначаємо значення коефіцієнта K із умови,

$$X = 2X_0 = 448:32=14, \text{ тобто величина } 12 \text{ кратна } 2X_0 = 32 \text{ (мм) значить } K=1$$

3. Гальмівний шлях

$$X_{галь} = KX_0 = 16 \text{ (мм)}$$

4. Шлях швидкого руху

$$X_{ш} = X - KX_0 = 448 - 16 = 432 \text{ (мм)}$$

Таким чином, при опрацюванні комбінації керуючих сигналів 11100 вихідний шток 12 на участці 432 мм буде рухатися з великою швидкістю, а на участці 16 мм на гальмівній швидкості.

Приклад 2. Визначити шляхи швидкого і гальмівного рухів вихідного штока 12 при опрацюванні ЦД кодової комбінації керуючих сигналів 11110.

1. Величина переміщення вихідного штока 12

$$X = X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i = 16(2^{1-1} \cdot 0 + 2^{2-1} \cdot 1 + 2^{3-1} \cdot 1 + 2^{4-1} \cdot 1 + 2^{5-1} \cdot 1) = 16 \cdot 28 = 464 \text{ (мм)}$$

2. Визначаємо значення коефіцієнта K ,

$$X = 2X_0 = 464:32 = 14,5$$

У данному випадку переміщення некрратне величині $2X_0 = 32$, тому коефіцієнт $K=2$

3. Гальмівний шлях при цьому

$$X_{\text{галь}} = KX_0 = 32 \text{ (мм)}$$

4. Шлях швидкого руху

$$X_{\text{ш}} = X - KX_0 = 464 - 32 = 432 \text{ (мм)}$$

Таким чином опрацьовуючи комбінації керуючих сигналів від комбінації 00011 до 11111 гальмівний шлях буде різний. Де переміщення кратне числу $2X_0 = 32$ мм там гальмівний шлях буде дорівнювати $X_0 = 16$ мм, а якщо величина переміщення не кратна 32 мм, то гальмівний шлях буде дорівнювати $2X_0 = 32$ мм.

Висновки

Запропонований пневмогідравлічний багатопозиційний привод з об'ємним дозатором характеризується поліпшеною дискретністю, так як у нього унеможливується виникнення незапрограмованих рухів вихідного штока при перемиканні розрядних камер, забезпечується надійне гальмування при опрацюванні будь-якої кодової комбінації керуючих сигналів. Крім того, виконавчий циліндр при значному переміщенні вихідного штока має незначний осьовий габаритний розмір і не складний конструктивно. Все це обумовлює можливість значного розширення області застосування таких приводів в якості виконавчих пристроїв промислових роботів, метало та деревообробних верстатів, у зварювальному і складальному виробництвах і інших системах з автоматичним керуванням.

Список використаних джерел

1. Режими позиціонування пневматичних цифрових приводів | | Вісник НТУУ “КПІ”, Машиностроение -К.:2006 - №49.с.125-130
2. Новік М.А. Порівняння статичних характеристик багатопозиційних приводів з цифровим керуванням/ М.А Новік, В.Є. Дідовець/ Збірник наукових праць “Технологія і техніка друкарства” -2012.-Том.35, №1.-с.142-149
3. Новік М.А. Аналіз точності позиціонування цифрових приводів. //Вісник НТУУ “КПІ”, серія Машинобудування .-2008.-№54,-с.124-131.