

УДК 62-85

Бельський А.О., Новік М.А.

Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

Визначення кількості опрацьованих імпульсів унітарного коду і комбінації керуючих сигналів двійкового коду електропневматичним багатопозиційним приводом.

Поєднання в структурі приводів електричних крокових двигунів (ЕКД) і пневматичних або гідравлічних цифрових двигунів (ЦД) відкриває велику перспективу у створенні надійних, високоточних багатопозиційних виконавчих пристроїв промислових роботів з малою дискретністю і значним переміщенням вихідної ланки. Надійність таких приводів обумовлюється тим, що робоче тіло, яке використовується, не вимагає високої степені очищення, так як прохідні перерізи живлячих трубопроводів мають значну величину. Висока точність обумовлюється тим, що позиціонування вихідних ланок таких приводів здійснюється по жорстким упорам.

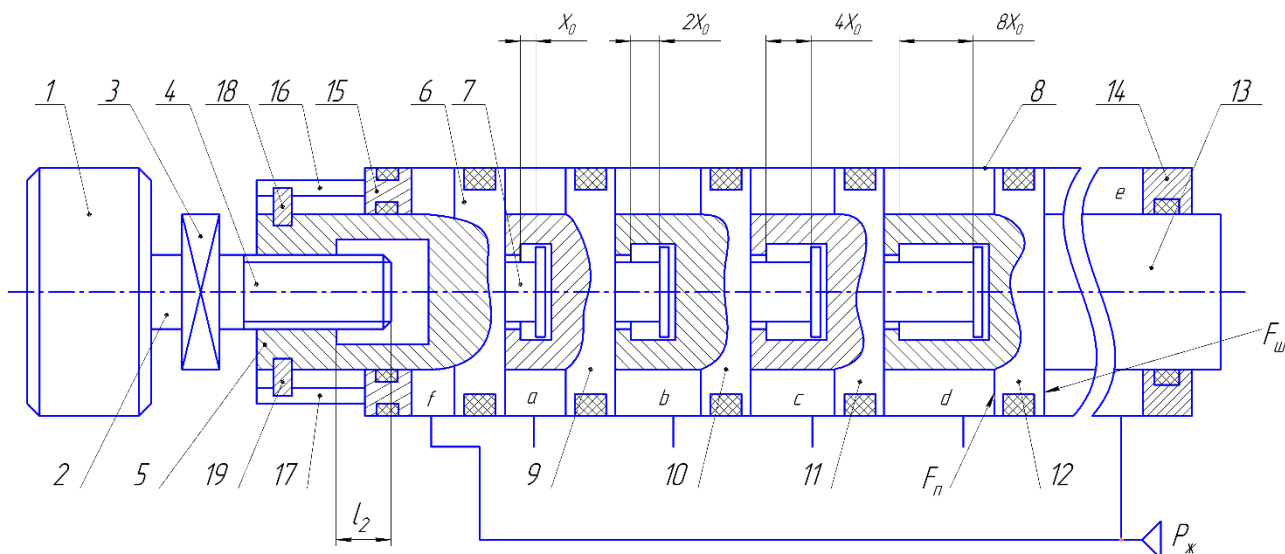


Рис. 1 Електропневматичний багатопозиційний привод

На рис.1 показана схема електропневматичного багатопозиційного приводу, структура якого містить електричний кроковий двигун і пневматичний цифровий двигун.

Електропневматичний багатопозиційний привод складається із електричного крокового двигуна 1, вихідний вал 2 якого муфтою 3 сполучений з гвинтом 4, робоча довжина якого дорівнює l_2 . Гвинт 4 вгвинчений в шток 5 додаткового поршня 6 з обмежувачем переміщення 7. Цифровий пневматичний

двигун (ЦПД) виконаний у вигляді циліндра 8, в якому послідовно розміщені розрядні поршні 9, 10, 11 і 12. До поршня старшого розряду 12 прикріплений вихідний шток 13. Розміщені в циліндрі поршні утворюють розрядні герметичні камери a , b , c і d , штокову камеру e і компенсаційну камеру f . До торців циліндра 8 прикріплені кришки 14 і 15. В пазах 16 і 17 кришки 15 розміщені рухомо в осьовому напрямку шпонки 18 і 19, які прикріплені до штока 5. Штоки 13 і 5 мають рівні діаметри, а до камер e і f постійно підводиться тиск живлення $p_{ж}$.

Одночасне підведення тиску живлення до камер e і f дає можливість розвантажити гвинт 4 від осьового зусилля. Так при рівних діаметрах штоків 13 і 5 осьове зусилля, що діє на гвинт 4 дорівнює нулю. В процесі руху розрядних поршнів максимальне зусилля, що діє на гвинт 4, нехтуючи навантаженням і зусиллями тертя поршнів, визначається по формулі

$$R_{max} = \frac{\pi}{4} (D_{ц}^2 - D_5) \cdot p_{ж},$$

де $D_{ц}$ – діаметр циліндра 8; D_5 – діаметр штока 5; $p_{ж}$ – тиск живлення.

У випадку, коли до камери f не підводиться тиск живлення (тобто при відсутності компенсаційної камери f) максимальне зусилля, що діє на гвинт 4 визначається по залежності

$$R_{max} = \frac{\pi}{4} D_{ц}^2 \cdot p_{ж}.$$

Таким чином розміщення в циліндрі 8 додаткової компенсаційної камери f дає можливість значно зменшити осьове навантаження на гвинт 4, що в свою чергу обумовлює зменшення крутного моменту (потужності) ЕКД 1.

При розгляді кінематики комбінованого цифрового приводу виникає дві задачі: пряма і зворотня.

1. По заданій кількості опрацьованих імпульсів ЕКД і по опрацьованій комбінації керуючих сигналів пневматичним ЦД необхідно знайти величину переміщення вихідного штока.

2. По відомій величині переміщення вихідного штока (вихідній ланці) необхідно знайти число опрацьованих імпульсів ЕКД і комбінацію керуючих сигналів опрацьовану ЦД.

Величина переміщення вихідного штока 13 при опрацьованні ЕКД $n_{ім}$ і кодової комбінації керуючих сигналів ЦД визначається по залежності

$$X_c = X_k + X_{ц} = \frac{\varphi_0}{360^\circ} n_{ім} \cdot t_{гв} + X_0 \sum_{i=1}^{n_{ц}} 2^{i-1} \cdot b_i,$$

де φ_0 – дискрета ЕКД; $n_{\text{ім}}$ – число опрацьованих імпульсів ЕКД; $t_{\text{ГВ}}$ – крок гвинта; X_0 – дискретність цифрового двигуна (ЦД); i – порядковий номер розрядного поршня ЦД; $n_{\text{ц}}$ – число розрядів ЦД; b_i – значуща цифра, яка приймає значення - “1”, коли тиск живлення поданий в i -ту камеру і значення - “0”, коли i -та камера з’єднується з атмосферою; $X_{\text{к}}$ – переміщення вихідного штока (ланки) за рахунок опрацювання керуючих імпульсів (унітарного кода) ЕКД; $X_{\text{ц}}$ – переміщення вихідного штока, яке визначається опрацюванням комбінацій керуючих сигналів (двійкового кода) ЦД; $X_{\text{с}}$ – сумарна величина переміщення штока 13.

Так, наприклад, при заданих параметрах: $\varphi_0 = 1,8^\circ$; $t_{\text{ГВ}} = 2\text{мм}$; $X_0 = 2\text{мм}$; $n_{\text{ц}} = 4$; $n_{\text{ім}} = 100$; опрацьована комбінація керуючих сигналів ЦД 1011 (тобто тиск живлення подано в камери a , b , і d), величина переміщення вихідного штока 13 визначається по залежності

$$X_{\text{с}} = \frac{\varphi_0}{360^\circ} n_{\text{ім}} \cdot t_{\text{ГВ}} + X_0 \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} 2^{i-1} \cdot b_i = \frac{1,8^\circ}{360^\circ} \cdot 100 \cdot 2 + 2(b_1 \cdot 2^{1-1} + b_2 \cdot 2^{2-1} + b_3 \cdot 2^{3-1} + b_4 \cdot 2^{4-1}) = 1 + 210 + 21 + 0 \cdot 22 + 1 \cdot 23 = 1 + 21 + 2 + 0 + 8 = 23 \text{ мм.}$$

Максимальне число імпульсів, яке може бути подане на ЕКД 1 визначається по залежності

$$n_{\text{ім,max}} = \frac{360^\circ \cdot X_0}{\varphi \cdot t_{\text{ГВ}}} = \frac{360^\circ \cdot 2}{1,8^\circ \cdot 2} - 1 = 199 \text{ (імпульсів).}$$

Максимальна величина переміщення вихідного штока 13

$$X_{\text{с}} = X_{\text{к}} + X_{\text{ц}} = \frac{\varphi_0}{360^\circ} n_{\text{ім,max}} \cdot t_{\text{ГВ}} + X_0 (2^{n_{\text{ц}}} - 1) = X_0 \cdot 2^{n_{\text{ц}}} - \frac{\varphi_0}{360^\circ} \cdot t_{\text{ГВ}} = 2 \cdot 2^4 - \frac{1,8^\circ}{360^\circ} \cdot 2 = 31,99 \text{ (мм).}$$

Розглянемо алгоритм рішення зворотної задачі, тобто по відомим параметрам: $X_{\text{с}}$; φ_0 ; X_0 ; $t_{\text{ГВ}}$ і $n_{\text{ц}}$ необхідно визначити кількість імпульсів опрацьованих ЕКД і опрацьовану кодову комбінацію цифровим двигуном.

1. Визначаємо величину переміщення вихідного штока, яке обумовлюється опрацюванням імпульсів ЕКД.

$$X_{\text{к}} = X_{\text{с}} - X_{\text{ц}} = X_{\text{с}} - X_0 \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} 2^{i-1} \cdot b_i,$$

де $X_{\text{ц}}$ – найбільша величина переміщення вихідного штока за рахунок опрацювання керуючих сигналів ЦД, при цьому $X_{\text{ц}} \leq X_{\text{с}}$,

2. Визначаємо число імпульсів опрацьованих ЕКД

$$n_{\text{ім}} = \frac{X_{\text{к}} \cdot 360^{\circ}}{\varphi^{\circ} \cdot t_{\text{ГВ}}},$$

3. По переміщенню $X_{\text{ц}}$ визначаємо кодову комбінацію, яка опрацьована ЦД

$$X_{\text{ц}} = X_0 \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} 2^{i-1} \cdot b_i = X_0 (b_1 \cdot 2^{1-1} + b_2 \cdot 2^{2-1} + b_3 \cdot 2^{3-1} + b_4 \cdot 2^{4-1}).$$

Приклад. По значенням параметрів електропневматичного багатопозиційного приводу: $\varphi_0 = 1,8^{\circ}$; $t_{\text{ГВ}} = 2\text{мм}$; $X_0 = 2\text{мм}$; $n_{\text{ц}} = 4$ розряда і $X_{\text{с}} = 29,5\text{ мм}$ визначити число опрацьованих імпульсів ЕКД і кодову комбінацію, що опрацьована ЦД.

Рішення.

1. Визначаємо переміщення вихідного штока, яке обумовлюється опрацюванням імпульсів ЕКД.

$$X_{\text{к}} = X_{\text{с}} - X_{\text{ц}} = 29,5 - X_0 \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} 2^{i-1} \cdot b_i = 29,5 - 2(b_1 \cdot 2^{1-1} + b_2 \cdot 2^{2-1} + b_3 \cdot 2^{3-1} + b_4 \cdot 2^{4-1}) = 29,5 - 2(0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3) = 29,5 - 2(0 + 2 + 4 + 8) = 29,5 - 2 \cdot 14 = 29,5 - 28 = 1,5 \text{ (мм)}.$$

2. Визначаємо число імпульсів опрацьованих ЕКД

$$n_{\text{ім}} = \frac{X_{\text{к}} \cdot 360^{\circ}}{\varphi^{\circ} \cdot t_{\text{ГВ}}} = \frac{360^{\circ}}{1,8^{\circ} \cdot 2} \cdot 1,5 = 150 \text{ (імпульсів)}.$$

3. По переміщенню $X_{\text{ц}}$ визначаємо кодову комбінацію, яка опрацьована ЦД.

$$X_{\text{ц}} = X_0 \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} 2^{i-1} \cdot b_i = 28 = 2(0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3).$$

Тобто ЦД опрацьована комбінація 1110, при цьому тиск живлення подається в камери b , c і d .

Висновки

В розглянутій роботі приведений алгоритм визначення координати вихідного штока електропневматичного багатопозиційного приводу і розглянута можливість зменшення потужності ЕКД.

Список використаних джерел:

1. Патент України №90383 МПК F15B7/00. Багатопозиційний привод / Новік М.А., Кучерук Ю.М., Дорогань В.В., опубл. 10.02.2010р. – Бюл. №3
2. Патент України №97200 МПК F15B7/00. Комбінований цифровий привод / Новік М.А., Дідовець В.Є., Дурягін А.І., опубл. 10.03.2015р.