
УДК 68-85

В.О.Єршова, М.А.Новік

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Електро-пневмогідравлічний кроковий слідкуючий привод

Електричні, гідравлічні, пневматичні, та комбіновані крокові приводи широко застосовуються в якості виконавчих пристроїв металорізальних та деревообробних верстатів, промислових роботів та інших механізмів систем автоматичного керування. Такі приводи здатні інформатию унітарного коду перетворювати в заданий закон руху вихідної ланки. При цьому особливої уваги заслуговують комбіновані електропневматичні крокові слідкуючі приводи. Використання в таких приводах електричних крокових двигунів забезпечує малу дискретність і точність позиціонування вихідної ланки, пневматика забезпечує високу швидкодію, а гідравліка забезпечує жорсткість характеристик [1, 2].

В роботі розглянутий трикамерний слідкуючий кроковий привод, джерелом живлення якого є електрична та пневматична енергія [3].

Електро-пневмогідравлічний кроковий слідкуючий привод складається з виконавчого трикамерного циліндра, в якому розміщений поршень з вихідним штоком. В глухій осьовій розточці (камері) штока концентрично розміщений хвостовик, виконаний заодно з задньою кришкою. В осьовій розточці хвостовика розміщений хвостовик, які утворюють штокову камеру. Передня кришка, поршень і задня кришка утворюються герметичні камери, до яких по каналу підводиться тиск живлення від трипозиційного розподільника. Тиск живлення до розподільника підводиться по каналу від дроселюючого розподільника. Канал розподільника з'єднаний з гідравлічною ємкістю. Живлячий канал дроселюючого розподільника з'єднаний з вихідним каналом клапана «АБО», вхідні канали якого з'єднані з каналом гідравлічних ємкостей. Зливні канали дроселюючого розподільника з'єднані через зворотні клапани. Тиск живлення до пневматичних камер гідроємкостей підводиться по каналам від двопозиційного пневматичного розподільника. Дроселюючий гідравлічний розподільник виконаний у вигляді корпуса, в циліндричній розточці розміщений золотник, який навантажений зусиллям пружини, яка другим кінцем упирається в шліцеву втулку, на якій закріплена конічна шестерня Z_1 , що зчеплюється з

шестернею Z_2 . Втулка шліцевим з'єднанням сполучена рухомо в осьовому напрямку з штоком, кінець якої вгвинчений в гайку, яка муфтою з'єднана з вихідним валом електричного крокового двигуна (ЕКД). Шестерня Z_2 закріплена на валу механізмом зворотнього зв'язку. Механізм зворотнього зв'язку виконаний у вигляді корпусу, в якому розміщений шліцевий вал, який спряжений рухомо в осьовому напрямку зі шліцями барабана, на зовнішній циліндричній поверхні якого виконана гвинтова архімедова спіраль, в пазу якої розміщений гнучкий паз, закріплений з однієї сторони на барабані, а другий кінець прикріплений до штока, прикріпленого до вихідного штока. Паз архімедової спіралі спряжений гвинтовим з'єднанням з гайкою, сигмент якої закріплений на корпусі. Кінець шліцевого вала з'єднаний з валом натяжного пневмодвигуна. Вісь барабана повернута на кут φ підйома архімедової спіралі. При цьому точка сходу паса з барабаном лежить весь час в процесі повороту барабана в осьовій площині штока.

Принцип дії електро-пневмогідролічного крокового слідкуючого приводу (ЕПГСП) полягає в наступному. У вихідному положенні електромагніти em_1 , em_2 , em_3 розподільників знеструмлені, при цьому канали дроселюючого розподільника закриті, при цьому камери циліндра теж закриті. Котушки ЕКД знеструмлені, барабан навантажений крутним моментом від пневматичного двигуна. Тиск живлення $P_{\text{п}}$ від пневматичного розподільника подається до камери гідроємності. При цьому рідина з тиском $P_{\text{п}}$ підводиться через клапан «АБО» до каналу живлення дроселюючого розподільника. При подачі керуючих імпульсів на ЕКД його вихідний вал повертається, при цьому гайка повертається на кут $\beta = n_{\text{ім}} \cdot \beta_0$, де $n_{\text{ім}}$ – число опрацьованих імпульсів ЕКД; β_0 – дискретність ЕКД. Внаслідок обертання гайки золотник під дією зусилля пружини переміщується праворуч на величину $X_3 = n_{\text{ім}} \cdot \frac{\beta_0}{360^\circ} \cdot t_3$, де t_3 - крок різьби гайки (штока). При переміщенні золотника праворуч на величину x_3 рідина з гідроємності через клапан «АБО», канали розподільника поступає в камери, а через канал, поступає в гідроємність. Внаслідок перепаду тиску на поршні він з вихідним штоком рухається праворуч. При цьому по ланцюгу зворотнього зв'язку барабан, вал, Z_2 , Z_1 , повертають вал у зворотньому напрямку і переміщуються у вихідне положення, перекриваючи канали розподільника, що

призводить до зупинки вихідного штока. Швидкість переміщення при цьому визначається по залежності

$$v_1 = \frac{Q_{др}}{F_1 + F_2} = \frac{\alpha \cdot f_{др} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_1 + F_2} = \frac{\alpha \cdot \frac{\beta_0}{360^\circ} n_{ім} \cdot t_3 \cdot \pi \cdot d_3 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_1 + F_2}, \quad (1)$$

де $Q_{др}$ – витрата рідини через дроселюючий розподільник; $F_1 + F_2$ – відповідно ефективні площі поршня зі сторони камер; α – коефіцієнт витрати рідини ($\alpha = 0,6 - 0,62$); $f_{др}$ – ефективна площа дроселюючої щілини; ΔP – перепад тисків на дроселюючій щілині; ρ – густина рідини; β_0 – дискретність електричного крокового двигуна; $n_{ім}$ – число опрацьованих імпульсів ЕКД; t_3 – крока гайки дроселюючого розподільника; d_3 – діаметр дроселюючого золотника.

При перемикання гідравлічного розподільника ліворуч рідина з гідроємкості через клапан «АБО», дроселюючий розподільник, розподільник поступає в камеру, а камера з'єднується з гідроємкістю, при цьому поршень з вихідним штоком рухається праворуч зі швидкістю

$$v_2 = \frac{\alpha \cdot \frac{\beta_0}{360^\circ} n_{ім} \cdot t_3 \cdot \pi \cdot d_3 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_2}. \quad (2)$$

При русі поршня праворуч камера заповнюється за рахунок її всмоктування із гідроємкості.

При перемиканні розподільника праворуч рідина з гідроємкості поступає аналогічно попередньому випадку у камеру, а камери з'єднуються з гідроємкістю. Швидкість руху вихідного штока в цьому випадку визначається по залежності

$$v_3 = \frac{\alpha \cdot \frac{\beta_0}{360^\circ} n_{ім} \cdot t_3 \cdot \pi \cdot d_3 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_1}. \quad (3)$$

Таким чином, перемикаючи трипозиційний розподільник при опрацюванні однієї і тієї кількості імпульсів ЕКД отримаємо 3 варіанти швидкості руху вихідного штока.

Зворотній рух вихідного штока здійснюється при реверсі обертів ЕКД і перемиканні пневматичного розподільника. При перемиканні розподільника

ліворуч тиск живлення подається в камеру гідроємкості, яка підводиться до каналу дроселюючого розподільника. Переміщення у зворотньому напрямку необхідно здійснювати при такій же позиції розподільника що і при здійсненні прямого руху.

Дослідження показали, що швидкість руху вихідного штока залежить від частоти (швидкості) обертів вихідного вала ЕКД. При цьому привод забезпечує три характерні стадії руху вихідного штока: розгін, сталу швидкість і гальмування.

Передаточне відношення ланцюга зворотнього зв'язку визначається по залежності

$$i_{л} = \frac{X_3}{X_{ш}} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{t_3}{\pi \cdot D_6},$$

де X_3 – переміщення золотника; $X_{ш}$ – переміщення штока; D_6 – діаметр барабана.

Таким чином, введення в структуру крокового слідкуючого приводу додаткового трипозиційного чотирилінійного гідравлічного розподільника, двопозиційного пневматичного розподільника, пневмогідравлічних ємкостей зі зворотніми клапанами і клапаном «АБО» дає можливість отримати три діапазона швидкостей, що значно розширює їх область застосування. Крім того запропонований повод можна легко перекомпонувати як в електрогідравлічний, так і в електро-пневмогідравлічний.

Джерела інформації

1. Патент України №66444. МПК F15B9/03. Електрогідравлічний кроковий привод/Новік М.А., Дідовець В.Є., Лайко Д.О., Бюл. №1 від 10.01.2012 року.
2. Патент України №98826. МПК F15B9/03. Телескопічний електрогідравлічний кроковий привод/Новік М.А., Білоус А.В..
3. Патент України №129801. МПК F15B9/03 (2006.01). Електрогідравлічний кроковий привод/Новік М.А., Єршова В.О., Бюл. №21 від 12.11.2018 року.