

УДК 62-85

Михайлов Р.М. , Новік М.А.

Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

### **Поліпшення статичних і динамічних характеристик приводу поворота і фіксації револьверної головки:**

В нас час розробці і дослідженню цифрових приводів (ЦП) присвячено чимало наукових праць [ 1, 2, 3, 4] , в яких розглядаються різноманітні цифрові приводи: пневматичні, гідравлічні, електричні і комбіновані. Такі ЦП знаходять примінення в якості виконавчих пристроїв промислових роботів, метало- та деревообробних верстатах, в ливарному та зварювальному виробництвах, в станціях керування і наведення ракет, при виконанні монтажних і демонтажних робіт, перекриваючих пристроїв нафтових та газових трубопроводів і т.д. Це широке застосування ЦП обумовлюється простотою конструкції, надійністю, точністю і легкою стикованністю з керуючими системами: комп’ютерами, контролерами, і іншими керуючими пристроями.

Незважаючи на переваги ЦП над іншими типами приводів вони мають і деякі недоліки, що обмежує іноді їх ефективне використання в якості багатопозиційних пристроїв технологічного обладнання і системах автоматичного керування.

В роботах [ 5, 6] розглянуті конструкції ЦП для повороту і фіксації револьверної головки токарно-револьверних верстатів. Ці приводи характеризуються простотою конструкції, можливістю повороту на заданий кут і простотою системою керування. Тобто подана інформація на ЦП у вигляді двійкового коду перетворюється в заданий кут повороту план-шайби револьверної головки. Але в цих роботах не розглядаються недоліки існуючих ЦП, які полягають в тому, що в процесі роботи ЦП із-за втрати робочої рідини понижується точність позиціонування план-шайби, в процесі перемикання розрядних камер виникають незапрограмовані повороти план-шайби так звані “викиди” і “провали”, відсутня можливість регулювання як швидкості повороту так і гальмування.

В запропонованій роботі досліджується ЦП поворота і фіксації револьверної головки у якого унеможлиблюється незапрограмовані повороти план-шайби, забезпечується компенсація втраченої рідини під час роботи і регулювання швидкості гальмування в кінці повороту план-шайби.

На рис. 1 показана схема повороту і фіксації револьверної головки.

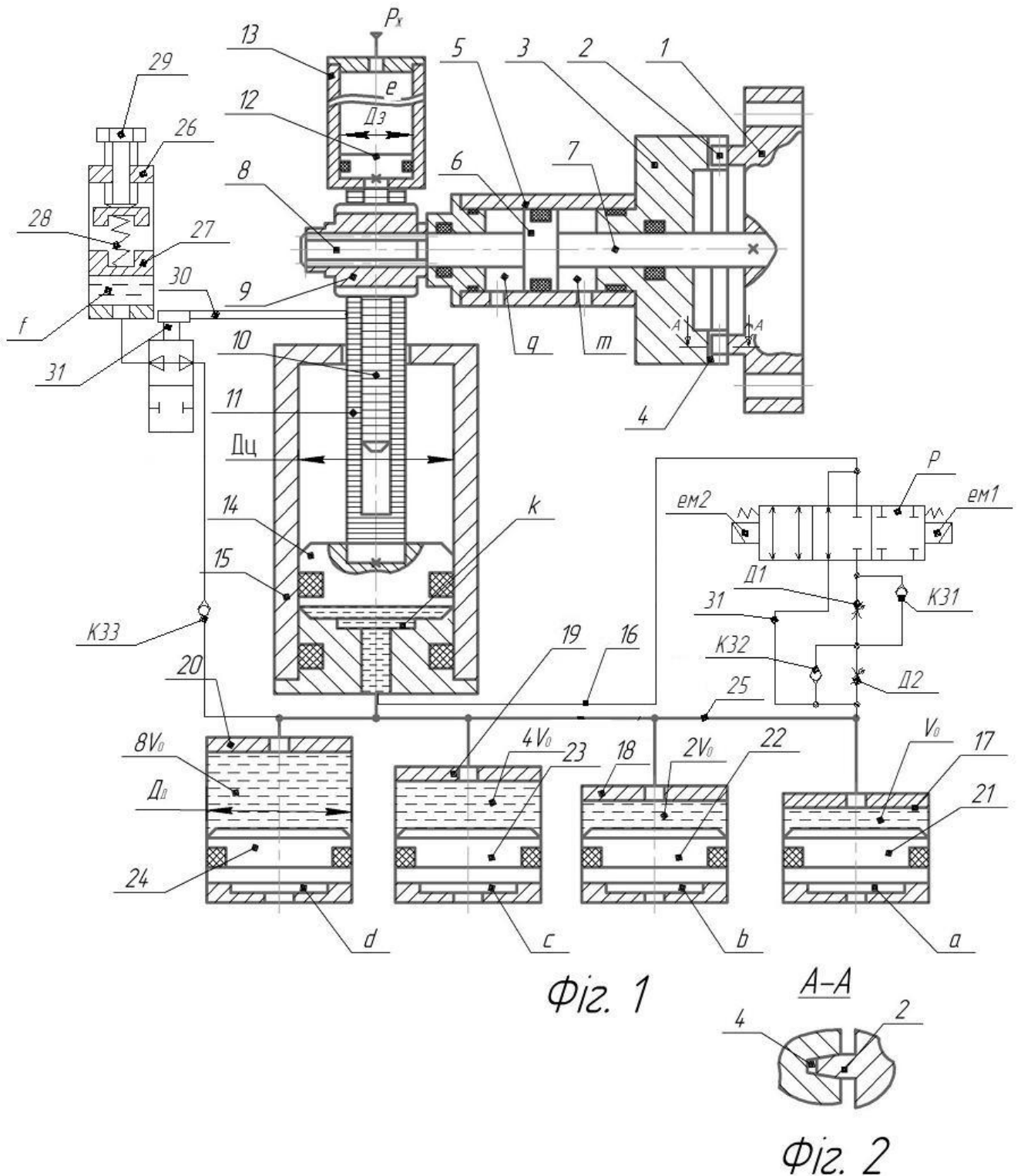


Рис. 1 Схема повороту і фіксації револьверної головки.

Схема складається з план-шайби 1 з фіксуючим зубчастим вінцем 2, корпуса 3 з зубчастим вінцем 4, циліндра 5, в якому розміщений поршень 6, шток 7 якого прикріплений до планшайби 1. На другому кінці штока 7, виконані шліці 8 які спряжені рухомо в осьовому напрямку зі шліцями що виконані у втулці шестірні 9. Шестірня 9 зчеплюються одночасно з рейками 10 і 11. При цьому рейка 10 жорстко прикріплена до поршня 14 циліндра 15. Поршень 12 циліндра 13 утворює робочу камеру  $e$ , а поршень 14 циліндра 15 – камеру  $k$ , яка трубопроводом 16 з'єднана з гідравлічними камерами розрядних об'ємних дозаторів 17, 18, 19 і 20 з об'ємами рідини відповідно рівними  $V_0$ ,  $2V_0$ ,  $4V_0$  і  $8V_0$ . Поршні 21, 22, 23 і 24 об'ємних дозаторів утворюють герметичні розрядні камери  $a$ ,  $b$ ,  $c$  і  $d$ . Трубопровід 25 через зворотній клапан  $K33$ , розподільник  $P1$  з'єднаний з гідравлічною камерою  $f$  акумулятора, який виконаний у вигляді циліндра 26, в якому розміщений поршень 27. На поршень 27 діє зусилля регульованої пружини 28 з гвинтом 29. До рейки 11 жорстко прикріплений кулачок 30, який в кінці переміщення взаємодіє з штоком 31 розподільника  $P1$ .

Принцип дії приводу повороту і фіксації револьверної головки полягає в наступному. У вихідному положенні тиск живлення підведений до камери  $m$  циліндра 5, а камера з'єднана з атмосферою при цьому план-шайба 1 зафіксована вінцями 2 і 4. Розрядні камери  $a$ ,  $b$ ,  $c$  і  $d$  з'єднані з атмосферою (зливом). Камери гідродозаторів 17, 18, 19, 20 і камера  $f$  акумулятора заповнені рідиною. До камери  $e$  циліндра 13 підведений тиск живлення  $P_{ж}$ .

Під дією тиску  $P_{ж}$  поршень 14 циліндра 15 і поршні 21, 22, 23 і 24 знаходяться у нижніх крайніх положеннях (за кресленням). Електромагніти  $em1$  і  $em2$  розподільника  $P$  знеструмлені. Кулачок 30 тисне на шток 31 розподільника  $P1$  при цьому рідина з камери  $f$  акумулятора може поступати у камери гідравлічних дозаторів 17, 18, 19 і 20. Камера  $k$  циліндра 15 через розподільник  $P$  теж з'єднана з гідрокамерами дозатора. Послідовність розфіксації, повороту і фіксації план-шайби револьверної головки полягає у наступному. При подачі тиску живлення до камери  $q$  циліндра 5 і з'єднанні камери  $e$  зі зливом (атмосферою) відбувається розфіксація план-шайби. Після цього подається комбінація керуючих сигналів на об'ємні гідравлічні розрядні дозатори 17-20.

Так при опрацюванні, наприклад, комбінації керуючих сигналів в 0001 (тиск живлення підводиться тільки до камери дозатора молодшого розряду а) а поршень 21 дозатора 17 переміщується вгору ( за кресленням) і витісняє рідину об'ємом  $V_0$  по трубопроводу 25 через розподільник  $P$  в камеру  $k$  циліндра 15. При цьому поршень 14 з рейкою 11 рухаються вгору і повертають шестерню 8 з планшайбою 1 на кут  $\varphi_0$

$$\varphi_0 = \frac{4 \cdot v_0}{\pi \cdot D_y^2} \cdot \frac{360^0}{\pi \cdot m \cdot z} , \quad (1)$$

де  $D_y$  – діаметр поршня циліндра 15;  $m$  – модуль зачеплення;  $z$  – кількість зубців шестірни 9.

Об'єм гідравлічного дозатора 17 молодшого розряду визначається по формулі

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot X_0 , \quad (2)$$

де  $D_d$  – діаметр поршня циліндра 21;  $X_0$  – переміщення поршня 21.

Підставимо  $V_0$  із формули (2) в формулу (1) отримуємо

$$\varphi_0 = \frac{360^0}{\pi \cdot m \cdot z} \cdot \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot X_0$$

При опрацюванні кодової комбінації керуючих сигналів, наприклад 0010 (тиск живлення підводиться тільки до камери 8 дозатора 18). При цьому поршень 27 дозатора 18 переміщується вгору і витісняє рідину об'ємом  $2V_0$  в камеру  $k$  циліндра 15 через розподільник  $P$ . Під дією тиску в камері  $k$  поршень 15 з рейкою 11 переміщується вгору при цьому план-шайба повертається на кут

$$2\varphi_0 = \frac{360^0}{\pi \cdot m \cdot z} \cdot \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot 2X_0 ,$$

де  $2X_0$  – переміщення поршня 22 дозатора 18.

Комбінації керуючих сигналів, наприклад, 0011 відповідає поворот планшайби на кут

$$3\varphi_0 = \frac{360^0}{\pi \cdot m \cdot z} \cdot \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot 3X_0 ,$$

де  $3X_0$  – сумарна величина переміщення поршнів 21 і 22 дозаторів 17 і 18.

В загальному випадку кут повороту планшайби 1 визначається по залежності

$$\varphi = \varphi_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i = \frac{360^0}{\pi \cdot m \cdot z} \cdot \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot X_0 \sum_{i=1}^n 2^{i-1} \cdot b_i,$$

Де  $b_i$  – значуща цифра, яка приймає значення “1” при подачі тиску живлення в  $i$ -ту камеру дозатора і значення “0”, коли  $i$ -та камера дозатора з'єднується з атмосферою (зливом);  $i$  – порядковий номер розрядної камери,  $n$  – число розрядів (камер) гідравлічного дозатора.

У випадку коли рідина із об'ємних гідравлічних дозаторів поступає у камеру  $k$  циліндра 15 через розподільник  $P$ , який знаходиться в середньому положенні ( електромагніти  $em1$  і  $em2$  знеструмленні) швидкість руху поршня 14 циліндра 15 визначається по формулі

$$v = \frac{4}{\pi \cdot D_y^2} \sum_{i=1}^n Q_i \cdot b_i = \frac{4}{\pi \cdot D_y^2} \sum_{i=1}^n v_i \cdot \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot b_i = \frac{D_d^2}{D_y^2} \sum_{i=1}^n v_i \cdot b_i, \quad (3)$$

де  $v_i$  – швидкість руху  $i$ -го поршня,  $Q_i$  – витрата  $i$ -го дозатора.

Аналіз залежності (3) показує, якщо швидкості руху розрядних поршнів однакові, тобто

$v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = v_0$ , формула (3) має вигляд

$$v_0 = \frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot D_y^2}, \quad (3)$$

Де  $Q_c$  – сумарна втрата рідини дозатором;

$$Q_c = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot b_i, \text{ якщо } Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_0, \text{ то}$$

$$Q_c = Q_0 \sum_{i=1}^n b_i = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v_0 \sum_{i=1}^n b_i, \quad (4)$$

Поставим значення  $Q_c$  із формули (4) в формулу (3), отримуємо

$$v = \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot v_0 \sum_{i=1}^n b_i, \quad (4)$$

Кутова швидкість повороту план-шайби

$$\omega = \frac{v}{R} = 2 \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot \frac{v_0}{m \cdot z} \cdot \sum_{i=1}^n b_i, \quad (5)$$

Аналіз залежності (5) показує, що швидкість повороту план-шайби 1 буде ступінчасто змінюватися, так якщо, наприклад, опрацьовується комбінація керуючих сигналів 1111 швидкість повороту буде спочатку  $4 \omega$  після

переміщення поршня 21 на величину  $X_0$  швидкість повороту буде  $3\omega$ , після переміщення поршня 22 дозатора 18 на величину  $2X_0$  – швидкість повороту буде дорівнювати  $2\omega$  і після переміщення поршня 23 дозатора 19 на величину  $4X_0$  швидкість повороту буде  $\omega$ . При цьому рідина від дозаторів поступає в камеру  $k$  через дросель  $D1$ , яким забезпечується швидкість гальмування поворота план-шайби, гальмівна швидкість повороту може бути визначена по залежності

$$\omega_2 = \frac{8 \cdot Q_{др}}{\pi \cdot D_y^2 \cdot m \cdot z} = \frac{8 \cdot \alpha \cdot f_{др} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\pi \cdot D_y^2 \cdot m \cdot z}$$

Де  $\alpha$  - коефіцієнт витрати рідини;  $f_{др}$  – ефективна площа перерізу дроселя  $D_1$ ;  $\Delta P$  – перепад тиску на дроселі;  $\rho$  – густина робочої рідини.

Для запобігання ступінчастої зміни швидкості повороту планшайби необхідно в трубопровод 31 увімкнути дросель.

Зворотний поворот план-шайби 1 здійснюється під дією тиску  $P_{ж}$  в камері  $e$  циліндра 13. Так, наприклад при перемиканні комбінації керуючих сигналів 1111 на 0000 поршень 14 рухається в нижнє крайнє положення. При цьому рідина з камери  $k$  витісняється в гідравлічні камери дозаторів спочатку через розподільник  $P$  і канали 31, 25 що обумовлює швидкісний рух. В кінці переміщення подається від керуючого пристрою, наприклад, контролера (на схемі контролер не показаний) напруга на електромагніт розподільника  $P$ , який перемикається праворуч і рідина із камери  $K$  циліндра 15 поступає в гідрокамери дозаторів через дросель  $D2$ . При цьому ефективний переріз дросельної щілини дроселя  $D2$  визначає швидкість гальмування. Після опрацювання кодової комбінації подається тиск живлення в камеру  $m$  циліндра 5, а камера  $q$  з'єднується з атмосферою (зливом), при цьому поршень 5 з планшайбою 1 рухається ліворуч і відбувається фіксація план-шайби. Якщо в процесі роботи приводу поворота була втрачена частина рідини, то при переміщенні поршня 14 з рейкою 10 у нижнє положення кулачок 30 перемикає розподільник  $P1$  в нижнє положення, при цьому рідина з камери  $f$  циліндра 26 через розподільник  $P1$  і зворотній клапан  $K33$  поступає в гідравлічні камери дозаторів 17-20. Тиск доливу рідини в дозатори налаштовується по залежності.

$$P_a = \frac{4c \cdot x}{\pi \cdot D_a^2},$$

де  $P_a$  – тиск в циліндрі 26 (акумуляторі);  $c$  – коефіцієнт жорсткості пружини 28;  $x$  – деформація пружини;  $D_a$  – діаметр поршня 27 циліндра 26.

При цьому мусить виконуватися умова

$$P_{\text{ж}} \cdot \frac{\pi D_3^2}{4} + R_1 > P_a \cdot \frac{\pi D_d^2}{4} > R_2,$$

де  $D_3$  – діаметр поршня 12 циліндра 13;  $R_1$  – сумарні зусилля тертя поршнів 12, 14 і в передачі рейка-шестерня;  $P_a$  – тиск в камері  $f$  циліндра 26 (акумуляторі);  $D_d$  – діаметр поршня дозатора;  $R_2$  – зусилля тертя поршня дозатора.

При перемиканні розрядних камер спочатку подається напруга на  $em1$  розподільника  $P$ , який перемикається ліворуч і запирає камеру  $k$  і гідравлічні камери дозаторів. Після цього подається команда на перемикання комбінації 0011 на 1100 рідина із дозаторів 19, 20 об'ємом  $3V_0$  перетікає в дозатори 17, 18. Після перетікання рідини із дозаторів 19, 20 в дозатори 17, 18 знеструмлюється  $em1$  розподільника  $P$ , який перемикається в середнє положення, при цьому рідина із дозаторів 19, 20 поступає минаючи дроселі  $D1$  і  $D2$  через розподільник  $P$  в камеру  $k$  циліндра 15. При цьому план-шайба 1 (яка розфіксована) повертається на кут

$$\varphi = \frac{360^0}{\pi \cdot t \cdot z} \cdot \frac{D_d^2}{D_y^2} \cdot 12X_0$$

В кінці повороту подається напруга  $em2$  розподільника  $P$ , який перемикається, при цьому рідина із дозаторів поступає в камеру  $k$  через дросель  $D1$ , що забезпечує гальмування план-шайби в кінці повороту.

Таким чином запропонований привод забезпечує за рахунок компенсації втраченої рідини підвищену точність позиціонування план-шайби. Включення в структуру приводу трипозиційного розподільника і дроселів зі зворотними клапанами дозволяє здійснювати як гальмування план шайби, так і запобігати появі незапрограмованих поворотів план-шайби при перемиканні розрядних камер. Зчеплення шестірні 9 з двома зубчастими рейками 10 і 11 дозволяє запобігти прояву люфту в зачепленні.

Джерела інформації:

1. Свешников В.К. , Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник, - М.: Машиностроение, 1988 – 512с.

2. Новік М.А. Комбінований цифровий привод з об'ємними дозаторами II Промислова гідравліка і пневматика -2007. -№2(16). – с.78-81
3. Аналіз статичних характеристик цифрових приводів поворотно-поступального руху. // Вісник “КПІ” машинобудування. -К.: НТУУ “КПІ” -2013. -Вир. 68 – с.201-206
4. Новік М.А. Режими позиціонування пневматичних цифрових приводів II Вісник НТУУ “КПІ”, машиностроение. -К.:2006 - №49. – с. 125-130
5. Патент України на корисну модель №87135 МПК В23В 29/32 (2006.01) опубльковано 27.01.2014
6. Патент України на корисну модель №130315 В23В 29/32 (2006.01) Бюл. №23 від 10.12.2018р.