

Л. К. Поліщук, к.т.н., доцент  
 О. О. Коваль, магістр,  
 І. В. Кухар, студент

Вінницький національний технічний університет

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ГІДРОПРИВОДА ІЗ ЗМІННИМ РОБОЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Для виконання математичного моделювання розроблена розрахункова схема пристрою керування (ПК) адаптивного гідропривода, що зображена на рис. 1, яка представлена у вигляді тримасової системи з пружними зв'язками гідравлічних ланок.

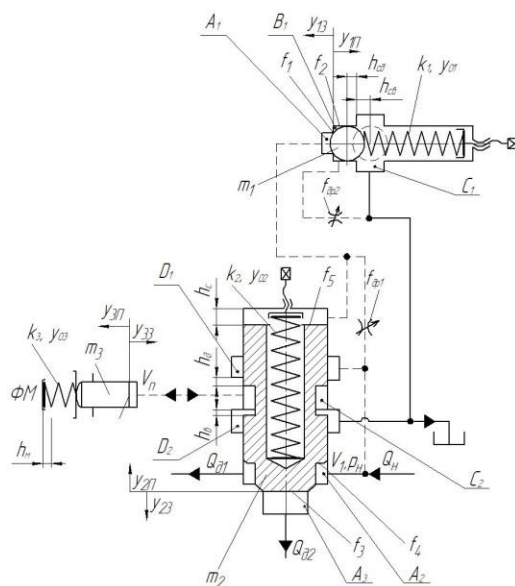


Рисунок 1 – Розрахункова схема пристрою керування адаптивного гідропривода

Виконавчими ланками ПК є два гідромотори ГМ1 та ГМ2, до яких підводиться потік робочої рідини  $Q_{d1}$  та  $Q_{d2}$  від насосної станції, що має витрати  $Q_n$ , та плунжер напівмуфти фрикційної муфти вмикання передавального механізму другого гідромотора ГМ2, зведена маса якого  $m_3$ . Плунжер взаємодіє з натискним пристроєм дисків напівмуфти, який навантажений пружиною із жорсткістю  $k_3$ .

Робочі порожнини гідромоторів та натискного плунжера короткими гідролініями з'єднано з відповідними порожнинами ПК клапанного типу з функціями розподільника. Він містить клапан першого каскаду (сенсор), запірний елемент якого масою  $m_1$  має кулькову форму і навантажений пружиною із жорсткістю  $k_1$  регулятора тиску відкриття ПК, та другого каскаду у вигляді запірно-регулювального елемента масою  $m_2$ , що навантажений регулювальною пружиною, жорсткість якої  $k_2$ . Між проміжною та зливною порожнинами встановлено регулювальний дросель з площею прохідного перерізу  $f_{dp2}$ . У гідролінії між першою керівною порожниною та порожниною торцевої частини запірно-регулювального елемента, що з'єднана з напірною порожниною сенсора, встановлено регулювальний дросель  $f_{dp1}$  (площа прохідного перерізу).

Користуючись розрахунковою схемою системи керування (див. рис. 1), на основі балансу витрати рідини та принципу Д'Аламбера щодо діючих сил на рухомі маси керуючих елементів, складаємо її математичну модель у вигляді диференціальних рівнянь

руху запірною, запірно-регулювального елементів, плунжера фрикційної муфти та рівнянь витрат робочої рідини і умов одночасності.

Відкриття запірною елемента 1 буде за умов підвищення тиску в гідросистемі до величини:

$$p_1 \geq \frac{k_1 y_{01}}{f_1} \quad \text{за час:} \quad t_n = \frac{\Delta p \cdot V_0}{E \cdot Q_n},$$

де  $\Delta p = p_1 - p_n$ .

Рівняння руху кулькового запірною елемента за умови, що тиск в зливній порожнині  $p_{зл} \approx 0$ , має вид:

$$f_1 p_1 + f_2 p_1 = m_1 \ddot{y}_{1\Pi} + k_1 (y_{01} + y_{1\Pi}) + F_{сд}, \quad (1)$$

де

$$F_{сд} = F'_{сд} - F''_{сд} = \rho Q v_{уц} \cdot \cos \beta - \rho Q v_c = \rho Q (v_{уц} \cdot \cos \beta - v_c); \quad (2)$$

$$Q = \mu_f \cdot f_{уц} \sqrt{2p_1 / \rho}; \quad 0 \leq y_{1\Pi} \leq h_c; \quad h_c = h_{сд} + h_{св}$$

Рівняння руху запірною-розподільного елемента для переміщення:

$$0 \leq y_{1\Pi} \leq h_e + \Delta_1 (\Delta_1 = h_o - h_e)$$

при  $y_{2\Pi} = 0$ :

$$p_1 (f_4 - f_3) = k_2 y_{02}; \quad (3)$$

при  $y_{2\Pi} > 0$ :

$$p_1 \cdot f_4 = m_2 \ddot{y}_{2\Pi} + k_2 (y_{02} + y_{2\Pi}) - F_{Г2}; \quad (4)$$

тут:

$$F_{Г2} = \psi_{Г} \cdot p_1 \cdot f_c. \quad (5)$$

Рівняння балансу витрат рідини:

$$Q_n = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{op1} + \sigma p_1 + \frac{v}{E} \cdot \frac{dp_1}{dt}; \quad Q_{op1} = \mu_{op} \cdot f_{op} \sqrt{2p_1 / \rho}.$$

Рівняння балансу витрат рідини:

$$Q_n = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{op1} + \sigma p_1 + \frac{(v + v_{nl})}{E} \cdot \frac{dp_1}{dt} + Q_{кл} + f_4 \cdot \frac{dy_{2\Pi}}{dt}; \quad Q_{кл} = \mu_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \sqrt{2p_1 / \rho}. \quad (6)$$

Рівняння руху натискного плунжера фрикційної напівмуфти:

$$p_1 \cdot f_n = m_3 \ddot{y}_{3\Pi} + k_3 (y_{03} + h_m) + F_a. \quad (7)$$

Закриття кулькового запірною елемента буде за умови пониження тиску до величини:

$$p_2 \leq p_1 \frac{f_1}{f_2} + \frac{k_1 h}{f_2}. \quad (8)$$

Рівняння руху кулькового запірною елемента в зворотному напрямку:

$$m_1 \ddot{y}_{13} = k_1 (y_{01} + h_c - y_{13}) - p_2 f_1. \quad (9)$$

Рух запірною-розподільного елемента в зворотному напрямку описується рівнянням :

$$m_2 \ddot{y}_{23} = k_2 (y_{02} + h - y_{23}), \quad (10)$$

а натискного плунжера:

$$m_3 \ddot{y}_{33} = k_3 (y_{03} + h_m - y_{33}). \quad (11)$$

Дослідження математичної моделі виконані на ПЕОМ за допомогою комп'ютерної програми, створеної на основі пакету MATLAB 6.5, результати якого дозволили встановити раціональні параметри конструкції, що забезпечать заданий режим роботи гідропривода.