

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПНЕВМОЦИЛИНДРА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

ПОЛУАВТОМАТА Д 7

A.P. Muslimov, D.K. Erenchinov

THE BLOCK DIAGRAM OF AN AIR ACTUATOR WITH FEEDBACK OF SEMIAUTOMATIC DEVICE D 7

УДК: 681.532.63:621.646.616

В работе представлены результаты разработки системы автоматического регулирования давления пневмоцилиндра прижимающего верхний вращающийся диск к пробкам шарового крана, размещенных в торовом желобе нижнего неподвижного диска полуавтомата. Определены передаточные функции звеньев структурной схемы пневмоцилиндра с обратной связью.

Приведены передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем пневмоцилиндра станка по обработке пробок шаровых кранов.

In work results of system engineering of automatic control of pressure of an air actuator pressing the top rotating disk to stoppers of the spherical crane, placed in torovom a trench of the bottom motionless disk of a semiautomatic device are presented. Transfer functions of links of the block diagram of an air actuator with feedback are defined.

Transfer functions of the opened and closed systems of an air actuator of the machine tool on processing of stoppers of spherical cranes are resulted.

Финишная обработка пробок шаровых кранов на станке осуществляется в торовом желобе между двумя дисками. Сферические пробки со сквозным отверстием, пазом под шпиндель и размерностью сфер расположены на нижнем неподвижном диске. Верхний вращающийся диск прижимается к пробкам пневмоцилиндром. Нестабильность выходного давления пневмоцилиндра приводит к необходимости разработки системы автоматического регулирования давления. Следует отметить, что выходная величина (давление) зависит от многих величин, но самое существенное влияние на нее оказывает масса движущихся частей пневмоцилиндра.

В данной работе представлено описание передаточных функций структурной схемы пневмоцилиндра с обратной связью (рисунок 1)

На рисунке 1 представлена структурная схема пневмоцилиндра с обратной связью.

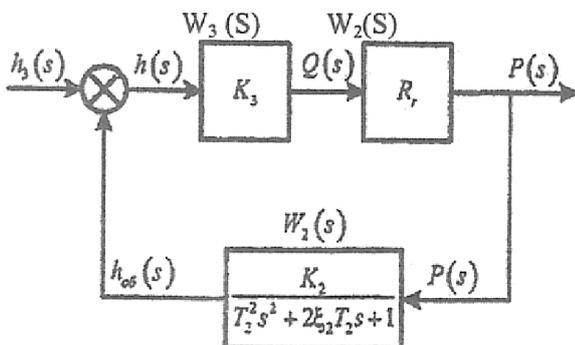


Рис. 1. Структурная схема пневмоцилиндра с обратной связью.

Определяем передаточную функцию $W_1(s)$.

Звено, представленное передаточной функцией $W_1(s)$, является пропорциональным. Выходная величина

$$P_y = R_r \Delta Q, \text{ где } R_r = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2} \rho + \frac{\xi \rho v^2}{8} \quad (1)$$

λ - коэффициент трения воздуха о стенки трубопровода;

ρ - плотность воздуха;

ξ - коэффициент местных сопротивлений;

l и d - длина и внутренний диаметр трубопровода;

$$v = \frac{4\Delta Q}{\pi d^2} \text{ скорость воздуха в трубопроводе.}$$

Первый член уравнения (1) выражает сопротивление в канале обратной связи при $l/d < 100$ мм можно пренебречь.

Второй член - величина (на три - четыре порядка больше первого члена) служит для определения сопротивлений воздуха со стороны местных сопротивлений. С его помощью представляется возможным регулировать давление в канале обратной связи. Таким образом, формула (1) упрощается:

$$R_r = \frac{\xi \rho v^2}{8} \quad (2)$$

Так как $v^2 = \frac{16\Delta Q^2}{\pi^2 d^4}$ линеаризуем ΔQ^2 путем разложения его в ряд Тейлора по отклонению значения расхода ΔQ от рабочего ΔQ_0 .

$$\Delta Q^2 = \Delta Q_0^2 + 2\Delta Q_0(\Delta Q - \Delta Q_0) = -\Delta Q_0^2 + 2\Delta Q_0 \Delta Q \quad (3)$$

Отбросив первый член в формуле (3), получим:

$$W_1(s) = R_r = \frac{\xi \rho \Delta Q_0}{4} d_T \quad (4)$$

$$\text{где } d_T = \frac{16}{\pi^2 d^4}.$$

Передаточная функция звена $W_2(s)$ определяется из дифференциального уравнения $T_1 \frac{d^2 v}{dt^2} + 2\xi_1 T_1 \frac{dv}{dt} + v + 2\xi_1 T_1 \alpha_0 = v_0$ при нулевых начальных условиях

$$W_2(s) = \frac{h_{ос}(s)}{P(s)} = \frac{k_2}{T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2 s + 1} \quad (5)$$

$$\text{где } k_2 = \frac{f_{кр}}{K_r + C}.$$

Определим функцию регулятора расхода воздуха при внешнем воздействии $P(t)=1(t)$, и его изображение будет $P(s) = \frac{1}{s}$, тогда

$$h_{ос}(s) = \frac{k_2 P(s)}{T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2 s + 1} = \frac{k_2}{s(T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2 s + 1)} \quad (6)$$

Корни характеристического уравнения, составленного из дифференциального уравнения, определяются как:

$$T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2 s + 1 = 0$$

$$s_1 = -\alpha + j\omega_c; s_2 = -\alpha - j\omega_c$$

при условии $2\xi_2 T_2 < T_2^2$; $\alpha = \frac{\xi_2}{T_2}$; $\omega_c = \frac{1}{T_2} \sqrt{1 - \xi_2^2}$.

При нулевых и некрратных корнях S_1 и S_2 можно использовать функцию Хевисайда.

$$h_{об}(t) = \frac{\Delta h(0)}{D(0)} + \sum_{k=1}^2 \frac{\Delta h(s_k)}{s_k D(s_k)} e^{s_k t}$$

где s_k - корни характеристического уравнения.

$$\Delta h(0) = k_2; \Delta h(s_k) = k_2; D(0) = 1;$$

$$D(s) = 2T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2; D(s_1) = 2T_2^2 j\omega_c;$$

$$D(s_2) = -2T_2^2 j\omega_c.$$

Поэтому переходная функция будет:

$$h_{об}(t) = k_2 + \frac{k_2 e^{(-\alpha + j\omega_c)t}}{2(-\alpha + j\omega_c)T_2 j\omega_c} + \frac{k_2 e^{(-\alpha - j\omega_c)t}}{2(-\alpha - j\omega_c)T_2 j\omega_c} \quad (8)$$

Вторая и третья составляющие переходной функции (8) являются комплексно сопряженными выражениями, сумма которых равна удвоенной вещественной части одного из них:

$$2Re \frac{k_2 e^{(-\alpha + j\omega_c)t}}{2(-\alpha + j\omega_c)T_2 j\omega_c} = -k_2 e^{-\alpha t} (\cos \omega_c t + \frac{\alpha}{\omega_c} \sin \omega_c t). \quad (9)$$

С учетом выражения (9) передаточную функцию можно представить и в другой форме. Для этого умножим и разделим выражение, содержащие тригонометрические функции на $\sin \varphi$, где $\varphi = \arctg \omega_c(\alpha)$, и применив формулу синуса суммы двух углов, получим:

$$h_{об}(t) = k_2 (1 - A e^{-\alpha t} \sin(\omega_c t + \varphi)) \quad (10)$$

$$\text{где } A = \frac{1}{\sin \varphi} \sqrt{1 + (\frac{\alpha}{\omega_c})^2}.$$

Интенсивность затухающих колебаний оценивается отношением амплитуд α_1 и α_2 в момент времени, отличающимся на период колебания $\frac{2\pi}{\omega_c}$.

По формуле (10) находим, что

$$\delta = \ln \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \alpha \frac{2\pi}{\omega_c},$$

где δ - логарифмический декремент затуханий колебания.

Передаточная функции третьего звена $W_3(s)$.

Входным параметром для третьего звена $W_3(s)$ является величина открытия рабочей щели регулятора расхода, а выходным параметром - расход воздуха, поступающего в пневмоцилиндр:

$$W_3(s) = \frac{Q(s)}{h(s)} = k_3 \quad (11)$$

$$\text{где } k_3 = \mu \pi d \sqrt{\frac{2}{\rho}} \Delta p$$

Δp - перепад давления на регуляторе расхода, является постоянным, так как к нему параллельно подключен редукционный клапан.

Литература:

1. Бессекерский В.А. Теория автоматического регулирования [Текст]/Бессекерский В.А., Попов Е.П. // Машиностроение.-М., 1995.-с. 768.
2. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро-пневмосистем. [Текст]/Попов Д.Н. // Машиностроение.- М.,-1987.-с. 464.

Рецензент: к.т.н., профессор Хисаров Б.Ж.

Сумматор представляет собой участок регулятора расхода, схема которого представлена на рисунке 2.

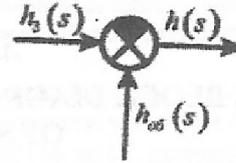


Рис. 2. Схема сумматора

Передаточная функция замкнутой системы.

Передаточную функцию замкнутой системы найдем по характеристикам разомкнутой системы путем отключения обратной связи перед сумматором, тогда функция разомкнутой системы будет иметь вид

$$W_p(s) = W_3(s)W_1(s)W_2(s) \quad (12)$$

Следовательно, передаточная функция замкнутой системы будет:

$$W_{зам}(s) = \frac{W_3(s)W_1(s)}{1+W_3(s)W_1(s)W_2(s)} \quad (13)$$

Если подставить значения передаточных функций в (13), то получим:

$$W_{зам}(s) = \frac{k_3 R_r}{1+k_3 R_r \frac{k_2}{T_2^2 s^2 + 2\xi_2 T_2 s + 1}} \quad (14)$$

Анализ устойчивости системы регулирования.

Для анализа устойчивости используем критерий [2], если система регулирования, описываемая дифференциальным уравнением второго порядка, для ее устойчивости достаточна (как и в системе первого порядка), чтобы все коэффициенты левой части общего уравнения всей системы были положительными, т.е. $T_2^2 > 0$ и $2\xi_2 T_2 > 0$. Это является одновременно условием правильного присоединения регулятора, которое соответствует физическому требованию, что регулятор должен давать на объект (пневмоцилиндру) воздействия такого направления, чтобы уничтожить возникшее отклонение регулируемой величины - давления в пневмоцилиндре.

Вывод

Разработана структурная схема пневмоцилиндра с обратной связью с описанием передаточных функций звеньев входящих в эту схему. Приведены передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем пневмоцилиндра станка по обработке пробок шаровых кранов.