

Юнусов Ф.И.

ДИНАМИКА РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ЖИДКОСТИ ДВУХКОНТУРНОЙ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

F.I. Yunusov

DYNAMICS OF THE ADJUSTER OF THE CONSUMPTION OF LIQUID OF DOUBLE-CIRCUIT ADAPTIVE SYSTEM FOR THE HYDROSTATIC GUIDING

УДК: 621.03

Важное значение для надёжной работы гидросистем станков имеет рациональный выбор управляющих устройств, обеспечивающих выполнение логических функций по осуществлению заданной последовательности действия исполнительных механизмов гидросистемы. Наиболее важными из этих функций является управление движением и расходом жидкости, для чего применяется различная аппаратура регулирования расхода и давления, изменения направления потока жидкости включения и выключения отдельных исполнительных механизмов и отдельных участков трубопровода и т. д.

The importance for reliable work of hydraulic systems of machines has a rational choice of the actuation devices providing performance of logic to function on implementation of set sequence of operation of executive gears of a hydraulic system. Most important of these functions is traffic control and a consumption of liquid to what the various equipment of regulation of an expense and pressure, veering of a stream of liquid of inclusion and switching off of separate executive gears and separate sites of the pipe duct etc. is applied.

Регулятор (распределительное устройство) предназначен для управления потоком рабочей жидкости. С помощью регуляторов обеспечивается направления рабочей жидкости к соответствующему исполнительному механизму, а также осуществляется реверс гидромеханизма.

По конструктивному выполнению регуляторы разделяют в основном на золотниковые, крановые и клапанные типы. В первом типе распределение жидкости осуществляется с помощью осевого смещения цилиндрического или плоского распределительного элемента, во втором - путём поворота пробки крана и в третьем - путём последовательного открытия и закрытия рабочих (расходных) окон с помощью клапанов (затворов). В нашем случае золотниковый регулятор расхода жидкости с цилиндрическим распределительным элементом.

Под рабочим окном понимают проходное сечение гидроаппарата, в котором непосредственно

происходит изменение параметров потока рабочей жидкости.

В работе [1] была рассмотрена двухконтурная адаптивная система, в которой рассматривалась и решалась проблема стабилизации режимов работ и постоянства зазора в гидростатических направляющих. На основе [1] можно рассчитать и рассмотреть необходимый регулятор расхода жидкости для двухконтурной адаптивной системы. Поскольку двухконтурная система по обоим контурам имеет две одинаковые регуляторы расхода жидкости с разными параметрами регулирования то достаточно рассмотреть одну из них.

Рабочим органом распределителей этого типа является перемещающийся в осевом направлении во втулке (гильзе) цилиндрический плунжер, на котором выполнено соответствующее количество кольцевых проточек. Подвод и отвод жидкости производится через окна питания во втулке (корпусе) распределителя и соответствующие проточки его плунжера.

По количеству подключённых внешних линии (каналов питания), по которым рабочая жидкость подводится к распределителю, и отводится от него, различают *четырёхлинейные (четырёхходовые), трёхлинейные и двухлинейные распределители*. В работе рассматривается четырехконтурный распределитель.

Основным преимуществом золотниковых распределителей является то, что их плунжеры уравновешены от осевых статических сил рабочего давления жидкости, поскольку это давление действует на пояски плунжера в противоположных направлениях.

На рис. 1 показана схема такого золотникового распределителя. Здесь h - рабочее окно или щель регулятора.

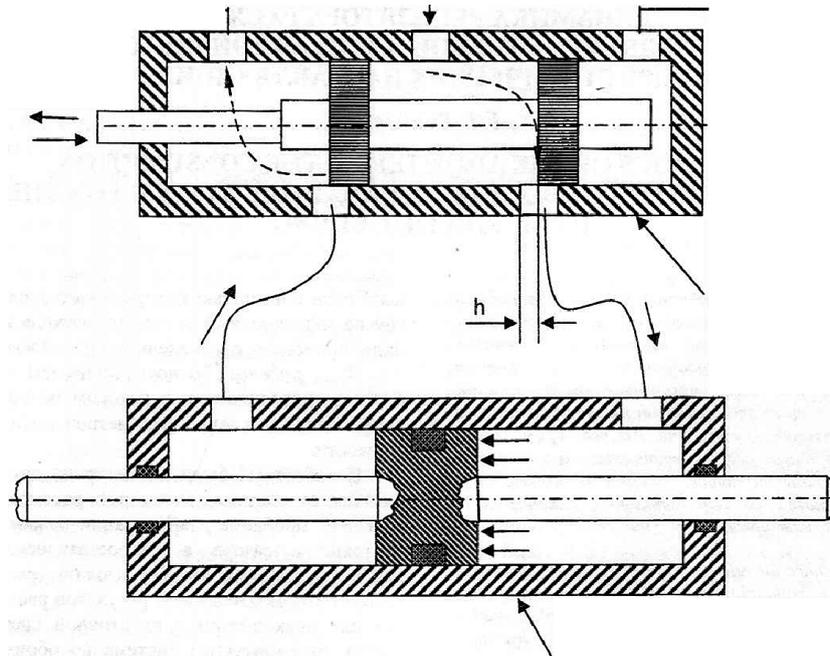


Рис.1 четырёхлинейный золотник

Поскольку расходы и давления в регуляторе небольшие, то можно пренебречь гидродинамической осевой составляющей силы потока, уравнение динамики регулятора расхода в этом случае имеет вид [2]:

$$M \frac{d^2 h_p}{dt^2} + F_v + F_{\text{уп}} = F_z \quad (1)$$

где $F_v = \vartheta \cdot \frac{dh_p}{dt}$ ϑ – коэффициент вязкого трения;
 $F_{\text{уп}} = ch_p$ – сила пружины.

Поделив каждый член уравнения (1) на коэффициент жесткости пружины, получим уравнение в преобразованиях Лапласа

$$(T_z^2 p^2 + 2\xi T_z p + 1) h_p(p) = K_z F_c(p), \quad (2)$$

где $T_z = \sqrt{\frac{M}{c}}$ – постоянная времени;

$\xi = \frac{\vartheta}{2\sqrt{Mc}}$ – коэффициент относительно демпфирования;

$K_z = \frac{1}{c}$ – коэффициент усиления регулятора.

Регулятор расхода является одним из сложных динамических звеньев двухконтурной автоматической системы управления и его работа в большей степени определяет качество в целом всей системы регулирования.

С учетом введенных выше обозначений дифференциальное уравнение регулятора расхода будет иметь вид [3]:

$$T_z^2 \frac{d^2 h_p}{dt^2} + 2\xi T_z \frac{dh_p}{dt} + h_p = K_z F_c$$

Дифференциальному уравнению (3) соответствует характеристическое уравнение

$$T_z^2 p^2 + 2\xi T_z p + 1 = 0$$

Корни характеристического уравнения (4)

$$P_{1,2} = \frac{-2\xi T_z \pm \sqrt{4\xi^2 T_z^2 - 4T_z^2}}{2T_z}$$

При соотношении $4\xi^2 T_z^2 \geq 4T_z^2$ т.е. $\xi \geq 1$, регулятор расхода представляет собой аperiodическое решение, которого имеет вид [6]:

$$h_z = h_{\text{пу}} \left(1 - \frac{T}{T_3 - T_4} e^{\frac{t}{T_3}} + \frac{T}{T_3 - T_4} e^{\frac{t}{T_4}} \right)$$

где $T^2 = T_3 T_4$; $2\xi T_z = T_3 + T_4$; установившееся значение щели золотника.

Уравнение (5) представляет сумму экспонент разными постоянными значениями времени T_3 и T_4 . График переходного процесса такого звена представлена на рис 2.

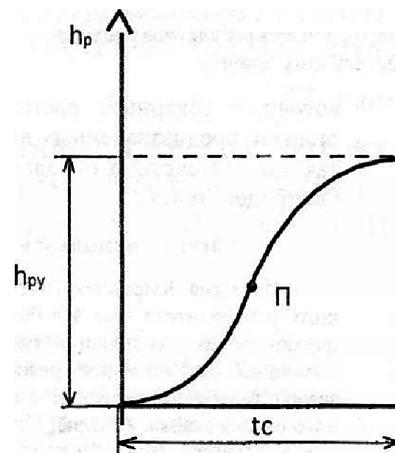


Рис. 2 График переходного процесса регулятора расхода (по аperiodическому закону)

При $\xi < 1$ переходной процесс регулятора расхода протекает по колебательному закону и решение

дифференциального уравнения (3) будет иметь вид [6].

$$h_p = h_{py} \left[1 - e^{-\frac{t}{T}} \left(\cos(\omega t) + \frac{1}{T\omega} \sin(\omega t) \right) \right]$$

где T - постоянная времени затухания амплитуды колебаний, ω - частота колебаний, причем

$$T = \frac{2T_z^2}{\sqrt{1-\xi^2}} = \frac{1}{\omega}; \quad \omega = \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T};$$

Время затухания колебаний, т.е. длительность переходного процесса $t_c \approx 3T$

График переходного процесса регулятора расхода по колебательному закону представлен на рис. 3.

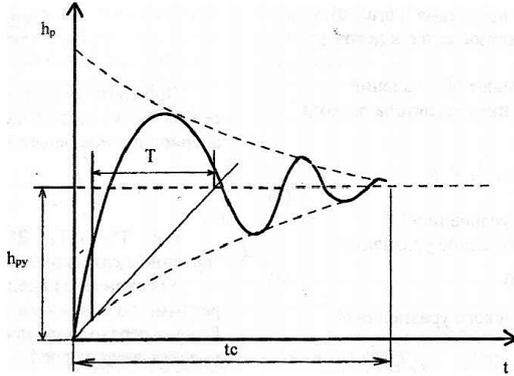


Рис. 3 График переходного процесса регулятора расхода (по колебательному закону)

Таким образом, разработанная математическая модель регулятора расхода, а также приведенное теоретическое исследование позволяет сконструировать его с заранее заданными динамическими характеристиками: вид переходного процесса, длительность его протекания, рассчитывая их массово – геометрические параметры по величинам, входящим в значение T_z и ξ .

Рекомендуется брать значение коэффициента относительного демпфирования ξ несколько больше 1, поскольку в этом случае обеспечивается переходной процесс по аperiodическому закону второго

порядка, и длительность протекания будет близко оптимальному значению.

Разработанная математическая модель двух-контурной автоматической системы, позволяет произвести расчёт основные массово - геометрические и режимных параметров системы, которые необходимы для получения соответствующих динамических качеств: высокое быстродействие, малая значение статической ошибки регулирования (менее 2%) и устойчивости во всём диапазоне режимов работы.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что разработанную автоматическую систему на базе ГО можно будет использовать при создании высокоточных токарных, расточных и шлифовальных станков, предназначенных для финишной обработки, так как эта система обладает высокой точностью и быстродействием.

Литература:

1. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова № 9, Разработка двухконтурной адаптивной системы управления обеспечивающая стабилизацию режимов работ и постоянства зазора в гидростатических направляющих исполнительного органа станка. Авторы: Усупов С., Юнусов Ф.
2. Антонов В.Н., Терехов В.А., Тюкин И.Ю. Адаптивное управление в технических системах: учеб. пособие. - спб.: издательство С.-Петербургского университета, 2001.-244 с.
3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. - 736 С.
4. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. 3-е изд. испр. М.: издательский центр «Академия» 2007. - 576 С.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1996. - 992 С.
6. Винников В.А., Каркашадзе Г.Г. Гидромеханика: учеб. для вузов. - М.: Издательство Московского Государственного Горного Университета, 2003. – 302 с., ил.

Рецензент: к.тех.н., доцент Трегубов А.В.