

НАДЗЕЙНАСЦЬ І ДАЎГАВЕЧНАСЦЬ МАШЫН

УДК 681.583.31

А. С. ШАГИНЯН, В. В. БОЛОТСКИЙ, Д. Н. АНДРИАНОВ

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В настоящее время в быстродействующих электрогидравлических следящих системах дроссельного регулирования наряду с золотниками с нулевым перекрытием щелей применяются золотники с отрицательным перекрытием щелей в среднем положении [1—3]. Использование золотника такого типа прежде всего оправдано его основными преимуществами: уменьшением рабочего хода по сравнению с золотником с нулевым перекрытием щелей и отсутствием зоны нечувствительности.

Динамический анализ электрогидравлического преобразователя (ЭГП) с золотниками двух типов проведем на основе ЭГП-200, выпускаемого Гомельским научно-производственным объединением «Сейсмотехника» с 1975 г. в составе вибрационных источников сейсмических сигналов, применяемых для разведки нефти и газа.

В состав выпускаемого ЭГП-200 входят усилитель сигнала рассогласования и два золотниковых каскада (управляющий и распределительный). Управляющий каскад состоит из электромеханического преобразователя (ЭМП) электромагнитного типа, якорь которого жестко соединен пружинной тягой с управляющим золотником с нулевым перекрытием щелей в среднем положении золотника. Распределительный каскад включает распределительный золотник с нулевым перекрытием щелей, датчик перемещения распределительного золотника, усилитель сигнала датчика перемещения. В исследуемом ЭГП золотник с нулевым перекрытием щелей в среднем положении заменяется на золотник с отрицательным перекрытием щелей. Совместная работа управляющего и распределительного каскадов описывается системой дифференциальных уравнений [1—4]:

уравнение сил, действующих на управляющий золотник:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = AI + Bx - f \frac{dx}{dt} - C_{\text{тор}}x - C_{\text{гд}}x, \quad (1)$$

где m — приведенная к оси золотника масса якоря, тяги и управляющего золотника кг, x — перемещение управляющего золотника, м; A — постоянная электромеханической связи, Н/А; I — ток управления на входе ЭМП, А; B — магнитная жесткость, Н/м; f — коэффициент вязкого трения, Н·с/м; $C_{\text{тор}}$ — жесткость торсионов ЭМП, Н/м; $C_{\text{гд}}$ — коэффициент гидродинамической жесткости, Н/м;

уравнение расхода распределительного золотника:

$$S_p \frac{dy}{dt} = k_{Qx}x, \quad (2)$$

где S_p — площадь поперечного сечения распределительного золотника, м²; y — перемещение распределительного золотника, м; k_{Qx} — коэффициент усиления по перемещению управляющего золотника, м²/с.

Преобразуем уравнения (1), (2) по Лапласу при нулевых начальных условиях [5] и получим систему уравнений в изображении:

$$\begin{cases} \left(\frac{m}{c} s^2 + \frac{f}{c} s + 1 \right) x(s) = \frac{A}{c} I(s), \\ y(s) = \frac{k_2}{s} x(s), \end{cases}$$

где $c = C_{\text{тор}} + C_{\text{гд}} - B$; $k_2 = k_{Qx}/S_p$.

Система уравнений в изображениях позволяет представить структурную схему ЭПП в виде динамической системы с обратной связью (рис. 1). Передаточные функции отдельных звеньев этой системы приобретут вид:

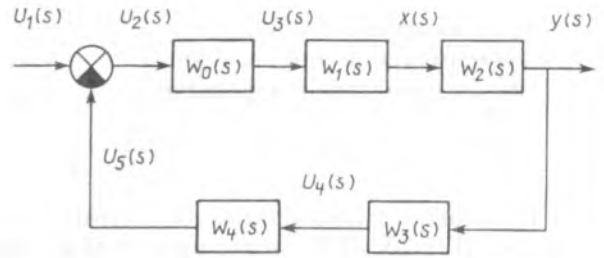


Рис. 1. Структурная схема ЭПП

звено усилителя сигнала рассогласования

$$W_0(s) = \frac{U_3(s)}{U_2(s)} = k_0,$$

где k_0 — коэффициент усиления усилителя сигнала рассогласования [1];

звено преобразования напряжения на входе ЭМП в перемещение управляющего золотника

$$W_1(s) = \frac{x}{U_3(s)} = \frac{k_1}{(T_1 s + 1) \left(\frac{m}{c} s^2 + \frac{f}{c} s + 1 \right)},$$

где k_1 — коэффициент усиления по перемещению управляющего золотника, м/В; T_1 — постоянная времени, с;

Результаты расчета параметров ЭПП-200 и исследуемого ЭПП

Параметр	Обозначение	Разность	Величина	
			ЭПП-200	Исследуемый ЭПП
Коэффициент усиления усилителя сигнала рассогласования	k_0	—	7	7
Коэффициент усиления по перемещению управляющего золотника	k_1	м/В	$2,65 \cdot 10^{-5}$	$1,07 \cdot 10^{-5}$
Постоянная времени ЭМП	T_1	с	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Масса подвижных частей с учетом массы управляющего золотника	m	кг	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент вязкого трения управляющего золотника	f	Н·с м	4,5	4,5
Суммарная жесткость (торсиона, магнитная жесткость, гидродинамическая жесткость)	C	Н/м	$2,8 \cdot 10^5$	$5,32 \cdot 10^3$
Коэффициент усиления по перемещению распределительного золотника	k_2	—	4100	8200
Коэффициент усиления датчика перемещения распределительного золотника	k_3	В/м	200	200
Коэффициент усиления усилителя сигнала датчика перемещения распределительного золотника	k_4	—	5	10
Постоянная времени усилителя сигнала датчика перемещения распределительного золотника	T_4	с	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

звено преобразования перемещения управляющего золотника в перемещение распределительного золотника

$$W_2(s) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{k_2}{s};$$

звено датчика перемещения

$$W_3(s) = \frac{U_4(s)}{y(s)} = k_3,$$

где k_3 — коэффициент усиления датчика перемещения, В/м;

звено усилителя сигнала датчика перемещения

$$W_4(s) = \frac{U_5(s)}{U_4(s)} = \frac{k_4}{T_4 s + 1},$$

где k_4 — коэффициент усиления усилителя сигнала датчика перемещения [1]; T_4 — постоянная времени усилителя сигнала датчика перемещения, с.

Общая передаточная функция этой структурной схемы будет иметь вид

$$W(s) = \frac{y(s)}{U_1(s)} = \frac{W_0(s)W_1(s)W_2(s)}{W_0(s)W_1(s)W_2(s)W_3(s)W_4(s) + 1}.$$

Подставив в полученное выражение общей передаточной функции $W(s)$ значения параметров ЭГП-200 и исследуемого ЭГП из таблицы и преобразовав его в частотную форму в результате счета на ЭВМ, получим амплитудно-частотные и переходные характеристики ЭГП. (рис. 2, 3).

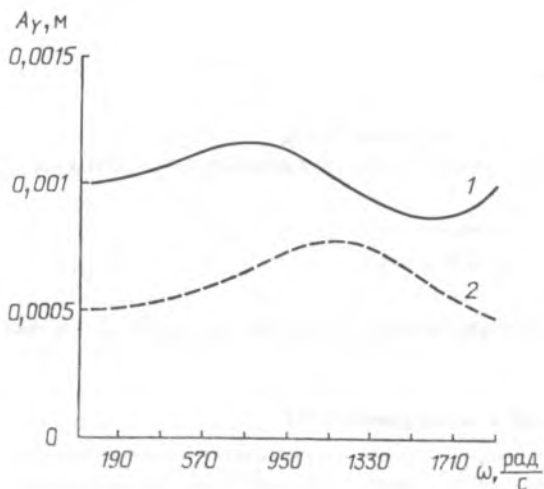


Рис. 2. Амплитудные частотные характеристики: 1 — ЭГП-200; 2 — исследуемого ЭГП

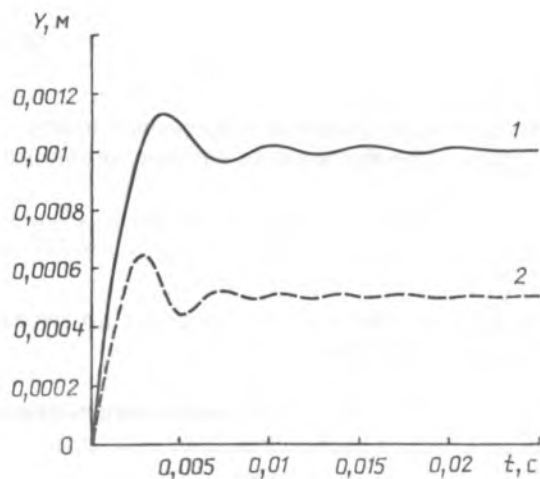


Рис. 3. Переходные характеристики: 1 — ЭГП-200; 2 — исследуемого ЭГП

На основании проведенных исследований и анализа графиков, приведенных на рис. 2, 3, можно сформулировать следующее.

1. Золотник отрицательным перекрытием щелей в среднем положении существенно расширяет рабочий диапазон эффективного и устойчивого режима работы ЭГП.
2. Уменьшается время регулирования ЭГП.
3. ЭГП с золотником с отрицательным перекрытием щелей в среднем положении не требует увеличения максимальной входной мощности ЭМП.

Summary

Dynamic characteristics of electrohydraulic converter amplifier of «spool-spool» type with zero and negative openings in the spool middle position are considered in the paper. Main dynamic characteristics of electrohydraulic converter amplifier with 2 types of spool's covers were calculated with the help of the mathematical model described in the paper.

Литература

1. Г а м ы н и н Н. С. Гидравлический привод систем управления. М., 1972.
2. Л е щ е н к о В. А. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением. М., 1975.
3. Г а м ы н и н Н. С., К а м е н и р Я. А., К о р о б о ч к и н Б. Л. и др. Гидравлический следящий привод. М., 1968.
4. Ш а г и н я н А. С. В кн.: «Исследование Земли невзрывными сейсмическими источниками». М., 1981.
5. П о п о в Д. Н. Динамика и регулирования гидро- и пневмосистем. М., 1976.