

УДК 531.8

ДИНАМИКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВИБРОИСТОЧНИКОВ

А.Ф. Ельмуратова

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Динамика рассматриваемой системы “вибратор – конструкция - среда” определяется динамикой вибратора, к поршню которого приведены масса всей системы и внешние силы, действующие на систему, вследствие чего основной задачей исследований становится задача выявления устойчивых режимов работы исполнительного механизма виброисточника. Сложность явлений протекающих в гидравлических механизмах и множественность параметров, влияющих на работу приводов, требуют применения различных методов расчета статических и динамических характеристик гидравлических приводов в конкретных условиях их использования. В настоящее время широкое применение в проектировании таких систем нашли аналитические и графоаналитические методы расчета, используемые, как правило, на первом этапе, когда выявляются основные качественные характеристики, выбирается приближённая структура и примерные значения параметров, проектируемой гидравлической системы, обеспечивающие заданные техническими условиями показатели качества работы.

На втором этапе проверяется справедливость сделанных допущений и упрощений, а также уточняются значения параметров, при которых требования, предъявляемые к системе, удовлетворяются оптимальным образом. Этот этап требует, возможно, более полного описания динамических свойств системы и влияния внешних воздействий. Расчеты, проводимые на основе уточнённых описаний, как правило, сложны и трудоёмки, и могут быть выполнены только с использованием современной вычислительной техники. На стадии проектирования вычислительная техника весьма эффективно используется для расчета значений различных параметров системы, при которых обеспечивается заданное качество работы; для математического моделирования проектируемых систем, когда динамические свойства достаточно точно описаны, а условия работы системы приближаются к реальным; для автоматизации процесса проектирования, когда в ЭВМ вводятся исходные данные и технические требования, а на выходе получают результаты в виде цифровых значений параметров, графиков и чертежей. Широкие возможности вычислительной техники позволяют решать нелинейные задачи численными методами, выявлять режимы устойчивых движений и проводить анализ динамических свойств рассматриваемой системы.

Среди большого разнообразия следящих систем наибольшее распространение получили гидравлические системы с дроссельным управлением и наличием жесткой обратной связи по положению выходного звена.

В гидравлических виброисточниках с обратной связью функция открытия золотника запишется в виде:

$$W = f(x) = x_0 \sin 2\pi ft - k_{oc} \cdot y,$$

где x_0 - координата золотника, k_{oc} - коэффициент обратной связи.

Тогда дифференциальные уравнения вынужденных колебаний системы «вибратор - конструкция - среда» примет вид:

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + k^2 y + \left(\frac{b_1}{(x_0 \sin 2\pi ft - k_{oc} y)^2} \right) \dot{y}^2 \operatorname{sgn} \dot{y} + b_2 y^3 = Q \operatorname{sgn} \dot{y}, \quad (1)$$

где n, k, b, b_2 - коэффициенты, характеризующие систему «вибратор - конструкция - среда» [1].

Положение равновесия системы определяется действительным положительным корнем, обозначенным y_{cr} . После перенесения начала координат в положение статического равновесия уравнение (1) переписывается следующим образом:

$$\ddot{y} = -2n\dot{y} - k^2(y + y_{cm}) - \left(\frac{b_1 \dot{y}^2}{(x_0 \sin 2\pi ft - k_{oc}(y + y_{cm}))^2} \right) \operatorname{sgn} \dot{y} - b_2(y + y_{cm})^3 + Q \operatorname{sgn} \dot{y}.$$

Проанализируем знаки \ddot{y} .

$$\operatorname{sgn} \left[Q - \left(\frac{b_1 \dot{y}^2}{(x_0 \sin 2\pi ft - k_{oc} y)^2} \right) \right] = \operatorname{sgn} \dot{y},$$

$$\operatorname{sgn} \left[k^2(y + y_{cm}) + b_2(y + y_{cm}) + b_2 y^3 \right] = \operatorname{sgn} y$$

В целом знак \ddot{y} определяется выражением:

$$\operatorname{sgn} \ddot{y} = F_1 \operatorname{sgn} \dot{y} - F_2 \operatorname{sgn} \dot{y} - F_3 \operatorname{sgn} y - F_4$$

Здесь:

$$F_1 = \left| Q - \left(\frac{b_1}{x_0^2} \right) y^2 \right| \quad (4)$$

$$F_2 = |2n\dot{y}| \quad (5)$$

$$F_3 = |k^2 y_{cm} + 3b_2 y^2 y_{cm} + b_2 y_{cm}^3| \quad (6)$$

$$F_4 = |k^2 y_{cm} + 3b_2 y^2 y_{cm} + b_2 y_{cm}^3| \quad (7)$$

Рассмотрим, каким образом меняются знаки производных по времени переменных системы на участках фазовой плоскости (y, \dot{y})

На участке плоскости $y > 0, \dot{y} < 0$ (IV квадрат) с очевидностью выполняется условие знаков. $\text{sgn } y = -\text{sgn } \dot{y}$. Это же условие выполняется на участке плоскости $y < 0, \dot{y} > 0$ (II квадрат).

На участке плоскости $y \geq 0, \dot{y} > 0$ (I квадрат) требуется выполнение соотношения знаков $\text{sgn } \ddot{y} = -\text{sgn } \dot{y}$. Это произойдет при условии, если $F_1 - F_2 < F_3 + F_4$.

На участке плоскости $y < 0, \dot{y} \leq 0$ (III квадрат) соотношение знаков $\text{sgn } \ddot{y} = -\text{sgn } \dot{y}$ выполняется при условии $F_1 - F_2 < F_3 - F_4$.

Заменяя в (4)-(7) выражение для F_1, F_2, F_3 получим условия устойчивости системы с жесткой обратной связью по положению выходного звена при прямоугольном управляющем сигнале:

I квадрат:

$$\left| (P_0 - P_{cl})S - \frac{S^3 \gamma}{g k f^2 \mu^2 x_0^2} \cdot \dot{y}^2 \right| - |r \dot{y}| < \left| c(y + y_{cm}) + \frac{C_c}{2h^2} \cdot (y + y_{cm})^3 \right| \quad (8)$$

III квадрат:

$$\left| (P_0 - P_{cl})S - \frac{S^3 \gamma}{g k f^2 \mu^2 x_0^2} \cdot \dot{y}^2 \right| - |r \dot{y}| < \left| c(y + y_{cm}) + \frac{C_c}{2h^2} \cdot (y - y_{cm})^3 \right| \quad (9)$$

Анализ условий устойчивости показывает, что возможны следующие случаи, обеспечивающие устойчивую работу систем «вибратор – конструкция – среда».

- подводимое давление P_0 должно быть таково, чтобы при любых возможных возмущениях сохранялись неравенства (8) и (9).
- устойчивой работе системы способствует увеличение коэффициентов нелинейных членов за счет конструктивных параметров виброисточника.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ельмуратова А. Ф., Ешуткин Д. Н., Кожахметова А. К. Динамика и устойчивость гидравлического вибратора // журнал «Физико-технические проблемы разработок полезных ископаемых», Новосибирск, 1992. - №3, с. 76-69.
2. Ельмуратова А. Ф. Устойчивость гидровибраторов // журнал «Наука и техника Казахстана», Павлодар, 2004, №3, 10 с.

Түйіндеме

Жұмыста шығыс буынының жағдайы бойынша қатаң кері байланысы бар және дроссельді басқарылатын гидравликалық жүйенің динамикасы мен беріктігінің мәселелері қарастырылған.

Resume

Questions of dynamics and firmness of hydraulic system with throttle control and hard feedback availability according to the regulations of output branch.