

Л. Г. Козлов, к. т. н., доц.; Д. А. Лозинский, асп.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА РАБОЧЕЙ КРОМКИ ЗОЛОТНИКА НА НЕЛИНЕЙНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

Разработана математическая модель и проведены исследования характеристик пропорционального гидрораспределителя с электрогидравлическим управлением, а именно зависимость положения основного золотника от перемещения сервозолотника, от перепада давлений на кромке основного золотника и угла наклона рабочей кромки основного золотника.

В результате исследований выявлены существенно нелинейные свойства системы управления, которые проявляются как в статических, так и в динамических режимах работы.

Нелинейность характеристик может быть уменьшена за счет соответствующего выбора значений угла наклона рабочей кромки основного золотника.

Ключевые слова: гидрораспределитель, электрогидравлическое управление, математическая модель, нелинейность.

Гидроприводы с пропорциональным электрогидравлическим управлением широко применяются в разных мобильных машинах и автоматизированных технологических линиях, в которых необходимо обеспечивать точное позиционирование исполнительных органов и механизмов. Использование гидроприводов, которые управляются от сигнала программируемых контролеров с соответствующим программным обеспечением позволяет значительно повысить производительность, качество выполнения рабочих операций и уменьшить непродуктивные потери мощности [1, 2, 3].

Основной частью таких гидроприводов являются гидрораспределители, которые управляются от электрогидравлической системы управления. В системах такого типа перемещение основного золотника происходит под действием сигнала, что формируется сервозолотником.

Одними из главных характеристик системы управления являются зависимости положения основного золотника от координаты перемещения сервозолотника и от времени [4].

Целью работы является исследование нелинейных характеристик электрогидравлического гидрораспределителя, а именно: зависимости положения основного золотника от перемещения сервозолотника, от перепада давлений на кромке основного золотника ΔP и конструктивных параметров системы [5, 6].

Для выполнения исследований была создана расчетная схема системы управления (рис. 1), где дроссели 4, 5 определяют поток, что проходит через сервозолотник при перемещении в прямом и обратном направлениях (другие обозначения расчетной схемы [5, 6]).

Площадь рабочего окна, которая определяется перемещением сервозолотника, вычисляется по формуле:

$$f_{31} = \mu \cdot \pi \cdot d_3 \cdot x \cdot \sin \alpha + f_0, \quad (1)$$

где x – перемещение сервозолотника, α – угол наклона рабочей кромки основного золотника (другие обозначения [5, 6]).

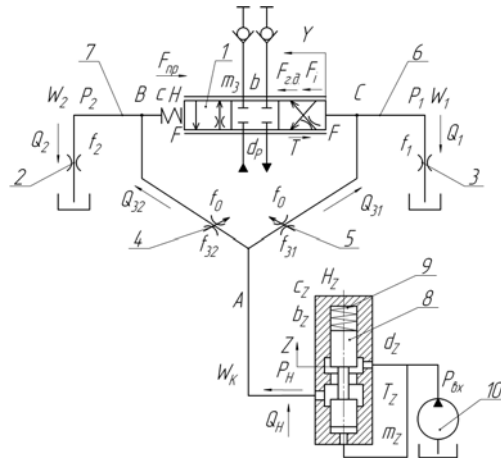


Рис. 1. Расчетная схема системы управления

Уравнения математической модели, разработанной на основе расчетной схемы системы, управления имеют вид:

$$\begin{aligned} \mu \cdot \pi \cdot d_Z \cdot (z_0 - z) \cdot \sin \beta_Z \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_H - P_K|}{\rho}} = & [\mu \cdot \pi \cdot d_3 \cdot x \cdot \sin \alpha + f_0] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_K - P_1|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_K - P_1) + \\ & + [-d_3 \cdot \mu \cdot \pi \cdot x \cdot \sin \alpha + f_0] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_K - P_2|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_K - P_2) + \beta \cdot W_K \cdot \frac{dP_K}{dt}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$[\mu \cdot \pi \cdot d_3 \cdot x \cdot \sin \alpha + f_0] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_K - P_1|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_K - P_1) = \mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_1}{\rho}} + \beta \cdot W_1 \cdot \frac{dP_1}{dt}, \quad (3)$$

$$[-d_3 \cdot \mu \cdot \pi \cdot x \cdot \sin \alpha + f_0] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_K - P_2|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_K - P_2) = \mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_2}{\rho}} + \beta \cdot W_2 \cdot \frac{dP_2}{dt}, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} m_3 \frac{dV_y}{dt} = & P_1 \cdot F - P_2 \cdot F - c \cdot (H + y) - b \frac{dy}{dt} - T \cdot \text{sign} \frac{dy}{dt} - \\ & - d_3 \cdot \mu \cdot \pi \cdot y \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} \cdot 0.324 \cdot \sqrt{\Delta P}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} m_Z \frac{dV_Z}{dt} = & P_K \cdot \frac{\pi \cdot d_Z^2}{4} - c_Z \cdot (H_Z + z) - b_Z \frac{dz}{dt} - T_Z \cdot \text{sign} \frac{dz}{dt} - \\ & - d_Z \cdot \pi \cdot (z_0 - z) \cdot \sin \beta_Z \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_H - P_K)}{\rho}} \cdot 0.324 \cdot \sqrt{(P_H - P_K)}. \end{aligned} \quad (6)$$

Обработка математической модели выполнена с помощью программного пакета MatLAB Simulink. Simulink – интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем, он является дополнением к пакету MATLAB и полностью интегрированный с ним [7].

Основная блок-схема решения системы дифференциальных уравнений представлена на рис. 2.

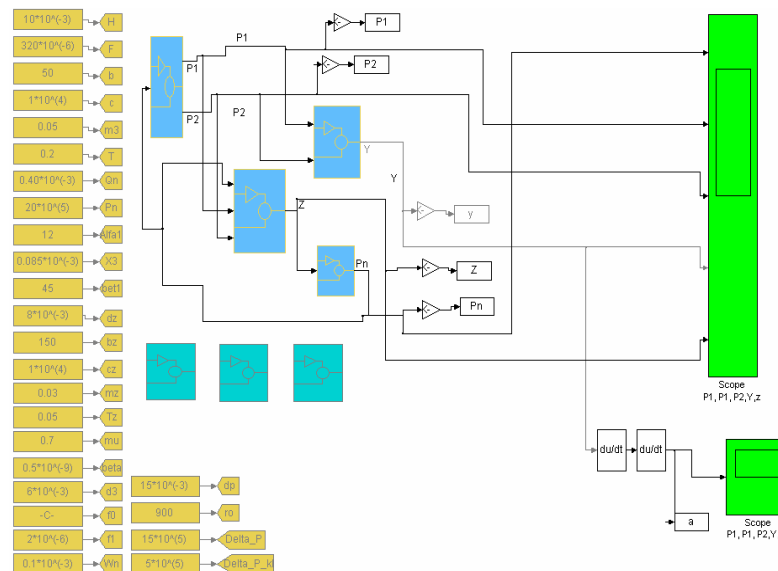
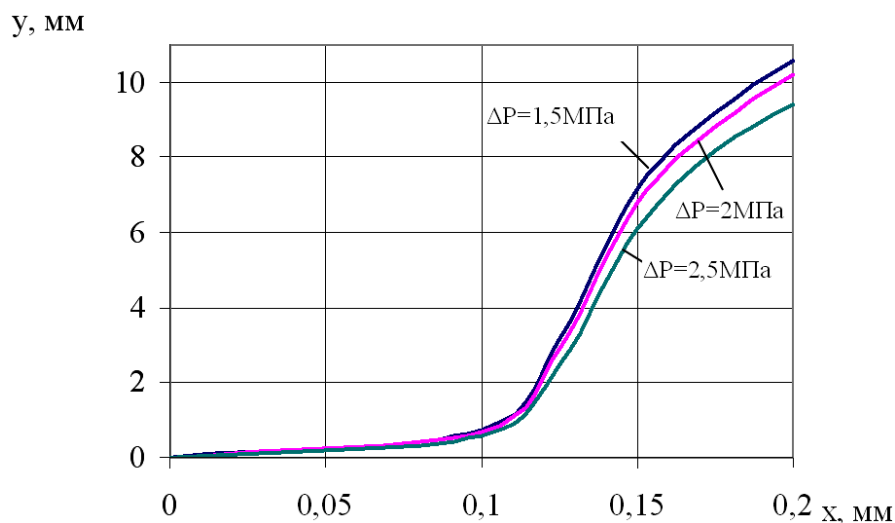


Рис. 2. Блок-схема решения системы уравнений

Благодаря решению математической модели, были исследованы переходные процессы в системе и получены графики зависимостей положения рабочей кромки основного золотника от перемещения сервозолотника, от перепада давлений на кромке основного золотника ΔP и конструктивных параметров системы управления.

На рис. 3 представлен график зависимости положения рабочей кромки основного золотника от перемещения сервозолотника при разных значениях перепада давлений ΔP на основном золотнике.


Рис. 3. Зависимость положения рабочей кромки основного золотника от перемещения сервозолотника для разных значений ΔP

Проанализировав полученные зависимости, можно прийти к выводу о нелинейной зависимости выходного сигнала системы управления (положение кромки основного золотника 1) от входного (перемещение сервозолотника) в статических режимах. Существенная нелинейность в системе управления нарушает пропорциональность управления основным золотником и значительно ухудшает точность его позиционирования.

На рис. 4, 5 представлены графики зависимости положения рабочей кромки основного золотника от времени при минимальном и максимальном входном сигнале x (перемещении сервозолотника) для разных значений угла наклона рабочей кромки основного золотника α .

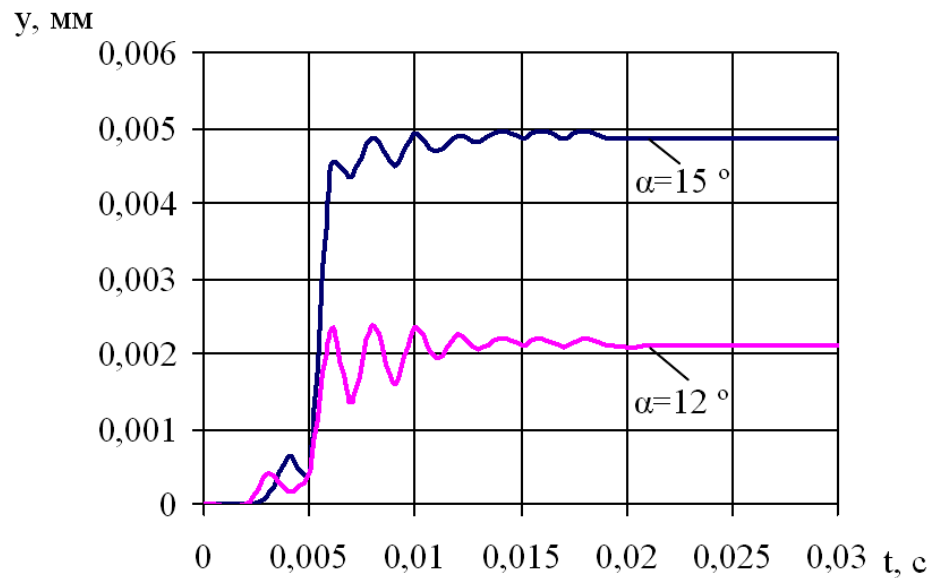


Рис. 4. Зависимость перемещения кромки основного золотника от времени при минимальном перемещении сервозолотника для разных значений угла наклона рабочей кромки

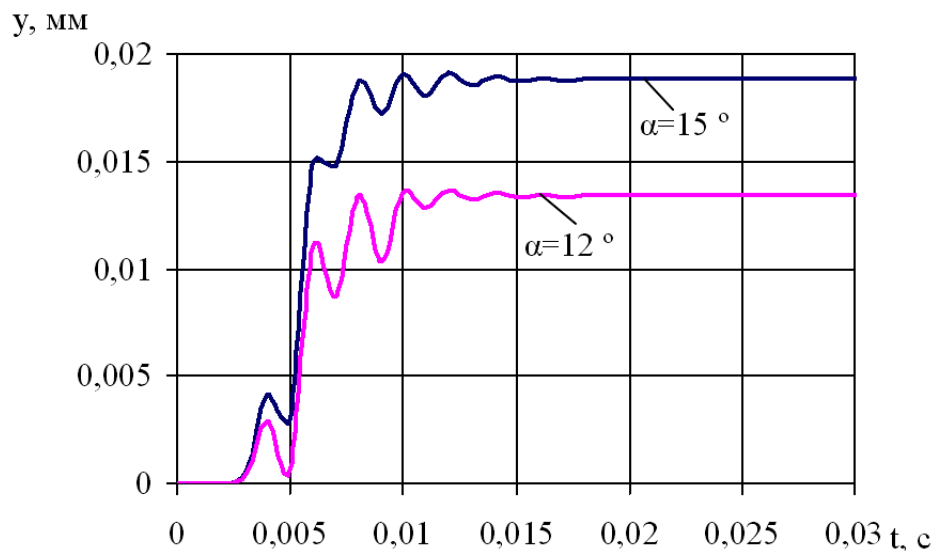


Рис. 5. Зависимость перемещения кромки основного золотника от времени при максимальном перемещении сервозолотника для разных значений угла наклона рабочей кромки

Проанализировав графики на рис. 4 и 5, можно прийти к выводу, что величина входного сигнала (перемещение сервозолотника) значительно влияет на характер зависимости перемещения кромки основного золотника от времени. Это явный признак значительной нелинейности системы управления в динамических режимах. Изменением величины угла наклона рабочей кромки основного золотника α можно изменять характер переходного процесса.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что для обеспечения пропорциональности управления основным золотником гидрораспределителя необходимо уменьшение нелинейности зависимости между входным (перемещение сервозолотника) и выходным (положение кромки основного золотника 1) сигналами.

Необходимого эффекта можно достичь соответствующим выбором значений конструктивных параметров системы управления. На рис. 6 представлено влияние величины угла наклона рабочей кромки основного золотника α на характер зависимости входного и исходного сигналов.

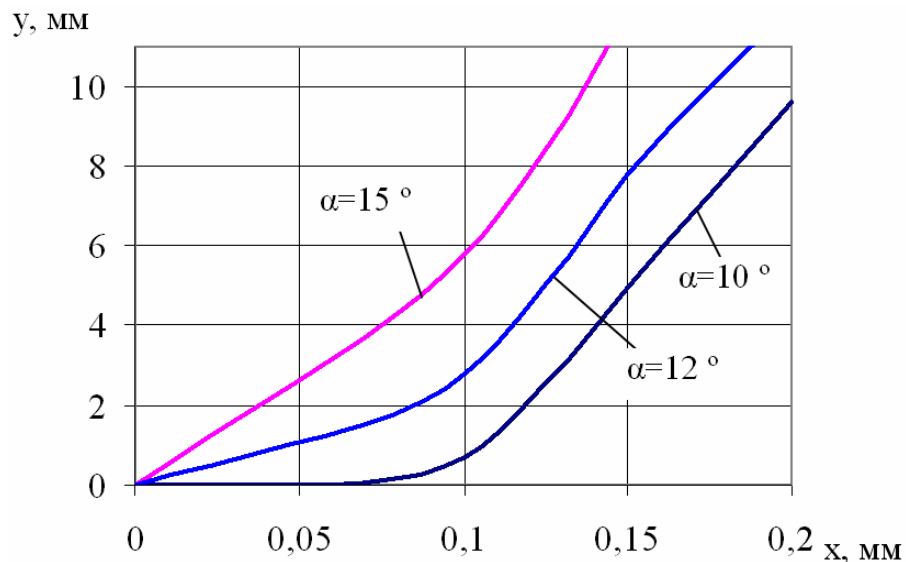


Рис. 6. Зависимость положения рабочей кромки основного золотника от перемещения сервозолотника для разных значений угла наклона рабочей кромки основного золотника α

Выводы

Разработанная математическая модель и проведенные исследования характеристик пропорционального гидрораспределителя с электрогидравлическим управлением выявили существенно нелинейные свойства системы управления, которые проявляются как в статических, так и в динамических режимах работы.

Нелинейность характеристик может быть уменьшена за счет соответствующего выбора значений угла наклона рабочей кромки основного золотника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beitrag E. Load-sensing Steuerung: Anwendungen und Ausbaustufen // Der Konstrukteur. – 1988. – №5. – S. 60 – 64.
2. Козлов Л.Г. Вдосконалення систем керування гідроприводів з LS-регулюванням. – Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.03. – Вінниця, 2000.
3. Буренников Ю.А., Козлов Л.Г. Пропорциональный распределитель для гидросистемы, чувствительной к нагрузке // Вестник НТУУ „КПИ”: Машиностроение. – Київ, 2002. – Вып. 42, Т. 2 – С. 37 – 39.
4. Saikat Mookherjee, Design and sensitivity analysis of a single-stage electro hydraulic servovalve // FFNI-ptid Symp. Hamburg. – 2000. – P.71 – 88.
5. Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський Оптимізація системи управління гідророзподільником з електрогідрравлічним регулюванням // Вісник ВПІ. – № 6. – 2005. – С. 225 – 229.
6. Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський Вплив параметрів основного золотника на конструкцію вузла авто-повернення гідророзподільника з електрогідрравлічним регулюванням // Вісник Хмельницького національного університету. – № 1. – 2007. – Технічні науки – С.38 – 424.
7. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. – Диалог-МИФИ, 2003.

Козлов Леонид Геннадиевич – декан факультета технологии, автоматизации и компьютеризации машиностроения, доцент кафедры;

Лозинский Дмитрий Александрович – аспирант кафедры.

Кафедра технологии и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет