

Анализ конструктивных схем гидромеханических дозаторов топлива¹

Денисова Е.В.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа

Рассмотрены различные варианты конструктивных схем агрегатов дозирования топлива, проведена их классификация. Показана возможность возникновения автоколебательных режимов, причиной которых является наличие неоднозначных нелинейностей и внутренних связей в агрегатах топливопитания.

Достаточно долгое время к синтезу алгоритмов управления существовал следующий подход: объект управления (силовая установка) и исполнительный механизм (агрегат дозирования топлива) описывались линейными дифференциальными уравнениями второго порядка с постоянными коэффициентами [1]. Практический опыт доводки реальных систем управления показал неправомочность данного подхода в силу того, что в агрегатах дозирования топлива происходят достаточно сложные гидродинамические процессы, влияющие на функционирование всей системы в целом.

Целью настоящей работы является анализ конструктивных схем агрегатов дозирования топлива и их исследование как элементов системы автоматического управления (САУ) силовой установкой.

Рассматриваются различные конструктивные схемы агрегатов дозирования топлива, приведенные в [1]. Все многообразие схем по связям между элементами можно разделить на три большие группы: 1) агрегаты с гидравлическими связями между элементами; 2) агрегаты с механическими (жесткими) и механическими (гибкими) связями между элементами; 3) агрегаты смешанного вида, имеющие и гидравлические, и механические связи.

Функциональные схемы представлены на рис. 1, 2 и 3 соответственно.

Все агрегаты описываются уравнениями следующего вида:

- уравнения сил на подвижных элементах (золотниках, поршнях и т.д.);
- уравнения баланса расходов рабочей жидкости.

Ранее при проектировании САУ поступали сле-

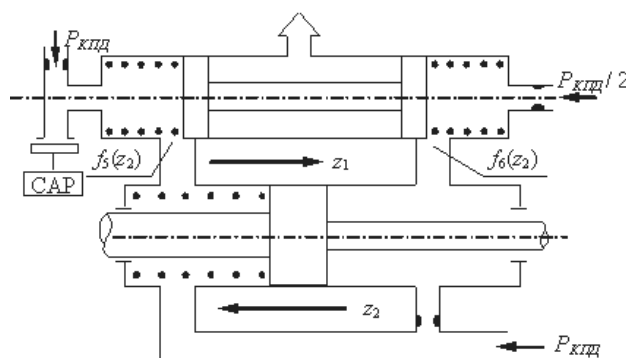


Рис. 1. Агрегат дозирования топлива с гидравлическими связями между элементами

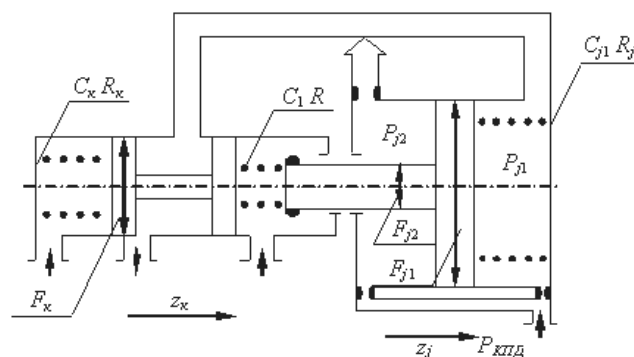


Рис. 2. Агрегат дозирования топлива с гибкими связями между элементами

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 11-08-97046, 11-08-00823-а).

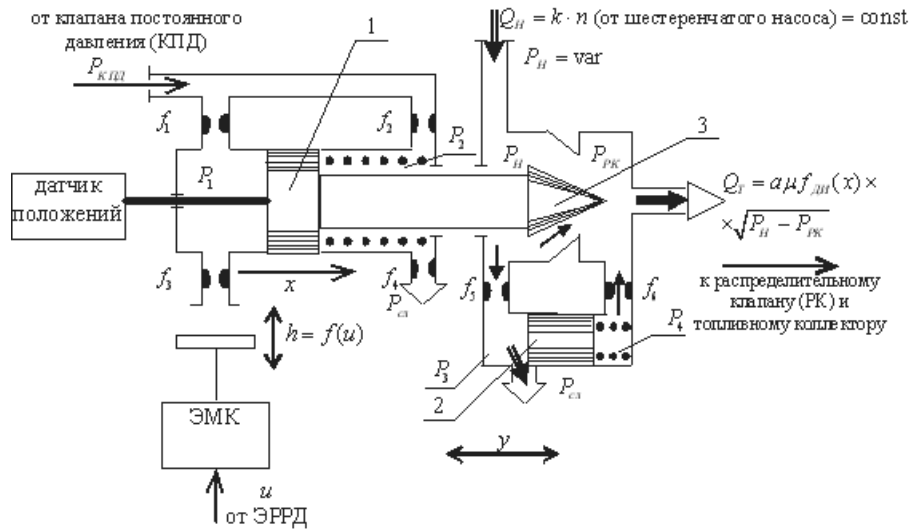


Рис. 3. Агрегат дозирования топлива с гидравлическими и механическими связями между элементами

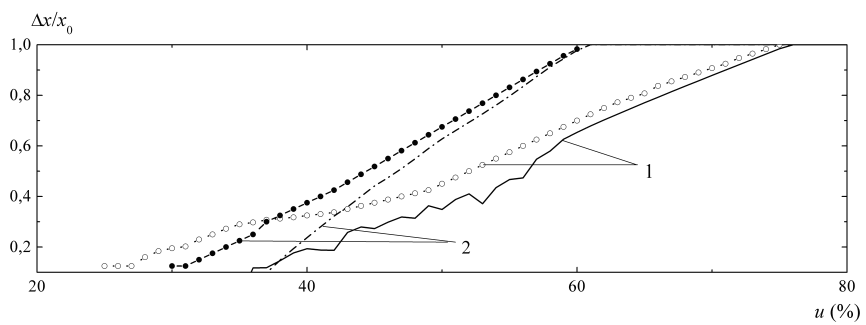


Рис. 4. Отклонение сервопоршня от начального положения $\Delta x/x_0$ в зависимости от управляющего сигнала u (эксперимент и расчет)

дующим образом: полученные дифференциальные уравнения линеаризовались известными методами, например, разложением в ряд Тейлора, получалась придаточная функция колебательного звена, что и использовалось при синтезе алгоритмов управления силовой установкой. Практический опыт показал неправомерность подобного подхода. Поскольку именно из-за гидродинамических процессов, происходящих в агрегатах, чаще всего возникают автоколебательные режимы.

В работе [2] показано, что введение в уравнение сил на сервопоршне дроссельной иглы дополнительной составляющей, учитывающей противодействие движению одного элемента относительно другого, позволило получить характеристики сервопоршня, качественно совпадающие с экспериментальными [3]. Это показано на рис. 4.

Остановимся на схеме, представленной на рис. 1. Здесь между управляющим золотником (верхняя часть схемы) и сервопоршнем (нижняя часть схемы) существуют гидродинамические связи между левыми и правыми частями элементов. Если при описании функционирования элемента подобного вида ввести в уравнения функции изменения площадей отверстий от перемещения элемента, т.е., например, $f_5(z_2)$ и $f_6(z_2)$, и рассматривать движение элемента уже с учетом введенных функций, то получим, что внутри агрегата уже имеются перекрестные связи. При этом характер связей, их величина и знак (положительная связь или отрицательная) существенным образом зависят от режима работы агрегата. Схема замещения агрегата первой группы, полученная в соответствии с его математическим описанием, приведена на рис. 5.

На рис. 6 и 7 показаны автоколебательные режимы, возникающие в агрегате при изменении его режима работы.

Далее рассмотрим агрегат дозирования топлива третьего вида как наиболее сложный элемент.

В его конструктивной схеме присутствуют: жесткая механическая связь между сервопоршнем и дроссельной иглой; гидродинамическая связь между дроссельной иглой и КПП.

Проведенные исследования показали наличие неоднозначных нелинейностей в агрегатах (см. рис. 4), которые и являются причиной возникновения автоколебательных режимов в системах управления силовой установкой.

Проведенный анализ конструктивных схем агрегатов дозирования топлива позволил выявить внутренние связи между элементами и показать их многообразие. Доказано с помощью математического моделирования, что именно внутренние связи между элементами являются причиной появле-

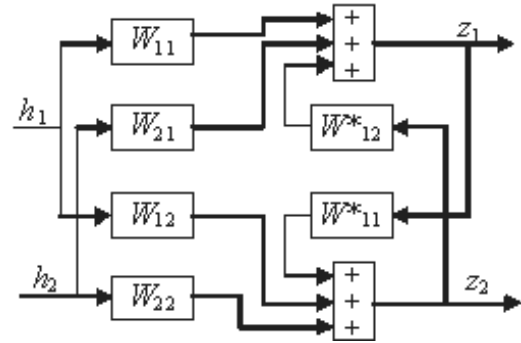


Рис. 5. Схема замещения гидромеханического исполнительного механизма — сервопоршня дроссельной иглы с золотником

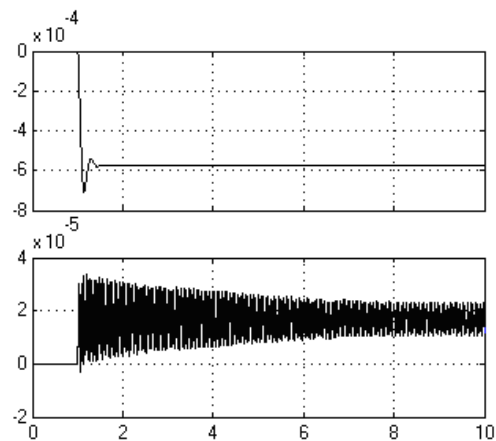


Рис. 6. Характеристики сигналов z_1 и z_2 соответственно при начальном перемещении золотника $z_2^0 = 0.1 \cdot 10^{-6}$

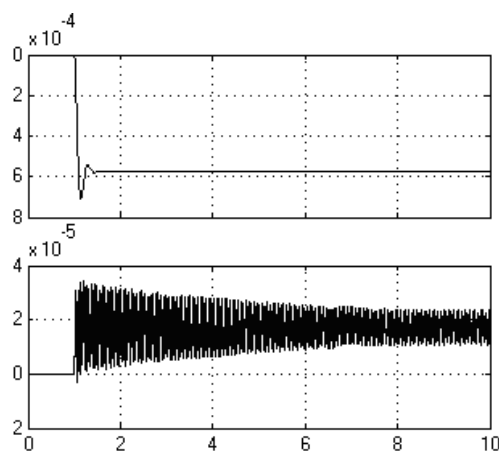


Рис. 7. Характеристики сигналов z_1 и z_2 соответственно при среднем положении золотника z_2

ние автоколебательных процессов в системе управления силовой установкой.

Список литературы

- [1] Добрынин А. Н. Проектирование гидромеханических систем автоматического регулирования авиадвигателей. Часть 1. М.: ЦИАМ, 1980. 417 с.
- [2] Денисова Е. В., Насибуллаева Э. Ш. Исследование гидромеханического элемента дозирования топлива // Труды Института механики УНЦ РАН. Уфа: Гилем, 2007. Вып. 5. С. 157–162.
- [3] Денисова Е. В., Насибуллаева Э. Ш. Источники неопределенностей в элементах топливной автоматики // «Механика и процессы управления». Труды XXXVII Уральского семинара, посвященного 150-летию К. Э. Циолковского, 100-летию С. П. Королева и 60-летию Государственного ракетного центра «КБ им. Академика В. П. Макеева» (26–28 июня 2007 г., г. Миасс). Екатеринбург. 2007. С. 163–171.