

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПИТАНИЯ

Иерусалимов С.А., Макарьянц Г.М.

Самарский университет, г. Самара, ierusalimov97@mail.ru

Ключевые слова: сервопривод, электрогидравлическая система топливоподачи, калибровочные пружины, шаговый двигатель.

Главными тенденциями при проектировании авиационных двигателей являются повышение эффективности рабочего цикла, расширение зоны допустимых рабочих режимов ГТД, снижение стоимости эксплуатации силовой установки, повышение быстродействия, а также точность в управлении. Эти требования реализуются в ходе постепенного внедрения в производственный процесс двигателей концепции «Полностью электрический двигатель» (далее ПЭД). Данная концепция является основным вектором развития современной двигателестроительной науки. Разработка и внедрение электрифицированной системы управления ГТД приведет к уменьшению массы агрегатной составляющей самолета почти на 50%. Также имеются возможности для создания усовершенствованной системы управления, основанной на микроконтроллере слежения.

Ведущим подразделением, занимающимся исследованиями в этой области в России, является ЦИАМ им. Баранова, где опубликованы работы [1-3], а также Московский и Уфимский авиационные институты, опубликовавшие статьи [4-5]. Тем не менее, остаются невыясненными такие вопросы, как разработка и анализ схемы и принципа действия электрогидравлической системы топливопитания, описание динамических свойств основных агрегатов, а также разработка системы автоматического управления для поддержания надежной работы этих агрегатов. Расчеты велись в программе MATLAB Simulink, которая позволяет с высокой точностью имитировать реальные физические процессы и при минимальных финансовых затратах провести поверочное исследование наиболее оптимальной топливной системы.

При рассмотрении гидравлических систем применяется единый принцип описания динамики гидравлических агрегатов физическими уравнениями: совместное решение дифференциальных уравнений баланса сил и расходов в относительных величинах. Динамические характеристики шагового двигателя, непосредственно управляющего золотником, рассчитываются на основе уравнения динамики вращательного движения. При выводе уравнения было принято допущение, что диссипативные силы пренебрежимо малы по сравнению с силами давления [6]. Система дозирования топлива основана на сервоприводном управлении положением дозирующей иглы и представлена на рис. 1.

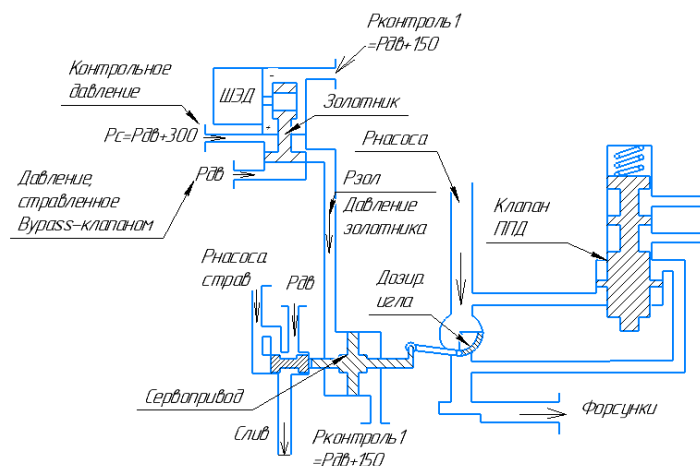


Рис. 1 – Схема дозирования топлива в электрогидравлической системе управления

В качестве допущения было принято, что на динамику дозирующей иглы, а значит и на скорость переходного процесса влияют только *агрегаты системы дозирования*. Общая электрогидравлическая система топливоподачи имеет следующий принцип действия: с помощью калибровочных механизмов регулирующее топливо, нагнетаемое насосом, распределяется по трем управляющим полостям: P_c , $P_{дв}$, $P_{контроль}$. Калибровочные механизмы представляют собой пружинные клапаны, которые открываются и топливо перепускается между полостями при неудовлетворительном соотношении давлений P_c , $P_{дв}$, $P_{контр}$. Давление $P_{насос.слив}$ формирует рабочий напор в гидравлических приводах. Принцип действия калибровочных механизмов подробно рассмотрен в [7]. Кроме агрегатов дозирования, система топливоподачи имеет и другие вспомогательные агрегаты, предохраняющие ее работу от нерасчетных режимов. Клапан ППД управляет перепадом давления на дозирующей игле, чтобы массовый расход топлива через нее определялся только проходным сечением иглы.

Далее была разработана математическая модель, описывающая физические процессы, происходящие в электрогидравлической системе топливоподачи в ходе переходного процесса. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику шагового электродвигателя и жестко связанного с ним золотникового распределителя, сервопривода дозирующей иглы (далее ДИ) и собственно самой ДИ. На основе проанализированных дифференциальных уравнений составляется динамическая модель в программе MATLAB/Simulink, описывающая переходные процессы в модели.

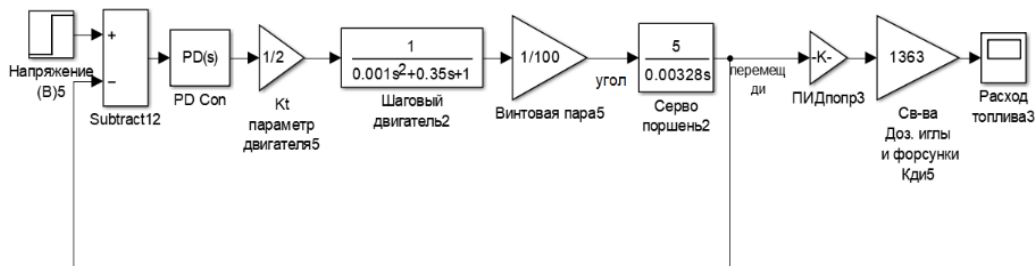


Рис. 2 – Динамическая модель электрогидравлической ТС

Как видно из рис. 2, гидравлическая система описывается достаточно сложной передаточной функцией, что на практике приводит к большим проблемам при настройке регулятора. В настоящий момент данную проблему пытаются решить путем внедрения электроприводной топливной системы. Электрогидравлическая схема позволяет добиться большего быстродействия, но обладает большой массой, сложностью конструкции и требует тщательной и дорогостоящей эксплуатации. Результаты работы могут быть интегрированы в единую цифровую САУ двигателя.

Список литературы

1. Юдин Е. М. Шестеренчатые насосы. Основные параметры и расчет. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1964. 238 с.
2. Гуревич О.С., Гулиенко А.И. Газотурбинный двигатель для «электрического» магистрального самолета – «электрический» ГТД // Авиационные двигатели. №1(2), 2009. 14 с.
3. Гуревич О.С., Белкин Ю.С., Гулиенко А.И. Демонстрационная система управления и топливопитания ГТД на базе электрических приводов. ЦИАМ 2005-2009. Развитие новых направлений в области управления ГТД. Т. 1. М., 2009.
4. Jaw, Link C. Aircraft engine controls [Текст]: design, system analysis and health monitoring / Link C. with Lack D. Mattingly. Restone, Va: Amer. inst. of aeronautics cop. 2009. 361 с. ISBN 978-1-60086-705-7.
5. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М: Лаборатория базовых знаний, 2001. 616 с.: ил.

6. Гимадиев А.Г. Динамические характеристики систем автоматического регулирования: учебное пособие. Куйбышев, КуАИ, 1986. 60 с.

7. All CFM56-5a engines for A319/A320. Engine System – TRAINING MANUAL, 2000. 457 с.

Сведения об авторах

Иерусалимов С. А., выпускник Самарского университета. Область научных интересов: исследование переходных процессов в динамических системах.

Макарьянц Г. М., директор Института Авиационной техники, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: исследование переходных процессов в динамических системах.

FEATURES OF MODELING THE DYNAMICS OF THE ELECTRIC HYDRAULIC SYSTEM FUEL SUPPLY

Ierusalimov S.A., Makaryants G.M.

Samara National Research University, Samara, Russia, ierusalimov97@mail.ru

Keywords: servomotor, electro hydraulic system fuel supply, stepping engine.

The article discusses a methodology for the development of an electro-hydraulic fuel system, and also describes an algorithm for designing a fuel supply control system.