

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

© 2009 Е. В. Журавлева

ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ - ПРОГРЕСС», г. Самара

Рассмотрены основные этапы создания имитационной модели на примере поршневого пневматического привода с пневмораспределительным устройством «струйная трубка».

Моделирование имитационное, привод летательного аппарата, модель математическая.

Специалистам - разработчикам систем и следящих приводов на различных этапах своей деятельности приходится ставить и решать такие задачи, как:

- 1) определение влияния отдельных элементов на свойства системы;
- 2) определение и расчет параметров, а в общем случае – формирование желаемых свойств системы (привода), удовлетворяющих заданным требованиям;
- 3) определение и расчет какого-либо параметра (или группы параметров) системы, исходя из заданных критериев (например, заданного быстродействия; минимальных энергомассообъемных показателей; экономичности и т.п.).

Перечисленные выше задачи могут быть решены известными аналитическими методами. Однако в случае сложных нелинейных динамических систем поиск решения становится трудоемким, так как требует больших затрат времени, сопровождается громоздкими вычислениями, а получаемый результат зачастую трудно поддается анализу и обобщению [1].

Моделирование позволяет существенно уменьшить объем экспериментальных исследований, снизить их стоимость, а также сократить сроки проектирования объектов.

Основополагающим понятием в теории моделирования служит понятие модели как некоторой абстракции моделируемого объекта или явления, отображающей существенные, с точки зрения исследования, характеристики и свойства последнего.

Целью данной работы является создание упрощенной модели привода, обеспечивающей выполнение поставленных задач по определению влияния элементов на свойства системы.

Рассмотрим основные этапы создания имитационной модели [2, 3] на примере поршневого пневматического привода с пневмораспределительным устройством «струйная трубка», принципиальная схема которого изображена на рис. 1. Он используется на летательных аппаратах в качестве рулевого привода, приводящего в движение органы управления полетом.

Конструктивно привод состоит из преобразующе-суммирующего устройства (ПСУ), усилителя мощности электрического сигнала рассогласования (УМ), электромеханического преобразователя (ЭМП), пневмораспределительного устройства (ПРУ), пневматического поршневого двигателя (ПД), механической передачи от двигателя к органам управления (МП) и потенциометрического датчика обратной связи (ПОС).

Привод управляется электрическим сигналом U_{ex} . В преобразующе-суммирующем устройстве входной сигнал сравнивается с сигналом обратной связи, пропорциональным текущему положению выходного вала привода, на котором расположены органы управления летательного аппарата (ЛА). Разностный сигнал, называемый сигналом рассогласования, усиливается с помощью УМ и подается на управляющие обмотки электромеханического преобразователя.

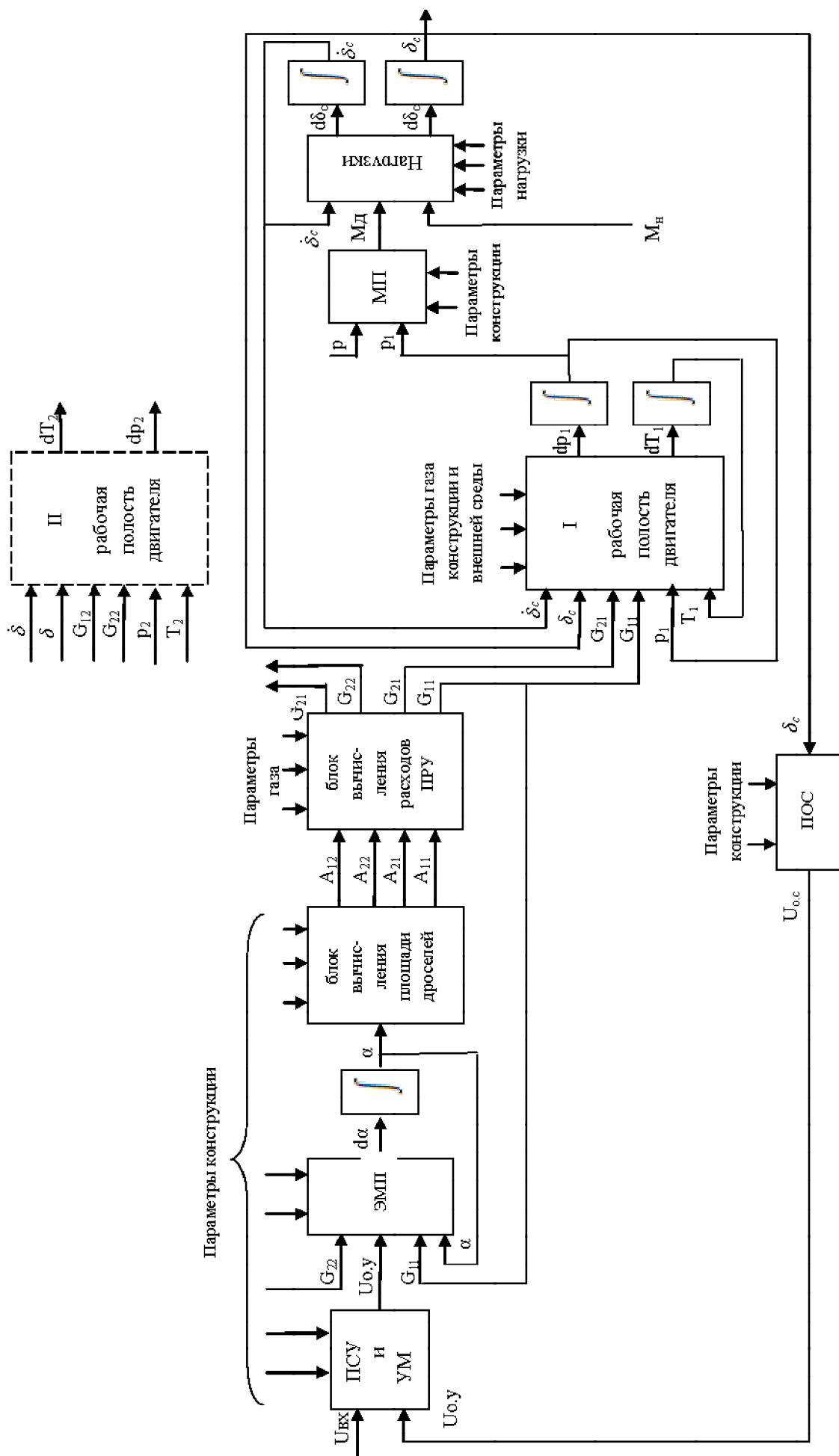


Рис. 2. Функциональная схема имитационной модели поршневого пневматического привода с пневмораспределительным устройством «струйная трубка»

что то же, вектор фазовых координат модели.

Блоки элементов привода выполняют роль операторов преобразования векторов входных координат элемента в вектор координат на его выходе. В одних случаях, например в преобразующе-суммирующем и пневмораспределительном устройствах, операции преобразования выполняются с помощью алгебраических соотношений. В других случаях операторами преобразования являются системы дифференциальных уравнений. При этом на выходе соответствующего блока наблюдаются не сами фазовые координаты, а их производные.

При вычислении фазовых координат используются различные внутренние и внешние параметры модели. К числу внутренних параметров в рассматриваемом случае следует отнести конструктивные размеры элементов привода, используемые при вычислении площадей проходных сечений пневмораспределительного устройства, при переходе от давлений, развиваемых в рабочих полостях двигателя, к моменту и т.д.

Внешними параметрами модели являются параметры окружающей среды и рабочего тела, поступающего в привод от источника сжатого газа. Принципиального отличия между внутренними и внешними параметрами нет, так как и те, и другие выступают в роли коэффициентов уравнений математической модели или входят в состав выражений, через которые определяются эти коэффициенты. Поскольку независимой переменной при имитационном моделировании является время, математическая модель в общем виде может быть записана векторным уравнением

$$y\left(\frac{dY}{dt}, Y, t\right) = 0, \quad (1)$$

где Y – вектор фазовых координат; $\frac{dY}{dt}$ – вектор производных фазовых координат, t – независимая переменная; y – векторный оператор, соответствующий заданной структуре модели.

В зависимости от целей моделирования каждый элемент функциональной схемы мо-

жет быть представлен математическими моделями разной степени детализации протекающих в нем физических процессов [4, 5]. Модель, изображенная на рис. 2, используется в процессе проектирования привода. Поэтому она довольно детально воспроизводит функционирование каждого его элемента, используя в качестве внутренних параметров такие конструктивные данные, как размеры приемных окон ПРУ, диаметр поршня двигателя и т. п. Она может быть использована и в составе модели системы более высокой степени иерархии, например, при анализе показателей качества системы управления летательным аппаратом (СУ ЛА).

При замене математической модели того или другого элемента привода на упрощенную можно допустить любую степень упрощения, но всегда необходимо сохранять неизменным состав выходных фазовых координат, иначе окажутся разорванными связи на входе следующего за заменяемым элементом функциональной схемы модели.

Допустима замена целой группы элементов одним упрощенным блоком. Так, участок схемы от выхода усилителя мощности и до входа блока нагрузки при определенных допущениях можно заменить одним дифференциальным уравнением первого порядка

$$K_W U_{oy}(t) - d_c^{\&}(t) = K_{\bar{A}} \frac{dM_{\bar{A}}}{dt} + M_{\bar{A}}(t) K_{MW}. \quad (2)$$

В результате получим упрощенную модель привода, функциональная схема которой приведена на рис. 3, а соответствующая система дифференциальных уравнений имеет вид

$$\begin{cases} U_{oy}(t) = (U_{\bar{a}\bar{a}}(t) - U_{oc}(t)) K_y; \\ K_W U_{oy}(t) - d_c^{\&}(t) = K_{\bar{A}} \frac{dM_{\bar{A}}}{dt} + K_{iW} M_{\bar{A}}(t); \\ M_{\bar{A}}(t) = J_i \frac{d^2 d_c}{dt^2} + K_{\bar{a}\bar{a}} \frac{d d_c}{dt} + K_{\bar{o}} d_{\bar{n}}(t); \\ U_{oc}(t) = K_{oc} d_c(t). \end{cases} \quad (3)$$

Здесь K_y – коэффициент усилителя сигнала рассогласования; K_{MW} , K_{iW} и $K_{\bar{d}}$ – коэффици-

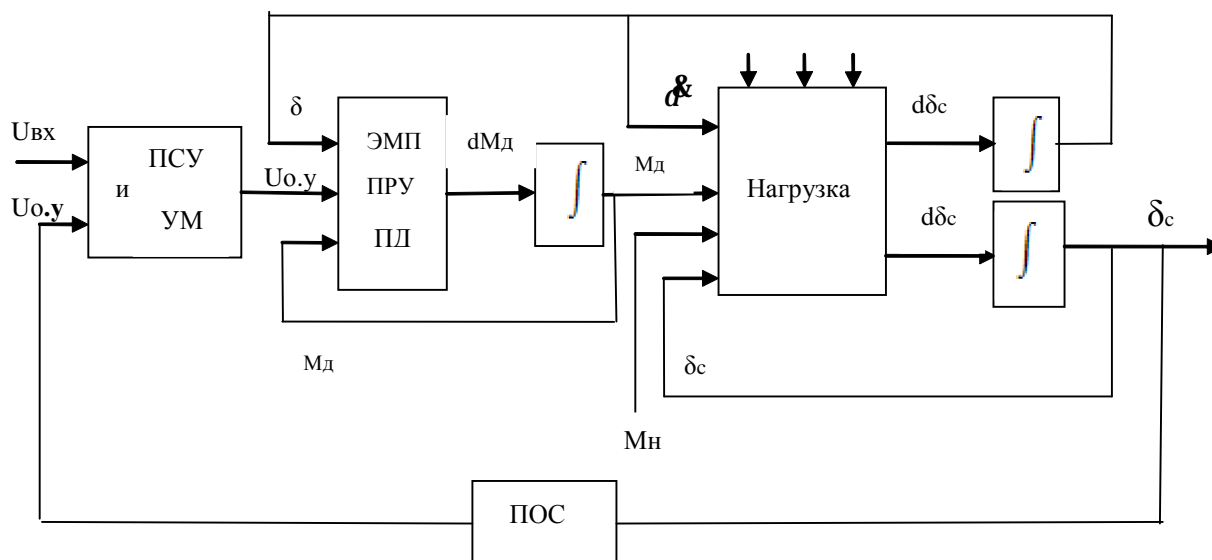


Рис. 3. Функциональная схема упрощенной модели поршневого пневматического привода с пневмораспределительным устройством «струйная трубка»

енты передачи пневматического двигателя и пневмораспределительного устройства; J_n , $K_{вт}$, и $K_{ш}$ – параметры нагрузки: момент инерции подвижных частей, коэффициент вязкого трения и позиционного момента; $K_{ос}$ – коэффициент передачи потенциометра обратной связи.

Упрощенная математическая модель не может использоваться в процедурах конструктивного проектирования привода, поскольку здесь невозможно осуществить переход от параметров модели к конструктивным параметрам привода. В то же время в ней резко сократилось число фазовых координат и уравнений, необходимых для вычисления, что позволяет снизить затраты на моделирование в процессе проектирования системы более высокой степени иерархии.

Блочно-иерархический принцип построения математических моделей целесообразно использовать при разработке математического обеспечения имитационного моделирования, поскольку он облегчает переход от одного уровня абстракции к другому.

Разработана упрощенная модель привода, сохраняющая состав выходных фазовых координат и связи между элементами, что и отличает ее от ранее известных.

Библиографический список

1. Стеблецов В. Г., Сергеев А. В. Моделирование и основы автоматизированного проектирования приводов. – М.: Машиностроение, 1989.
2. Андрющенко В. А. Следящие системы автоматизированного сборочного оборудования. - М.: Машиностроение, 1979.
3. Динамика следящих приводов/ Под ред. Л. В. Рабиновича. - М.: Машиностроение, 1982.
3. Виттих В. А. Интеграция знаний на основе компьютерных теорий артефактов. - Самара: Филиал ин-та машиноведения им. А. А. Благоднарова РАН, 1995.
4. Теория автоматического управления/ Под ред. Ю. М. Соломенцова. - М.: Машиностроение, 1992.

References

1. Stebletsov V. G., Sergeyev A. V. Simulation and foundations of automatic drive designing. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1989.
2. Andryushchenko V. A. Servo systems of automatic assembly equipment. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1979.
3. Dynamics of servo drives / Edited by L. V. Rabinovitch. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1982.
4. Vittikh V. A. Integration of knowledge on the basis of artifact computer theories. – Samara: Branch of the Institute of Machine Science named after A. A. Blagonravov, Russian Academy of Science, 1995.
5. Theory of automatic control / Edited by Yu. M. Solomentsov. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1992.

SIMULATION OF AUTOMATIC SYSTEMS OF CONTROLLING SPACE VEHICLE DRIVES

© 2009 Ye. V. Zhuravlyova

Samara Space Rocket Centre “TsSKB-Progress”

The paper discusses the main stage of creating a simulation model by the example of a piston pneumatic drive with an air distribution device “jet tube”.

Simulation, aircraft drive, mathematical model.

Информация об авторе

Журавлева Елена Викторовна, инженер – конструктор II категории, ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ - Прогресс»; телефон (846) 2289965. Область научных интересов: математическое моделирование электромеханических приводов.

Zhuravlyova Yelena Victorovna, design engineer of the 2nd category, Samara Space Rocket Centre “TsSKB-Progress”, phone: (846) 2289965. Area of research: mathematical modeling of electromechanical drives.