

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ОФСЕТНОЙ ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

Зязюля В.Н., Вихренко В.С., Юденков В.С.

This paper is devoted to the building of complex modeling environment on the basis of SolidWorks, VisualNastran and Matlab/Simulink packages. Possibility of creation of such an environment is demonstrated on the example of model offset printing machine with the printing cylinder angular velocity stabilization system. Connection and exchange information between the mechanical model in visualNastran and the automatic control system in Simulink was made by means of VNPlantBlock.

Для проектирования и исследования свойств различных механизмов существует ряд программных пакетов, таких как MSC.Adams, MSC.VisualNastran и др. В настоящее время практически каждое устройство оснащается системами автоматического управления. Однако вышеприведенные программы позволяют реализовывать управление параметрами механизмов лишь на очень примитивном уровне (с помощью таблицы значений либо формулы). Поэтому для моделирования систем управления применяются более специализированные программные модули, такие как Simulink, являющийся частью пакета Matlab. Simulink позволяет разрабатывать самые разнообразные системы управления, в том числе и системы автоматического управления электроприводами на основе электродвигателей постоянного тока с обратными связями. Нагрузка на валу электродвигателя в Simulink аппроксимируется на основе коэффициентов, вычисленных по приведенному моменту инерции управляемого механизма и моменту сопротивления. Описанные пакеты могут рассматриваться как взаимодополняющие, если найти средства, позволяющие объединить их в единую комплексную среду моделирования. И такая возможность существует. Программные пакеты VisualNastran и Simulink способны взаимодействовать друг с другом при помощи интегрированного в VisualNastran библиотечного модуля VNPlantBlock.

Механизм работы подобного комплекса (рис. 1) можно описать следующим образом. В разработанную модель системы управления в Simulink вставляется блок VNPlantBlock. В его свойствах указывается путь к предварительно созданной в VisualNastran механической модели механизма. Указываются входные и выходные параметры моделирования (например, входной величиной для Simulink может быть момент на валу двигателя, а выходной величиной – скорость выходного звена механизма). При запуске модели в VisualNastran загружается механическая модель, а в Simulink – модель системы управления. Далее программы работают по очереди. Через блок VNPlantBlock считывается величина выходного параметра механической модели (скорость выходного звена) и передается в Simulink, где на основании математической модели вычисляется значение входного параметра (момент на валу двигателя). Далее блок VNPlantBlock передает значение момента в VisualNastran, где и моделируется механизм с приложенным моментом в течение заданного шага по времени. Такой пошаговый обмен данными продолжается на всем временном отрезке моделирования системы.

Для иллюстрации метода рассмотрим модель офсетной печатной машины с системой стабилизации скорости вращения печатного цилиндра.

Механическая модель печатной машины (рис. 2) строится при помощи пакета трехмерного твердотельного моделирования SolidWorks. Применение этого пакета вызвано тем, что VisualNastran обладает лишь базовыми средствами создания геометрических тел с помощью примитивов. SolidWorks же дает пользователю полный инструментарий для создания пространственных тел любой конфигурации, в том числе и элементов зубчатых, ременных и цепных передач. Данный пакет также обладает обширной библиотекой стандартных изделий Toolbox, включая стандартизованные по ГОСТ детали. SolidWorks также обладает возможностью передавать данные непосредственно в VisualNastran с помощью соответствующего

меню. После трансляции модели в VisualNastran остается определить виды кинематических пар в модели, указать свойства материалов деталей. Далее необходимо установить необходимые измерители и устройства контроля за наблюдаемыми и контролируемыми величинами. Модель сохраняется в файл (*.wm3).

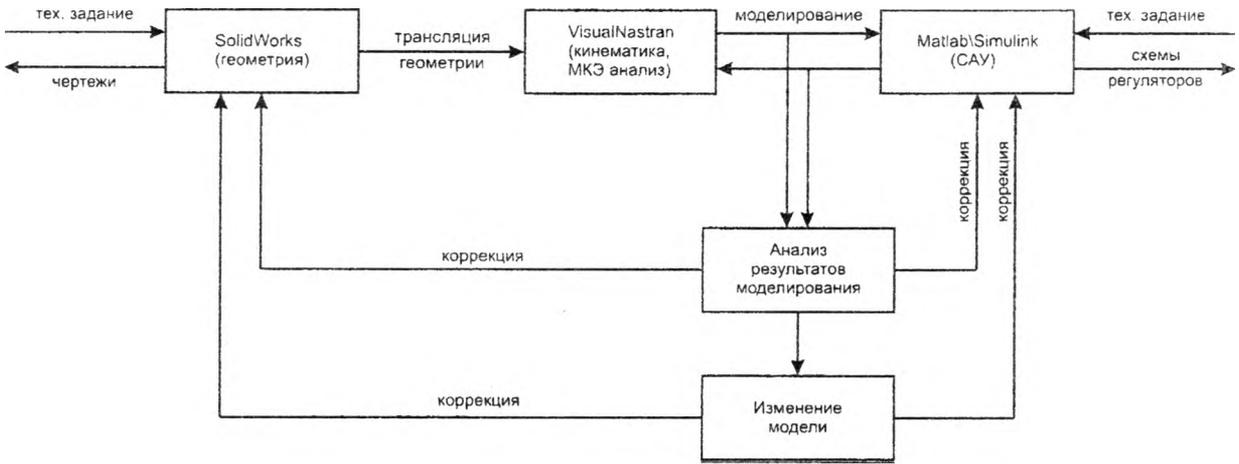


Рис. 1. Схема комплексной среды моделирования

В качестве системы стабилизации скорости вращения печатного цилиндра применим двухконтурную систему автоматического регулирования на основе двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и отрицательными обратными связями по току и скорости. Регулятор скорости – пропорциональный, регулятор тока – пропорционально-интегральный. Структурная схема системы управления в случае моделирования только в Simulink имеет вид, представленный на рис. 3.

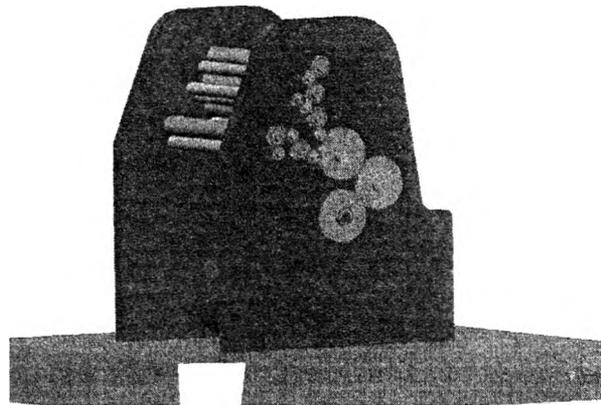


Рис. 2. Модель печатной машины в VisualNastran

Система управления описывается дифференциальными уравнениями

$$\begin{aligned}
 4T_{\mu} \dot{X}_4 &= K_{PC} T_1 \dot{U}_3 - \frac{1}{J_{PP}} K_{PC} K_{OC} K_1 T_1 (X_2 - M_c) - \frac{1}{C_e T_{\gamma} R_{\gamma}} K_{OT} K_1 T_1 (C_e X_3 - C_e^2 X_1 - R_{\gamma} X_2) + \\
 &+ U_3 K_{PC} - K_{OC} K_{PC} X_1 - \frac{1}{C_e} K_{OT} X_2; \\
 T_{\mu} \dot{X}_3 &= K_{\Pi} X_4 - X_3; \\
 T_{\gamma} R_{\gamma} \dot{X}_2 &= C_e X_3 - C_e^2 X_1 - R_{\gamma} X_2;
 \end{aligned}$$

$$J_{\text{пр}} \dot{X}_1 = X_2 - M_c.$$

На схеме использовано операторное представление и приняты следующие обозначения:
 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – переменные состояния системы управления;

U_3 – задающее воздействие по скорости;

$K_{\text{pc}}, K_1, K_{\text{п}}, K_{\text{от}}, K_{\text{oc}}$ – коэффициенты усиления регулятора скорости, регулятора тока, тиристорного преобразователя, обратных связей по току и скорости, соответственно;

$T_1, T_{\text{я}}, T_{\mu}$ – постоянные времени регулятора тока, якорной цепи двигателя и малая некомпенсированная постоянная времени, соответственно;

M_c – момент сопротивления;

$R_{\text{я}}$ – активное сопротивление якорной цепи;

C_e – конструктивный коэффициент двигателя;

s – оператор Лапласа.

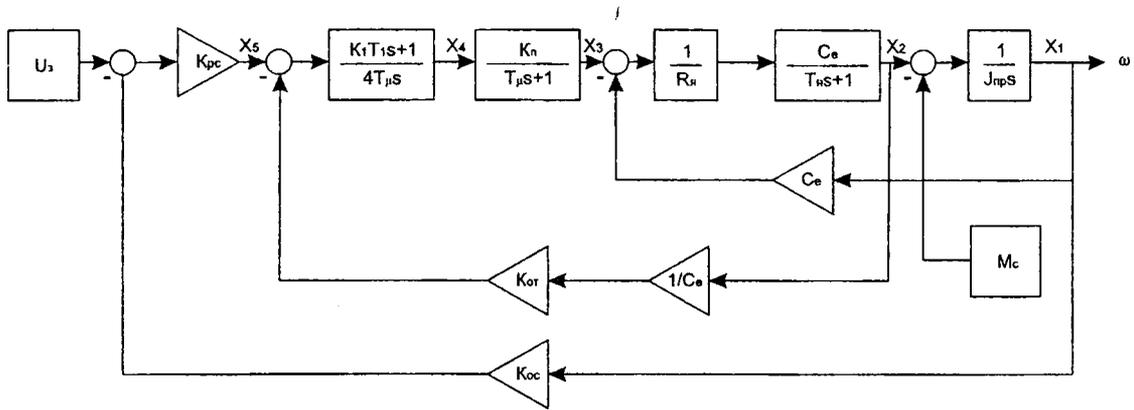


Рис. 3. Структурная схема системы стабилизации скорости

Следующий шаг – объединение механической модели и модели системы стабилизации скорости. Блок VNPlantBlock из библиотеки VisualNastran внедряется в систему управления в Simulink. Далее в окне параметров блока указываем путь к файлу модели (*.wm3) и указываем входную величину для блока – момент и выходную величину – скорость вращения печатного цилиндра. После этих операций запускаем модель на расчет. VisualNastran самостоятельно вычисляет приведенный момент инерции на валу двигателя, а также учитывает заданные возмущающие воздействия на механизм. Поэтому необходимости их учета в Simulink нет. Дополнительно в систему до и после блока VNPlantBlock добавлены два звена, согласующие единицы измерения момента и скорости между VisualNastran (Нмм и градус/с) и Simulink (Нм и рад/с).

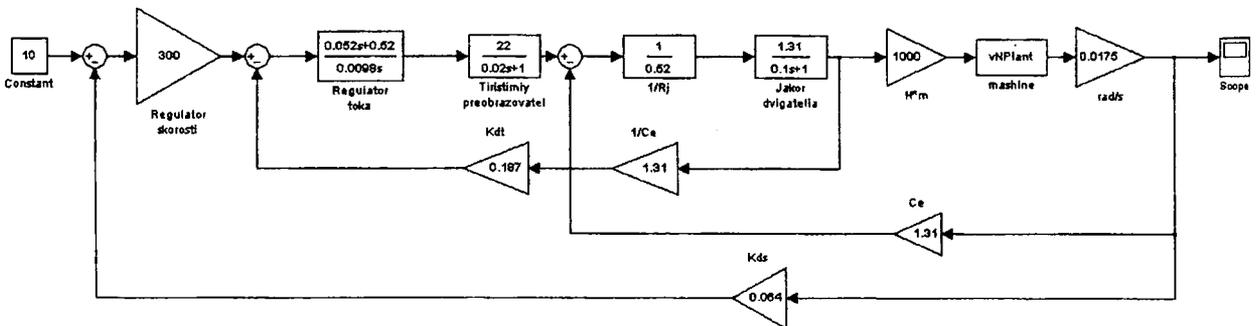


Рис. 4. Система управления с внедренным блоком VNPlant

График изменения скорости печатного цилиндра, полученный при совместном моделировании механической части машины и системы стабилизации скорости, приведен на рис. 5. По графику видно, что переходный процесс проходит с перерегулированием и заканчивается примерно через 0,3 с. Установившаяся угловая скорость вращения печатного цилиндра при моменте сопротивления $M_c=20$ Нм составляет 155,7 рад/с, т.е. отклонение от номинальной скорости вращения двигателя 157 рад/с составило 1,3 рад/с или 0,8%.

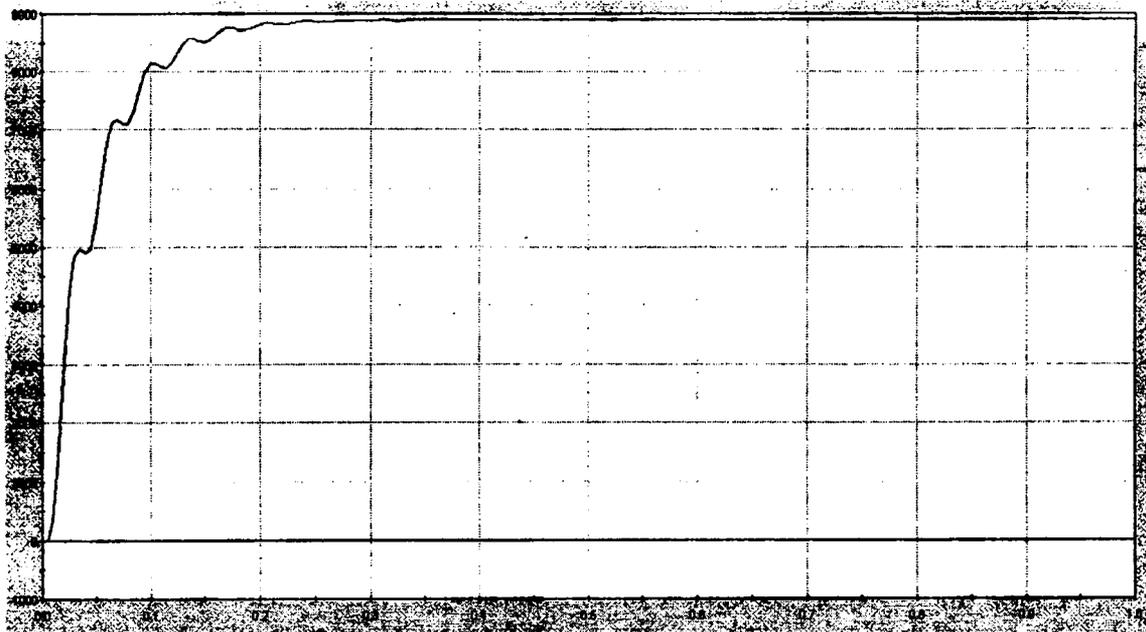


Рис. 5. Результаты моделирования процесса начала работы печатной машины

Полученные в ходе моделирования данные в дальнейшем могут быть использованы для оптимизации системы управления в соответствии с необходимыми критериями.

Таким образом, предлагаемый комплексный подход к моделированию электромеханических систем позволяет сократить временные затраты на моделирование, повысить наглядность процесса, оценивать качество работы системы управления с более высокой точностью, так как приведенный момента инерции механизма, трудоемкость вычисления которого напрямую зависит от сложности конфигурации моделируемого устройства, вычисляется в пакете Nastran.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башарин, А.В., Постников, Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 512 с.
2. Рычков, С.П. MSC.visualNASTRAN для Windows. – М.: ИТ Пресс, 2004. – 552 с.
3. Алямовский, А.А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 800 с.