

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА SIMULINK В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В.Т.Першин, А.А.Хмыль

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г.Минск, Республика Беларусь, pershin_v@mail.ru

Abstract. The report on examples of the analysis of systems described by linear homogeneous and non-homogeneous differential equations with constant coefficients, the technique of preparation and research SIMULINK-models, with the aid of which the study of the processes in these systems by means of the package MATLAB. Graphical visualization of the results of solutions can not only eliminate time-consuming procedure of processing the results of decisions, but also provides a substantive to the user, together with the computational procedures, new technologies for complex systems research.

1. Постановка задачи. В настоящее время разработано огромное количество программных продуктов, позволяющих моделировать физические процессы в разнообразных технических устройствах и представлять результаты расчетов в виде графических и анимационных изображений. Использование этих программных продуктов является эффективным средством повышения качества обучения в арсенале преподавателей естественнонаучных дисциплин [1]. Особую ценность представляет пакет программ *SIMULINK*, интегрированных в среду *MATLAB*, которые можно использовать как для лекционных демонстраций и обучения студентов на практических занятиях, так и для самостоятельных занятий обучаемых через Интернет при предварительном ознакомлении с материалом или для закрепления полученных знаний.

В основе построения дифференциальных моделей лежат структурные схемы, с помощью которых представляют динамические автономные системы. С математической точки зрения эти системы описываются линейными дифференциальными однородными или неоднородными уравнениями с постоянными коэффициентами. Однако не для всех преподавателей, желающих использовать программы *SIMULINK* в своей работе оказывается просто разобраться в практике составления моделей для решаемых ими задач. Поэтому представляется целесообразным обсудить эту проблему.

2. Модель для решения однородного дифференциального уравнения. В этом случае модель можно описать матричным уравнением $\dot{x} = Ax(t)$, где x – вектор состояний системы, A – матрица размерности $n \times n$. При этом считаются известными начальные условия $x(0) = x_0$. В докладе приведена *SIMULINK*-модель, соответствующая системе уравнений

$$\begin{aligned} dx1(t)/dt &= ax1(t) + bx2(t), \\ dx2(t)/dt &= cx1(t) + dx2(t), \end{aligned}$$

с начальными условиями $x1(0) = x1_0, x2(0) = x2_0$. Построена она таким образом, чтобы на входе каждого интегратора действовала сумма, определяемая правыми частями соответствующих уравнений, а на выходе интеграторов формировались значения величин $x1$ и $x2$, визуализация которых осуществляется блоками *Scope*. Начальные условия используются путем указания их значений в соответствующих полях интеграторов.

3. Метод понижения порядка производной при решении неоднородного дифференциального уравнения. Рассмотрим решение уравнения $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = f(t)$. Предположим, что в точке A значение \ddot{x} известно в любой момент времени. С помощью интегрирующего звена и с учетом начальных условий получим в точке B значение \dot{x} . Затем, с помощью еще одного интегратора, в точке C получим значение искомой функции $x(t)$. Обратим теперь внимание на правую часть уравнения. Ее можно

переписать в виде суммы трех функций времени \dot{x} , $x(t)$ и $f(t)$. Функция $f(t)$ – известная функция времени по условию задачи. Допустим, что нам известны функции $x(t)$ в точке C_1 и \dot{x} в точке B_1 . Теперь, просуммировав их с коэффициентами, соответствующими правой части анализируемого уравнения, получим вторую производную \ddot{x} . Таким образом, на выходе сумматора, в точке A_1 , будет величина \ddot{x} , известная в любой момент времени. Теперь осталось только установить начальные условия, которые определяют единственность решения дифференциального уравнения. Таким образом, инструментарий *SIMULINK* пакета *MATLAB* как раз и позволяет моделировать и исследовать поведение систем, описываемых любыми (линейными, линейными с переменными коэффициентами и нелинейными) дифференциальными уравнениями.

4.Использование библиотеки функций для описания нелинейности системы.

Библиотека включает в себя блоки, позволяющие реализовывать функции и работать с таблицами. Сюда входят такие блоки, как вызов «функций пакета *MATLAB*», «*S*-функции», блок «Интерполяция», отображающий входной вектор в выходной (с использованием линейной интерполяции значений, определенных в параметрах блока) и т.д. Примером такой системы является электронный генератор, чаще всего описываемый уравнением Ван дер Поля $\ddot{x} + \mu(1 - x^2)\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$.

Необходимо учесть нелинейность путем введения функции из библиотеки *SIMULINK*. Это очень просто сделать, используя блок «Функции» (*Fcn*). В установках блока необходимо описать функцию, значение которой надо получить. В результате, на выходе блока будет получено искомое значение функции, что можно наблюдать, подключив к выходу блок «Осциллограф» (*Scope*). Нелинейность уравнения учтена введением функции F_{cn1} , причем среда *SIMULINK* позволяет вводить самые различные формулы, описывающие нелинейность исследуемой схемы автогенератора, а не только, соответствующие уравнению Ван дер Поля. Схема содержит также два интегратора, определяющих начальные условия возбуждения колебаний в схеме: для одного из них мы устанавливаем значение $x = 0$, в то время как для другого $dx/dt = 1$.

Закключение. Занятия с использованием электронных средств обучения показали, что они способствуют: активизации и индивидуализации процесса обучения, более детальному рассмотрению понятий, законов по разбираемой теме, достижению более объективного контроля уровня усваиваемых знаний, приобщению студентов к динамичной мыслительной и психомоторной деятельности на этапе принятия решений, подготовке студентов к применению компьютера в будущей практической деятельности по выбранной специальности. Внедрение программного средства *SIMULINK* позволило повысить качество процесса обучения, сократить затраты на обучение, повысить наглядность и изобразительность материала, а также обеспечить интерактивное взаимодействие с пользователем.

Выполнение описанных рекомендаций позволяет приобрести навыки работы в системе компьютерной математики *MATLAB* и приемов моделирования динамических систем различного класса с использованием некоторых встроенных в систему пакетов функций. Возможности моделирования в *SIMULINK MATLAB* более обширны, но для их освоения требуется самостоятельное изучение пакетов функций и, конечно, значительное количество времени.

Литература

1.Першин В.Т. Usage of Systems of Computer algebra in Remote Formation. Материалы Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» 18-20 декабря 2001 года, Минск, БГУИР, – Мн.: Бестпринт, 2001, – с.43-44.