

УДК 004:378.663

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ АПК

Н.М. Матвейчук, к.ф.-м.н., Е.Е. Мякинник

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Тезисы посвящены использованию в учебном процессе современного аппарата информационных технологий при изучении систем автоматического управления. Использование интегрированной среды MatLab Simulink с огромным набором инструментальных средств, предоставляет студенту исследовательский аппарат, позволяющий глубже изучить и провести расширенный анализ систем автоматического управления.

Введение

Модель как средство осмысления помогает выявить взаимозависимости переменных, характер их изменения во времени, найти существующие закономерности. При составлении модели становится более понятной структура исследуемого объекта, вскрываются важные причинно-следственные связи. В процессе моделирования постепенно происходит разделение свойств исходного объекта на существенные и второстепенные с точки зрения сформулированных требований к системе. Как средство прогнозирования модель позволяет предсказывать поведение объекта и управлять им, испытывая различные варианты управления.

Аналитические методы исследования математических моделей имеют существенные ограничения. Они позволяют в полной мере исследовать системы, которые описываются дифференциальными уравнениями первого и второго порядка. Системы, описываемые уравнениями третьего и четвертого порядка, поддаются аналитическому решению, но влияние параметров системы приходится исследовать уже численными методами. Системы более высоких порядков исследуются только численными методами.

Численные методы базируются на использовании компьютерного моделирования. Компьютерная модель — это программная реализация математической модели, дополненная различными служебными программами (например, рисующими и изменяющими графические образы во времени). Для исследования динамических систем широко используются пакеты

MatLab Simulink фирмы Math Work. При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым, пользователь на экране из библиотек стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты. При этом, в отличие от классических способов моделирования, пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний, требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний той предметной области, в которой он работает.

Моделирование систем автоматического управления

При моделировании систем автоматического управления (коррекции их динамических свойств) следует выбрать структуру и параметры систем регулирования объектами, которые в соответствии с заданными техническими условиями обеспечивают наиболее рациональные характеристики по запасам устойчивости и показателям качества.

Коррекция осуществляется с помощью введения в систему специальных корректирующих звеньев с особо подобранной передаточной функцией.

Корректирующие звенья могут включаться последовательно, параллельно и в обратной связи.

В непрерывных системах автоматического управления используется множество типов корректирующих устройств и в общем случае их структура может быть любой. Однако в теории автоматического управления выделяют типовые корректирующие звенья, которые называются регуляторами.

Идеальные регуляторы нечасто используются на практике, а вместо них используются реальные регуляторы, учитывающие свойство инерционности [2]:

Пропорциональные (П):

$$W_n(s) = \frac{k_n}{T_n s + 1},$$

где T_n – постоянная времени пропорционального регулятора.

Пропорционально-дифференцирующие (ПД):

$$W_{нд}(s) = \frac{k_n \pm k_d s}{T_{нд} s + 1},$$

где $T_{нд}$ – постоянная времени пропорционально-дифференцирующего регулятора.

Пропорционально-интегрирующие (ПИ):

$$W_{ин}(s) = \frac{k_n \pm \frac{k_n}{s}}{T_{ин} s + 1},$$

где $T_{ин}$ – постоянная времени пропорционально-интегрирующего регулятора.

Пропорционально-интегро-дифференцирующие (ПИД):

$$W_{\text{мид}}(s) = \frac{k_n \pm \frac{k_n}{s} \pm k_d s}{T_{\text{мид}} s + 1},$$

где $T_{\text{мид}}$ – постоянная времени пропорционально-интегро-дифференцирующего регулятора.

Использование среды MatLab при моделировании систем автоматического управления

Рассмотрим синтез корректирующих звеньев в пакете Simulink (приложение *SISO Design Tool*) с помощью частотных характеристик или изменения полюсов/нолей передаточной функции корректирующего звена.

На структурной схеме (рис.1) представлена система автоматического регулирования, представляющая собой систему автоматического управления по ошибке, в которую входят:

- 1) регулятор, состоящий из усилителя, представленный как *Gain 1* (с коэффициентом усиления, равным единице) и *regulator1* ($W = K/(T_1 s + 1)$);
- 2) исполнительный механизм в виде интегрирующего звена (*integrator* $W = 1/s$) и передаточной функции (*Transfer Fcn1* $W = 1.4/(0.26s + 1)$);
- 3) объект управления, который представляет собой последовательно соединенные усилитель (*Gain* $K_o = 0.1$) и передаточную функцию (*Transfer Fcn2* $W = 15/(0.2s + 1)$);
- 4) обратная связь в виде усилителя (*Gain2* $K_{oc} = 1$);
- 5) также имеются сумматор, генератор входного воздействия и осциллограф на выходе.

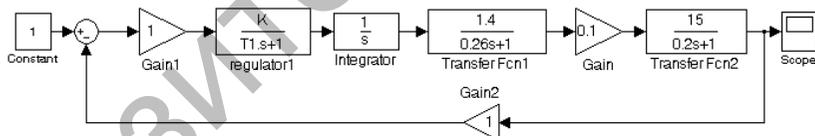


Рисунок 1 - Структурная схема моделируемой системы автоматического управления

Для указанной системы автоматического регулирования можно произвести исследования динамических качеств на соответствие установленным требованиям. А также получить характеристики системы автоматического регулирования и проанализировать их на соответствие или не соответствие требуемым характеристикам.

При несоответствии указанных параметров настройки регулятора, предложить оптимальные параметры регулятора, при которых все или большинство характеристик системы автоматического регулирования будут находиться в указанных пределах [1].

В окне *SISO Design Tool* выполнить: *File > Import...*, в появившемся окне можно задать имя системы (*System Name*) и следует выбрать, откуда ведется импорт – из рабочей области (*Workspace*). В списке выбрать нужную нам систему и нажать кнопку со стрелкой, стоящую напротив нужного нам элемента системы (для прямой ветви – выбрать *reg_upr_1* и нажать кнопку со стрелкой напротив *G* (прямая ветвь)). После этого в полях элементов системы появится имя соответствующей модели. Так же импортируется и регулятор.

Так как в нашем случае в префилтре и обратной связи стоят звенья с передаточными функциями, равными единице, то менять в элементах *F* и *H* ничего не нужно (по умолчанию там стоят единицы). После того как экспорт моделей всех элементов завершен, необходимо нажать кнопку “OK”.

После выполнения вышеописанных действий можно убедиться, что внешний вид графиков изменился и передаточная функция регулятора именно такая, какая нам нужна (в данном примере $W_p(s) = k_p \times (1/(1 + T_s))$). Передаточная функция регулятора (корректирующего звена) приводится в панели корректирующего звена.

На логарифмических частотных характеристиках выводятся значения: *G.M.* – запас устойчивости по амплитуде; *P.M.* – запас устойчивости по фазе; *Freq.* – значение частоты в соответствующей точке; *Stable/Unstable loop* – устойчивая/неустойчивая система.

Кроме того, на графиках логарифмических частотных характеристик выводятся точки, характеризующие устойчивость системы, неизменяемую часть системы и корректирующее звено [3].

На корневом годографе точки, характеризующие неизменяемую часть системы и корректирующее звено, выводятся аналогично логарифмическим частотным характеристикам, с тем лишь отличием, что коэффициент усиления корректирующего звена для логарифмических частотных характеристик изменяется с помощью перемещения логарифмической амплитудной характеристики вверх/вниз (изменение значения $L(1)$), а для корневого годографа это изменение осуществляется перемещением квадратов, выделенных красным цветом.

Нажимая левой кнопкой мыши на характерные точки графиков, можно вызвать окна сведений по синтезируемой системе и редактирования корректирующего звена. Нажатие правой кнопки мыши на поле графиков (не на линии) вызывает появление контекстного меню, полученного сведением пунктов командного меню *Edit > Root Locus...* или *Bode...* и *Compensator > Edit...*, описанных выше. Вид контекстного меню зависит от того, на каком из графиков нажать правую кнопку мыши.

Изменяя положение логарифмической амплитудной характеристики вверх/вниз, можно добиться требуемого запаса устойчивости по амплиту-

де. Для синтезируемой в примере системы, чтобы добиться запаса устойчивости по амплитуде более 20 дБ, необходимо переместить логарифмическую амплитудную характеристику вниз.

Для того чтобы оценить показатели качества системы при этих настройках, необходимо получить график переходного процесса, выполнив в командном меню *SISO Design Tool: Tools > Loop Responses... > Plant Output (Step)*. При этом появится окно с графиком переходного процесса.

При любом изменении параметров корректирующего звена изменяется и график переходного процесса (если окно активно).

Заключение

В характере деятельности современного инженера все большее значение приобретает инновационная составляющая. Это требует дополнения содержания подготовки студентов инженерных специальностей. Это в свою очередь обуславливает поиск эффективных дидактических средств. В связи с этим предложено использование в учебном процессе компьютерного моделирования среды MATLAB, которое позволяет проводить моделирование и оптимизацию систем автоматического управления с выбором типовых регуляторов и их настроечных параметров. При этом студенты получают навыки расширенного анализа систем автоматического управления, что способствует более глубокому усвоению учебного материала.

Литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. / Под ред. Н.Д. Егулова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. Т. 1. Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления. Т. 2. Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления. Т. 3. Методы современной теории автоматического управления.

2. Солодовников В.В. Управление техническими системами. / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев – М.: Высшая школа, 1991.

3. Андриевский Б.Р. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков - СПб.: Наука, 1999. - 467 с.

Abstract

Paper devoted to the use of modern information technology apparatus in the study of automatic control systems in the educational process. Using the IDE MatLab-Simulink with a huge set of tools provides the student with the research unit, enabling a deeper study and conduct advanced analysis of automatic control systems.