

*В. Г. Васильев, к.т.н., доцент
(Тверской государственной технической университет, Тверь)*

LabVIEW ДЛЯ ИЗУЧАЮЩИХ ТЕОРИЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

1. Постановка задачи.

Моделирование систем управления в среде LabVIEW подобно моделированию систем на аналоговых вычислительных машинах (АВМ). В этой связи среду LabVIEW с полным основанием можно назвать виртуальным инструментом для изучения систем автоматического управления методами аналогового моделирования. К большому сожалению, в учебных целях сейчас АВМ применяются крайне редко. Однако накопленный методический материал исследования систем на аналоговых моделях имеет большую практическую и познавательную ценность и, в том числе, для совершенствования методик преподавания ряда учебных дисциплин.

Учебно-методическое пособие «LabVIEW для изучающих теорию автоматического управления: лабораторный практикум» предназначено для студентов изучающих теорию автоматического управления, прикладное программное обеспечение, моделирование систем.

2. Используемое в лабораторном практикуме оборудование и программное обеспечение.

Среда LabVIEW 7.1 или её старшие версии, плата сопряжения NI USB-6008/6009, электронные приборы сделанные руками студентов.

3. Структура лабораторного практикума и краткое содержание разделов.

Практикум состоит из 16 работ. Программное обеспечение разработано с применением стандартных библиотечных функций LabVIEW версии 7.1 (с целью совместимости со старшими версиями среды). Первые одиннадцать работ посвящены анализу систем автоматического управления во временной области. Четыре работы – анализу систем в частотной области. Заключительная работа посвящена разработке систем для сбора данных и управления подключенным к компьютеру оборудованием.

Лабораторные работы состоят из краткого изложения теории систем автоматического управления, примеров, иллюстрирующих программную реализацию теоретических положений, и тем для самостоятельного изучения.

1. ВВЕДЕНИЕ В СРЕДУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LabVIEW.

Цель работы: изучить основные принципы разработки программ, типы данных, инструментальные палитры и справочные ресурсы среды программирования LabVIEW.

В работе демонстрируется широкий спектр возможностей среды, простота разработки программ. Рассматриваются примеры адаптации прилагаемых приборов (так принято называть программы LabVIEW), встраивания в программы готовых решений из справочной системы LabVIEW.

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АНАЛИЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. СТАНДАРТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ LabVIEW.

Цель работы: изучить основные библиотечные функции LabVIEW для моделирования сигналов. Освоить программирование циклов.

В работе изучаются библиотечные функции для моделирования типовых воздействий, применяемых в анализе систем автоматического управления. Рассмотрены примеры реализации циклов и использование сдвиговых регистров.

3. ЛИНЕЙНЫЕ ИНВАРИАНТНЫЕ ВО ВРЕМЕНИ СИСТЕМЫ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ САУ В ФОРМЕ ИНТЕГРАЛА СВЕРТКИ. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ.

Цель работы: изучить методы численного интегрирования функций с помощью библиотечных функций среды LabVIEW.

В работе на ряде примеров изучается большой арсенал функции численного интегрирования. Рассматриваются примеры применения функции численного интегрирования во вложенных циклах и подпрограммах.

4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ САУ В ФОРМЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.

Цель работы: изучить методы численного интегрирования дифференциальных уравнений. Научиться применять в циклах сдвиговые регистры и узлы обратной связи.

В работе основное внимание уделено численным методам решения дифференциальных уравнений. Показаны приемы задания начальных условий и способы визуализации получаемых результатов с помощью различных приемов.

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ.

Цель работы: изучить основные принципы математического моделирования объектов управления, рассмотреть основные свойства объектов и разработать программные модели объектов управления.

На примерах математического описания и программного моделирования объектов управления рассматриваются такие понятия как: самовыравнивание, инерционность, нагрузка, линеаризация модели. На примере математической модели летательного аппарата, его 3D-модели (в формате 3D Max) и интерфейсного компонента среды Active_X разработана программа-имитатор ручного управления самолетом.

6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ САУ И ИХ ЗВЕНЬЕВ В ФОРМЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ТИПОВЫХ СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ LabVIEW.

Цель работы: научиться вычислять передаточные функции типовых схем соединения звеньев САУ с помощью подпрограмм для работы с полиномами.

В работе изучаются подпрограммы для алгебраических операций с полиномами. Приводятся примеры программ для вычисления коэффициентов передаточных функций для типовых схем соединений звеньев САУ.

7. ПРОГРАММНЫЕ МОДЕЛИ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ САУ НА ОСНОВЕ ТИПОВЫХ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗВЕНЬЕВ.

Цель работы: изучить методы моделирования типовых звеньев САУ. Изучить свойства отрицательной обратной связи на примере разработки программных моделей.

В работе приводятся блок-диаграммы приборов для моделирования типовых звеньев САУ на основе палитры «Numeric» и функции «Integral x(t) PtByPt». Изучаются свойства жесткой, гибкой, интегрирующей обратных связей, роль отрицательной обратной связи для стабилизации параметров объекта управления, влияние обратной связи на устойчивость замкнутой системы.

8. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК САУ И ИХ ЗВЕНЬЕВ ПО ПЕРЕДАТОЧНЫМ ФУНКЦИЯМ.

Цель работы: изучить методы вычисления временных характеристик САУ для сложных передаточных функций, изучить приемы и разработать программные модели звена чистого запаздывания

В работе изучаются методы вычисления временных характеристик САУ со сложными дробно–рациональными передаточными функциями. Приводится программная реализация каждого метода, вводится понятие «внутренняя переменная состояния системы». Обращается внимание на возможность их физической интерпретации, измерения в реальных условиях эксплуатации объекта управления и использования для реализации сложных алгоритмов управления. Приводится несколько способов программного моделирования звена транспортного запаздывания.

9. ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПИД–ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Цель работы: изучить типовые линейные законы регулирования, разработать программную модель «учебного» ПИД–регулятора, освоить методику создания и использования кластеров в программах.

Изучается назначение составляющих ПИД–закона регулирования и их влияния на протекание динамических процессов в САУ. Приводятся рекомендации применения П–, ПИ–, ПД– законов регулирования для объектов управления, обладающих конкретными свойствами. Разработана программная модель ПИД–регулятора. Показана целесообразность применения кластеров для компактного представления данных в программах.

10. ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ТИПОВЫМИ ЗАКОНАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Цель работы: изучить методы математического и программного моделирование регулируемых систем при различных законах: П–, И–, ПИ–, ПИД.

Рассмотрены понятия «имитационное моделирование», «имитационная модель системы». Акцентировано внимание на целесообразность сохранения топологического соответствия блок–диаграммы моделирующего прибора со структурной схемой системы. Приводятся укрупненные блок–диаграммы приборов регулирующих систем (место регулятора и объекта управления, точек приложения типовых управляющих и возмущающих воздействий). Для П–, И–, ПИ–, ПИД–законов составляется дифференциальное уравнение замкнутой системы и анализируются ее свойства в зависимости от параметров регулятора и назначения системы. Аналитические выкладки иллюстрируются осциллограммами переходных процессов.

11. МОДЕЛИ САУ И ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ В ФОРМЕ «НУЛИ – ПОЛЮСА» ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ. УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ И КАЧЕСТВО ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Цель работы: изучить влияние расположения нулей и полюсов передаточной функции САУ на устойчивость системы и качество процесса регулирования.

К работе прилагается прибор для визуализации нулей и полюсов на комплексной плоскости. Рассматриваются показатели, характеризующие качество процесса регулирования, их связь с расположением нулей и полюсов передаточной функции. Предлагается программа настройки ПИД–регулятора для объекта второго порядка по минимуму интегрального квадратичного критерия качества. Обсуждается тема многокритериальной оптимизации настройки САР.

12. ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВЫХ СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АНАЛИЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.

Цель работы: изучить спектральный состав периодических и аperiodических сигналов, применяемых в анализе систем автоматического управления в качестве типовых воздействий.

Демонстрируется аппроксимация последовательности прямоугольных импульсов тригонометрическими рядами Фурье. Приводится пример встраивания в структуру «Formula» программы на языке Си для вычисления коэффициентов ряда Фурье. Изучаются свойства спектров в зависимости от периода и длительности импульсов. Приводится прибор для вычисления спектров единичного и прямоугольного импульса, ступенчатой функции и сложного гармонического сигнала на основе записи ряда Фурье в комплексной форме.

13. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ САУ И ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ В ФОРМЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.

Цель работы: изучить подпрограммы LabVIEW для выполнения математических операций с комплексными числами. Научится вычислять и анализировать частотные характеристики звеньев/систем автоматического управления по передаточным функциям.

К работе прилагается несколько приборов демонстрирующих примеры работы с комплексными числами, вычисления частотных характеристик и методов их отображения. Рассматривается влияние ограничения полосы частот пропускания на искажение формы входного сигнала. Приведен прибор для экспериментального определения частотных характеристик некоторых типовых звеньев САУ.

14. ЧАСТОТНЫЕ КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ И ИХ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ В LabVIEW.

Цель работы: изучить частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста, влияние транспортного запаздывания на устойчивость системы.

Для выполнения работы разработан прибор, позволяющий в интерактивном режиме строить годографы Михайлова и Найквиста и исследовать границы устойчивости САУ в зависимости от варьируемых параметров.

15. СВЯЗЬ ВРЕМЕННЫХ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК САУ.

Цель работы: исследовать зависимость между временными и частными характеристиками САУ. Изучить основные принципы коррекции динамических характеристик САУ с помощью последовательных корректирующих устройств.

К работе прилагается программа, позволяющая в интерактивном режиме задавать расположение нулей и полюсов замкнутой системы, строить ЛАЧХ разомкнутой системы, вычислять вещественную частотную характеристику и переходный процесс. Изучается применение типовых звеньев в качестве устройств, корректирующих качество переходных процессов.

16. СОПРЯЖЕНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ПОДКЛЮЧЕННЫМИ ВНЕШНИМИ УСТРОЙСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ ПЛАТЫ NI USB-6008/6009.

Цель работы: изучение технических данных модуля сбора данных USB-6008/6009 и принципов его работы с целью создания простейших систем сбора данных и управления.

В работе ставятся задача подключить к плате ввода–вывода аналоговую модель объекта управления и смоделировать замкнутую систему регулирования с цифровым регулятором.

4. Резюме.

LabVIEW открывает возможность научить студентов быстро мыслить многими инженерными категориями (структурная и функциональная схемы системы, направлениями передачи сигналов, блоками их преобразования). Опыт проведения лабораторных работ с применением среды графического программирования показал, что основные приемы исследования систем осваиваются студентами с большим интересом, а инструментарий может быть создан своими руками и в сравнительно короткое время.