

Введение

Курс «Современные программные средства в электроприводе» посвящен эффективному применению современных компьютерных технологий в проектировании, создании и эксплуатации электроприводов.

Компьютерные технологии в электроприводе интенсивно развиваются за счет:

- развития самого электропривода;
- развития компьютерной техники и программного обеспечения;
- все более широкого применения цифровых технологий.

Компьютерные технологии в электроприводе можно разделить на несколько групп по применению:

- анализ и синтез электропривода (моделирование);
- проектирование электронной части ЭП и печатных плат;
- программирование и отладка цифровых систем управления (МК, ПЛИС);
- построение распределенных систем, использование виртуальных панелей управления и контроля.

Рассмотрим более подробно каждую группу.

Моделирование широко и давно применяется для анализа и синтеза электропривода. Первые модели были физические, затем – на основе аналоговых элементов, сейчас им на смену пришло компьютерное моделирование. Существует большое количество моделирующих программ, их можно разделить на следующие группы:

- математического моделирования;
- моделирования структурных схем по передаточным функциям;
- моделирования электронных схем;
- моделирования физических процессов, полей и т. п.

Программы математического моделирования применяются на этапе первичного анализа и позволяют определить некоторые численные характеристики разрабатываемой системы.

Программы моделирования структурных схем позволяют оценить реакцию системы на различные управляющие и возмущающие воздействия, провести анализ переходных процессов, а также провести частотный анализ. Используя такие программы, оценивается правильность выбора структурной схемы и корректирующих звеньев.

Программы моделирования электронных схем применяются для анализа и оптимизации электронной части электропривода с учетом характеристик конкретных используемых элементов, вплоть до анализа помехозащищенности и тепловых режимов работы.

Программы моделирования полей позволяют рассчитывать электрические, магнитные и тепловые поля различных систем.

Пакеты программ для проектирования электронных схем позволяют собирать из элементов принципиальные схемы электронных узлов электропривода, проводить их оптимальное размещение в заданных габаритах печатной платы, проводить

автоматическую трассировку платы, подготавливать проектную документацию для изготовления печатных плат.

Создание цифровых систем управления электроприводом также невозможно без использования компьютерных технологий. Все управляющие сигналы, а также данные с датчиков обрабатываются микроконтроллером или программируемой логикой. При этом проектировщик должен разработать и отладить управляющую программу для микроконтроллера. Хотя языки программирования различных микроконтроллеров очень похожи, каждая фирма-производитель имеет свое программное обеспечение для работы со своими микроконтроллерами. Многие из них включают в пакет программ не только компилятор для перевода программы, написанной разработчиком в исполняемый код микроконтроллера, но и средства отладки и эмуляторы микроконтроллеров.

Относительно новым блоком компьютерных технологий в электроприводе является построение распределенных систем и использование виртуальных панелей управления и контроля. Эти технологии позволяют дистанционно анализировать работу удаленных электроприводов и управлять ими с единого диспетчерского пульта. В данном курсе будут рассмотрены наиболее распространенные и широко применяемые пакеты программ.

1. Моделирование структурных схем (VisSim)

Программа VisSim предназначена для построения, исследования и оптимизации виртуальных моделей физических и технических объектов, в том числе и систем управления. VisSim – это аббревиатура выражения Visual Simulator – визуальная, воспринимаемая зрением, среда и средство.

Программа VisSim разработана и развивается компанией Visual Solutions (USA). Эта программа – мощное, удобное в использовании, компактное и эффективное средство моделирования физических и технических объектов, систем и их элементов.

Программа предоставляет разработчику развитый графический интерфейс, используя который он создает модель из виртуальных элементов с некоторой степенью условности так же, как если бы он строил реальную систему из настоящих элементов. Это позволяет создавать, а затем исследовать и оптимизировать модели систем широкого диапазона сложности.

При описании и последующем построении модели в среде VisSim нет необходимости записывать и решать дифференциальные уравнения, программа это сделает сама по предложенной ей исследователем структуре системы и параметрам ее элементов. Результаты решения выводятся в наглядной графической форме. Поэтому программой могут пользоваться и те, кто не имеет глубоких познаний в математике и программировании. При использовании VisSim'a не требуется владеть программированием на языках высокого уровня или ассемблере. В то же время, специалисты, владеющие программированием, могут создавать собственные блоки, дополняя ими богатую библиотеку стандартных блоков VisSim'a.

2. Анализ электронных и электрических схем (Pspice)

Программа **Pspice** рассчитывает следующие характеристики электронных

- режим цепи по постоянному току в «рабочей точке» (Bias Point);
- режим по постоянному току при вариации источников постоянного напряжения или тока, температуры и других параметров цепи (DC Sweep);
- чувствительность характеристик цепи к вариации параметров компонентов в режиме по постоянному току (Sensitivity);
- малосигнальные передаточные функции в режиме по постоянному току (Transfer Function);
- характеристики линеаризованной цепи в частотной области при воздействии одного или нескольких сигналов (AC Sweep);
- спектральную плотность внутреннего шума (Noise Analysis);
- переходные процессы при воздействии сигналов различной формы (Transient Analysis);
- спектральный анализ (Fourier Analysis);
- статистические испытания по методу Монте-Карло и расчет наихудшего случая (Monte Carlo/Worst Case);
- многовариантный анализ при вариации температуры (Temperature) и других параметров (Parametric).

3. Моделирование систем электропривода (Matlab Simulink)

Одним из промышленных стандартов является пакет **Matlab** с широко развитыми дополнениями, из которых **Simulink** наиболее приспособлен для анализа и синтеза различных систем.

Пакет Simulink со своими дополнениями – основной инструмент изучения различных электромеханических систем. Практически нет ни одной задачи, связанной с исследованием систем электропривода, которую нельзя было бы решить в этом пакете.

Simulink предоставляет исследователю самые различные возможности, начиная от структурного (математического) представления системы и кончая генерированием кодов для программирования микропроцессора в соответствии со структурной схемой модели.

Simulink – это интерактивная система для моделирования динамических систем. Она представляет собой среду, которая позволяет моделировать процесс путем перетаскивания блоков диаграмм на экране и их манипуляцией.

Simulink работает с линейными, нелинейными, непрерывными, дискретными, многомерными системами.

Основные средства для моделирования и анализа, имеющиеся в пакете Simulink:

- обширная библиотека блоков для создания линейных и нелинейных, дискретных и непрерывных, гибридных моделей;
- иерархическая структура моделей с неограниченной вложенностью;
- скалярные и векторные связи;

- средство для создания пользовательских блоков и библиотек;
- интерактивное моделирование с "живым" отображением на экране;
- семь методов интегрирования с фиксированным и переменным шагом;
- линеаризация;
- определение точек равновесия;
- различные способы вывода на экран и библиотека входных сигналов.

Программа **Simulink** является приложением к пакету **MATLAB**. При моделировании с использованием **Simulink** реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты.

Simulink является достаточно самостоятельным инструментом **MATLAB** и при работе с ним не требуется знать сам **MATLAB** и остальные его приложения. С другой стороны доступ к функциям **MATLAB** и другим его инструментам остается открытым и их можно использовать в **Simulink**.

При моделировании пользователь может выбирать метод решения дифференциальных уравнений, а также способ изменения модельного времени (с фиксированным или переменным шагом). В ходе моделирования имеется возможность следить за процессами, происходящими в системе. Для этого используются специальные устройства наблюдения, входящие в состав библиотеки **Simulink**. Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц. Имеются обширные библиотеки блоков для разных областей применения. При работе с **Simulink** пользователь имеет возможность модернизировать библиотечные блоки, создавать свои собственные, а также составлять новые библиотеки блоков. **Simulink** позволяет пополнять библиотеки блоков с помощью подпрограмм, написанных на языке **MATLAB**, **C++**, и **Fortran**.

4. Моделирование систем управления (Model vision studium)

Model Vision Studium (MVS) – это интегрированная графическая оболочка для быстрого создания интерактивных визуальных моделей сложных динамических систем и проведения вычислительных экспериментов с ними. Пакет разработан исследовательской группой «Экспериментальные объектные технологии» в Санкт-Петербургском Государственном Техническом Университете.

Пакет предназначен для численного моделирования гибридных систем. Гибридная система – это специальная математическая модель реальных объектов, обладающих одновременно «непрерывными» и «дискретными» свойствами. Такие системы достаточно трудно формализовать, так как необходим единый язык для описания как непрерывных, так и дискретных аспектов поведения, но еще труднее корректно численно решить возникающую при этом математическую задачу.

Проектировщики **MVS** исходили из того, что современный язык моделирования должен быть в максимальной степени визуальным и поддерживать технологию объектно-ориентированного моделирования.

Корректное численное решение должно получаться автоматически. Таким образом, анализ свойств решаемой математической задачи и выбор и настройка метода решения должны выполняться именно пакетом, а не пользователем.

Пользователь должен иметь возможность активно вмешиваться в ход вычислительного эксперимента, и, при необходимости, получать о решении как можно больше дополнительной информации.

Работа пакета MVS основана на использовании нового типа объекта – активного динамического объекта и специальной формы наглядного представления гибридного поведения – карты поведения. Разработчики стремились создать простой и наглядный инструмент для моделирования гибридных систем, ориентированный на широкий круг прикладных пользователей.

5. Моделирование электрических, магнитных и тепловых полей (ELCUT)

ELCUT – это интегрированная диалоговая система программ, позволяющая решать плоские и осесимметричные задачи следующих типов:

- Расчет электрического поля:
 - Электростатическое поле.
 - Электрическое поле постоянных токов.
 - Электрическое поле переменных токов.
- Расчет магнитного поля:
 - Магнитостатическое поле.
 - Магнитное поле переменных токов (с учетом вихревых токов).
 - Магнитное нестационарное поле (с учетом вихревых токов и нелинейных материалов).
- Задачи теплопередачи (расчет температурного поля):
 - Стационарная теплопередача
 - Нестационарная теплопередача (тепловые переходные процессы).
- Задачи механической прочности:
 - Линейный анализ напряженно-деформированного состояния.

6. Создание виртуальных панелей управления (LabView)

LabView – универсальная среда для разработки систем сбора, обработки данных и управления экспериментом, включающая обширную библиотеку функций, методов анализа (спектральный и корреляционный анализ, вейвлетный анализ, методы фильтрации, статистическая обработка), библиотеки драйверов устройств. Основой среды является графическое программирование на простом и наглядном языке блок-диаграмм, состоящих из функциональных узлов и связей между ними.

Внешний вид и функциональность LabView повторяет традиционный физический прибор, такой как осциллограф или мультиметр. В LabView проектируется лицевая панель виртуального прибора из набора различных управляющих элементов и

индикаторов. После создания лицевой панели определяется функциональность виртуального прибора путем набора блок-схемы.

LabView удобно использовать с различными аппаратными средствами, встраиваемыми в персональный компьютер или подключаемыми к нему.

LabView – программная среда, использующая язык графического программирования G. На языке G программа представляется не в виде семантического текстового описания, а в виде графического представления основных операторов программирования на блок-диаграмме и проводников потока данных, определяющих последовательность выполнения программы.

В **LabView** интерфейс пользователя создается с использованием **палитры Элементов (Controls)**. Для соблюдения формальной аналогии с реальным прибором интерфейс пользователя называется лицевой панелью. Обычно лицевая панель имеет серый фон рабочего пространства. Собственно программирование осуществляется на панели диаграмм с использованием графических представлений узлов и функций. Исходный код на языке G называется блок-диаграммой. Программист использует для создания блок-диаграммы **палитру Функций (Function)**, из которой извлекает, по мере необходимости, графические представления функций [12].

Программная среда **LabView** полностью поддерживает аппаратные средства, имеющие аппаратные интерфейсы типа GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485, а также DAQ устройства. **LabView** также поддерживает сетевые протоколы TCP/IP и протоколы обмена данными между программами ActiveX.

С помощью программной среды LabView можно разрабатывать программно-аппаратные комплексы для тестирования, измерения, ввода данных, анализа и управления внешним оборудованием. **LabView** – это 32-х разрядный компилятор, который создает как автономные модули (.EXE), так и совместно используемые динамические библиотеки (.DLL).

7. Интегрированная среда разработки ATMEL AVR Studio

AVR Studio – это интегрированная отладочная среда разработки приложений для микроконтроллеров AVR компании Atmel.

AVR Studio содержит:

1. средства создания и управления проектом;
2. редактор кода на языке ассемблер;
3. транслятор языка ассемблера (Atmel AVR macroassembler);
4. отладчик (Debugger);
5. программное обеспечение верхнего уровня для поддержки внутрисхемного программирования (In-System Programming, ISP) с использованием стандартных отладочных средств Atmel AVR.

Работа с AVR Studio начинается с создания проекта. При создании проекта необходимо указать используемый микроконтроллер и платформу, на которой будет производиться отладка программы.

Написание программы производится в окне редактора текста программы. Для использования символических имен регистров специального назначения вместо их

адресов необходимо подключить (директива `.include`) к проекту файл определения регистров специального назначения (например, `m16def.inc` для ATmega16). Включаемые файлы входят в прикладное программное обеспечение AVR Studio и при установке помещаются в папку `Appnotes` в директории установки AVR Studio. Примеры программ доступны в большом количестве в качестве приложений к руководствам по применению микроконтроллеров AVR.

Написание программы в AVR Studio производится на языке ассемблер. Система команд микроконтроллера описана в упомянутых выше руководствах по применению в документе AVR Instruction Set либо в файле справки, встроенном в AVR Studio (меню `Help \ AVR Tools User Guide \ AVR Assembler`), в котором содержатся достаточно подробные комментарии к каждой команде.

Последние версии AVR Studio содержат тестовую версию AVR ассемблера второй версии, который в дополнение к стандартному ассемблеру поддерживает новые директивы ассемблера, `Si` - подобные директивы препроцессора, создание переменных определенного типа. Более подробную информацию можно найти в файле справки.

Перед трансляцией программы можно задать установки проекта (меню `Project \ AVR Assembler Setup`), указать необходимый формат выходного файла. Там же возможно установить использование AVR ассемблера 2-ой версии. Так как вторая версия ассемблера проходит стадию тестирования, то по умолчанию он отключен. Если не требуется каких-либо особых настроек, то можно использовать установки по умолчанию.

В результате трансляции создается выходной файл в указанном формате. Если исходный ассемблерный текст содержал сегмент энергонезависимых данных (объявленный директивой `.eseg`), то при трансляции будет создан также файл с расширением `.eep`. Этот файл содержит данные для внутренней EEPROM микроконтроллера и имеет тот же формат, что и выходной файл.

8. Сетевые технологии в электроприводе

Говоря о роли электропривода в автоматизированных распределенных системах, следует иметь ввиду прежде всего системы АСУТП, поскольку именно в них ЭП является основным средством осуществления необходимых операций по приведению в движение разнообразных рабочих органов технологического оборудования и обрабатываемых материалов.

Автоматизированная система управления технологическими процессами – совокупность аппаратно-программных средств, осуществляющих контроль и управление производственными и технологическими процессами, поддерживающих обратную связь и активно воздействующих на ход процесса при отклонении его от заданных параметров, обеспечивающих регулирование и оптимизацию управляемого процесса.

ЭП успешно применяется не только в качестве основного источника энергии, с помощью которой происходит механическая обработка, но выполняет также

множество вспомогательных функций по требуемому перемещению рабочих органов, осуществляющих другие виды обработки (например, лазерная обработка, покраска, производство печатной продукции и т. п.). Не очень заметны, но, безусловно, необходимы ЭП многочисленных насосных и вентиляционных установок, которые являются первичными источниками энергии для пневмо- и гидроагрегатов, поддерживают требуемые условия окружающей среды в промышленных, административных и жилых помещениях. Дистанционное управление различными заслонками, задвижками, вентилями также осуществляется исполнительными механизмами на базе ЭП.

Постоянно расширяется сфера применения регулируемых ЭП, с помощью которых удастся повысить качество выпускаемой продукции, экономить материальные и энергетические ресурсы. Переход от нерегулируемого к регулируемому ЭП, как правило, увеличивает объем информационного потока между ЭП, оператором и внешними управляющими устройствами. Наличие в силовом канале регулируемого ЭП электронного преобразователя, управляемого достаточно мощным микроконтроллером, создает условия для более качественного управления, контроля и диагностики как собственно ЭП, так и технологического оборудования.

Развитие систем управления (СУ) ЭП происходит как в части совершенствования алгоритмов регулирования координат электромеханического преобразователя (токи, момент, скорость), так и за счет расширения вспомогательных функций по защите, диагностике, автоматической настройке регуляторов. Обеспечивается несколько уровней человеко-машинного интерфейса, позволяющих не только контролировать основные параметры работы ЭП, но и осуществлять протоколирование аварийных ситуаций, визуализацию процессов, дистанционный контроль и управление.

Наблюдается тенденция встраивания в СУ ЭП все более развитых микропроцессорных средств, способных выполнять функции управления, возлагаемые обычно на ПЛК и системы ЧПУ – формирование требуемых законов изменения задающих воздействий на входы регуляторов координат электропривода.