

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.12 Силовая электроника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Современные программно-аппаратные средства управления и наладки
силовых полупроводниковых преобразователей»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.09.12 Силовая электроника, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение современных программно-аппаратных средств управления и диагностики силовых полупроводниковых преобразователей.

Задачами дисциплины являются:

- освоение современной элементной базы аналоговой, цифровой и микропроцессорной техники в области управления силовыми преобразователями;
- определение оптимального выбора структуры системы управления для конкретного типа преобразователя;
- освоение средой разработки программного обеспечения для сквозного проектирования микропроцессорных и цифровых систем управления.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- владение методами анализа и синтеза устройств силовой электроники, в т.ч. современными отечественными и зарубежными пакетами программ для решения схемотехнических задач (ПК-2);

- способность к декомпозиции научно-исследовательской задачи на разные уровни абстракции (ПК-5).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- структуры программно-аппаратных средств управления силовыми полупроводниковыми преобразователями (УК-1);

- современную элементную базу аналоговой, цифровой и микропроцессорной техники (ОПК-2).

уметь:

- определять тип структуры управления и синтезировать ее параметры (ПК - 2);

- разрабатывать цифровые алгоритмы управления импульсными преобразователями (УК-1).

владеть:

- методами расчета коэффициентов цифровых регуляторов для систем управления импульсных преобразователей (ПК-2);

- средой разработки программного обеспечения и языками программирования цифровых сигнальных процессоров (ПК-5).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Принципы построения систем управления преобразователями (18 часов).

Основные функции, выполняемые системой управления. Структурная схема преобразователя, как система автоматического управления, реализующая принцип управления по замкнутому циклу. Принцип управления по отклонению. Принцип управления по разомкнутому циклу – управление по возмущению. Принцип комбинированного управления.

Аналоговое управление. ШИМ – контроллеры. Источники опорного напряжения. Синтез звена регулятора на операционном усилителе. Проблемы при использовании аналоговой системы управления.

Полностью цифровая система управления. Применение цифровых сигнальных процессоров. Требование к быстродействию АЦП. Юстировка параметров преобразователя. Журнал событий.

Смешанная система управления. Разделение задач между аналоговой и цифровой частью системы управления. Стабилизация выходных параметров преобразователя. Задание опорного напряжения, взаимодействие по интерфейсу с другими устройствами.

Микропроцессоры и программируемая логика для управления силовыми полупроводниковыми преобразователями (18 часов).

Структура микропроцессорной системы. Классификация устройств микропроцессорной техники. Особенности сигнальных процессоров.

Принципы построения микропроцессоров и микроконтроллеров. Гарвардская архитектура. Архитектура Фон-Неймана. Разделение на RISC и CISC архитектуру. Магистрально-модульная структура микроконтроллера.

Программируемые логические интегральные схемы. Сложные ПЛИС – CPLD. Программируемые пользователем базовые матричные кристаллы – FPGA. Пример применения ПЛИС для управления преобразователем постоянного напряжения. Взаимодействие ПЛИС и ШИМ-контроллера.

Аналого-цифровой преобразователь – критический узел при построении цифровых систем управления преобразователем (15 часов).

Основные типы АЦП. АЦП последовательного приближения. Сигма-дельта АЦП. Конвейерные АЦП. Удаление высокочастотных составляющих в сигма-дельта АЦП – децимация. Техника цифровой коррекции ошибки в конвейерных АЦП.

Параметры АЦП. Разрешающая способность. Точность. Статическая погрешность. Аддитивная погрешность. Мультипликативная погрешность. Дифференциальная нелинейность. Интегральная нелинейность. Погрешность квантования. Динамические характеристики. Отношение «сигнал/шум». Общие гармонические искажения. Отношение «сигнал/шум и искажения».

Цифровой сигнальный процессор – основное аппаратное средство прямого цифрового управления преобразователем (18 часов).

Общая структура сигнальных процессоров Texas Instruments. Архитектура шин памяти.

Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio. Языки программирования. Компилятор. Компоновщик. Отладчик. Построение операционной системы реального времени.

Структура программного обеспечения при проектировании системы управления. Разделение процессов на быстрые и медленные. Использование ассемблера для реализации быстрых процессов.

Организация единичного прерывания. Принцип единичного прерывания при построении цифровой системы управления. Выбор источника единичного прерывания. Макросы цифровых регуляторов, фильтров, драйверов АЦП и ШИМ.

Применение фильтров и ПИД-регуляторов при цифровом управлении (15 часов).

Разновидности цифровых фильтров. Расчет коэффициентов цифровых фильтров. Особенности управления преобразователями при использовании цифровых фильтров.

Квантование измеряемых сигналов на входах контроллера (шум АЦП). Снижение шума выборкой с запасом по частоте. Квантование сигналов на выходе цифровой системы управления импульсным преобразователем (шум ШИМ).

Арифметика при цифровой обработке сигналов. Квантование коэффициентов цифровых фильтров. Ошибки квантования при использовании арифметики с фиксированной запятой.

ПИД – регуляторы в системах управления преобразователями. Работа ПИД – регулятора с учетом насыщения.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

7 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Основные функции, выполняемые системой управления.
2. Принцип управления по отклонению.
3. Принцип управления по возмущению.
4. Комбинированный принцип управления.
5. Структура аналоговой системы управления импульсным преобразователем.
6. Внутренние блоки аналогового ШИМ - контроллера.
7. Структура смешанной системы управления.
8. Структура полностью цифровой системы управления.
9. Классические микроконтроллеры.
10. Цифровые сигнальные процессоры, их особенности.
11. Программируемые логические интегральные схемы. Исполняемые узлы на ПЛИС.
12. АЦП последовательно приближения.

13. Сигма-дельта АЦП.
14. АЦП конвейерного типа.
15. Параметры АЦП.
16. Структура программного обеспечения при проектировании системы управления.
17. Принцип единичного прерывания при построении цифровой системы управления.
18. Разновидности цифровых фильтров.
19. Шум АЦП.
20. Шум ШИМ.
21. Ошибки квантования при использовании арифметики с фиксированной запятой.
22. ПИД – регуляторы в системах управления преобразователями.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии – М.: Техносфера. 2011. – 576 с. - ISBN 978-5-94836-260-1
2. Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления. Практический курс разработки и отладки программного обеспечения сигнальных микроконтроллеров TMS320x28xxx в интегрированной среде Code Composer Studio: учебное пособие / А.С. Анучин, Д.И. Алямкин, А.В. Дроздов и др.; под общ. Ред. В.Ф. Козаченко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 270 с. - ISBN 978-5-383-00471-5
3. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко . – 3-е изд . – СПб. : БХВ-Петербург, 2013 . – 768 с. - ISBN 978-5-9775-0915-2

Дополнительная литература:

4. Теория автоматического управления: учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / С. И. Малафеев, А. А. Малафеева . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Академия, 2014 . – 384 с. - ISBN 978-5-4468-0230-2.