

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня

2015 г.



Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.12 Силовая электроника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Замкнутые цифровые системы управления устройствами силовой
электроники»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

Семестр 3, 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 методов проектирования цифровых систем управления и синтеза цифровых регуляторов.

Задачами дисциплины являются:

- анализ замкнутых и разомкнутых дискретных систем;
- освоение алгоритмов цифровых регуляторов и фильтров в замкнутых системах управления устройствами силовой электроники;
- составление имитационных моделей силовых преобразователей с системой прямого цифрового 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);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- владение методами анализа и синтеза устройств силовой электроники, в т.ч. современными отечественными и зарубежными пакетами программ для решения схемотехнических задач (ПК-2);
- способность определять область научно-технических задач в смежных направлениях исследований (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- структуру представления цифровой системы управления в виде звеньев дискретной системы автоматического регулирования (УК-1);

уметь:

- синтезировать структуру и определять параметры замкнутой цифровой системы управления (ОПК-3);
- разрабатывать непрерывные модели импульсных силовых преобразователей (ПК-2).

владеть:

- методами расчета коэффициентов цифровых фильтров для систем управления импульсных преобразователей (ПК-3);
- методами математического моделирования систем управления совместно с силовой частью полупроводниковых преобразователей (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Дискретные системы (14 часов).

Блок-схема непрерывной и дискретной систем управления. Разностные уравнения – основа описания дискретных систем. Дискретная свертка. Z - преобразование и обратное Z-преобразование.

Передаточная функция дискретной системы: частотная характеристика, аппроксимация в S -области, аппроксимация на основе численного интегрирования методом трапеций, аппроксимация методом подбора нулей и полюсов.

Анализ дискретной системы: метод дискретных эквивалентов, метод прямого проектирования дискретной системы. Метод пространства состояний для дискретных систем: определение переходной матрицы состояний, управляемость дискретной системы, задание полюсов в замкнутой дискретной системе.

Силовая часть преобразователя как звено системы автоматического управления (14 часов).

Непрерывные модели силовой части преобразователя. Линеаризация непрерывной модели силовой части преобразователя. Непрерывная линейная модель импульсного понижающего преобразователя напряжения в режиме непрерывного тока дросселя. Непрерывная линейная модель импульсного понижающего преобразователя напряжения в режиме прерывистого тока дросселя. Непрерывная линейная модель повышающего импульсного регулятора напряжения. Непрерывная линейная модель несимметричного полумостового преобразователя.

Общие вопросы применения алгоритмов цифровых фильтров и цифровых ПИД регуляторов в замкнутых системах управления (14 часов).

Две разновидности цифровых фильтров. Методы расчета коэффициентов цифровых фильтров для систем управления импульсных преобразователей. Существенные особенности управления преобразователями при использовании цифровых фильтров.

Квантование измеряемых сигналов обратной связи (шум АЦП). Снижение шума и повышение точности измерений методом передискретизации во времени. Квантование сигналов на выходе цифровой системы управления (шум ШИМ).

Особенности реализации арифметических операций в микроконтроллерах с фиксированной запятой. Влияние ограниченной разрядности алгоритмов вычислений на точность вычисления управляющих воздействий. Анализ точности в MATLAB Simulink с помощью блоков при моделировании систем цифровой обработки сигналов.

Программная реализация алгоритмов ПИД регуляторов. Методика вычисления коэффициентов цифрового ПИД регулятора по известной аналоговой передаточной функции регулятора. Работа ПИД регулятора с учетом насыщения (переполнения разрядной сетки).

Специальные вопросы управления трехфазным инвертором (14 часов).

Аппаратные и программные способы формирования квазисинусоидального трехфазного напряжения. Непрерывная модель трехфазного инвертора. Замкнутая система управления с ограничением тока инвертора: выбор параметров ПИД-регулятора.

Специальные вопросы управления DC-DC преобразователем (14 часов).

Непрерывная модель DC-DC преобразователя в среде MATLAB Simulink. Общая структура цифровой системы управления. Особенности выбора общей структуры управления в зависимости от силовой схемы DC-DC преобразователя. Особенности выбора способа реализации ШИМ для разных структур системы управления. Синтез цифровых регуляторов тока и напряжения. Выбор параметров корректирующего звена в контуре регулирования и стабилизации напряжения, в контуре регулирования выходного тока.

Специальные вопросы управления корректором коэффициента мощности (14 часов).

Модель корректора в среде MATLAB Simulink . Структура системы управления на основе специализированной схемы контроллера управления

ККМ. Методика подбора коэффициентов и корректирующих звеньев регуляторов по напряжению и по току в среде MATLAB Simulink .

Прямое цифровое управление однофазным ККМ. Структура цифровой системы управления. Варианты реализации цифровой системы средствами микроконтроллера. Модели ККМ: дискретная линейная и дискретная нелинейная. Оценка целесообразности использования нелинейной модели для различных приложений. Синтез цифровых регуляторов тока и напряжения. Сравнение качества управления для прямой цифровой и аналоговой систем управления.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Дискретные и непрерывные системы.
2. Составление разностных уравнений.
3. Передаточная функция дискретной системы.
4. Определение нулей и полюсов замкнутой дискретной системы.
5. Линеаризация непрерывной модели силовой части преобразователя.
6. Цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой.
7. Цифровой фильтр с бесконечной импульсной характеристикой.
8. Квантование и дискретизация сигнала.
9. Повышение точности измерения за счет передискретизации.
10. Точность расчета в микроконтроллерах с фиксированной запятой.
11. Программная реализация алгоритмов ПИД регуляторов.
12. Способы формирования квазисинусоидального трехфазного напряжения.
13. Общая структура цифровой системы управления.
14. Структура цифровой системы управления DC/DC преобразователя.

15. Структура цифровой системы управления инвертора.
16. Структура цифровой системы управления корректором коэффициента мощности.
17. Синтез цифрового регулятора.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. 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
2. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии – М.: Техносфера. 2011. – 576 с. - ISBN 978-5-94836-260-1
3. 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

Дополнительная литература:

4. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин . – М. : Техносфера, 2006 . – 632 с. – ISBN 5-948360-51-2