Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель
В. Г. Каширских

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ)

Методические указания к практическим занятиям аспирантов всех форм обучения

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника» в качестве электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Григорьев А. В. – зав. кафедрой электропривода и автоматизации

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

Каширских Вениамин Георгиевич

Теория автоматического управления (специальные главы): методические указания для практических занятий [Электронный ресурс]: для аспирантов направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника», специальностей 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», всех форм обучения / сост.: В. Г. Каширских; КузГТУ. Кемерово, 2016. – Систем. требования: процессор Intel или AMD 500 МГц, ОЗУ 128 Мб; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены общие положения для подготовки и проведения практических занятий, темы практических занятий с указанием цели, содержания и контрольных вопросов для каждого занятия, а также приведено содержание учебно-методического обеспечения дисциплины.

© КузГТУ, ,2016

© Каширских, В.Г., составление, 2016

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ.

Практические занятия по дисциплине «Теория автоматического управления (специальные главы)» предназначены для формирования у аспирантов знаний по анализу и синтезу современных систем автоматического управления (САУ). Для достижения этой цели в рамках данной дисциплины рассматриваются особенности построения и функционирования современных систем управления, а также используемые для этих целей методы теории автоматического управления (ТАУ). Все практические занятия проводятся в интерактивной форме с обязательным участием каждого аспиранта в обсуждении учебного материала.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1
Коррекция нелинейной системы автоматического управления температурой сушильной печи

1. Цель занятия.

Практическое занятие направлено на структурирование, анализ и применение знаний ТАУ для коррекции статических и динамических свойств нелинейной САУ, предназначенной для регулирования температуры сушильной печи. Основой для этого является использование математических моделей объекта управления и отдельных элементов системы, а также методы коррекции и набор корректирующих звеньев [1-9].

2. Содержание занятия.

Занятие проводится с использованием компьютерного моделирования рассматриваемой САУ с различными видами коррекции и обсуждением полученных результатов. При этом рассматриваются математические модели различных элементов и объекта управления САУ, методы их получения и преобразования. Оценивается адекватность рассматриваемых моделей и их применимость для данного практического приложения.

Рассматриваются методы выбора корректирующих элементов и особенности их работы. Наиболее подробно рассматривается методика выбора и настройки последовательных корректирующих элементов для коррекции статических и динамических свойств САУ. Обсуждаются также возможности улучшения динамики САУ с помощью псевдолинейных корректирующих звеньев, а также применение программной коррекции в цифровых системах.

Занятие проводится на основе учебного материала, полученного аспирантами при освоении образовательной программы, а также изученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех аспирантов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

Контрольные вопросы:

1. Классификация математических моделей, используемых в ТАУ.
2. Методы получения математических моделей элементов и систем.

3. Адекватность моделей.
4. Построение и преобразование структурных схем САУ.
5. Упрощение математических моделей.
6. Основные принципы выбора элементов для структуры САУ.
7. Каких результатов можно добиться применением коррекции в САУ?
8. Методы коррекции в нелинейных САУ.
9. Корректирующие звенья и области их применения. Параллельная и последовательная коррекция.
10. Методы обеспечения заданной точности и быстродействия в САУ.
11. Псевдолинейная коррекция и коррекция в цифровых САУ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2
Синтез оптимальной системы автоматического управления двигателем постоянного тока дутьевого вентилятора

1. Цель занятия.

Рассмотрение и сравнительный анализ математических методов для синтеза оптимальной систем управления, выявление особенностей их практического применения и формирование алгоритма для решения данной задачи [1-9].

2. Содержание занятия.

Обоснование необходимости разработки оптимальной системы автоматического управления двигателем постоянного тока дутьевого вентилятора, синтез математических моделей объекта управления и других элементов САУ и составление структурной схемы системы. Анализ способов синтеза регуляторов для построения оптимальной САУ и выбор наилучшего варианта для решения поставленной задачи. Проведение синтеза оптимальной системы автоматического управления двигателем постоянного тока дутьевого вентилятора.

На занятии рассматриваются вопросы оптимизации статических и динамических режимов, методы поиска экстремума критерия оптимальности: метод неопределенных множителей Лагранжа, приведение задачи оптимального управления к уравнению Гамильтона-Якоби, квадратичный критерий качества, принцип максимума Л.С. Понтрягина, математическое программирование. Рассматриваются также примеры и анализируются условия применимости конкретных методов оптимального управления при решении практических задач.

Занятие проводится на основе учебного материала, полученного аспирантами при освоении образовательной программы, а также изученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех аспирантов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

Контрольные вопросы:

1. Понятие оптимальных и квазиоптимальных САУ.
2. В каких случаях имеется необходимость в оптимальных САУ?

3. Поясните следующие понятия: управляемый объект, критерий оптимальности, ограничения, операторы объекта управления и управляющего устройства.
4. В чем заключается оптимизация статических и динамических режимов работы САУ?
5. Методы поиска экстремума критерия оптимальности. Сравнительный анализ методов поиска.
6. Способы синтеза регуляторов для построения оптимальной САУ.
7. Дайте обоснование адекватности математической модели двигателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3
Моделирование оптимальной системы автоматического управления двигателем постоянного тока дымососа

1. Цель занятия.

Рассмотрение и оценка методов, применяемых для синтеза оптимальных САУ с заданными свойствами. Получение математической модели и моделирование системы автоматического управления двигателем постоянного тока дымососа [1-9]. Анализ полученных результатов.

2. Содержание занятия.

Обсуждаются принципы регулирования координат САУ. Рассматриваются вопросы синтеза регуляторов для систем с подчиненным регулированием координат, а также синтез систем с модальными регуляторами для использования их в системах оптимального управления технологическими процессами.

Для заданной структуры системы автоматического управления двигателем постоянного тока дымососа с подчиненным регулированием координат формируется математическая модель и на ее основе производится компьютерное моделирование САУ, в процессе которого отыскиваются значения настроечных параметров регуляторов, придающих системе свойство оптимальности. Производится анализ полученных результатов моделирования.

Занятие проводится на основе учебного материала, полученного аспирантами при освоении образовательной программы, а также изученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех аспирантов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить и сравнить по точности, быстродействию и области применения принципы регулирования координат САУ.
2. Каков порядок выполнения процедур при формировании математической модели САУ?
3. Какие требования предъявляются к регуляторам?
4. Какова структура и особенности САУ с подчиненным регулированием координат?

5. Какова структура и особенности САУ с модальным управлением?
6. Какие параметры являются настроечными параметрами регуляторов?
7. Каким образом значения настроечных параметров регуляторов влияют на статические и динамические свойства САУ?
8. Перечислите и оцените методы синтеза нелинейных систем.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4
Идентификация параметров модели процесса нагревания воздуха сушильной печи

1. Цель занятия.

Данное практическое занятие предназначено для ознакомления аспирантов с методами идентификации, позволяющими в реальном времени определять параметры и переменные состояния объектов, а также параметров происходящих в них процессов для целей управления [1,3,5,7].

2. Содержание занятия.

Занятие проводится в форме обсуждения материала, изученного студентами при освоении образовательной программы, а также полученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине. Рассматривается общая классификация задач и методов идентификации: метод частотных характеристик, метод свертки, метод ортогональных разложений, метод дифференциальной аппроксимации. Особое внимание уделяется рекуррентным алгоритмам идентификации, основанным на теории оценивания: поисковому методу, методу наименьших квадратов и фильтру Калмана, в том числе при коррелированных шумах. Рассматривается также приведение математической модели объекта управления к требуемому для проведения идентификации виду.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех аспирантов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

Контрольные вопросы:

1. Основные задачи и методы идентификации.
2. Параметрическая идентификация.
3. Динамическая идентификация.
4. Метод на основе использования частотных характеристик.
5. Метод свертки.
6. Метод ортогональных разложений.
7. Метод дифференциальной аппроксимации.
8. Метод наименьших квадратов. Алгоритм процедуры оценивания.
9. Подготовка математической модели объекта управления для использования метода наименьших квадратов.
10. Фильтр Калмана. Алгоритм настройки и процедуры оценивания.
11. Поисковый метод идентификации.
12. Для каких целей производится идентификация объектов и процессов?

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

1. Каширских, В. Г. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] Часть 2. Нелинейные и специальные системы : учеб.е пособие для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электропривода и автоматики. – Кемерово, 2012. – 97 с.

URL: http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90925&type=utchposob:common

2. Певзнер, Л. Д. Лабораторный практикум по дисциплине "Теория автоматического управления" [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Управление и информатика в технических системах" направления подготовки "Автоматизация и управление" / Л. Д. Певзнер, В. В. Дмитриева. – Москва : МГГУ, 2010. – 127 с. URL: http://www.biblioclub.ru/book/83889/

5.2. Дополнительная литература

3. Алексеев, А. А. Идентификация и диагностика систем : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Управление и информатика в технических системах" / А. А. Алексеев, Ю. А. Кораблев, М. Ю. Шестопалов. – Москва : Академия, 2009. – 352 с.

4. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решением в Matlab : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 464 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2033

5. Каширских, В. Г. Динамическая идентификация параметров и управление состоянием электродвигателей приводов горных машин : автореферат диссертации на соискание учен. степени д-ра техн. наук: (05.09.03) / науч. рук. Е. К. Ещин; ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2005. – 38 с.

6. Малафеев, С. И. Теория автоматического управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника" / С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. – Москва : Академия, 2014. – 384 с.

7. Пащенко, Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: в 2 ч. ч. 2 Идентификация нелинейных систем : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 230400 "Прикладная математика" специальности 230401 "Прикладная математика". – М. : Финансы и статистика, 2007. – 288 с.

8. Рачков, М. Ю. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломиров. специалистов "Автоматизир. технологии и пр-ва" / Моск. гос. индустр. ун-т. – М. : МГИУ, 2005. – 136 с.

9. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами : учебник для студентов вузов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.

5.3. Периодические издания

Библиотечный фонд КузГТУ для ведения подготовки по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника» включает в себя следующие научные журналы: «Электричество», «Электротехника», «Известия вузов. Электромеханика», «Промышленная энергетика», «Электрика», «Автоматика и телемеханика», Реферативный журнал «Энергетика и электротехника».

5.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебный процесс обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения: Scicos Lab + Scicos.

2. Интерактивный обучающий курс по ТАУ (разработан на кафедре ЭПА).

5.5. Интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система издательства «Лань». URL: http://e.lanbook.com.

2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». URL: www.biblioclub.ru.

3. Сайт о моделировании и исследовании: систем, объектов, технических процессов и физических явлений. Здесь освещаются и поддерживаются разделы. URL: http://model.exponenta.ru

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебного процесса по дисциплине «Теории автоматического управления (специальные главы)» кафедра электропривода и автоматизации располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение практических занятий и научно-исследовательской работы на основе материала данной дисциплины, предусмотренных учебным планом.

Материально-техническая база кафедры соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам. Практические занятия проводятся в компьютерном классе (ауд. 3408), оснащенном необходимым лицензионным программным обеспечением.