

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ЦЕНТРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 »  2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

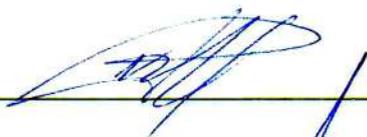
Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматике

Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составители:

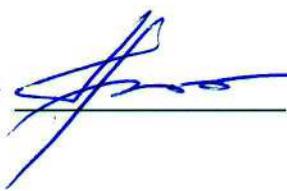


канд. техн. наук 

Ю.А. Кошлич

А.С. Солдатенков

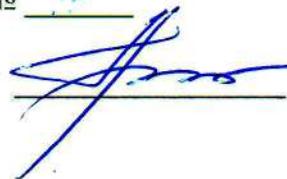
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 » _____ 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 11 » _____ 2016 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 16 » _____ 2016 г., протокол № _____

Председатель: канд. техн. наук, доцент

 _____ А.Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Формируемые компетенции | | | Требования к результатам обучения |
|-------------------------|-----------------|--|--|
| № | Код компетенции | Компетенция | |
| Профессиональные | | | |
| 1 | ПК-3 | способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования | <p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: подходы к проектированию систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией</p> <p>Уметь: собирать необходимый материал и использовать математический аппарат и физические законы для получения математических моделей систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов, их подсистем и отдельных элементов и модулей.</p> <p>Владеть: методами анализа и синтеза систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов</p> |
| 2 | ПК-6 | способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности | <p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: виды математических моделей систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов; основные динамические характеристики систем, способы их получения и анализа; показатели качества, методы анализа устойчивости, методы синтеза законов управления</p> <p>Уметь: составлять математические модели систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов, их подсистем и отдельных элементов и модулей; производить расчет динамических характеристик; осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления.</p> <p>Владеть: пакетом прикладных программ Matlab и его приложением Simulink с целью проведения вычислительных экспериментов исследования математических моделей систем автоматического управления электроприводов механизмов и технологических комплексов и обработки результатов вычислений</p> |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

| № | Наименование дисциплины (модуля) |
|---|-------------------------------------|
| 1 | Высшая математика |
| 2 | Физика |
| 3 | Электрический привод |
| 4 | Теоретические основы электротехники |
| 5 | Информатика |
| 6 | Электрические машины |

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

| № | Наименования дисциплины (модуля) |
|-----|---|
| 1. | Электроника |
| 2. | Электропривод в современных технологиях |
| 3. | Электрический привод |
| 4. | Системы управления электроприводов |
| 5. | Автоматизация процессов и оборудования |
| 6. | Автоматизированные системы управления технологическими процессами |
| 7. | Микроконтроллеры в электроприводе |
| 8. | Программирование промышленных контроллеров |
| 9. | Силовая электроника |
| 10. | Преобразовательная техника |
| 11. | Преддипломная практика |
| 12. | Государственная итоговая аттестация |
| 13. | Датчики и регуляторы в системах электротеплоснабжения |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **8 зач. единиц, 288 часов.**

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 5 | Семестр № 6 |
|--|-------------|---------------------|---------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 288 | 144 | 144 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 85 | 51 | 34 |
| лекции | 51 | 34 | 17 |
| лабораторные | - | - | - |
| практические | 34 | 17 | 17 |
| Самостоятельная работа студентов, в том числе: | 131 | 57 | 74 |
| Курсовой проект | - | - | - |
| Курсовая работа | 36 | - | 36 |
| Расчетно-графическое задания | - | - | - |
| Индивидуальное домашнее задание | - | - | - |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | 95 | 57 | 38 |
| Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | 72 | экзамен (36) | экзамен (36) |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

| № п/п | Наименование раздела (краткое содержание) | Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час | | | |
|--|---|---|----------------------|----------------------|------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
| 1. Общие сведения о системах автоматического управления | | | | | |
| | История развития теории автоматического управления. Понятие об объекте управления, управляющем устройстве и видах воздействия. Примеры управляемых объектов и систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления. Понятие о классификационных признаках. Классификация систем управления по характеру внутренних динамических процессов и виду уравнений, описывающих динамические процессы. Принципы построения систем автоматического управления. | 2 | | - | 1 |
| 2. Виды математических моделей объектов и систем управления | | | | | |
| | 2.1. Понятие о моделях систем автоматического управления. Виды моделей. Математические модели в области действительного переменного: уравнения движения, формы их представления (классическая, форма Коши, векторно-матричная). Модели систем в области комплексного переменного: а) преобразование Лапласа и его свойства, б) передаточная функция, в) частотная форма модели системы. | 2 | 1 | - | 4 |
| | 2.2. Типовые входные воздействия. Переходная и импульсная переходная (весовая) временные характеристики систем и их показатели качества. Частотные характеристики объектов и систем управления | 2 | 1 | | 4 |
| 3. Элементарные динамические звенья и их характеристики | | | | | |
| | 3.1. Временные и частотные динамические характеристики элементарных динамических звеньев: усилительное (безынерционное) звено; интегрирующее звено; идеальное дифференцирующее звено. | 2 | - | - | 2 |
| | 3.2. Временные и частотные динамические характеристики элементарных динамических звеньев: форсирующее звено 1-го порядка; инерционное (апериодическое) звено. | 2 | 0,5 | - | 4 |
| | 3.3. Временные и частотные динамические характеристики элементарных динамических звеньев: форсирующее звено 2-го порядка; колебательное звено; звено с запаздыванием. | 2 | 0,5 | - | 4 |

| 4. Функциональные схемы систем автоматического управления | | | | | |
|--|---|-----------|-----------|----------|-----------|
| | Принципы построения автоматических систем управления. Функциональные схемы систем управления. Функционально-необходимые элементы автоматических систем. Виды обратных связей. Законы управления. | 2 | 0,5 | - | 4 |
| 5. Структурные схемы систем управления | | | | | |
| | 5.1. Передаточные функции последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения элементов в системе. Правила преобразования структурных схем. | 2 | 0,5 | - | 2 |
| | 5.2. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем автоматического управления. Частотные характеристики последовательного и параллельного соединений звеньев. Математические модели объектов управления, электрических двигателей и электромеханических элементов автоматики в классической форме и в форме передаточных функций и структурных схем. | 2 | 2 | - | 4 |
| 6. Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем | | | | | |
| | 6.1. Прямые и косвенные методы оценки качества линейных систем. Определение точности систем управления методом коэффициентов ошибок. Ошибки статических и астатических систем. | 2 | 0,5 | - | 4 |
| | 6.2. Косвенная оценка качества по вещественной частотной характеристике. Интегральные методы оценки качества. | 2 | 0,5 | - | 4 |
| 7. Устойчивость линейных систем автоматического управления | | | | | |
| | 7.1. Определение устойчивости автономных и неавтономных систем. Условие устойчивости автономных систем по Ляпунову. Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова. | 2 | 2 | - | 4 |
| | 7.2. Критерии устойчивости Найквиста, логарифмический критерий устойчивости. Критический коэффициент усиления систем. | 2 | 4 | - | 4 |
| | 7.3. D-разбиение в плоскости одного и двух параметров | 2 | 1 | - | 4 |
| 8. Задачи и методы синтеза линейных систем автоматического управления | | | | | |
| | 8.1. Параметрический синтез систем с использованием интегральных оценок. Автоматические регуляторы, реализующие требуемые законы управления, как средства стабилизации и повышения качества регулирования. | 2 | - | - | 2 |
| | 8.2. Методы повышения статической точности, методы увеличения запаса устойчивости. Методы синтеза корректирующих устройств. | 2 | 1 | - | 2 |
| | 8.3. Синтез последовательного корректирующего устройства по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам (ЛАЧХ). | 2 | 2 | - | 4 |
| | ВСЕГО | 34 | 17 | - | 57 |

Курс 3 Семестр 6

| № п/п | Наименование раздела (краткое содержание) | Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час | | | |
|--|---|---|----------------------|----------------------|------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
| 9. Нелинейные модели систем управления и их свойства | | | | | |
| | Общие сведения о нелинейных системах управления. Особенности нелинейных систем. Зависимость характера выходного сигнала от уровня входного сигнала и начальных условий. Виды устойчивости в нелинейных системах. Типы нелинейностей и виды статических характеристик нелинейных элементов. Эквивалентные преобразования структурных схем нелинейных систем. | 3 | 2 | - | 4 |
| 10. Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования) | | | | | |
| | 10.1. Методы анализа нелинейных систем. Определение свойства устойчивости нелинейных систем. Второй метод Ляпунова. Геометрическая интерпретация. Теоремы Ляпунова об асимптотической и автоколебательной устойчивости. | 2 | 2 | - | 4 |
| | 10.2. Критерий Попова и его применение для оценки абсолютной устойчивости нелинейных систем. | 2 | 2 | - | 4 |
| 11. Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости | | | | | |
| | 11.1. Метод фазовой плоскости. Фазовые траектории. Предельные циклы. Метод изоклин. Особые точки фазовой плоскости: центр, фокус, узел, седло. | 2 | 4 | - | 4 |
| | 11.2. Особые точки и фазовые траектории нелинейных систем непрерывного и разрывного классов. Организация скользящего режима как метод улучшения качества управления. | 2 | 4 | - | 4 |
| 12. Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов в нелинейных системах) | | | | | |
| | 12.1. Физические основы метода гармонической линеаризации. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи нелинейного элемента. | 2 | 3 | - | 6 |
| | 12.2. Линеаризованная модель нелинейной системы. Метод Гольдфарба. | 2 | - | - | 6 |
| 13. Методы коррекции нелинейных автоматических систем | | | | | |
| | Способы коррекции. Линейная коррекция. Нелинейные корректирующие устройства. Псевдолинейные корректирующие устройства. Их свойства. | 2 | - | - | 6 |
| | ВСЕГО | 17 | 17 | - | 38 |

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема практического (семинарского) занятия | К-во часов | К-во часов СРС |
|-------------------|---|--|------------|----------------|
| Семестр №5 | | | | |
| 1 | Виды математических моделей объектов и систем управления | Получение математических моделей объектов управления в классической форме и в форме передаточной функции на примере различных схем R,L,C – фильтров. | 1 | 4 |
| 2 | | Построение временных и частотных характеристик различных схем R,L,C – фильтров с использованием метода разложения, таблиц преобразований Лапласа и программы Matlab. Определение показателей качества переходных характеристик. | 1 | 4 |
| 3 | Элементарные динамические звенья и их характеристики | Исследование временных и частотных динамических характеристик элементарных динамических звеньев (усилительного, интегрирующего, дифференцирующего, форсирующего звена 1-го порядка, инерционного (апериодического)) на примере различных схем. | 0,5 | 4 |
| 4 | | Исследование временных и частотных динамических характеристик элементарных динамических звеньев (форсирующего второго порядка и колебательного) на примере различных схем. | 0,5 | 4 |
| 5 | Функциональные схемы систем автоматического управления | Разработка принципиальных и функциональных схем различных систем автоматического управления с использованием электрических двигателей и электромеханических элементов автоматики. | 0,5 | 4 |
| 6 | Структурные схемы объектов и систем управления | Правила преобразования структурных схем. Получение передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы управления структурных схем на примере различных схем . | 0,5 | 2 |
| 7 | | Правила преобразования структурных схем. Получение передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы управления по структурной схеме на примере различных систем управления электрическими двигателями. | 2 | 4 |
| 8 | Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических | Определение точности систем управления методом коэффициентов ошибок при различных структурах систем управления и законах задающего воздействия. Ошибки статических и астатических систем. | 0,5 | 4 |

| | | | | | |
|-------------------|---|--|---------------|-----------|-----------|
| 9 | систем | Косвенная оценка качества по вещественной частотной характеристике. Интегральные методы оценки качества. | 0,5 | 4 | |
| 10 | Устойчивость линейных систем автоматического управления | Критерий устойчивости Ляпунова, Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. | 2 | 4 | |
| 11 | | Критерий устойчивости Найквиста | 2 | 2 | |
| 12 | | Логарифмический критерий устойчивости | 2 | 2 | |
| 13 | | D-разбиение в плоскости одного параметра | 0,5 | 2 | |
| 14 | | D-разбиение в плоскости двух параметров | 0,5 | 2 | |
| 15 | Задачи и методы синтеза линейных систем автоматического управления | Оценка влияния изменения коэффициента усиления регулятора и постоянной времени объекта управления на динамические и статические свойства системы автоматического управления электроприводом | 1 | 2 | |
| 16 | | Синтез последовательного корректирующего устройства по логарифмической амплитудно-частотной характеристике (ЛАЧХ) на примере системы автоматического управления двигателем постоянного тока | 1 | 2 | |
| 17 | | Синтез параллельного корректирующего устройства по логарифмической амплитудно-частотной характеристике (ЛАЧХ) на примере системы автоматического управления двигателем постоянного тока | 1 | 2 | |
| | | | ИТОГО: | 17 | 52 |
| Семестр №6 | | | | | |
| 18 | Нелинейные модели систем управления и их свойства | Эквивалентные преобразования структурных схем нелинейных систем при последовательном, параллельном включении нелинейного элемента в систему управления, а также при включении нелинейного элемента в обратную связь. | 2 | 4 | |
| 19 | Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования) | Применение второго метода Ляпунова для оценки устойчивости нелинейных систем | 2 | 4 | |
| 20 | | Критерий Попова и его применение для оценки абсолютной устойчивости нелинейных систем. | 2 | 4 | |
| 21 | Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости. | Построение фазовых портретов свободного движения линейных объектов 2-го порядка. | 2 | 2 | |
| 22 | | Метод изоклин | 2 | 1 | |
| 23 | | Анализ релейных систем | 2 | 1 | |

| | | | | |
|---------------|---|---|-----------|-----------|
| | | автоматического управления методом фазовой плоскости. | | |
| 24 | | Организация скользящего режима как метод улучшения качества управления нелинейных систем. | 2 | 4 |
| 25 | Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов в нелинейных системах) | Построение периодических выходных сигналов нелинейных элементов, описываемых различными уравнениями статических характеристик, при изменении амплитуды входного гармонического сигнала. Гармоническая линеаризация типовых нелинейных характеристик. | 3 | 6 |
| ИТОГО: | | | 17 | 26 |
| ВСЕГО: | | | 34 | 78 |

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом по дисциплине.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------------------|---|---|
| Семестр №5 | | |
| 1 | Общие сведения о системах автоматического управления | <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите задачи, решаемые в дисциплине «Теория автоматического управления». Разъясните их содержание. 2. Дайте определение объекта управления, управляющего устройства, возмущающего воздействия. 3. Перечислите признаки классификации систем управления. Классификация систем по характеру внутренних динамических процессов и виду уравнений, описывающих динамические процессы. 4. Перечислите признаки классификации систем управления. Классификация систем по точности отработки входного ступенчатого воздействия. 5. Перечислите признаки классификации систем управления. Классификация систем по объему информации и характеру изменения требуемого значения регулируемых координат. |
| 2 | Виды математических моделей объектов и систем управления | <ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое математическая модель объекта или системы управления? 2. Какие формы математических моделей используются в теории автоматического управления? Чем определятся выбор той или иной формы модели? Приведите математические выражения, соответствующие различным формам модели. 3. Что такое уравнение движения системы? Перечислите этапы составления уравнения движения системы. |

| | | |
|---|--|---|
| | | <p>4. Что такое типовое входное воздействие? Перечислите виды типовых входных воздействий.</p> <p>5. Какие динамические характеристики применяются для описания свойств систем или звеньев? Перечислите временные динамические характеристики систем управления, какими показателями качества они характеризуются?</p> <p>6. Какие динамические характеристики применяются для описания свойств систем или звеньев? Перечислите частотные динамические характеристики систем управления. Приведите уравнения, связывающие эти характеристики.</p> |
| 3 | Элементарные динамические звенья и их характеристики | <p>1. Что такое элементарное динамическое звено?</p> <p>2. Перечислите виды элементарных звеньев и запишите их передаточные функции.</p> <p>3. Типовое пропорциональное (усилительное) звено и его характеристики.</p> <p>4. Типовое дифференцирующее звено и его характеристики.</p> <p>5. Типовое интегрирующее звено и его характеристики.</p> <p>6. Типовое форсирующее звено 1-го порядка и его характеристики.</p> <p>7. Типовое апериодическое (инерционное) звено и его характеристики.</p> <p>8. Типовое форсирующее звено 2-го порядка и его характеристики.</p> <p>9. Типовое колебательное звено и его характеристики.</p> <p>10. Звено с запаздыванием и его характеристики.</p> |
| 4 | Функциональные схемы систем автоматического управления | <p>1. Что такое функциональная схема системы автоматического управления?</p> <p>2. Что такое функционально-необходимые элементы системы автоматического управления?</p> <p>3. По какому принципу строится автоматическая система управления, и какие функциональные элементы необходимы для ее построения?</p> |
| 5 | Структурные схемы объектов и систем управления | <p>1. В чем состоит структурный подход к построению математических моделей объектов и элементов систем?</p> <p>2. Правила преобразования структурных схем.</p> <p>3. Изложите методику построения логарифмических амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (ЛАЧХ и ЛФЧХ) последовательного соединения звеньев.</p> |
| 6 | Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем | <p>1. Приведите известные Вам прямые показатели качества?</p> <p>2. Дайте определение следующим частотным показателям качества: полосы пропускания, частоты среза, собственное (резонансной) частоты, колебательности, запасов устойчивости по модулю и по фазе.</p> <p>3. Назовите и запишите формулы для линейных и квадратичных интегральных оценок качества.</p> <p>4. Как получить выходной сигнал и ошибку через передаточные функции систем по известным входным сигналам?</p> <p>5. Как определить установившуюся ошибку системы по теореме о предельных значениях?</p> <p>6. В чем сущность метода коэффициентов ошибок? Назовите точные и приближенные методы оценки качества систем.</p> <p>7. Какие вы знаете методы получения переходной характеристики? Дайте определение основных показателей качества по переходной характеристике.</p> <p>8. Определение показателей качества по вещественной частотной характеристике. Приведите выражение, связывающее вещественную частотную характеристику замкнутой системы и ее переходную</p> |

| | | |
|-------------------|--|---|
| | | функцию. |
| 7 | Устойчивость линейных систем автоматического управления | <ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определение устойчивости динамической системы. 2. В чем сущность анализа устойчивости в соответствии с первым методом Ляпунова? 3. Что называется критерием устойчивости? В чем сущность критериев устойчивости Гурвица? 4. Что называется критерием устойчивости? В чем сущность критерия устойчивости Михайлова? 5. Что называется критерием устойчивости? В чем сущность критерия устойчивости Найквиста? 6. Что называется критерием устойчивости? В чем сущность логарифмического критерия устойчивости? Дайте определение запаса устойчивости по фазе и по модулю. 7. Как исследовать устойчивость системы с запаздыванием? 8. Поясните алгоритмы построения областей (интервалов) устойчивости в плоскости параметров системы с использованием метода D-разбиений. |
| 8 | Задачи и методы синтеза линейных систем автоматического управления | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изложите общую методику синтеза последовательных корректирующих устройств методом логарифмических частотных характеристик. |
| Семестр №6 | | |
| 9 | Нелинейные модели систем управления и их свойства | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие системы относятся к классу нелинейных систем? Перечислите особенности нелинейных систем. 2. Классификация нелинейностей по различным классификационным признакам. 3. Приведите типовые статические характеристики нелинейных элементов. Дайте аналитическое описание типовых нелинейностей? 4. Как осуществляется эквивалентное преобразование структурных схем нелинейных систем? |
| 10 | Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определение устойчивости динамической системы по Ляпунову. Какие Вы знаете функции Ляпунова и какими свойствами они обладают? 2. Второй метод Ляпунова об устойчивости движения нелинейных систем. 4. Критерий Попова и его применение для оценки абсолютной устойчивости нелинейных систем. |
| 11 | Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости | <ol style="list-style-type: none"> 1. Каким образом задается фазовое пространство? Что такое фазовая траектория и фазовый портрет? Как получить уравнение фазовой траектории? 2. Что такое изоклина? 3. Как определить направление движения изображающей точки на фазовой траектории? 4. Что такое особые точки фазовой плоскости? Какие виды особых точек Вы знаете и какие фазовые траектории им присущи? 5. Какие характерные особенности на фазовой плоскости присущи нелинейным системам? Что такое линии переключения? Что такое предельный цикл? 6. Как организуется скользящий режим в нелинейной системе и в чем его особенность? |
| 12 | Гармоническая линеаризация нелинейных систем | <ol style="list-style-type: none"> 1. Методика определения коэффициентов гармонической линеаризации типовых нелинейностей. 2. Метод Гольдфарба. Как определяются параметры автоколебаний |

| | | |
|----|--|--|
| | (приближенные методы исследования периодических режимов в нелинейных системах) | нелинейных систем методом Гольдфарба? 3. Вид уравнения движения гармонически линеаризованной системы в общем случае. |
| 13 | Методы коррекции нелинейных автоматических систем | 1. Методы коррекции нелинейных автоматических систем. Линейная коррекция. 2. Методы коррекции нелинейных автоматических систем. Нелинейные корректирующие устройства. 3. Методы коррекции нелинейных автоматических систем. Псевдолинейные корректирующие устройства, их свойства. |

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Учебным планом для студентов по образовательной программе 13.03.02 «Электропривод и автоматика», изучающих дисциплину «Теория автоматического управления», предусмотрено выполнение курсовой работы.

Курсовая работа выполняется на основе полученного студентами типового задания структуры системы с индивидуальным вариантом номенклатуры элементов системы и числовых значений их параметров.

Расчетно-пояснительная записка должна быть оформлена по требованиям ЕСКД и должна содержать изложение теоретических вопросов, основных математических выводов, расчетные данные, оформленные в таблицы и графики. Примерный объем 25 – 30 страниц машинописного текста. Библиография должна быть приведена в соответствии с требованиями ЕСКД.

Тема курсовой работы: «Расчет одноконтурной системы автоматического управления электроприводом постоянного тока».

Цель курсовой работы – обеспечение требуемых показателей качества переходного процесса системы автоматического управления путем синтеза последовательного корректирующего элемента.

Тип двигателя постоянного тока независимого возбуждения и требования к электроприводу по вариантам определяются преподавателем, осуществляющим руководство курсовой работой.

В процессе выполнения курсовой работы студент должен освоить:

- методы составления передаточных функций элементов электропривода;
- методы преобразования структурных схем;
- методы анализа показателей качества;
- методы синтеза систем для получения заданных показателей качества.

На выполнение КР предусмотрено 36 часов самостоятельной работы студента.

Задание на курсовую работу

Задана принципиальная схема электропривода постоянного тока независимого возбуждения (рис. 1), тип двигателя, паспортные данные которого приведены в табл. 1 и требования к электроприводу (табл. 2) по вариантам.

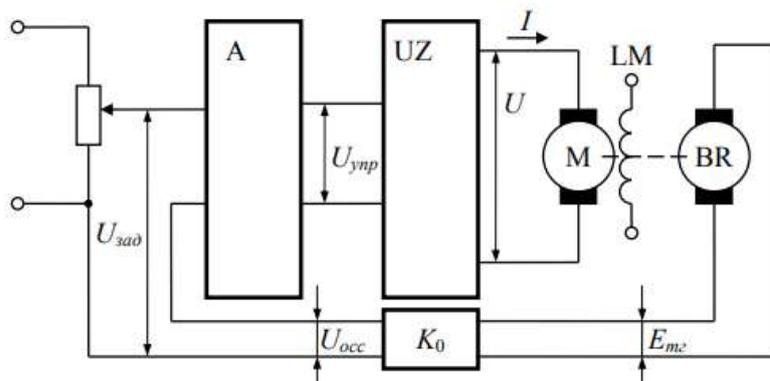


Рис. 1. Принципиальная схема электропривода

Таблица 1

Паспортные данные двигателя

| Вариант I | Мощность | Напряже- ние | Частота вращения | КПД | Сопротивление обмотки при 15° С | | Индуктив- ность якоря | Момент инерции |
|----------------------------------|--------------|-----------------|---------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | | | | Якорь | Доп. полосов | | |
| п/п | P_n кВт | U_n В | n_n об/мин | η_n % | R_a Ом | $R_{\text{дп}}$ Ом | L_a мГн | J кг·м ² |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Тип 2ПН 132 МУХЛ4, 2ПН 132 МГУЛ4 | | | | | | | | |
| 1 | 1.6 | 110 | 750 | 68 | 0.472 | 0.308 | 9.7 | 0.038 |
| 2 | | 220 | 750 | 68.5 | 1.88 | 1.39 | 38.6 | |
| 3 | 2.5 | 110 | 1000 | 72 | 0.271 | 0.204 | 4.7 | |
| 4 | | 220 | 1000 | 73.5 | 1.08 | 0.763 | 22.9 | |
| 5 | | 440 | 1000 | 73 | 4.54 | 3.26 | 91.5 | |
| 6 | 4 | 110 | 1500 | 77.5 | 0.14 | 0.054 | 2.8 | |
| 7 | | 220 | 1500 | 79 | 0.564 | 0.336 | 11 | |
| 8 | | 440 | 1500 | 79 | 2.28 | 1.44 | 42 | |
| 9 | 7 | 110 | 2200 | 81 | 0.067 | 0.049 | 1.4 | |
| 10 | | 220 | 2240 | 83 | 0.226 | 0.166 | 4.6 | |
| 11 | | 440 | 2240 | 83 | 0.906 | 0.692 | 18 | |
| 12 | 10.5 | 110 | 3000 | 84 | 0.14 | 0.094 | 2.8 | |
| 13 | | 220 | 3000 | 85 | 0.564 | 0.336 | 11 | |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|----------------------------------|-----|-----|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| Тип 2ПН 132 ЛУХЛ4, 2ПН 132 ЛГУЛ4 | | | | | | | | | |
| 14 | 1.9 | 110 | 750 | 71 | 0.322 | 0.27 | 7.1 | 0.048 | |
| 15 | | 220 | 750 | 72 | 1.28 | 1.0 | 28.3 | | |
| 16 | | 440 | 750 | 70.5 | 6.42 | 4.45 | 119 | | |
| 17 | 3 | 110 | 950 | 74.5 | 0.22 | 0.196 | 4.5 | | |
| 18 | | 220 | 1000 | 74.5 | 0.88 | 0.64 | 18.1 | | |
| 19 | | 440 | 1000 | 76.5 | 3.38 | 2.16 | 68 | | |
| 20 | 4.5 | 110 | 1500 | 80 | 0.08 | 0.066 | 1.8 | | |
| 21 | | 220 | 1500 | 80.5 | 0.322 | 0.27 | 7 | | |
| 22 | | 440 | 1600 | 81 | 1.28 | 1.0 | 28 | | |
| 23 | 8.5 | 220 | 2200 | 84 | 0.167 | 0.124 | 3.5 | | |
| 24 | | 440 | 2240 | 84.5 | 0.67 | 0.445 | 14 | | |
| 25 | 14 | 220 | 3150 | 86 | 0.08 | 0.066 | 1.8 | | |
| 26 | | 440 | 3150 | 86.5 | 0.322 | 0.27 | 7 | | |
| 2ПБ 132 МУХЛ4, 2ПБ 132 МГУХЛ4 | | | | | | | | | |
| 27 | 1.1 | 110 | 750 | 64 | 0.564 | 0.336 | 13 | | 0.038 |
| 28 | | 220 | 800 | 67 | 2.44 | 1.53 | 55 | | |
| 29 | | 440 | 800 | 66.5 | 10.45 | 6.48 | 227 | | |
| 30 | 1.6 | 110 | 1060 | 71 | 0.346 | 0.224 | 13 | | |
| 31 | | 220 | 1000 | 70.5 | 1.38 | 1 | 55 | | |
| 32 | | 440 | 1060 | 71.5 | 4.92 | 3.68 | 227 | | |
| 33 | 2.4 | 110 | 1600 | 76.5 | 0.185 | 0.148 | 4.2 | | |
| 34 | | 220 | 1600 | 77 | 0.74 | 0.486 | 16.7 | | |
| 35 | | 440 | 1600 | 76.5 | 2.85 | 1.64 | 62 | | |
| 36 | 3.7 | 110 | 2200 | 79.5 | 0.104 | 0.059 | 2.4 | | |
| 37 | | 220 | 2360 | 81 | 0.346 | 0.224 | 7.9 | | |
| 38 | | 440 | 2120 | 80.5 | 1.38 | 1 | 32 | | |
| 39 | 4.5 | 110 | 3150 | 81 | 0.046 | 0.029 | 1 | | |
| 40 | | 220 | 3150 | 81.5 | 0.185 | 0.148 | 4.2 | | |
| 41 | | 440 | 3150 | 82 | 0.74 | 0.486 | 16.7 | | |

Требования к электроприводу

| Вариант П | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|
| Время регулирования, t_p | с | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| Перерегулирование, σ_m | % | 20 | 25 | 30 | 25 | 20 | 25 | 30 | 25 |
| Ошибка регулирования по возмущению, ε_m | % | 0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.1 |

Требуется:

1. На основании принципиальной схемы составить функциональную схему электропривода.
2. Выбрать по заданному напряжению электродвигателя тиристорный преобразователь.
3. Вывести для каждого элемента системы передаточную функцию. Составить структурную схему системы и показать точки приложения задающего и возмущающего воздействий.
4. Вывести передаточные функции разомкнутой САУ, замкнутой САУ по задающему воздействию, замкнутой САУ по возмущающему воздействию.
5. Построить переходные характеристики для задающего и возмущающего воздействий. Определить основные показатели качества САУ и сравнить с заданными.
6. Определить требуемый коэффициент усиления регулятора, обеспечивающий заданную ошибку регулирования по возмущающему воздействию.
7. Рассчитать и построить годограф Найквиста для нескорректированной системы с коэффициентом усиления регулятора, равным 1. Определить устойчивость системы и запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Сравнить рассчитанный коэффициент усиления регулятора с запасом устойчивости по амплитуде.
8. Рассчитать и построить годограф Михайлова для нескорректированной системы с коэффициентом усиления регулятора, рассчитанным в п.6. Определить устойчивость системы.
9. Рассчитать и построить логарифмические амплитудно-фазочастотные характеристики (ЛАФЧХ) отдельных звеньев и ЛАФЧХ разомкнутой нескорректированной системы.
10. Оценить по ЛАФЧХ разомкнутой нескорректированной системы показатели качества и сравнить с заданными и определенными в п. 5.

11. В соответствии с заданными показателями качества рассчитать и построить желаемую логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ).

12. Определит ЛАЧХ, передаточную функцию и параметры последовательного корректирующего устройства.

13. Выбрать и обосновать часть схемы для включения параллельного корректирующего устройства. Определит ЛАЧХ, передаточную функцию и параметры параллельного корректирующего устройства

14. Рассчитать и построить переходные характеристики по задающему и возмущающему воздействиям для скорректированной САУ. Определить основные показатели качества САУ и сравнить с заданными.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Индивидуальных домашних заданий и расчетно-графических заданий планом дисциплины не предусмотрено.

5.4. Перечень контрольных работ.

Контрольные работы учебным планом дисциплины не предусмотрены.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. *Рубанов, В. Г.* Теория линейных систем автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов ; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015092312173558600000659472>

2. *Рубанов, В. Г.* Математические модели элементов и систем автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014082812561127900000655899>

3. *Первозванский, А. А.* Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Первозванский. - Москва: Лань", 2015. - 624 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0995-2. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460

4. *Ощепков, А. Ю.* Система автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Ощепков. - Москва: Лань, 2013. - 208 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1471-0. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68463

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 747 с.
2. Подлесный, Н.И. Элементы систем автоматического управления и контроля / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов.– М.: Высшая школа, 1991.– 464 с.
3. Певзнер, Л. Д. Практикум по теории автоматического управления: учебное пособие / Л. Д. Певзнер. – М.: Высшая школа, 2006. – 590 с.
4. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Москва: Лань, 2010. - ISBN 978-5-8114-1034-7. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=538
5. Воронов, А. А. Основы теории автоматического управления / А. А. Воронов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 308 с.
6. Рубанов, В. Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005 - (Электронные копии учебных изданий). Ч. 1 . - 2005. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017011214473408900000653002>
7. Греков Э.Л. Исследование системы автоматического управления электроприводом постоянного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Греков Э.Л., Фатеев В.Б. - Электрон. текстовые данные.- Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.- 108 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30057.html>. - ЭБС «IPRbooks»
8. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Москва: «Лань», 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1034-7 – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71753
9. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB [Электронный ресурс] / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко, В. Е. Беляев. - Москва : Лань", 2016. - 464 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1255-6 Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71744

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Курс лекций. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html> /. – Заглавие с экрана.
2. Клиначёв Н. В. Теория автоматического регулирования. Учебно-

методический комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://model.exponenta.ru/lectures/index.htm/>. – Заглавие с экрана.

3. Теория автоматического управления (курс лекций) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/619/47619/files/susu26.pdf/>. – Заглавие с экрана.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия – аудитория мк218, оснащенная интерактивной доской и проекционным оборудованием;

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины разработаны тесты в программном пакете SunRay TestOfficePro - средство для контроля проверки знаний, размещенные на ПК компьютерного зала мк229, 231.

Для лекционных занятий используется предустановленное лицензионное программное обеспечение Microsoft: Windows 7 Professional (№ дог. 63-14к от 02.07.2014), Office 2013 Professional (№ дог. 31401445414 от 25.09.2014)

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине для проведения практических занятий и выполнения курсовой работы используется пакет прикладных программ MATLAB. Сведения о наличии лицензионного программного обеспечения: Matlab 2014b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Statistics and Machine Learning Toolbox (10 лиц. №362444 бессрочная);

Программа электронного тестирования TestOfficePro (распространяется бесплатно).

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2017 /2018 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от «10» 06 2017 г.

Заведующий кафедрой _____


подпись, ФИО

Директор института _____


подпись, ФИО

Список изменений и дополнений в рабочей программе, утвержденной на 2017/2018 учебный год.

В пункт 6.2 добавлены следующие литературные источники:

1. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Москва: «Лань», 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1034-7 – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71753

2. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB [Электронный ресурс] / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко, В. Е. Беляев. - Москва : Лань", 2016. - 464 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1255-6

Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71744

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2018 /2019 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой _____


подпись, ФИО

Директор института _____


подпись, ФИО

Список изменений и дополнений в рабочей программе, утвержденной на 2018/2019 учебный год.

В пункт 6.3 добавлены следующие интернет источники:

ТАУ. Matlab/Simulink - моделирование передаточной функции, снятие характеристик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=9w4_k3RxfPA– Заглавие с экрана.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА _____ А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС _____ А.В. Белоусов

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 2020г.

Заведующий кафедрой _____

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института _____

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Утверждение рабочей программы без изменений.

Рабочая программа без изменений утверждена на 20 21/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой _____  А.В. Белоусов

Директор института _____  А.В. Белоусов