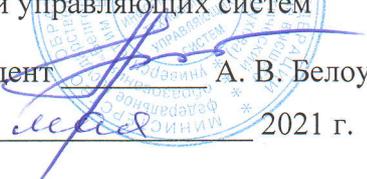


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

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

«20» _____ 2021 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 автоматика

Белгород – 2021

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 № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук  Ю. А. Кошлич

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

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

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

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

« 15 » мая 2021 г.

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

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования	ПК-1.2. Применяет методы анализа, синтеза и оптимизации систем автоматического управления при проектировании электрических приводов	<p>Знания: методов анализа устойчивости, качества, синтеза законов регулирования при проектировании систем управления электрических приводов</p> <p>Умение: производить расчет динамических свойств систем, осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления</p> <p>Навыки: применения средств компьютерной алгебры для решения синтеза и оптимизации систем автоматического управления при проектировании электрических приводов</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Инженерная экология
2	Теория автоматического управления
3	Электрический привод
4	Электроснабжение цеховых электроприемников
5	Электроснабжение промышленных предприятий
6	Системы управления электроприводов
7	Электропривод в современных технологиях
8	Автоматизированные системы диспетчерского управления
9	Экономика энергетики

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.
Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
курсовой проект	-	-
курсовая работа	-	-
расчетно-графическое задание	18	18
индивидуальное домашнее задание	-	-
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
экзамен	-	-

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
Общие свойства систем					
1	Классификация систем управления, поведение объектов и СУ. Понятие о классификационных признаках. Классификация систем по физической или социальной природе объектов (технических, технологических, эргатических, организационных) управления. Классификация систем по характеру внутренних динамических процессов, по виду уравнений, описывающих процессы в системах, по ошибке при отработке ступенчатого воздействия, по объему используемой информации и характеру изменения задающего воздействия. Примеры систем управления. Поплавковый регулятор уровня жидкости. Регулятор скорости вращения якоря элек-	2		-	2

	трического двигателя постоянного тока. Следящая система				
2	Функциональные и структурные системы автоматических систем управления. Принципы построения автоматических систем управления. Функциональные схемы систем управления. Функционально-необходимые элементы автоматических систем. Виды обратных связей. Законы управления. Передаточные функции статических и астатических систем. Оценка точности астатических систем.	2	2		4
Методы анализа и синтеза линейных систем					
3	Анализ основных свойств линейных систем управления. Устойчивость линейных автоматических систем. Определение устойчивости автономных и неавтономных систем. Условие устойчивости автономных систем по Ляпунову. Критерии устойчивости: Гурвица, Михайлова, Найквиста, логарифмический критерий устойчивости. Критический коэффициент усиления систем. Д-разбиение в плоскости одного и двух параметров	2	8	-	9
4	Наблюдаемость и управляемость систем управления, инвариантность, чувствительность. Физическое содержание понятия наблюдаемость систем. Виды наблюдаемости в пространстве состояния. Условие наблюдаемости линейных стационарных систем. Физическое содержание понятия управляемости по Калману. Принцип двойственности в теории управляемости и наблюдаемости. Понятие инвариантности динамических управляемых систем.	2		-	1
5	Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем Прямые и косвенные методы оценки качества линейных систем. Оценка качества систем во временной области с использованием электронной модели и модели в форме пространства состояния. Косвенная оценка качества по вещественной частотной характеристике и с применением метода корневого годографа. Интегральные методы оценки качества.	4	4	-	6
6	Задачи и методы синтеза линейных автоматических систем. Параметрический синтез систем с использованием интегральных оценок. Автоматические регуляторы, реализующие требуемые законы управления, как средства стабилизации и повышения качества регулирования. Методы повышения статической точности, методы увеличения запаса устойчивости. Методы синтеза корректирующих устройств. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ, по корневому годографу.	4	4	-	6
Методы анализа и синтеза нелинейных систем					
7	Нелинейные модели систем управления и их свойства. Особенности нелинейных автоматических систем регулирования и управления. Нарушение принципов коммутативности и суперпозиции. Зависимость характера выходного сигнала от уровня входного сигнала и	2	2	-	3

	начальных условий. Виды устойчивости в нелинейных системах. Типы нелинейностей и виды статических характеристик нелинейных элементов.				
8	Анализ равновесных режимов. Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования). Первый и второй методы Ляпунова частотный метод исследования абсолютной устойчивости. Определение свойства устойчивости нелинейных систем. Второй метод Ляпунова. Геометрическая интерпретация. Теоремы Ляпунова об асимптотической и автоколебательной устойчивости. Абсолютная устойчивость нелинейных систем. Метод Попова.	2	2	-	3
9	Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости. Прямые методы оценки устойчивости и качества нелинейных систем (точные методы исследования). Метод фазовой плоскости. Фазовые траектории. Предельные циклы. Метод изоклин. Анализ равновесных режимов. Особые точки фазовой плоскости: центр, фокус, узел, седло. Особые точки и фазовые траектории нелинейных систем непрерывного и разрывного классов. Метод приспособывания. Иллюстрация на примере релейной следящей системы.	4	4	-	6
10	Структурные способы улучшения качества управления. Организация скользящего режима как метод улучшения качества управления. Системы с переменной структурой. Скользящий режим в системах с переменной структурой.	2	2	-	3
11	Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов с нелинейных системах). Физические основы метода гармонической линеаризации. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи нелинейного элемента. Линеаризованная модель нелинейной системы. Метод Гольдфарба.	4	2	-	4
Оптимальные системы автоматического управления					
12	Оптимальные системы управления. Критерии оптимальности. Постановка задачи оптимального управления. Методология выбора минимизируемого функционала. Классификация минимизируемых функционалов. Особенности стабилизирующего оптимального управления.	2	2	-	3
13	Методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование. Классическое вариационное исчисление. Принцип максимума Понтрягина.	2	2	-	3
	ВСЕГО	34	34	-	55

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Общие свойства систем	Типовые структуры систем автоматического управления и методы их преобразования.	2	2
2	Методы анализа и синтеза линейных систем	Критерий устойчивости Ляпунова, Гурвица	2	2
3	Методы анализа и синтеза линейных систем	Критерий устойчивости Михайлова	2	2
	Методы анализа и синтеза линейных систем	Критерий устойчивости Найквиста	2	2
5	Методы анализа и синтеза линейных систем	Логарифмический критерий устойчивости	2	2
6	Методы анализа и синтеза линейных систем	Методы анализа качества линейных систем	4	4
7	Методы анализа и синтеза линейных систем	Корректирующие устройства и методы их синтеза	4	4
8	Методы анализа и синтеза нелинейных систем	Второй метод Ляпунова, метод Попова	2	2
9	Методы анализа и синтеза линейных систем	Построение фазовых портретов свободного движения линейных объектов 2-го порядка	4	4
10	Методы анализа и синтеза нелинейных систем	Анализ релейных систем автоматического управления методом фазовой плоскости, скользящие режимы	2	2
11	Методы анализа и синтеза нелинейных систем	Гармоническая линеаризация типовых нелинейных характеристик	2	2
12	Методы анализа и синтеза нелинейных систем	Анализ автоколебательных процессов в релейных системах автоматического управления методом гармонического баланса	2	2
13	Методы анализа и синтеза нелинейных систем	Вариационные методы оптимизации. Принцип максимума Понтрягина.	4	2
ВСЕГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

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.

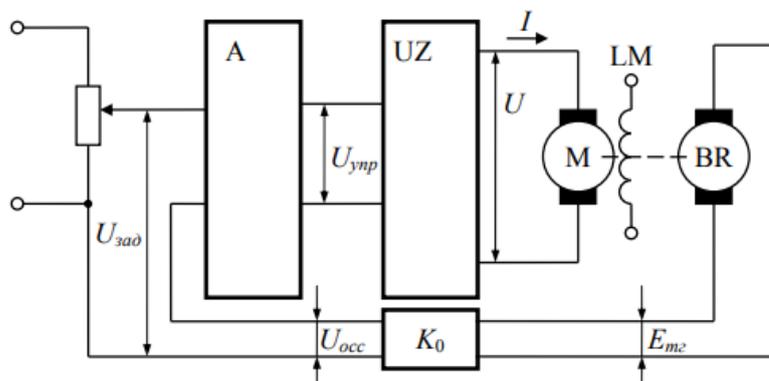


Рис. 1. Принципиальная схема электропривода

Таблица 1

Паспортные данные двигателя

№ варианта	Мощность, Р _н , кВт	Напряжение U _н , В	Частота вращения n _н , об/мин	КП Д η, %	Сопротивление обмотки при температуре 15°C		Индуктивность якоря L _н , Гн	Момент инерции J, кг·м ²
					якоря R _н , Ом	Доп. полюсов R _н , Ом		
Тип 2ПН 132 МУХЛ4, 2ПН 132 МГУЛ4								
1	1,6	110	750	68	0,472	0,308	9,7	0,038
2	1,6	220	750	68,5	1,88	1,39	38,6	0,038
3	2,5	110	1000	72	0,271	0,204	4,7	0,038
4	2,5	220	1000	73,5	1,08	0,763	22,9	0,038
5	2,5	440	1000	73	4,54	3,26	91,5	0,038
6	4	110	1500	77,5	0,14	0,054	2,8	0,038
7	4	220	1500	79	0,564	0,336	11	0,038
8	4	440	1500	79	2,28	1,44	42	0,038
9	7	110	2200	81	0,067	0,049	1,4	0,038
10	7	220	2240	83	0,226	0,166	4,6	0,038
11	7	440	2240	83	0,906	0,692	18	0,038
12	10,5	110	3000	84	0,14	0,094	2,8	0,038
13	10,5	220	3000	85	0,564	0,336	11	0,038
14	1,9	110	750	71	0,332	0,27	7,1	0,048
15	1,9	220	750	72	1,28	1	28,3	0,048
16	1,9	440	750	70,5	6,42	4,45	119	0,048
17	3	110	950	74,5	0,22	0,196	4,5	0,048
18	3	220	1000	74,5	0,88	0,64	18,1	0,048
19	3	440	1000	76,5	0,38	2,16	68	0,048
20	4,5	110	1500	80	0,08	0,066	1,8	0,048
21	4,5	220	1500	80,5	0,332	0,27	7	0,048
22	4,5	440	1600	81	1,28	1,0	28	0,048
23	8,5	220	2200	84	0,167	0,124	3,5	0,048
24	8,5	440	2240	84,5	0,67	0,445	14	0,048
25	14	220	3150	86	0,08	0,066	1,8	0,048

№ варианта	Мощность, Р _н , кВт	Напряжение U _н , В	Частота вращения n _н , об/мин	КПД η, %	Сопротивление обмотки при температуре 15°C		Индуктивность якоря L _н , Гн	Момент инерции J, кг·м ²
					якоря R _н , Ом	Доп. полюсов R _н , Ом		
26	14	440	3150	86,5	0,332	0,27	7	0,048
2ПБ 132 МУХЛ4, 2ПБ 132 МГУХЛ4								
27	1,1	110	750	64	0,564	0,336	13	0,038
28	1,1	220	800	67	2,44	1,53	55	0,038
29	1,1	440	800	66,5	10,45	6,48	227	0,038
30	1,6	110	1060	71	0,346	0,224	13	0,038
31	1,6	220	1000	70,5	1,38	1	55	0,038
32	1,6	440	1060	71,5	4,92	3,68	227	0,038
33	2,4	110	1600	76,5	76,5	0,148	4,2	0,038
34	2,4	220	1600	77	77	0,486	16,7	0,038
35	2,4	440	1600	76,5	76,5	1,64	62	0,038
36	3,7	110	2200	79,5	79,5	0,059	2,4	0,038
37	3,7	220	2360	81	81	0,224	7,9	0,038
38	3,7	440	2120	80,5	80,5	1	32	0,038
39	4,5	110	3150	81	81	0,029	1	0,038
40	4,5	220	3150	81,5	81,5	0,148	4,2	0,038
41	4,5	440	3150	82	82	0,486	16,7	0,038

Требования к электроприводу

Вариант II		1	2	3	4	5	6	7	8
Время регулирования, <i>t_p</i>	с	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Перерегулирование, <i>σ_м</i>	%	20	25	30	25	20	25	30	25
Ошибка регулирования по возмущению, <i>ε_м</i>	%	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. Определить 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. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.2. Применяет методы анализа, синтеза и оптимизации систем автоматического управления при проектировании электрических приводов	защита РГЗ, дифференцированный зачет, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для подготовки к дифференцированному зачету

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие свойства систем	<ol style="list-style-type: none">1. Что собой представляет структурная модель системы?2. Перечислите основные свойства преобразования структурных схем систем.3. Какой математический аппарат применяется для описания цифровой модели системы.4. Какие виды передаточных функций замкнутых систем вы знаете?5. Приведите выражения для различных видов передаточных функций замкнутых систем через передаточные функции разомкнутых систем.6. Как получить выходной сигнал и ошибку через передаточные функции систем по известным входным сигналам?7. Чем отличаются передаточные функции статических астатических систем?8. Как влияет на величину ошибки системы степень ее астатизма и порядок полинома входного воздействия?
2	Методы анализа и синтеза линейных систем	<ol style="list-style-type: none">9. Дайте определение понятия устойчивости системы.10. Что определяет свободное движение системы в её математической модели?11. Сформулируйте критерий устойчивости линейных систем по Ляпунову.12. Сформулируйте необходимые и достаточные условия устойчивости систем по Гурвицу.13. Сформулируйте правило построения определителя Гурвица.14. Дайте определение критического коэффициента усиления.15. Как определить критический коэффициент усиления по Гурвицу?16. На чем основана связь между критерием Ляпунова и критерием Михайлова?17. Покажите связь между величиной приращения аргумента вектора, соответствующего характеристическому полиному системы, и количеством квадрантов, через которые проходит годограф Михайлова.18. Дайте определение устойчивости систем по критерию Михайлова.19. Как можно оценить запас устойчивости системы по критерию Михайлова?20. В чем состоит следствие из критерия Михайлова?21. Как найти критический коэффициент усиления системы по критерию Михайлова?22. С помощью какой частотной характеристики судят об устойчивости системы по критерию Найквиста?23. Сформулируйте критерий Найквиста для случая, когда разомкнутая система устойчива.24. Как определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе по критерию Найквиста?

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>25. Сформулируйте критерий Найквиста для случая, когда разомкнутая система неустойчива.</p> <p>26. Проиллюстрируйте связь между критерием Найквиста и логарифмическим критерием устойчивости.</p> <p>27. Дайте определение устойчивости замкнутой системы по логарифмическому критерию устойчивости для случаев устойчивой и неустойчивой разомкнутой системы.</p> <p>28. Как определить запасы устойчивости системы по логарифмическому критерию?</p> <p>29. В чем особенности оценки устойчивости систем с запаздыванием по критерию Найквиста?</p> <p>30. Что такое критическое время запаздывания и как оно определяется?</p> <p>31. Чем определяется необходимость выделения области устойчивости в пространстве параметров системы?</p> <p>32. Какая связь между плоскостью корней и D-разбиением в плоскости одного параметра?</p> <p>33. Сформулируйте правило штриховки кривой D-разбиения в плоскости одного параметра.</p> <p>34. Как определяется область устойчивости при D-разбиении в плоскости одного параметра?</p> <p>35. Изложите методику получения кривой D-разбиения в плоскости двух параметров.</p> <p>36. Сформулируйте правило штриховки кривой D-разбиения и особых прямых.</p> <p>37. Проиллюстрируйте изменение положения корней в плоскости корней при переходе из одной области плоскости D-разбиения в другую.</p> <p>38. Какими показателями характеризуется качество системы?</p> <p>39. Назовите точные и приближенные методы оценки качества систем.</p> <p>40. Какие вы знаете методы получения переходной характеристики?</p> <p>41. Дайте определение основных показателей качества по переходной характеристике.</p> <p>42. Приведите выражение, связывающее вещественную частотную характеристику замкнутой системы и ее переходную функцию.</p> <p>43. Какими значениями ВЧХ определяются начало и конец переходной характеристики?</p> <p>44. На что указывают разрывы непрерывностей и пики ВЧХ?</p> <p>45. Как влияет «ширина» ВЧХ на длительность переходной характеристики?</p> <p>46. Как определить статизм или астатизм системы по ВЧХ?</p> <p>47. Чему равна статическая ошибка системы?</p> <p>48. Чем отличается метод структурного моделирования от метода понижения порядка производной?</p> <p>49. Перечислите основные этапы моделирования методом понижения порядка производной.</p> <p>50. В чем состоит методика перехода от модели в форме передаточных функций к модели в форме пространства состояния?</p> <p>51. Каким образом осуществляется анализ качества методом электронного моделирования?</p> <p>52. Как составляется уравнение состояния по структурной модели системы?</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>53. Как составляется уравнение выхода по структурной модели системы?</p> <p>54. Что такое машинное устройство?</p> <p>55. Как выбираются масштабные коэффициенты?</p> <p>56. Дайте определение корневого годографа системы.</p> <p>57. Запишите уравнения модулей и фаз.</p> <p>58. Чем определяется начало и конец корневого годографа?</p> <p>59. Как определить участки вещественной оси, принадлежащие корневому годографу?</p> <p>60. Обоснуйте свойства непрерывности и симметрии корневого годографа.</p> <p>61. В чем состоят асимптотические свойства корневого годографа?</p> <p>62. Как определить положение асимптот?</p> <p>63. Как найти точки выхода (входа) корневого годографа с вещественной оси плоскости корней?</p> <p>64. Как определить угол выхода корневого годографа из комплексно-сопряженного полюса?</p> <p>65. Изложите методику оценки качества систем по корневому годографу.</p> <p>66. Какие вы знаете интегральные оценки качества?</p> <p>67. Дайте сравнительную характеристику интегральных оценок качества.</p> <p>68. В чем состоит задача параметрического синтеза системы на основе интегральных оценок?</p> <p>69. Объясните содержание задачи стабилизации системы.</p> <p>70. В чем состоит смысл задачи демпфирования системы?</p> <p>71. Укажите возможные пути повышения точности систем в переходном и установившемся режимах.</p> <p>72. Как осуществляется демпфирование системы путем внесения отрицательных фазовых сдвигов?</p> <p>73. Проиллюстрируйте эффект демпфирования системы за счет внесения положительных фазовых сдвигов.</p> <p>74. Изложите общую методику синтеза последовательных корректирующих устройств методом логарифмических частотных характеристик.</p> <p>75. Как определяется коэффициент преобразования систем статического и астатического классов?</p> <p>76. Как определяется частота среза желаемой ЛАЧХ?</p> <p>77. Объясните влияние изменения частоты среза системы на ее быстродействие.</p> <p>78. Как выбирается наклон среднечастотной асимптоты желаемой ЛАЧХ?</p> <p>79. Какие существуют ограничения на изломы среднечастотного участка желаемой ЛАЧХ?</p> <p>80. Как определить ЛАЧХ корректирующего устройства?</p> <p>81. Изложите методику синтеза регулятора фазоопережающего типа методом корневого годографа.</p> <p>82. Как определяется положение нуля и полюса регулятора фазоопережающего типа на плоскости корней?</p> <p>83. Как по корневому годографу находится значение коэффициента усиления системы, соответствующее заданному положению доми-</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>нирующих корней?</p> <p>84. Изложите методику синтеза регулятора фазоотстающего типа методом корневого годографа.</p>
3	Методы анализа и синтеза линейных систем	<p>85. Какие системы относятся к классу нелинейных систем?</p> <p>86. Перечислите особенности нелинейных систем</p> <p>87. В чем проявляется нарушение принципа коммутативности и свойства суперпозиции в нелинейных системах?</p> <p>88. Проиллюстрируйте зависимость формы выходного сигнала нелинейной системы от начальных условий и уровня входного сигнала.</p> <p>89. Какие формы устойчивости присущи нелинейным системам?</p> <p>90. Дайте классификацию нелинейностей по различным классификационным признакам.</p> <p>91. Приведите типовые статические характеристики нелинейных элементов.</p> <p>92. Как осуществляется аналитическое описание типовых нелинейностей?</p> <p>93. Как осуществляется эквивалентное преобразование структурных схем нелинейных систем?</p> <p>94. Дайте определение устойчивости динамической системы по Ляпунову.</p> <p>95. Какие Вы знаете функции Ляпунова и какими свойствами они обладают?</p> <p>96. Сформулируйте теоремы Ляпунова об устойчивости движения нелинейных систем.</p> <p>97. Что такое абсолютная устойчивость нелинейных систем?</p> <p>98. Какие ограничения имеют место при применении критерия В.М. Попова?</p> <p>141. Сформулируйте критерий Попова для случая нелинейности класса $(0, k_m)$.</p> <p>142. Каким образом задается фазовое пространство?</p> <p>143. Что такое фазовая траектория и фазовый портрет?</p> <p>144. Как получить уравнение фазовой траектории?</p> <p>145. Что такое изоклина?</p> <p>146. Как определить направление движения изображающей точки на фазовой траектории?</p> <p>147. Что такое особые точки фазовой плоскости?</p> <p>148. Какие виды особых точек Вы знаете и какие фазовые траектории им присущи?</p> <p>149. Как определить тип особой точки при задании движения системы в форме Коши?</p> <p>150. Какие характерные особенности на фазовой плоскости присущи нелинейным системам?</p> <p>151. Что такое линии переключения?</p> <p>152. Что такое предельный цикл?</p> <p>153. В чем состоит метод припасовывания?</p> <p>154. Как организуется скользящий режим в нелинейной системе и в чем его особенность?</p> <p>155. Перечислите способы организации систем с переменной структурой.</p> <p>156. Какие должны выполняться гипотезы в случае применения метода гармонической линеаризации?</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>157. В чем принципиальное отличие гармонической линеаризации от линеаризации разложением в ряд Тейлора?</p> <p>158. Как определяются коэффициенты гармонической линеаризации?</p> <p>159. Что представляет собой комплексный коэффициент передачи нелинейной системы?</p> <p>160. Какова методика определения коэффициентов гармонической линеаризации типовых нелинейностей?</p> <p>161. Чему соответствует в частотной области отставание по положению, вносимое нелинейным элементом из-за наличия гистерезиса (неоднозначности)?</p> <p>162. Как определяются параметры автоколебаний нелинейных систем методом Гольдфарба?</p> <p>163. Каким образом оценивается устойчивость автоколебаний?</p> <p>164. Какие режимы движения исследуются методом гармонической линеаризации?</p> <p>165. Какой вид имеет уравнение движения гармонически линеаризованной системы в общем случае?</p> <p>166. Запишите характеристическое уравнение гармонически линеаризованной системы.</p> <p>167. Какой характер имеют доминирующие корни характеристического уравнения гармонически линеаризованной системы в случае колебательного движения нелинейной системы?</p> <p>168. Изложите методику определения параметров автоколебаний нелинейной системы алгебраическим методом.</p> <p>169. Как решается задача выбора параметров системы при применении алгебраического метода анализа колебательного движения?</p> <p>170. Что представляют собой диаграммы качества нелинейной системы и какова методика их применения при оценке устойчивости автоколебаний?</p> <p>171. Изложите методику анализа симметричных одночастотных вынужденных колебаний.</p> <p>172. Как определяются параметры одночастотных вынужденных колебаний?</p> <p>173. Что такое режим захватывания и как определяются условия захватывания?</p>
16	Оптимальные системы автоматического управления	<p>174. Что такое оптимальное управление?</p> <p>175. Какие системы называются оптимальными?</p> <p>176. Что такое функция цели, или критерий оптимальности?</p> <p>177. Запишите формы критериев оптимальности для систем оптимальных по быстродействию, расходу ресурсов, затратам энергии на управление.</p> <p>178. Какие виды ограничения на координаты состояния существуют в реальных системах управления и чем они вызываются?</p> <p>179. Какие ограничения имеют место на управляющее воздействие?</p> <p>180. В чем состоит геометрическая интерпретация задачи оптимального управления?</p>

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Не предусмотрено учебным планом.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение применять различные методы для анализа и синтеза линейных система автоматического управления
	Умение применять различные методы для анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления
	Применяет теорию оптимального управления при построении систем управления
Навыки	Применение систем компьютерной алгебры для анализа линейных и нелинейных систем автоматического управления
	Синтез регулирующего устройства в соответствии с заданными требованиями при проектировании электрических приводов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных принципов	Не знает терминов классификаций, основных принципов	Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок	Знает термины классификации, основные принципы	Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части содержательной	Имеет поверхностные знания содержательной	Имеет достаточные знания содержательной	Имеет глубокие знания содержательной части

	части разделов дисциплины	части разделов дисциплины	части разделов дисциплины	разделов дисциплины
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности; не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами; неверно излагает и интерпретирует знания	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности; выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками; допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Излагает знания без нарушений в логической последовательности; выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно; грамотно и по существу излагает знания	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя; выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний; грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение применять различные методы для анализа и синтеза линейных система автоматического управления	Не умеет применять различные методы для анализа и синтеза линейных система автоматического управления	Испытывает затруднения при решении задач анализа и синтеза линейных система автоматического управления	Применять некоторые методы для анализа и синтеза линейных система автоматического управления	Применяет любые изученные методы анализа и синтеза линейных система автоматического управления
Умение применять различные методы для анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления	Не умеет различные методы для анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления	Испытывает затруднения при решении задач анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления	Применять некоторые методы для анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления	Применяет любые изученные методы анализа и синтеза нелинейных система автоматического управления
Применяет теорию оптимального управления при построении систем управления	Не понимает суть оптимального управления при построении систем управления	Испытывает затруднения при применении теории оптимального управления при построении систем управления	В целом верно применяет теорию оптимального управления при построении систем управления	Решает задачи оптимального управления при построении систем управления

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Применение систем компьютерной алгебры для анализа линейных и нелинейных систем автоматического управления	В принципе не понимает назначения и функциональных возможностей современных систем компьютерной алгебры для анализа линейных и нелинейных систем автоматического управления	Испытывает затруднения при применении систем компьютерной алгебры для анализа линейных и нелинейных систем автоматического управления	Решает большинство задач оценки качества и синтеза линейных и нелинейных систем автоматического управления с применением систем компьютерной алгебры	Решает любые задачи, связанные с оценкой качества и синтезом линейных и нелинейных систем автоматического управления с применением систем компьютерной алгебры
Синтез регулирующего устройства в соответствии с заданными требованиями при проектировании электрических приводов	В принципе не понимает постановки задачи синтеза регулирующего устройства в соответствии с заданными требованиями при проектировании электрических приводов	Имеет поверхностное представление о том, как регулирующее устройство влияет на заданными требованиями к показателя качества, испытывает затруднения при определении параметров регулирующего устройства	В целом верно выполняет синтез регулирующего устройства в соответствии большей частью заданных требований при проектировании электрических приводов	Выполняет синтез регулирующего устройства в соответствии с заданными требованиями при проектировании электрических приводов

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	MathWorks	Лицензия №1145851 бессрочная
5	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

- 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. – (Специалист)
- 2.Рубанов В.Г. Теория линейных систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2015. – 207с.
- 3.Рубанов В.Г. Теория нелинейных систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2015. – 226с.
- 4.Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учебное пособие : часть 1, Белгород, Изд-во БГТУ, 2005. – 199с.
- 5.Рубанов В.Г. Теория автоматического управления, учебное пособие: часть 2 (нелинейные, оптимальные и цифровые системы), Белгород, изд-во БГТУ, 2006. – 256с.
- 6.Рубанов В.Г. Математические модели элементов и систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2014. – 156с.
- 7.Ротач, В.Я . «Теория автоматического управления: учебник для студ. вузов/ В.Я. Ротач.- 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: МЭИ, 2004. – 398 с.
- 8.«Теория автоматического управления: учебник для вузов»/ под ред. В. Б. Яковлева.- М.: Высшая школа, 2003. – 566 с.
- 9.Филлипс, Ч.«Системы управления с обратной связью»: Пер. с англ./ Ч. Филлипс, Р. Харбор. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 615 с. – (Технический университет)
- 10.Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. «Элементы систем автоматического управления и контроля»- Высшая школа, 1991г. – 464с.
- 11.Методы классической и современной теории автоматического управления: в 5 т.: учебник/ под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова/- 2-е изд., перераб. и доп..

– МГТУ им. Н.Э. Баумана Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2004. – 654 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Курс лекций. Теория автоматического управления:
<http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html>
2. Клиначёв Н. В. Теория автоматического регулирования. Учебно-методический комплекс: <http://model.exponenta.ru/lectures/index.htm>
3. Образовательный сайт Школа для электрика <http://electricalschool.info/>