

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Робототехника в электромеханических системах

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки Электроэнергетика и электротехника посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующей профессиональной компетенции:

- ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- круг задач управления объектами электромеханических систем, определять характеристики, параметры элементов, составляющих систем автоматического регулирования (САР);
- приёмы анализа режимов работы оборудования, синтеза с использованием набора критериев;
- методы структурного моделирования, языки программирования, математические пакеты, позволяющие автоматизировать процесс расчёта и анализа САР.

Уметь:

- пользоваться методами анализа и синтеза САР электроэнергетических установок различного назначения, подтвердить теоретические расчёты физическим и математическим моделированием.

Владеть:

- навыками преобразования структурных схем электроэнергетических установок, синтеза и анализа САР, их моделирования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профессиональному циклу базовой части дисциплин Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Робототехника в электромеханических системах» направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Теория автоматического управления» базируется на следующих дисциплинах:

- Б1.Б.11 Электрические машины
- Б1.В.ОД.10 Силовая электроника
- Б1.В.ОД.11 Электрический привод

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

- Б1.В.ОД.6 Элементы систем автоматики
- Б1.В.ОД.7 Электромеханические системы
- Б1.В.ДВ.2.1 Цифровые системы управления роботами и манипуляторами

- Б1.В.ДВ.2.2 Преобразовательная техника в робототехнических системах
- Б1.В.ДВ.4.1 Компьютерное управление в робототехнических системах
- Б1.В.ДВ.4.2 Сервоконтроллеры роботов и манипуляторов
- Б1.В.ДВ.6.1 Электроприводы роботов и манипуляторов
- Б1.В.ДВ.6.2 Гидро- и пневмоприводы роботов
- Б1.В.ДВ.7.1 Мехатронные узлы
- Б1.В.ДВ.7.2 Прочностные расчеты в задачах робототехники

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.9	
Часов (всего) по учебному плану:	144	6 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	6 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0.84, 30	6 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0.44, 16	6 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0.39, 14	6 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1.33, 48	6 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1.0, 36	6 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лж)	-
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0.25, 9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	0.25, 9
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	0.58, 21
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0.25, 9
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	1.33, 48
Подготовка к экзамену	1.0, 36

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Введение. Предмет. Основные понятия.	4	2			2	
2	Тема 2. Статика линейных систем автоматического регулирования (САР). Передаточная функция.	14	4		2	8	
3	Тема 3. Динамика линейных САР, их характеристики.	16	8	4	4		4
4	Тема 4. Устойчивость линейных САР. Критерии.	24	6	4	4	10	4
5	Тема 5. Качество линейных САР. Синтез.	22	4	4	4	10	4
6	Тема 6. Нелинейные САР. Динамика. Критерии устойчивости.	16	2	4		10	4
7	Тема 7. Анализ систем с однозначными и неоднозначными нелинейностями.	12	4			8	2
всего 144 часа по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)			30	16	14	48	18

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Введение. Предмет. Основные понятия

Лекция 1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения. Классификация САР по характеру изменения уставки. Принципы регулирования. Общая функциональная схема САР (2 часа).

Расчетно-графическая работа 1. Классификация предложенных в индивидуальных заданиях САР, описание принципа их работы (см. приложение к РП - 2 часа).

Самостоятельная работа 1. Классификация и идентификация элементов САР. Индивидуальные варианты заданий представлены в методических указаниях по расчетному заданию № 1 «Основные понятия. Принципы управления. Примеры САР» (изучение методических указаний к расчетному заданию (приложение к РПД), проработка структуры САР) (всего к теме №1 – 2 часа).

Текущий контроль – устный опрос и рукописный отчет по пункту расчетного задания при допуске к экзамену на зачетной неделе.

Тема 2. Статика линейных систем автоматического регулирования (САР). Передаточная функция

Лекция 2. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединенных звеньев. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и

возмущающего воздействия в установившемся режиме. Статическая САР. Определение статизма системы (2 часа).

Лекция 3. Астатическая САР. Пример. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией. Способы определения передаточной функции. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия. Правила преобразования структурных схем. Передаточная функция параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия. Передаточная функция для соединения звеньев типа «обратная связь» (2 часа).

Лабораторная работа 1. Изучение принципов работы стенда операционных усилителей, изучение схем настройки коэффициентов (приложение к РП, работа №1 «Состав аналоговой вычислительной машины, настройка коэффициентов») (1 час).

Лабораторная работа 2. Анализ статических режимов работы структур САР (приложение к РП работа №2 «Анализ статики структуры САР») (1 час).

Расчетно-графическая работа 2. Поэтапное преобразование структурных схем с графическим изображением этапов работы с целью упрощения анализа качества САУ (см. приложение к РП - 4 часа).

Самостоятельная работа 2. Аналитический расчёт, упрощение структурных схем с использованием правил преобразования. Выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с индивидуальными заданиями по вариантам представлены в методических указаниях по расчётному заданию № 2 «Правила преобразования структурных схем» (приложение к РП) (всего к теме №2 – 8 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультация и защита расчетно-графической работы, рукописный отчёт по пункту расчётного задания при допуске к экзамену на зачётной неделе.

Тема 3. Динамика линейных САР, их характеристики

Лекция 4. Обобщённая структурная схема системы в динамике. Связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение. Связь между ККП и передаточной функцией. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример (2 часа).

Лекция 5. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример. Логарифмические характеристики. Пример. (2 часа).

Лекция 6. Построение асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Пример. Переходная характеристика. Определение. Пример. Связь между переходной характеристикой и передаточной функцией. Частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример. Частный случай теоремы разложения. Существует один нулевой корень. Пример. Типовые звенья линейных САР. Инерционное звено, его характеристики. Интегрирующее звено, его характеристики. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики. (2 часа).

Лекция 7. Упругое дифференцирующее звено, его характеристики. Упругое интегрирующее звено, его характеристики. Минимально-фазовые системы, их свойства. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ. Построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы. (2 часа).

Практическое занятие 1. Расчет переходных и импульсных характеристик для типовых звеньев, выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с заданием отладки программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 1 «Переходные и импульсные характеристики типовых элементов САР» (приложение к РП) (всего к теме №2 – 2 часа).

Практическое занятие 2. Расчет частотных характеристик для типовых звеньев, выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с заданием отладки программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 2 «Построение частотных характеристик типовых элементов САР» (приложение к РП) (всего к теме №2 – 2 часа).

Лабораторная работа 3. Анализ и моделирование динамики типовых звеньев САР (приложение к РП работа №3 «Модель типовых звеньев САР») (4 часа).

Расчетно-графическая работа 3. Получение графических результатов, подтверждающих характеристики типовых звеньев с переменными параметрами (см. приложение к РП - 4 часа).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультации и защита расчетно-графической работы, рукописный отчет по пункту расчетного задания при допуске к экзамену на зачетной неделе.

Тема 4. Устойчивость линейных САР. Критерии

Лекция 8. Устойчивость линейной САР. Необходимое условие устойчивости. Критерий Гурвица. Пример. Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Пример. Способы построения годографа Михайлова. Следствия из критерия Михайлова. (2 часа).

Лекция 9. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива. Критерий Найквиста (2 часа).

Лекция 10. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна. Общая формулировка критерия Найквиста. Применение критерия Найквиста для логарифмических характеристик. (2 часа).

Практическое занятие 3. Программное обеспечение к применению алгебраического критерия устойчивости САР, выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с заданием отладки программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 3 «Программное обеспечение к применению алгебраического критерия устойчивости САР» (приложение к РП) (1 час).

Практическое занятие 4. Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Михайлова, выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с заданием отладки программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 4 «Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Михайлова» (приложение к РП) (2 часа).

Практическое занятие 5. Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Найквиста, выполнение соответствующего пункта расчетно-графической работы с заданием отладки программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 5 «Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Найквиста» (приложение к РП) (1 час).

Лабораторная работа 4. Анализ и моделирование типовых структур замкнутых САР (приложение к РП работа №4 «Моделирование структур САР. Анализ устойчивости») (2 часа).

Лабораторная работа 5. Анализ и моделирование типовых структур замкнутых САР (приложение к РП работа №4 «Моделирование структур САР. Анализ устойчивости», продолжение) (2 часа).

Расчетно-графическая работа 4. Получение графических результатов, подтверждающих вид определителей, особенности годографов, соответствующих критериям устойчивости (см. приложение к РП - 8 часов).

Самостоятельная работа 3. Частотный критерий. Критерий Михайлова. Поиск корней характеристического уравнения, с индивидуальными заданиями по вариантам представлены в методических указаниях по расчетному заданию № 4 «Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Михайлова» (приложение к РП) (6 часов).

Самостоятельная работа 4. Частотный критерий. Критерий Найквиста. Поиск корней характеристического уравнения, с индивидуальными заданиями по вариантам представлены в методических указаниях по расчётному заданию № 5 «Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Найквиста» (приложение к РП) (4 часа).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультации и защита расчетно-графической работы, рукописный отчёт по пункту расчётного задания при допуске к экзамену на зачётной неделе.

Тема 5. Качество линейных САР. Синтез

Лекция 11. Точность САР. Передаточная функция по ошибке. Статическая ошибка САР. Кинетическая ошибка в астатической САР (астатизм первого порядка). Динамическая ошибка. Максимальное значение динамической ошибки. (2 часа).

Лекция 12. Метод коэффициентов ошибки. Оценка качества системы по переходной характеристике. Интегральные оценки качества системы. Оценка качества системы по АЧХ замкнутой системы. Метод трапеций. Оценка качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ. Последовательная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик. Параллельная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик. (2 часа).

Практическое занятие 6. Реализация коррекции параллельного и последовательного типа в замкнутых САР стабилизации для обеспечения заданного качества. Построение переходных процессов – для контроля результата синтеза. Примеры по отладке программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 6 «Построение переходных процессов для случаев последовательной и параллельной коррекции» (приложение к РП) (2 часа).

Практическое занятие 7. Реализация коррекции следящей САР для обеспечения заданного качества. Построение переходных процессов – для контроля результата синтеза. Примеры по отладке программного обеспечения (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 6 «Построение переходных процессов для случаев реализации следящей системы» (приложение к РП) (2 часа).

Лабораторная работа 6. Моделирование типовых структур замкнутых САР с заданным типом коррекции (последовательной или параллельной) (приложение к РП работа №5 «Моделирование структур САР. Заданное качество регулирования») (2 часа).

Лабораторная работа 7. Моделирование следящей САР с заданным качеством (приложение к РП работа №5 «Моделирование структур САР. Заданное качество регулирования» продолжение) (2 часа).

Расчетно-графическая работа 5. Получение графических результатов, подтверждающих вид логарифмических характеристик (точных и асимптотических), результаты синтеза и проверки качества переходных процессов (динамики) (см. приложение к РП - 2 часа).

Самостоятельная работа 5. Задание на построение переходных процессов в замкнутой САР по результатам последовательной коррекции дано в методических указаниях по расчётному заданию № 6 «Синтез САР с заданным показателем качества» (приложение к РП) (3 часа).

Самостоятельная работа 6. Задание на построение переходных процессов в замкнутой САР по результатам параллельной коррекции дано в методических указаниях по расчётному заданию № 6 «Синтез САР с заданным показателем качества» (продолжение) (приложение к РП) (4 часа).

Самостоятельная работа 7. Задание на построение переходных процессов в замкнутой САР по результатам синтеза следящей системы дано в методических указаниях по расчётному заданию № 6 «Синтез САР с заданным показателем качества» (продолжение) (приложение к РП) (3 часа).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультации и защита расчетно-графической работы, рукописный отчет по пункту расчетного задания при допуске к экзамену на зачетной неделе.

Тема 6. Нелинейные САР. Динамика. Критерии устойчивости.

Лекция 13. Нелинейная система. Определение. Пример. Основные виды нелинейных характеристик. Принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра. Уравнение гармонического баланса. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи. Метод Гольдфарба для систем с однозначными нелинейностями (2 часа).

Практическое занятие 8. Отладка программы анализа работы нелинейной САР с однозначной нелинейностью (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 7 «Анализ автоколебаний нелинейной САР» (приложение к РП) (2 часа).

Расчетно-графическая работа 6. Получение графических результатов анализа динамики нелинейных систем прямым решением уравнения движения и методом изоклин (см. приложение к РП - 1 час).

Самостоятельная работа 8. Подготовка к практическому занятию № 8 (10 часов).

Тема 7. Анализ систем с однозначными и неоднозначными нелинейностями.

Лекция 14. Нелинейная система. Метод Гольдфарба для систем с неоднозначными нелинейностями. Фазовая плоскость. Определение. Свойства фазовых траекторий. Способы построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин). Метод изоклин. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости.

Лекция 15. Нелинейная система. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено). Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом. (2 часа).

Практическое занятие 9. Отладка программы анализа работы нелинейной САР с неоднозначной нелинейностью (пакет MAPLE) представлены в методических указаниях по упражнениям № 7 «Анализ автоколебаний нелинейной САР» (продолжение) (приложение к РП) (2 часа).

Самостоятельная работа 9. Самостоятельное изучение указанной темы и подготовка к практическому занятию № 9 (8 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.

Дополнительная тема на СРС.

Понятие устойчивости нелинейных САР в малом, в большом и в целом. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Формулировка. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Геометрическая интерпретация. Прямая Попова.

Текущий контроль – устный опрос по дополнительной теме СРС.

Практические занятия (в количестве 16 часов) проводятся в интерактивной форме (используется бригадный метод проведения).

На практических занятиях студенты разрабатывают программное обеспечение для анализа САР – работа индивидуальная за персональным компьютером. Это же программное обеспечение используется для выполнения пунктов самостоятельной работы по освоению разделов курса. Математический пакет – MAPLE.

Лабораторные работы выполняются с использованием операционных усилителей из состава комплекса АВК-31М. Используется бригадный метод выполнения заданий с разграничением функциональных обязанностей студента при выполнении задания по моделированию – анализ исходных данных, проработка схемы построения модели, выбор технологии моделирования, расчет параметров регуляторов и контуров регулирования, возможная оптимизация. Затем усилия объ-

единяются, и организуется активный диалог студентов с преподавателем и между собой для подведения итогов решения задания и практической реализации модели.

В процессе выполнения самостоятельной работы контроль осуществляется через оформление отчёта по расчётному заданию с параметрами САР по индивидуальным вариантам. Контроль – при получении допуска на экзамен. Консультации – в процессе выполнения упражнений и на лекционных занятиях.

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: демонстрационные слайды лекций по дисциплине (приложение к РПД), объединённые в презентацию с оптимальным и порционным представлением информации на экране, поясняющий текст даётся «под запись» для формирования конспекта; методические указания к практическим занятиям, к лабораторным работам, по расчётно-графической работе, по самостоятельной работе в приложении к РПД.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-7.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвину-

том, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям, расчетно-графической работе. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и расчетно-графических работ, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- круг задач управления объектами электромеханических систем, определять характеристики, параметры элементов, составляющих САР;
- приёмы анализа режимов работы оборудования, синтеза с использованием набора критериев;
- методы структурного моделирования, языки программирования, математические пакеты, позволяющие автоматизировать процесс расчёта и анализа САР;

наличие **умения**:

- пользоваться методами анализа и синтеза САР электроэнергетических установок различного назначения, подтвердить теоретические расчёты физическим и математическим моделированием;

присутствие **навыка**:

- преобразования структурных схем электроэнергетических установок, синтеза и анализа САР, их моделирования.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, расчетно-графических работ, в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля.

На защите соответствующих лабораторных работ (методические указания: приложение к РПД) задается 2 вопроса из примерного перечня:

1. Какие элементы САР из типичного их набора включены в состав блоков комплекса АВК-31М?
2. Какова методика настройки коэффициентов операционных усилителей (ОУ)?
3. В чём особенность настройки ОУ в зависимости от типа реализуемого элемента САР?
4. Что такое статизм САР и от чего он зависит?
5. Как рассчитывается коэффициент усиления ОУ, какие допущения при этом делаются?
6. Почему усилитель назван операционным?
7. Как поставить в соответствие передаточную функцию элемента САР схеме включения ОУ?
8. Какие преимущества в моделировании структур САР даёт масштабирование независимой переменной (времени)?
9. Какой ценой в ПИД регуляторе САР на ОУ можно выделить все составляющие закона регулирования?

10. Какие типовые звенья при реализации на АВК-31М не требуют использования навесных элементов, подключаемых на плате пользователя, а какие требуют?
11. Перечислите типовые нелинейности САР.
12. Как работает элементарный нелинейный узел: опорное напряжение – диод?
13. В чём отличие «однозначной» нелинейности от «неоднозначной»?
14. Какова полная формулировка критерия устойчивости Найквиста?
15. Каков полный сдвиг фазы в разомкнутой САР, состоящей из трёх инерционных звеньев?
16. Как влияет соотношение величин постоянных времени трёх инерционных звеньев, составляющих САР, на её устойчивость?
17. Как влияет соотношение коэффициентов усиления трёх инерционных звеньев, составляющих САР, на её устойчивость?
18. Как проверить на АВК-31М величину кинетической ошибки САР?
19. Как проверить на АВК-31М величину статической ошибки САР?
20. Как проверить на АВК-31М величину динамической ошибки САР?
21. Как обеспечивается на АВК-31М выполнение условий применения гипотеза «фильтра» для анализа нелинейных САР?
22. Какой режим возможен в нелинейной САР и невозможен в линейной?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» в процессе защиты расчетно-графической работы, как формы текущего контроля.

В процессе защиты расчетно-графической работы (методические указания к выполнению расчетно-графической работы представлены в приложении к РПД) студентам задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Какова классификация САР по задачам регулирования?
2. Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.
3. В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?
4. Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?
5. Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?
6. Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?
7. Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?
8. Какие критерии устойчивости называются частотными?
9. В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?
10. Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?
11. Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?
12. Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?
13. Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?
14. В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?
15. Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?
16. Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?

17. Какова цель использования фазовой плоскости при анализе нелинейных САР?
18. Что такое изоклина?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях при отладке программного обеспечения, глубина ответов студента при защите текста программного продукта, составленного по заданию из методических указаний к выполнению упражнений, представленных в приложении к РП, на 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Какие операторы позволяют получить переходные и импульсные характеристики элементов САР в среде MAPLE?
2. Как влияют параметры инерционного звена (или любого другого типового звена САР) на вид переходной и импульсной характеристики?
3. В чём особенность построения частотных (фазовых) характеристик в среде MAPLE? (Как программно устранить разрывы в фазовых характеристиках?)
4. Есть ли средства поиска определителей Гурвица в среде MAPLE и какие они?
5. Зачем при анализе частотных свойств САР и построении годографов необходимо формировать на графике поля с натуральным и логарифмическим масштабом?
6. Какой алгоритм программы построения асимптотической ЛАЧХ в среде MAPLE?
7. Какой алгоритм поиска передаточной функции звена последовательной коррекции?
8. Какой алгоритм поиска передаточной функции звена параллельной коррекции?
9. Есть ли преимущества у параллельной коррекции перед последовательной?
10. Как повысить наглядность результатов анализа работы нелинейной системы с помощью построения фазовых портретов в среде MAPLE?
11. Почему ресурсы MAPLE построения фазовых портретов не работают для САР с неоднозначными нелинейностями?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Теория автоматического управления» проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не

только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента и приложение к диплому выносится оценка экзамена по дисциплине за 6 семестр.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины (приложение к РПД)):

1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения.
2. Классификация САР по характеру изменения уставки.
3. Принципы регулирования.
4. Общая функциональная схема САР.
5. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР.
6. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединённых звеньев.
7. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и возмущающего воздействия в установившемся режиме.
8. Зависимость изображения выходного сигнала САР от изображения входного сигнала и возмущающего воздействия.
9. Статическая САР. Определение статизма системы.

10. Астатическая САР. Пример.
11. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации.
12. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока.
13. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией.
14. Способы определения передаточной функции.
15. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия.
16. Правила преобразования структурных схем.
17. Передаточная функция параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия.
18. Передаточная функция для соединения звеньев типа «обратная связь».
19. Обобщённая структурная схема системы в динамике.
20. Связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы.
21. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение.
22. Связь между ККП и передаточной функцией.
23. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример.
24. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример.
25. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример.
26. Логарифмические характеристики. Пример.
27. Построение асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Пример.
28. Переходная характеристика. Определение. Пример.
29. Связь между переходной характеристикой и передаточной функцией.
30. Частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример.
31. Частный случай теоремы разложения. Существует один нулевой корень. Пример.
32. Типовые звенья линейных САР.
33. Инерционное звено, его характеристики.
34. Интегрирующее звено, его характеристики.
35. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики.
36. Упругое дифференцирующее звено, его характеристики.
37. Упругое интегрирующее звено, его характеристики.
38. Минимально-фазовые системы, их свойства.
39. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ.
40. Построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы.
41. Устойчивость линейной САР. Необходимое условие устойчивости.
42. Критерий Гурвица. Пример.
43. Принцип аргумента.
44. Критерий Михайлова. Пример.
45. Способы построения годографа Михайлова.
46. Следствия из критерия Михайлова.
47. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива.
48. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива.
49. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна.
50. Общая формулировка критерия Найквиста.
51. Применение критерия Найквиста для логарифмических характеристик.
52. Точность САР. Передаточная функция по ошибке.
53. Статическая ошибка САР.
54. Кинетическая ошибка в астатической САР (астатизм первого порядка).
55. Динамическая ошибка. Максимальное значение динамической ошибки.

56. Метод коэффициентов ошибки.
57. Оценка качества системы по переходной характеристике.
58. Интегральные оценки качества системы.
59. Оценка качества системы по АЧХ замкнутой системы.
60. Метод трапеций.
61. Оценка качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ.
62. Последовательная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик.
63. Параллельная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик.
64. Нелинейная система. Определение. Пример.
65. Основные виды нелинейных характеристик.
66. Принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра.
67. Уравнение гармонического баланса.
68. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи.
69. Метод Гольдфарба для систем с однозначными нелинейностями.
70. Метод Гольдфарба для систем с неоднозначными нелинейностями.
71. Фазовая плоскость. Определение. Свойства фазовых траекторий.
72. Способы построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин).
73. Метод изоклин.
74. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса.
75. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено).
76. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом.
77. Понятие устойчивости нелинейных САР в малом, в большом и в целом.
78. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Формулировка.
79. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Геометрическая интерпретация. Прямая Попова.

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной
(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам (приложение к РПД))

1. Какова классификация САР по задачам регулирования?
2. Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.
3. В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?
4. Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?
5. Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?
6. Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?
7. Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?
8. Какие критерии устойчивости называются частотными?
9. В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?
10. Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?
11. Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?
12. Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?

13. Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?
14. В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?
15. Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?
16. Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?
17. Какова цель использования фазовой плоскости при анализе нелинейных САР?
18. Что такое изоклина?

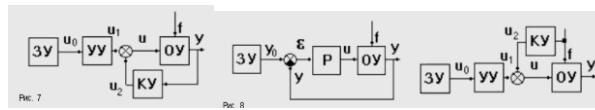
Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения.
2. Классификация САР по характеру изменения уставки.
3. Принципы регулирования.
4. Общая функциональная схема САР.
5. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР.
6. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединённых звеньев.
7. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и возмущающего воздействия в установившемся режиме.
8. Зависимость изображения выходного сигнала САР от изображения входного сигнала и возмущающего воздействия.
9. Статическая САР. Определение статизма системы.
10. Астатическая САР. Пример.
11. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации.
12. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока.
13. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией.
14. Способы определения передаточной функции.
15. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия.
16. Правила преобразования структурных схем.
17. Охарактеризовать передаточную функцию параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия.
18. Получить передаточную функцию для соединения звеньев типа «обратная связь».
19. Предоставить обобщённую структурную схему системы в динамике.
20. Указать связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы.
21. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение.
22. Выявить связь между ККП и передаточной функцией.
23. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример.
24. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример.
25. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример.
26. Определить логарифмические характеристики. Пример.
27. Сформулировать алгоритм построения асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ).
28. Дать определение переходной характеристики. Привести пример.
29. Показать связь между переходной характеристикой и передаточной функцией.
30. Сформулировать частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример.

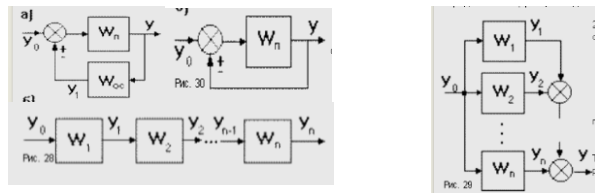
31. Сформулировать частный случай теоремы разложения. Существует один нулевой корень. Пример.
32. Привести типовые звенья линейных САР.
33. Рассмотреть инерционное звено, его характеристики.
34. Рассмотреть интегрирующее звено, его характеристики.
35. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики.
36. Рассмотреть упругое дифференцирующее звено, его характеристики.
37. Рассмотреть упругое интегрирующее звено, его характеристики.
38. Дать определение минимально-фазовым системам, описать их свойства.
39. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ.
40. Осуществить построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы.
41. Рассмотреть устойчивость линейной САР: сформулировать необходимое условие устойчивости.
42. Определить назначение критерия Гурвица. Пример.
43. Сформулировать принцип аргумента.
44. Указать область применения критерий Михайлова. Пример.
45. Дать способы построения годографа Михайлова.
46. Сформулировать следствия из критерия Михайлова.
47. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива.
48. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива.
49. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна.
50. Дать общую формулировку критерия Найквиста.
51. Обосновать возможность применения критерия Найквиста для логарифмических характеристик.
52. Оценка точности САР. Передаточная функция по ошибке.
53. Определить статическую ошибку САР.
54. Определить кинетическую ошибку в астатической САР (астатизм первого порядка).
55. Определить динамическую ошибку. Максимальное значение динамической ошибки.
56. Сформулировать алгоритм использования метода коэффициентов ошибки.
57. Дать оценку качества системы по переходной характеристике.
58. Сформулировать интегральные оценки качества системы.
59. Дать алгоритм оценки качества системы по АЧХ замкнутой системы.
60. Сформулировать суть метода трапеций.
61. Привести алгоритм оценки качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ.
62. Показать использование последовательной коррекции САР с помощью логарифмических характеристик.
63. Показать использование параллельной коррекции САР с помощью логарифмических характеристик.
64. Дать определение нелинейной системы. Пример.
65. Указать основные виды нелинейных характеристик.
66. Сформулировать принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра.
67. Привести уравнение гармонического баланса.
68. Дать определение эквивалентному комплексному коэффициенту передачи.
69. Сформулировать метод Гольдфарба для анализа систем с однозначными нелинейностями.

70. Сформулировать метод Гольдфарба для анализа систем с неоднозначными нелинейностями.
71. Дать определение фазовой плоскости. Перечислить свойства фазовых траекторий.
72. Алгоритм анализа нелинейных САР способом построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин).
73. Алгоритм использования метода изоклин для анализа САР.
74. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса.
75. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено).
76. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом.
77. Дать понятие устойчивости нелинейных САР в малом, в большом и в целом.
78. Сформулировать критерий абсолютной устойчивости Попова В.М.
79. Дать геометрическую интерпретацию критерия абсолютной устойчивости Попова В.М. Прямая Попова.

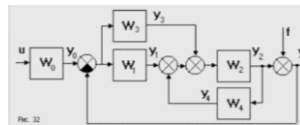
80. Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.



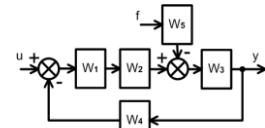
81. Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.



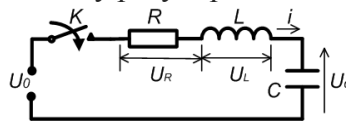
82. Упростить структуру. Свести её к одному блоку



83. Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования.

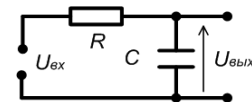


84. Составит уравнение движения для представленной схемы.



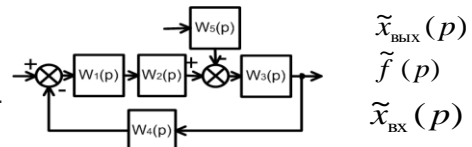
85. Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение $U_2=f(U_3)$). Считать нелинейной зависимость $\Phi\theta=f(I\theta)$.

86. Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.

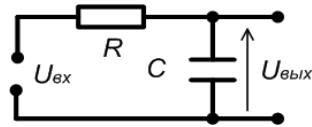


87. Составить уравнение движения САР генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.

88. Составить передаточные функции по управляющему, возмущающему воздействию (обозначения приведены). Предложить алгоритм анализа ошибки регулирования.



89. Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.



$$W(j\omega) = \frac{k}{1 + j\omega T}$$

90. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией, аналитическое обоснование.

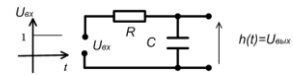
91. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией.

$$W(j\omega) = \frac{100 \cdot (1 + 0.1j\omega)}{(1 + 0.2 \cdot 10^{-1}j\omega) \cdot (1 + 0.1 \cdot 10^{-1}j\omega) \cdot (1 + 0.5 \cdot 10^{-2}j\omega)}$$

92. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией.

$$W(j\omega) = \frac{100}{j\omega \cdot (1 + 0.1 \cdot j\omega)}$$

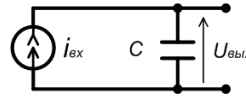
93. Получить аналитическое выражение для переходной характеристики предложенной схемы. Что изменится при включении параллельно с C активного сопротивления?



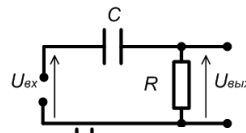
94. Получить аналитическое выражение для переходной характеристики предложенной структуры. Построить график.

$$W(p) = \frac{k}{p \cdot (1 + pT)}$$

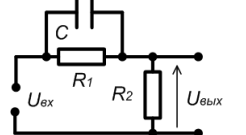
95. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



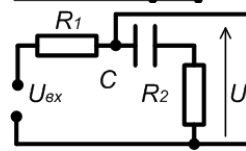
96. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



97. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



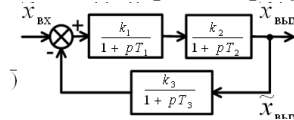
98. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



99. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.

$$W(p) = \frac{k}{p^2 T^2 + p 2\zeta T + 1}$$

100. Применить критерий Гурвица для анализа устойчивости структуры. Сделать обобщающие выводы для соотношения постоянных времени.



101. Применить критерий Гурвица для анализа устойчивости структуры с характеристическим уравнением.

$$p^4 + 8p^3 + 3p^2 + 5 = 0;$$

102. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Михайлова.

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{10}{p(1+p)(1+9p)};$$

103. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста. Качественно. Годограф.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{k}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)(1 + j\omega T_3)}$$

104. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(p) = \frac{60}{(-1 + 6p)(1 + p)}$$

105. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(p) = \frac{60}{(1 + 6p)(-1 + p)}$$

106. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{j\omega(1 + 5j\omega)}$$

107. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^2(1 + 5j\omega)}$$

108. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^3(1 + 5j\omega)}$$

109. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста. Качественно. ЛАЧХ-ЛФЧХ.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{k}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)(1 + j\omega T_3)}$$

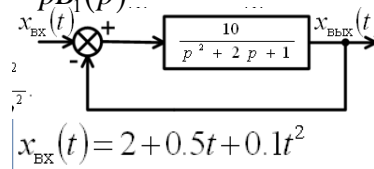
110. Качество системы. Оценить статическую ошибку для системы с передаточной функцией.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{k}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)(1 + j\omega T_3)}$$

111. Качество системы. Оценить кинетическую ошибку для системы с передаточной функцией.

$$W_{раз}(p) = \frac{k}{p(1 + pT_2)(1 + pT_3)} = \frac{A(p)}{pB_1(p)}$$

112. Оценить погрешность в замкнутой системе регулирования при указанной передаточной функции разомкнутой системы и известном входном воздействии. Метод коэффициента ошибки.



113. Показать к чему приводит коррекция систем при введения жёсткой отдельно положительной и отрицательной обратной связи для интегрирующего и инерционного звеньев.

114. Показать к чему приводит коррекция систем при введения гибкой отдельно положительной и отрицательной обратной связи для интегрирующего и инерционного звеньев..

115. Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.

115. Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.

117. Используя алгебраический критерий устойчивости предложить алгоритм определения параметров автоколебаний нелинейной САР. Передаточная функция линейной части, эквивалентный коэффициент передачи однозначной нелинейности заданы.

$$W_{нз}(A) = \frac{4B}{\pi A},$$

$$W_{лч}(j\omega) = \frac{k_{лч}}{j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$$

118. Используя метод Гольдфарба предложить алгоритм определения параметров автоколебаний нелинейной САР. Передаточная функция линейной части, эквивалентный коэффициент передачи однозначной нелинейности заданы.

$$q = \frac{4B}{\pi A} \sqrt{1 - \frac{c^2}{A^2}}$$

при $A > c$

$$W_{лч}(j\omega) = \frac{k_{лч}}{j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$$

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по изучению курса «Теория автоматического управления», в которые входят презентация лекционного курса, методические рекомендации к выполнению практических упражнений, к выполнению и защите лабораторных работ, к расчётно-графической работе и заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра промышленной электроники (ПРЭ). - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 163 с. : ил.,табл., схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208587>
2. Журомский, В.М. Нелинейные системы автоматического управления. Метод гармонического баланса. Инженерно-физические основы : учебное пособие / В.М. Журомский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». - М. : МИФИ, 2012. - 56 с. - ISBN 978-5-7262-1665-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231674>

б) дополнительная литература

1. Теория автоматического управления. Учебник /В.Н. Бюханов и др. Пол ред. Ю.М. Соломенцева. М.:Высшая школа, 2000. – 180 с.
2. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лабораторная база данных, 2001 – 142 с.
3. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 752с.
4. Нетушил В.В. Теория автоматического управления. Ч.1.- М.: Высшая школа, 1968. – 305 с.
5. Аналоговое моделирование динамических объектов на вычислительном комплексе АВК-31М. Методические указания по курсу «Вычислительная техника в электроприводе». Малиновский А.Е., Лыготчиков В.В. – Смоленск: Смол.филиалМоск.энерг.ин-та. 1996. – 48с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Федосов Б.Т. Моделирование. ТАУ. Рудненский индустриальный институт, Рудный, Казахстан, 2002 – 2012. Информационно-справочное издание, обновлено автором 23.09.2012. Режим доступа: <http://www.modelexponenta.ru/>
2. Решение задач по ТОЭ, ОТЦ, Высшей математике, Физике, Программированию... [электронный ресурс]. Курс лекций. Теория автоматического управления. Education Banner Network – Образовательная Сеть. Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции один раз в неделю, практические занятия один раз в две недели лабораторные работы один раз в две недели в 6-м семестре. Изучение курса завершается экзаменом в 6 семестре.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Презентация в приложении 1.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические (семинарские) занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических занятий фиксируется в приложении к РПД настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень само-

стоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MATLAB с использованием при необходимости *MS Word* или любого другого текстового редактора). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделывать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в приложении 3 РПД настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация

обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса (приложение к РП). Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование систем мультимедиа.

При проведении **лабораторных работ** и **практических занятий** предусматривается использование систем мультимедиа и моделирования.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в дисплейном классе, оснащенной персональными компьютерами с соответствующим программным обеспечением. Задания индивидуальные.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в учебной лаб. № Б-110 «Общепромышленные механизмы» (оснащена шестью лабораторными стендами на базе аналоговых вычислительных комплексов).

В основное оборудование указанной лаборатории входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Теория автоматического управления»: вычислительные комплексы АВК-31М, цифровые осциллографы.

Автор
д.т.н., профессор

В.В. Лыготчиков

Зав. кафедрой ЭМС
к.т.н., доцент

В.В. Рожков

Программа одобрена на заседании кафедры ЭМС от 07.09. 2016 года, протокол № 1.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Все- го стра- ниц в доку- ку- мен- те	Наименова- ние и № доку- мента, вво- дящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего из- менения в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения изменения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ван- ных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10