

Приложение 3.РПД Б1.В.ОД.9

**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.

**Изменения и дополнения к
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Профиль подготовки : Электромеханика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Шифр дисциплины по учебному плану 2016/2017 уч. года: Б1.В.ОД.10

Смоленск – 2016 г.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профессиональному циклу базовой части дисциплин Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Электромеханика» 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.В.ОД.6 Элементы систем автоматики

Б1.В.ОД.8 Проектирование электрических машин

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

Б1.Б.11 Электрические машины

Б1.В.ОД.7 Электромеханические системы

Б1.В.ОД.11 Силовая электроника

Б1.В.ОД.12 Электрический привод

Б1.В.ДВ.2.1 Силовые преобразователи энергии

Б1.В.ДВ.2.2 Преобразовательная техника в электромеханических системах

Б1.В.ДВ.5.1 Теория электропривода

Б1.В.ДВ.5.2 Электропривод в современных технологиях

Б1.В.ДВ.6.2 Типовые решения в технике электропривода

Б1.В.ДВ.7.1 Системы аналогового и цифрового управления электропривода

Б1.В.ДВ.7.2 Регулирование координат электропривода

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.10	
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 (лк)	-
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	0.25, 9

дисциплины (СРС)	
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 часов 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.	5	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.	12	8	4	4		4
4	Тема 4. Устойчивость линейных САР. Критерии.	26	6	4	4	10	4
5	Тема 5. Качество линейных САР. Синтез.	24	4	4	4	10	4
6	Тема 6. Нелинейные САР. Динамика. Критерии устойчивости.	18	2	4		10	4
7	Тема 7. Анализ систем с однозначными и неоднозначными нелинейностями.	9	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 отчёт по пункту расчётного задания при допуске к экзамену на зачётной 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 соединённых 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 расчетному 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 отчет по пункту расчетного задания при допуске к экзамену на зачетной 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 отчёт по пункту расчётного задания при допуске к экзамену на зачётной 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 объединяются, 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.

Далее по тексту исходной РПД.

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

Далее по тексту исходной РПД.

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 (по новому учебному плану 2016/2017 уч. года: Б1.В.ОД.10) в 6-м семестре. Изучение курса завершается экзаменом в 6 семестре.

Далее по тексту исходной РПД.

Автор
д.т.н., профессор каф. ЭМС

В.В. Лыготчиков

Зав. кафедрой ЭМС
к.т.н., доцент

В.В. Рожков

Изменения и дополнения в РПД одобрены на заседании кафедры ЭМС от 07.09.2016 года, протокол № 1.