

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.13	Теория автоматического управления
Учебный план:	ФГОС3++b130302Ц-3_24-14.plx
Кафедра:	30 Автоматизированного электропривода и электротехники
Направление подготовки: (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки: (специализация)	Цифровое управление электрическими системами и машинами
Уровень образования:	бакалавриат
Форма обучения:	очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
4	УП	34	34	17	23	36	4	Экзамен
	РПД	34	34	17	23	36	4	
5	УП	34	34	17	59	36	5	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	34	34	17	59	36	5	
Итого	УП	68	68	34	82	72	9	
	РПД	68	68	34	82	72	9	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Благодарный Н.С.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизированного
электропривода и электротехники

Благодарный Н.С.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося области теории автоматического управления, позволяющие осуществлять анализ и синтез систем автоматического управления.

1.2 Задачи дисциплины:

Изучить принципы построения и структуру систем автоматического управления (САУ).

Рассмотреть основные методы получения моделей звеньев и динамических систем.

Освоить методы анализа и синтеза САУ

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Физика

Общая энергетика

Инженерная графика

Учебная практика, ознакомительная практика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен участвовать в разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации электротехнического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик
Знать: Теоретические и экспериментальные методы построения моделей элементов САУ; основные формы записи моделей систем: однородные дифференциальные уравнения, уравнения в форме пространства состояния, передаточные функции; принципы построения САУ; методы анализа устойчивости и качества работы САУ.
Уметь: Использовать физико-математический аппарат при построении моделей элементов САУ; Переходить от одной формы записи к другой; проводить экспериментальные исследования с целью получения характеристик моделей в частной и временной областях; Использовать методы повышения точности, качества и запаса устойчивости; Применять методы синтеза систем, помощью временных и частотных характеристик, корневыми методами.
Владеть: Методами оценки точности и качества работы систем, анализом их устойчивости навыками работы с современными компьютерными программами при моделировании САУ; навыками работы с современными глобальными информационными системами; основными методами проектирования САУ

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Общие сведения о системах автоматического управления	4					Д,О
Тема 1. История, основные понятия ТАУ. Краткая история ТАУ. Цль управления, основные функциональные элементы и структура САУ. Основные принципы регулирования. Примеры САУ.		2	2		1	
Тема 2. Виды САУ, классификация САУ. Методы получения моделей элементов САУ. Получение статических и динамических характеристик экспериментальными и аналитическими методами		2	2		2	
Раздел 2. Линейные системы и их характеристики						,Л,К
Тема 3. Виды математических моделей и характеристики линейных систем. Типовые динамические звенья. Модели вход-выход (динамические и статические уравнения). Преобразование Лапласа, передаточная функция. Переход от дифференциального уравнения к передаточной функции.		2	2		2	
Тема 4. Временные характеристики. Переходная и весовая функции. Использование преобразования Лапласа для определения временных характеристик. Связь между временными характеристиками. Метод неопределенных множителей. Лабораторная работа №1: Исследование временных характеристик типовых динамических звеньев.		2	4	5	2	
Тема 5. Переменные состояния. Модели в переменных состояния (уравнения состояния). Составление уравнений состояния. Переход от ПФ к уравнениям состояния и обратный переход. Детализированная структурная схема. Передаточная матрица системы.		4	4		2	
Тема 6. Частотные характеристики объектов и систем управления (АЧХ, ФЧХ, АФХ). Способы построения частотных характеристик. Связь между ними. Логарифмические частотные характеристики (ЛАХ, ЛФХ). Особенности и преимущества логарифмических ЧХ. Лабораторные работы №2: Исследование частотных характеристик типовых динамических звеньев.		4	4	4	4	

Тема 7. Типовые динамические звенья и их характеристики. Позиционные, интегрирующие и дифференцирующие звенья. Типовые соединения звеньев. Получение передаточной функции соединения звеньев. Правила структурных преобразований (переносы узлов и сумматоров через звено). Правило Мэйсона.		4	4		2	
Тема 8. Передаточные функции замкнутой САУ. Типовые законы регулирования.		2	2			
Раздел 3. Методы анализа линейных систем						
Тема 9. Устойчивость линейных систем. Характеристическое уравнение. Понятие устойчивости состояния равновесия. Достаточное условие устойчивости. Необходимое условие устойчивости.		2	2		2	
Тема 10. Критерии устойчивости. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Частные случаи критерия Гурвица. Принцип аргумента. Частотный критерий устойчивости Михайлова. Следствие из критерия Михайлова. Частотный критерий устойчивости Найквиста. Случаи устойчивых, неустойчивых и нейтральных разомкнутых систем. Правило перехода Цыпкина.		4	4		2	
Тема 11. Логарифмический критерий устойчивости. Связь с критерием Найквиста. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Влияние параметров объекта управления (коэффициент передачи, порядок системы, запаздывание) на устойчивость замкнутой системы. Лабораторная работа №3: Исследование устойчивости замкнутых систем, построение областей устойчивости		2	2	4	2	Л
Тема 12. Понятие о точности управления. Статическая и динамическая точности. Влияние степени входных воздействий и порядка астатизма на точность системы. Качество САУ. Прямые, корневые и частотные показатели качества. Интегральные оценки качества. Лабораторная работа №4: Исследование точности и качества САУ.		4	2	4	2	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	17	23	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5			33,5	
Раздел 4. Методы повышения точности и качества. Синтез САУ	5					Л

Тема 13. Понятие о САУ. Особенности синтеза систем промышленной автоматики и мобильных систем. Понятие о корректирующих устройствах. Виды корректирующих устройств. Метод желаемой ЛАХ. Последовательные и параллельные корректирующие устройства. Повышение качества САУ с помощью корректирующих устройств. Лабораторная работа № 5: Исследование корректирующих устройств		8	10	4	16	
Тема 14. Метод синтеза последовательного корректирующего устройства с помощью желаемой ЛАХ. Лабораторная работа № 6: Синтез последовательного корректирующего устройства, оценка его эффективности		10	12	4	20	
Раздел 5. Дискретные системы управления						
Тема 15. Общие сведения о дискретных системах автоматического управления. Структура и классификация импульсных систем управления. Амплитудно-импульсная модуляция. Широтно-импульсная модуляция. Математические модели импульсных систем управления.		4	4		7	Л
Тема 16. Разностные уравнения. Z-преобразование. Дискретная передаточная функция. Устойчивость и качество импульсных систем. Цифровые системы управления. Цепочка преобразования сигналов в цифровых системах управления. Лабораторная работа № 7: Исследование импульсных САУ		4	2	4	6	
Раздел 6. Нелинейные системы управления						
Тема 17. Общие понятия о нелинейных системах и их особенности. Типовые нелинейности. Статические характеристики нелинейных звеньев. Методы исследования нелинейных систем. Метод фазовых траекторий. Свойства фазовых траекторий. Фазовые траектории устойчивых и неустойчивых систем. Предельные циклы, скользящие режимы. Лабораторная работа № 8: Исследование релейных систем		4	2	5	6	Л,
Тема 18. Основные понятия и виды устойчивости нелинейной САУ. Метод гармонической линеаризации. Расчет параметров автоколебаний в системах с нелинейными звеньями. Метод Ляпунова. Абсолютная устойчивость нелинейной системы. Критерий Попова.		4	4		4	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	17	59	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5			33,5	

Всего контактная работа и СР по дисциплине		175	149	
--	--	-----	-----	--

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Целью курсовой работы является анализ и синтез системы автоматического управления (САУ).

При выполнении курсовой работы решаются следующие задачи:

- составление функциональной схемы управления на базе принципиальной схемы;
- получение математических моделей элементов и устройств системы, составление и преобразование структурной схемы;
- исследование устойчивости;
- параметрический синтез регулятора;
- анализ точности и качества работы системы

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Анализ и синтез системы стабилизации числа оборотов двигателя постоянного тока с различными исходными данными.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, с использованием специального программного обеспечения.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 30-40 листов, содержащего следующие обязательные элементы:

Принципиальные электрические, функциональные и структурные схемы системы управления и их описание.

Теоретические описания, связанные с анализом и синтезом систем.

Результаты анализа модели объекта по каналам управления и возмущения.

Результаты параметрического синтеза регулятора САУ.

Оценку качества и точности работы системы.

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-1	Имеет представление о принципах построения САУ, методах анализа устойчивости и качества САУ. Демонстрирует способность использовать методы повышения точности и качество систем. Показывает владение навыками работы с современными глобальными информационными системами и методами проектирования САУ.

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания методов анализа и синтеза САУ, свободно ориентируется в основных понятиях, усвоил основную и знаком с дополнительной литературой, проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой электрической цепи. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний методов анализа и синтеза САУ, усвоил основную литературу, допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и	Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области электротехники. Даны полные

	дополнительные вопросы преподавателя.	ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме: может перечислить методы анализа и синтеза САУ и использовать их, но при этом допускает большое количество ошибок, допускает существенные ошибки в ответе, но может их устранить под руководством преподавателя.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях. Предпринимает попытки списывания, используя неразрешенные технические устройства или подсказки другого студента.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя.

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 4	
1	Интегрирующее звено с замедлением
2	Идеальное интегрирующее звено
3	Консервативное звено
4	Колебательное звено
5	Апериодическое звено 2-го порядка
6	Апериодическое звено 1-го порядка
7	Типовые сигналы и типовые динамические звенья
8	Типовые соединения звеньев. Блок– схема системы
9	Понятие характеристического полинома, карта нулей и полюсов
10	Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика
11	Амплитудно-частотная, фазо-частотная и амплитудно-фазовая характеристики
12	Преобразование Фурье
13	Использование метода неопределенных множителей для определения переходной и весовой функций
14	Использование прямого и обратного преобразования Лапласа для определения весовой и переходной характеристик
15	Переходная и весовая функция системы
16	Получение модели в форме пространства состояния по передаточной функции
17	Модель системы в форме пространства состояния
18	Переход от дифференциального уравнения к передаточной функции и обратно
19	Преобразование Лапласа и его свойства
20	Аналитический метод получения модели объекта
21	Принципы управления (управление по прямой и обратной связи)
22	Основные элементы САУ
23	Понятие астатизма системы. Оценка астатизма по передаточной функции разомкнутой системы
24	Точность работы САУ. Понятие ошибки по положению, по скорости и ускорению
25	Передаточная функция замкнутой системы по заданию, ошибке регулирования, сигналу управления
26	Частотные методы оценки качества
27	Корневые методы оценки качества
28	Оценка качества работы системы по переходной характеристике
29	Понятие динамической и статической ошибок
30	Понятие запаса устойчивости

31	Частотные методы оценки устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста
32	Корневые методы оценки устойчивости
33	Устойчивость линейных систем
34	Звено запаздывания и его особенности
35	Изодромное звено
36	Реальное дифференцирующее звено
37	Идеальное дифференцирующее звено
Семестр 5	
38	Анализ работы нелинейных систем. Метод фазовой плоскости
39	Релейные системы
40	Нелинейные системы. Виды нелинейностей
41	Цифровые системы квантование сигналов по времени и уровню. Понятие фиксатора
42	Устойчивость и качество дискретных систем
43	Импульсные системы Z-преобразования. Дискретная передаточная функция
44	Влияние порядка астатизма на ЛАЧХ разомкнутой системы
45	Показатель колебательности. Построение ЛАЧХ с учетом заданного показателя колебательности
46	Построение логарифмических амплитудных характеристик типовых звеньев
47	Карта нулей и полюсов. Оценка качества работы по карте нулей и полюсов. Корневой гаддограф
48	Улучшение качества работы системы, типовые законы управления
49	Управление по возмущению. Теория инвариантности и комбинированное управление
50	Методы повышения точности работы системы

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания(задачи,кейсы) находятся в Приложении к данной РГД

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочниками по электротехнике;
- Время на защиту курсовой работы 15 мин;
- Время на подготовку ответа 30 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Гаврилов, А. Н., Барметов, Ю. П., Хвостов, А. А., Тихомиров, С. Г.	Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы)	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий	2016	http://www.iprbookshop.ru/50645.html
Глазырин, Г. В.	Теория автоматического регулирования	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2017	http://www.iprbookshop.ru/91740.html

В.Н. Леонтьев	Анализ систем автоматического управления [Текст]. Ч.1.: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafinfizmtex/5.pdf
В.Н. Леонтьев	Анализ систем автоматического управления [Текст]. Ч.2.: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП	2014	http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafinfizmtex/6.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Ковалёв, Д. А., Шаряков, В. А., Шарякова, О. Л.	Теория автоматического управления	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2020	https://www.iprbookshop.ru/118417.html
Егоркин, О. В., Назарова, Н. В.	Теория автоматического управления	Саратов: Вузовское образование	2018	http://www.iprbookshop.ru/73607.html
Лубенцов, В. Ф., Лубенцова, Е. В.	Теория автоматического управления. Курсовое проектирование	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2013	http://www.iprbookshop.ru/63226.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

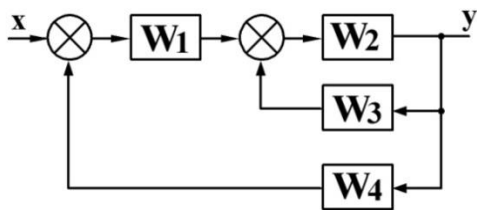
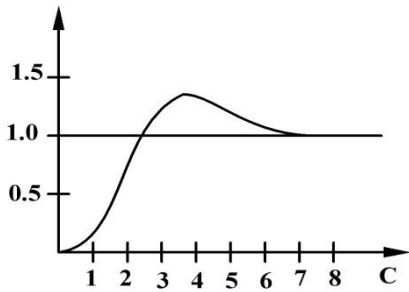
6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду

Приложение

рабочей программы дисциплины «Теория автоматического управления»
по направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
наименование ОП (профиля): Цифровое управление электрическими системами и машинами

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)
Семестр 4	
Дано дифференциальное уравнение, получить передаточную функцию.	
$\frac{5d^2y(t)}{dt} + 4y(t) = 3 \frac{dx(t)}{dt}$	
Дана блок- схема системы, определить передаточную функцию.	
$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)}$ 	
По графику переходной функции замкнутой системы, определить время переходного процесса и перерегулирование.	
	
Семестр 5	
Дана передаточная функция разомкнутой системы, определить порядок астатизма.	
$W(p) = \frac{(2p + 1)}{p^2 \cdot (4p + 1) \cdot (3p + 1)}$	
Построить ЛАЧХ по передаточной функции:	
$W(p) = \frac{5p + 1}{4p + 1}$	
По амплитудно-фазовой характеристике разомкнутой системы, определить устойчивость замкнутой системы.	

-1,0j

