



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной физики, электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория автоматического управления

направление подготовки/специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Форма обучения заочная

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов теоретических и практических знаний в области современной теории автоматического управления, обучение студентов основным методам, позволяющим описывать, анализировать, синтезировать и моделировать системы автоматического управления (САУ);

развитие у студентов практических навыков по решению конкретных задач, связанных с эксплуатацией, настройкой и разработкой систем и устройств управления

привитие студенту определенного, предусмотренного государственным стандартом и учебной программой комплекса знаний и умений в области теории автоматического управления, позволяющих ему участвовать во всех фазах исследования САУ: описания объекта управления, анализа качества САУ, синтеза законов управления; проектирования, разработки, изготовления и эксплуатации средств и систем автоматизации и управления; организации процесса разработки и производства элементов и систем управления, построение математических моделей технических систем; исследования их устойчивости, моделирования систем управления с применением современных компьютерных технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК-4 Способен использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области	ПК-4.1 Применяет прикладные программы и средства автоматизированного проектирования электротехнических систем зданий и сооружений	знает методы анализа и синтеза систем автоматического управления и регулирования параметров электротехнических и электро-энергетических систем умеет выполнять имитационное моделирование автоматических систем на компьютере владеет методами современной теории автоматического управления
ПК-4 Способен использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области	ПК-4.2 Применяет современные достижения в области электроэнергетики и электротехники при проектировании электроэнергетических систем городской среды	знает передовые современные достижения в области электроэнергетики и электротехники умеет осуществлять математическую постановку задач в области проектирования САУ электротехнических объектов с учетом ограничений используемых методов исследования владеет подготовки презентаций, оформления научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, публикации результатов исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.11.04 основной профессиональной образовательной программы 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теоретические основы электротехники	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2	Высшая математика	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4
3	Физика	ОПК-3.5, ОПК-3.6, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4

Теоретические основы электротехники

Знать соответствующий физико-математический аппарат и современные методы анализа и средства расчета установившихся и переходных процессов в электрических и магнитных цепях.

Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

Владеть методами анализа и синтеза электрических схем и устройств на основе законов теоретической электротехники.

Высшая математика

Знать фундаментальные основы высшей математики, включая алгебру, геометрию, математический анализ, теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, теорию рядов.

Уметь выявлять проблему, анализировать её и решать с помощью построения цепочки логических выводов, используя полученные математические знания.

Владеть первичными навыками и основными методами решения математических задач из дисциплин профессионального цикла и дисциплин профильной направленности.

Физика

Знать основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости.

Уметь использовать физико-математический аппарат для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Владеть навыками использования основных общезначимых законов и принципов в важнейших практических приложениях

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-------	------------------------	--

1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5, ОПК-4.6, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
---	--	--

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Курс	
			3	4
Контактная работа	28		12	16
Лекционные занятия (Лек)	12	0	4	8
Лабораторные занятия (Лаб)	12	0	4	8
Практические занятия (Пр)	4	0	4	
Иная контактная работа, в том числе:	1,5			1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1			1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25			0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25			0,25
Часы на контроль	7,75		4	3,75
Самостоятельная работа (СР)	214,75		92	122,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)				
часы:	252		108	144
зачетные единицы:	7		3	4

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Курс	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основные понятия и определения теории автоматического управления.										
1.1.	Сведения об историческом развитии теории и практики САУ. Классификация САУ. Примеры.	3						6	6	ПК-4.1, ПК-4.2	
2.	2 раздел. Математические модели САУ.										
2.1.	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений	3	1		1			12	14	ПК-4.1, ПК-4.2	
2.2.	Передаточные функции линейных САУ	3	1				2	12	15	ПК-4.1, ПК-4.2	
2.3.	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики.	3			1		1	18	20	ПК-4.1, ПК-4.2	
2.4.	Вычисление передаточных функций сложных систем	3			1		1	16	18	ПК-4.1, ПК-4.2	
3.	3 раздел. Устойчивость линейных САУ.										
3.1.	Понятие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ.	3	2					12	14	ПК-4.1, ПК-4.2	
3.2.	Частотные критерии устойчивости линейных САУ	3			1			16	17	ПК-4.1, ПК-4.2	
4.	4 раздел. Контроль										
4.1.	Зачет	3							4	ПК-4.1, ПК-4.2	
5.	5 раздел. Методы оценки качества линейных САУ.										
5.1.	Оценка качества САУ в установившихся режимах работы.	4	2				2	14	18	ПК-4.1, ПК-4.2	
5.2.	Другие типовые методы оценки качества САУ	4						14	14	ПК-4.1, ПК-4.2	
5.3.	Частотные методы оценки качества.	4						10	10	ПК-4.1, ПК-4.2	
6.	6 раздел. Синтез линейных САУ.										
6.1.	Задачи синтеза	4						14	14	ПК-4.1, ПК-4.2	

6.2.	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	4	2				2		20	24	ПК-4.1, ПК-4.2
6.3.	Синтез систем подчиненного регулирования.	4							10	10	ПК-4.1, ПК-4.2
7.	7 раздел. Теория нелинейных систем автоматического управления										
7.1.	Основные понятия и определения теории нелинейных САУ.	4							4	4	ПК-4.1, ПК-4.2
7.2.	Приближенное исследование автоколебаний.	4							6	6	ПК-4.1, ПК-4.2
7.3.	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ.	4	2				2		12	16	ПК-4.1, ПК-4.2
7.4.	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова.	4	2				2		6	10	ПК-4.1, ПК-4.2
8.	8 раздел. Дискретные САУ.										
8.1.	Основные понятия и определения теории дискретных САУ	4							7	7	ПК-4.1, ПК-4.2
8.2.	Виды модуляции	4							5,75	5,75	ПК-4.1, ПК-4.2
9.	9 раздел. Иная контактная работа										
9.1.	Курсовая работа	4								1,25	ПК-4.1, ПК-4.2
10.	10 раздел. Контроль										
10.1	Зачет с оценкой	4								4	ПК-4.1, ПК-4.2

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
2	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений Линеаризация нелинейных дифференциальных уравнений в окрестности координат рабочего режима
3	Передаточные функции линейных САУ	Передаточные функции линейных САУ Свойства преобразования Лапласа и следствия из них. Передаточные функции линейных САУ. Временные и частотные характеристики линейных САУ. Взаимосвязь моделей различного вида
6	Понятие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ.	Понятие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ. Общая постановка задачи устойчивости и асимптотической устойчивости по А.М. Ляпунову. Устойчивость движения по первому приближению для нелинейной САУ. Условия устойчивости САУ в зависимости от корней характеристического уравнения. Необходимый алгебраический признак устойчивости. Критерий Гурвица. Частные случаи.

9	Оценка качества САУ в установившихся	Оценка качества САУ в установившихся режимах работы. Оценка качества САУ по переходным функциям. Коэффициенты ошибок. Понятие добротности.
13	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию). Векторно-матричная модель для линейной стационарной САУ. Векторная структурная схема САУ. Передаточные матрицы вход-выход, вход-состояние. Характеристический полином в матричной форме. Определение полной управляемости и наблюдаемости, критерий для линейных стационарных систем. Постановка задачи модального управления. Примеры. Наблюдатели полного порядка и редуцированные наблюдатели.
17	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ.	Метод фазовой плоскости для нелинейных САУ. Основные определения. Построение фазового портрета непосредственным интегрированием дифференциального уравнения. Метод изоклин. Типы фазовых портретов для линейных САУ в зависимости от корней характеристического уравнения. Взаимосвязь переходного процесса и вида фазового портрета.
18	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова.	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова. Основные определения. Теорема А.М. Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости. Устойчивость в малом, большом и целом. Примеры анализа устойчивости нелинейных САУ с использованием второго метода Ляпунова.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений	Составление математических моделей элементов систем автоматического управления Дифференциальные уравнения, описывающие простейшие линейные электрические цепи.
4	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики.	Определение передаточных функций звеньев и систем Построение логарифмических частотных характеристик типовых звеньев САУ. Построение ЛХЧ разомкнутых систем
5	Вычисление передаточных функций сложных систем	ЛХЧ типовых соединений Передаточная функция последовательного, согласно параллельного соединений и соединения с обратной связью. Эквивалентные структурные преобразования. Построение и преобразование расчетно-структурных схем. Формула Мейсона.
7	Частотные критерии устойчивости линейных САУ	Анализ устойчивости линейных САУ с помощью алгебраического критерия устойчивости Гурвица, с помощью алгебраического критерия устойчивости Найквиста Анализ устойчивости линейных САУ с помощью частотного критерия устойчивости Михайлова.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
3	Передаточные функции линейных САУ	Компьютерная реализация методов ТАУ. Изучение систем моделирования SIAM

4	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики.	Исследование характеристик типовых динамических звеньев первого порядка. Исследование характеристик типовых динамических звеньев второго порядка. Примеры моделей САУ.
5	Вычисление передаточных функций сложных систем	Анализ устойчивости САУ частотными методами. Исследование устойчивости САУ
9	Оценка качества САУ в установившихся	Оценка качества САУ с помощью понятия добротности. Определение добротности по ЛФХ, структурной схеме и передаточной функции разомкнутой САУ.
13	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	Передаточные матрицы вход-выход, вход-состояние. Характеристический полином в матричной форме.
13	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	Задачи модального управления Расчет модальных регуляторов для систем 2-го и 3-его порядка
17	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ.	Построение фазовых портретов линейных и нелинейных САУ Расчет фазовых траекторий в программной среде МАТЛАБ
18	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова.	Примеры анализа устойчивости нелинейных САУ с использованием второго метода Ляпунова. Определение устойчивости положения равновесия при заданной функции Ляпунова

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Сведения об историческом развитии теории и практики САУ. Классификация САУ. Примеры.	Основные понятия и определения теории автоматического управления. Классификация САУ. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
2	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Оформление отчета по ПЗ.
3	Передаточные функции линейных САУ	Передаточные функции линейных САУ Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
4	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики.	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Оформление отчета по ПЗ. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
5	Вычисление передаточных функций сложных систем	Вычисление передаточных функций сложных систем. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Оформление отчета по ПЗ. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.

6	Понятие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ.	Понятие устойчивости. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
7	Частотные критерии устойчивости линейных САУ	Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ и ЛР. Оформление отчетов по лабораторным и практическим занятиям.
9	Оценка качества САУ в установившихся	Оценка качества САУ в установившихся режимах работы. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
10	Другие типовые методы оценки качества САУ	Другие типовые методы оценки качества САУ Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
11	Частотные методы оценки качества.	Частотные методы оценки качества. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
12	Задачи синтеза	Задачи синтеза Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР. Подготовка КР.
13	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию). Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР. Подготовка КР.
14	Синтез систем подчиненного регулирования.	Синтез систем подчиненного регулирования. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка курсовой работы «Системы подчиненного регулирования скорости электромеханических объектов с двигателями постоянного тока»
15	Основные понятия и определения теории нелинейных САУ.	Основные понятия и определения теории нелинейных САУ. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
16	Приближенное исследование автоколебаний.	Приближенное исследование автоколебаний. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
17	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ.	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
18	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова.	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Оформление отчета по ЛР.
19	Основные понятия и определения теории дискретных САУ	Основные понятия и определения теории дискретных САУ Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
20	Виды модуляции	Виды модуляции Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к написанию курсовой работы;
- подготовка к зачету;
- подготовка к зачету с оценкой.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, лабораторных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям, курсовой работы в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;

выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;

ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению лабораторных работ;

подготовить отчеты по выполненным лабораторным и практическим работам;

ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению курсовой работы;

подготовить отчет по курсовой работе;

подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины являются зачет, зачет с оценкой и защита курсовой работы.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Сведения об историческом развитии теории и практики САУ. Классификация САУ. Примеры.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
2	Математическая модель в виде дифференциальных уравнений	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
3	Передаточные функции линейных САУ	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
4	Элементарные звенья и их временные и частотные характеристики.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
5	Вычисление передаточных функций сложных систем	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.

6	Понятие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
7	Частотные критерии устойчивости линейных САУ	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
8	Зачет	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос
9	Оценка качества САУ в установившихся режимах работы.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
10	Другие типовые методы оценки качества САУ	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
11	Частотные методы оценки качества.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
12	Задачи синтеза	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
13	Синтез модального управления (линейная обратная связь по состоянию).	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
14	Синтез систем подчиненного регулирования.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
15	Основные понятия и определения теории нелинейных САУ.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
16	Приближенное исследование автоколебаний.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
17	Метод фазовой плоскости для линейных и нелинейных САУ.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
18	Второй (прямой) метод устойчивости А.М. Ляпунова.	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
19	Основные понятия и определения теории дискретных САУ	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
20	Виды модуляции	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос. Тесты.
21	Курсовая работа	ПК-4.1, ПК-4.2	Устный опрос.
22	Зачет с оценкой	ПК-4.1, ПК-4.2	Экзаменационные билеты

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ПК-4.1, ПК-4.2 тестовые задания размещены на портале дистанционного обучения СПб ГАСУ по адресу <https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=132>

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Теория автоматического управления: основные понятия и определения.

2. Пример системы автоматического регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.

3. Классификация САУ по целям управления.

4. Классификация САУ по целям управления.

5. Классификация САУ по виду математических моделей и параметров.

6. Математические модели САУ в виде дифференциальных уравнений. Уравнения состояния.

7. Линеаризация нелинейных моделей, описываемых дифференциальными уравнениями.

8. Математические модели в форме передаточных функций. Передаточные функции типовых звеньев. Пример.

9. Свойства преобразования Лапласа.

10. Детализированные структурные схемы: определение, пример.

11. Передаточная функция последовательного соединения звеньев (с выводом).

12. Передаточная функция параллельного соединения звеньев (с выводом).

13. Передаточная функция соединения звеньев с обратной связью (с выводом).

14. Эквивалентные структурные преобразования: перестановка сумматоров или отводов; перестановка сумматора и отвода.

15. Эквивалентные структурные преобразования: расщепление сумматора; перенос сумматора через звено и звена через сумматор.

16. Эквивалентные структурные преобразования: перестановка звеньев; перенос отвода через звено и звена через отвод.

17. Правило некасающихся контуров. Теорема Мэйсона.

18. Передаточная функция замкнутой системы по задающему и возмущающему воздействиям для выходной переменной.

19. Передаточная функция замкнутой системы по задающему и возмущающему воздействиям для ошибки.

20. Временные характеристики звеньев и систем.

21. Дельта-функция и ее свойства.

22. Частотная передаточная функция: определение; представление через амплитуду и фазу (с выводом)

23. Вещественная и мнимая частотные характеристики; АФЧХ, логарифмические частотные характеристики. Их взаимосвязь.

24. Взаимосвязь весовой функции, переходной характеристики и передаточной функции.

25. Временные и частотные характеристики безынерционного звена.

26. Временные и частотные характеристики интегрирующего звена.

27. Временные и частотные характеристики дифференцирующего звена.

28. Временные и частотные характеристики форсирующего звена первого порядка.

29. Временные и частотные характеристики апериодического звена первого порядка.

30. Временные и частотные характеристики колебательного звена.

31. Временные и частотные характеристики консервативного звена и апериодического звена 2-го порядка.

32. Устойчивость линейных систем. Определения устойчивости и асимптотической устойчивости по А.М.°Ляпунову.

33. Зависимость вида компонента решения дифференциальных уравнений от вида корня характеристического уравнения.

34. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению.

35. Необходимый алгебраический критерий устойчивости линейных САУ (с выводом).

Примеры.

36. Алгебраический критерий Гурвица (общий случай). Понятие апериодической и колебательной границ устойчивости.

37. Критерий Гурвица. Частные случаи при $n=3$, $n=4$.

38. Критерий устойчивости Михайлова. Следствие из критерия устойчивости Михайлова.

39. Критерий устойчивости Найквиста (случай устойчивой разомкнутой системы).

40. Критерий устойчивости Найквиста (случай неустойчивой разомкнутой системы).

41. Критерий устойчивости Найквиста (случай разомкнутой системы, находящейся на границе устойчивости).

42. Критерий Найквиста в логарифмической форме. Общий случай. Правило переходов Я.З.°Цыпкина.

43. Критерий Найквиста в логарифмической форме для монотонных характеристик.

44. Понятие о запасах устойчивости по ЛЧХ и АФЧХ.

45. Временные показатели качества переходного процесса.

46. Частотные показатели качества САУ.

47. Анализ точности САУ при типовых входных воздействиях. Лемма о конечном значении.

48. Точность САУ при постоянном воздействии (статическая система).

49. Точность САУ при постоянном воздействии (астатическая система)

50. Точность САУ при постоянном воздействии (случай объекта с интегратором)

51. Точность САУ при воздействии с постоянной скоростью. Понятие добротности.

52. Оценка точности САУ при гармоническом входном воздействии.

53. Порядок астатизма САУ. Определение порядка астатизма по структурной схеме, передаточной функции и ЛАХ.

54. Обобщенная структурная схема подчиненного регулирования. Особенности структуры.

55. Характеристики типовых регуляторов (П-, ПИ-, ПИД-).

56. Способы оптимизации динамических систем подчиненного регулирования: Настройка ти-

пового контура на оптимум по модулю для объекта типа апериодического звена 1-го порядка.

57. Способы оптимизации динамических систем подчиненного регулирования. Настройка типового контура на оптимум по модулю для объекта типа интегратора, безынерционного звена, апериодического звена 2-го порядка.

58. Способы оптимизации динамических систем подчиненного регулирования. Настройка типового контура на симметричный оптимум.

59. Оптимизация контура тока. Оптимизация контура скорости.

60. Преобразование уравнений состояния по Лапласу. Передаточная матрица вход-выход для линейной стационарной системы: определение, вид матрицы.

61. Преобразование уравнений состояния по Лапласу. Передаточная матрица вход-состояние для линейной стационарной системы: определение, вид матрицы.

62. Характеристический полином для линейной стационарной системы в матричном виде.

63. Определение передаточной матрицы и характеристического полинома для двигателя постоянного тока.

64. Управляемость линейной САУ: определение, критерий полной управляемости для линейной стационарной системы.

65. Наблюдаемость линейной САУ: определение, критерий полной наблюдаемости для линейной стационарной системы.

66. Линейная обратная связь по состоянию. Задача модального управления для линейной стационарной системы.

67. Пример построения модального регулятора для двумерной линейной стационарной системы.

68. Нелинейные САУ: определение, классификация нелинейностей.

69. Особенности поведения нелинейных систем.

70. Краткая характеристика методов исследования нелинейных систем.

71. Гармонически линеаризованная передаточная функция нелинейного элемента.

72. Определение параметров периодического движения и оценка устойчивости положения равновесия по методу гармонической линеаризации в форме А.С.°Гольдфарба.

73. Определение параметров периодического движения и оценка устойчивости положения равновесия по методу гармонической линеаризации в форме Е.П.°Попова.

74. Пример расчета коэффициентов гармонической линеаризации для нелинейного элемента типа трехпозиционного реле.

75. Метод фазового пространства. Основные понятия и определения.

76. Построение фазового портрета непосредственным интегрированием дифференциальных уравнений.

77. Технология построения фазового портрета методом изоклин. Основные этапы.

78. Пример построения фазового портрета методом изоклин.

79. Вид фазового портрета в зависимости от вида корней характеристического уравнения.

80. Взаимосвязь вида переходного процесса с видом фазового портрета.

81. Дискретные САУ: основные определения (релейные, импульсные и цифровые ДСАУ).

82. Импульсные САУ: определение, вид сигнала на выходе импульсного элемента.

83. Релейные САУ: определение, вид сигнала на выходе релейного элемента.

84. Цифровые САУ: определение, вид сигнала на выходе цифрового элемента.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания размещены на портале дистанционного обучения СПб ГАСУ по адресу <https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=132>

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Наименование КР- работы «Системы подчиненного регулирования скорости электромеханических объектов с двигателями постоянного тока».

Работа выполняется в 6-м семестре. Курсовая работа охватывает выбор структуры САУ, разработку математической модели, анализ и синтез расчетно-аналитическими методами,

компьютерное исследование динамики САУ при типовых управляющих и возмущающих воздействиях (10 вариантов двигателей, для каждого из которых могут быть заданы 3 варианта

параметров).

Общее количество вариантов курсовой работы равно 30. В конце семестра проходит защита курсового проекта.

КР размещена на портале дистанционного обучения СПб ГАСУ
<https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=132>

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим

порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и зачета с оценкой.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Барметов Ю. П., Балашова Е. А., Битюков В. К., Битюков В. К., Теория автоматического управления. Лабораторный практикум, Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017	http://www.iprbookshop.ru/74020.html
2	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
3	Шойко В. П., Автоматическое регулирование в электрических системах, Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012	http://www.iprbookshop.ru/45356.html
<u>Дополнительная литература</u>		

1	Гаврилов Е. Б., Саблина Г. В., Цифровые системы управления. Сборник задач для индивидуальных заданий, Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010	http://www.iprbookshop.ru/45454.html
---	--	---

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2016. — 224 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/71753 .	https://e.lanbook.com/book/71753 .
Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Первозванский. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2015. — 624 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/68460 .	https://e.lanbook.com/book/68460 .

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г
Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
01 . Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

<p>01 . Учебная лаборатория электроэнергетики и электротехники: Ул. Егорова д.5/8 Ауд. 232Е,</p>	<p>Комплект типового лабораторного оборудования «Автоматика на основе программируемого контроллера» - 8 шт. Учебный стенд «Умный дом»</p>
<p>01 . Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет</p>
<p>01 . Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10</p>

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.