

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.06.02 Теория автоматизированного управления  
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль)

13.03.02.32 Электротехника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

**К.т.н., Доцент, Смольников Алексей Петрович**

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Изучение принципов построения и методов проектирования современных систем управления в электроэнергетике и системах с применением электротехнологий

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Получение общекультурных и профессиональных компетенций, приведенных в пункте 1.3. Изучаются основные принципы построения, анализа и синтеза систем автоматического управления, независимо от их назначения и физической природы. В настоящее время автоматические системы широко применяются во всех сферах производства и быта и требования к ним постоянно возрастают. Поэтому такие системы особенно актуальны в объектах электроэнергетики и объектах с применением электротехнологий, к которым предъявляются высокие требования к качеству их работы.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2: Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности</b>	
ПК-2.3: Демонстрирует понимание взаимосвязи задач эксплуатации и проектирования	Правила выполнения графических и текстовых разделов эскизного, технического и рабочего проектов АСУ ТП Применять систему автоматизированного проектирования и программу для выполнения графических и текстовых материалов Оформление графических разделов комплекта конструкторских документов эскизного, технического и рабочего проектов АСУ ТП.

### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=33561>.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>3,5 (126)</b>		
занятия лекционного типа	1,5 (54)		
практические занятия	1 (36)		
лабораторные работы	1 (36)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,5 (90)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Основные термины и определения</b>									
	1. Введение. Предмет теории автоматического управления. Основные понятия и термины автоматического регулирования. Объекты управления и регулирования, регулируемые величины, регуляторы. Основные принципы управления.	2							
<b>2. Анализ и синтез линейных систем автоматического управления</b>									
	1. Статические и динамические режимы САУ. Статические характеристики элементов, входящих в САУ и их линеаризация. Характеристики динамических систем. Передаточная функция. Временные характеристики: переходная и функция веса. Связь между этими функциями. Прямое и обратное преобразования Лапласа и Фурье. Частотные характеристики динамических систем и их построение.	2							

<p>2. Типовые динамические звенья.          Принцип расчленения САУ на элементы-звенья.          Понятие о типовом динамическом звене.          Безынерционное звено, апериодические звенья 1-го и 2-го порядков и колебательное звено.          Дифференцирующие и интегрирующие звенья.          Примеры, дифференциальные уравнения, переходные и передаточные функции, частотные характеристики типовых динамических звеньев.</p>	4							
<p>3. Структурные схемы систем автоматического управления.          Условные изображения и обозначения, применяемые в структурных схемах. Правила преобразования структурных схем при различных соединениях звеньев.          Структурные схемы и передаточные функции одноконтурных и многоконтурных замкнутых систем.          Типовые передаточные функции САУ по возмущающему, задающему воздействиям и ошибке регулирования.</p>	2							
<p>4. Устойчивость линеаризованных САУ.          Понятие об устойчивости линейных систем. Теоремы Ляпунова. Критерии устойчивости. Алгебраические критерии Рауса и Гурвица. Частотные критерии Михайлова и Найквиста. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.</p>	2							

<p>5. Построение переходного процесса в САУ. Качество процессов регулирования.</p> <p>Общая характеристика методов расчета. Аналоговое и цифровое моделирование САУ. Пакет программ Simulink для объектно-визуального моделирования систем.</p> <p>Показатели качества: время регулирования, перерегулирование, установившиеся рассогласование. Запас устойчивости.</p>	2							
<p>6. Синтез линейных систем управления.</p> <p>Синтез последовательных и параллельных корректирующих устройств методом ЛАХ. Построение желаемой логарифмической характеристики. Наиболее распространенные корректирующие звенья. Реализация корректирующих звеньев. Пассивные и активные четырехполюсники.</p>	4							
<p>7. Повышение точности САУ.</p> <p>Общие методы повышения точности САУ: увеличение коэффициента усиления разомкнутой системы, повышение степени астатизма, применение регулирования по производным от ошибки, применение инвариантных систем. Повышение степени астатизма. Структурный признак астатизма.</p>	4							
<p>8. Линеаризация статических характеристик звеньев САУ. Линеаризация нелинейных дифференциальных уравнений</p>			4					
<p>9. Передаточные функции звеньев САУ. Связь между дифференциальными уравнениями и передаточными функциями.</p>			2					
<p>10. Частотные характеристики динамических звеньев</p>			2					

11. Структурные схемы САУ, их составление и преобразование			2					
12. Устойчивость САУ. Алгебраические критерии устойчивости.			2					
13. Частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста. Определение устойчивости по ЛЧХ			2					
14. Синтез последовательных и параллельных корректирующих устройств методом ЛАЧХ.			2					
15. Повышение точности САУ за счет увеличения коэффициента усиления разомкнутой системы. Повышение точности САУ за счет повышения степени астатизма			2					
16. Временные характеристики динамических звеньев					2			
17. Частотные характеристики динамических звеньев					2			
18. Анализ устойчивости систем автоматического регулирования					2			
19. Исследование линейных звеньев и системы автоматического управления					2			
20. Исследование характеристик ПИД-регуляторов					2			
21. Настройка параметров ПИД-регулятора на основе оптимизационного метода					2			
<b>3. Математическое описание и синтез САУ в пространстве состояний</b>								



<p>1. Математическое описание систем в форме уравнений состояния.  Описание систем управления в переменных состояния.  Основные формы представления матричных уравнений.  Составление уравнений состояния по структурной схеме и передаточной функции. Основные соотношения для уравнений состояния: характеристическое уравнение, матричная структурная схема, переход от уравнений состояния к передаточным функциям.</p>	6							
<p>2. Модальное управление. Управляемость и наблюдаемость САУ  Управляемость и наблюдаемость линейных САУ. Модальное управление. Принципы построения модальных регуляторов. Определение коэффициентов обратных связей из условия получения желаемого характеристического полинома САУ.</p>	2							
<p>3. Идентификация переменных состояния САУ.  Понятие о наблюдающих устройствах. Синтез наблюдателя полного порядка и редуцированного наблюдателя. Применение наблюдающих устройств для реализации модального управления. Особенности динамики системы, замкнутой через наблюдатель.</p>	6							
<p>4. Синтез наблюдателей пониженного порядка</p>			2					
<p>5. Составление уравнений состояния по структурной схеме и передаточной функции</p>			2					
<p>6. Синтез модальных регуляторов</p>			2					
<p>7. Синтез наблюдателей полного порядка</p>			2					
<p>8. Управляемость и наблюдаемость линейных САУ.</p>			4					

9. Синтез и исследование системы с модальным регулятором						2			
10. Исследование системы управления с наблюдающим устройством полного порядка						2			
11. Исследование системы управления с наблюдающим устройством пониженного порядка						2			
<b>4. Линейные импульсные системы</b>									
1. Определение линейной импульсной САУ. Определение линейной импульсной САУ. Виды модуляции сигналов. Эквивалентная схема импульсной САУ.	2								
2. Математическое описание импульсных САУ. Спектры непрерывных и дискретных величин. Дискретное преобразование Лапласа и Фурье. Связь между частотными спектрами непрерывных и дискретных величин. Прохождение сигналов через импульсную систему. Теорема Котельникова.	2								
3. Устойчивость импульсных САУ. Понятие об устойчивости. Определение устойчивости по корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста.	2								
4. Расчет переходных процессов САУ. Коррекция импульсных систем. Методы расчета переходных процессов для импульсных САУ. Способы коррекции. Применение непрерывных и дискретных устройств для коррекции импульсных САУ. Условия конечной длительности переходного процесса. ЛЧХ импульсных САУ.	2								

5. Система регулирования потребления тепловой энергии на основе теплорегулятора РТ-12					2			
6. Исследование линейной импульсной системы					4			
<b>5. Цифровые системы управления с микроЭВМ</b>								
1. Принципы построения и особенности цифровых САУ. Функциональная схема цифровой САУ с мик-роЭВМ. Преобразование данных и квантование по уровню и времени.	2							
2. Математическое описание цифровых САУ. Структурная схема цифровой САУ с учетом квантования по времени и уровню. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой цифровых САУ.								
3. Реализация на микроЭВМ цифровых алгоритмов управления. Дифференцирование цифровых последовательностей. Цифровые интеграторы. Обобщенная формула численного интегрирования. Компенсация ошибок. Дискретные регуляторы, их передаточные функции и разностные уравнения. Синтез дискретных регуляторов.								
4. Исследование цифровых регуляторов					2			
5. Исследование цифровой системы автоматического управления					4			
6. Цифровая система управления курсом корабля					2			
7. Эквивалентная схема импульсной САУ			2					
8. Передаточная функция разомкнутой импульсной САУ. Передаточная функция замкнутой импульсной САУ			2					
9. Передаточная функция разомкнутой импульсной САУ. Передаточная функция замкнутой импульсной САУ			2					

<b>6. Нелинейные системы управления</b>								
1. Определение нелинейной системы. Нелинейные звенья и способы их соединения. Понятие о нелинейной САУ. Особенности нелинейных систем. Типовые нелинейные звенья. Виды соединений и нейтрализации звеньев.	2							
2. Методы исследования нелинейных САУ на основе принципа гармонической линеаризации. Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации релейных звеньев.	2							
3. Метод гармонического баланса. Условие гармонического баланса. Графоаналитический метод определения параметров автоколебаний.	2							
4. Метод Ляпунова (второй). Понятие о знакоопределенных, знакопостоянных и знакопеременных функциях. Функция Ляпунова и её производная по времени. Формулировка теоремы Ляпунова в векторно-матричной форме.	2							
5. Абсолютная устойчивость нелинейных САУ. Понятие абсолютной устойчивости. Частотный критерий абсолютной устойчивости В. М. Попова.								
6. Исследование нелинейной системы методом гармонической линеаризации					4			
7. Самостоятельная работа							36	
8. Самостоятельная работа							54	
9. Подготовка к зачету								
10. Подготовка к экзамену								
Всего	54		36		36		90	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
2. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
3. Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
4. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления: учеб. пособие(Санкт-Петербург: Профессия).
5. Ким Д. П. Теория автоматического управления: Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник для студентов вузов(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
6. Ким Д. П. Теория автоматического управления: Т. 1. Линейные системы: учебник для студентов вузов(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
7. Босс В. Лекции по теории управления: Т. 1. Автоматическое регулирование(Москва: Либроком).
8. Смольников А. П. Теория автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
9. Смольников А. П. Теория автоматического управления: лабораторный практикум(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
10. Смольников А. П., Ткачев Н. Н., Сочнев А. Н. Теория автоматического управления: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск).
11. Смольников А. П. Теория автоматического управления: лабораторный практикум [для студентов напр. 221000.62 «Мехатроника и робототехника», 140605.65 «Электротехнологические установки и системы», 140101.65 «Тепловые электрические станции»](Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Перечень необходимого программного обеспечения.
2. Учебно-исследовательская система инженерных и научных расчетов Matlab 8.0
3. Пакеты программ для ПЭВМ для анализа и синтеза линейных, нелинейных и взаимосвязанных САУ.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Не требуются

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Проведение занятий лекционного типа требует оснащение лекционного зала мультимедийным оборудованием (проектор, интерактивная доска) –ауд. Б-202.

Проведение лабораторных работ требует следующего оснащения:

- компьютерный класс, оснащенный компьютерами с необходимым программным обеспечением, приведенным в п. 9.1, и доступом в интернет;
- учебная лаборатория «Автоматическое управление и приводная техника» - ауд.Б-202.