

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156999	Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Электроэнергетические системы, сети, их режимы, устойчивость, надежность 2. Цифровое управление электроэнергетическими системами 3. Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем	<b>Код ОП</b> 1. 13.04.02/33.03 2. 13.04.02/33.05 3. 13.04.02/33.07
<b>Направление подготовки</b> 1. Электроэнергетика и электротехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 13.04.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из дисциплин «Устройства автоматики электроэнергетических систем» и «Теория авторегулирования в электроэнергетике». В модуле рассматриваются фундаментальные принципы автоматического регулирования, методы расчёта и анализа параметров и характеристик устройств автоматического регулирования. Изучаются принципы и методы определения временных, частотных характеристик и анализа устойчивости систем автоматического регулирования, а также способы технической реализации, методы расчёта параметров срабатывания для устройств автоматики электроэнергетических систем. Рассматриваются задачи автоматического управления электроэнергетическими системами в различных режимах их работы. Излагаются назначение, область применения, принципы выполнения устройств автоматического регулирования параметров нормальных режимов энергосистем и противоаварийной автоматики

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория авторегулирования в электроэнергетике	3
2	Устройства автоматики электроэнергетических систем	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Теория авторегулирования в электроэнергетике</p>	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p>

	<p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Электроэнергетические системы, сети, их режимы, устойчивость, надежность)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p>

		<p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>

<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Электроэнергетические системы, сети, их режимы, устойчивость, надежность)</b></p>	<p>З-14 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-15 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-16 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-8 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-10 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
<p>ПК-6 - Способен выполнять расчеты параметров устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-9 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-10 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>З-11 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-6 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-8 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
<p>ПК-7 - Способен анализировать и оценивать работу устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики в</p>	<p>З-9 - Характеризовать основные принципы построения систем автоматического регулирования</p> <p>З-10 - Привести основные характеристики систем автоматического регулирования</p>

	<p>нормальных и аварийных ситуациях</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-11 - Описывать типовые динамические элементы и структурные схемы систем автоматического регулирования</p> <p>У-6 - Выбирать систему автоматического регулирования</p> <p>У-7 - Анализировать характеристики систем автоматического регулирования</p> <p>П-8 - Осуществлять расчёт характеристик систем автоматического регулирования</p> <p>П-9 - Сделать вывод о применимости системы автоматического регулирования на основе анализа её характеристик</p>
<p>Устройства автоматики электроэнергетических систем</p>	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p> <p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация)</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p>



<p><b>электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p> <p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p> <p><b>(Электроэнергетические системы, сети, их</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p>

	<p><b>режимы, устойчивость, надежность)</b></p>	<p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p> <p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Проектирование и эксплуатация</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p>

	<p><b>электроэнергетических систем)</b></p>	<p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическими системами)</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p> <p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p> <p><b>(Электроэнергетические системы, сети, их</b></p>	<p>З-11 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-12 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p>

	<p><b>режимы, устойчивость, надежность)</b></p>	<p>З-13 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-6 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-7 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-8 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-6 - Способен выполнять расчеты параметров устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики</p> <p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-6 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-7 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p> <p>З-8 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-5 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-6 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-7 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
	<p>ПК-7 - Способен анализировать и оценивать работу устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики в нормальных и аварийных ситуациях</p>	<p>З-6 - Описывать основные принципы автоматического управления электроэнергетическими системами</p> <p>З-7 - Характеризовать назначение, принципы выполнения устройств автоматики для различных элементов электроэнергетических систем, область применения конкретных устройств автоматики</p>

	<p><b>(Цифровое управление электроэнергетическим и системами)</b></p>	<p>З-8 - Объяснять назначения, алгоритмы работы, схемы устройств автоматики электроэнергетических систем</p> <p>У-5 - Выбирать устройства автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>П-6 - Осуществлять расчёт параметров срабатывания отдельных видов устройств автоматики</p> <p>П-7 - Выполнить анализ схем устройств автоматики, выполненных на разной элементной базе</p>
--	---	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория авторегулирования в**  
**электроэнергетике**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Суворов Антон Алексеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированн ых электрических систем

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Общие положения теории автоматического регулирования	Общие сведения об управлении в технических системах. Понятие систем автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Классификация систем управления и регулирования. Основные принципы организации САР и САУ. Пространство состояний САУ
P2	Передаточные функции, временные и частотные характеристики систем автоматического регулирования и управления	Математическое описание систем управления и регулирования. Решение дифференциальных уравнений, описывающих процессы в САР. Преобразование Карсона–Хэвисайда, прямое и обратное преобразование Лапласа, преобразование Фурье. Характеристическое уравнение системы регулирования. Свободная и вынужденная составляющие выходного сигнала системы управления. Передаточная функция системы. Типовые входные сигналы для исследования свойств систем регулирования и управления. Ступенчатые, импульсные и гармонические входные воздействия. Переходная и импульсная переходная (весовая) временные характеристики. Переходная и импульсная переходная функции САР. Реакция системы на сигнал произвольной формы. Частотные характеристики: амплитудно-фазовая, амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики характеристика системы. Логарифмические амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики (ЛАЧХ и ЛФЧХ).
P3	Типовые динамические элементы и структурная схема системы	Типовые звенья линейных систем автоматического управления (усилительное, апериодическое (инерционное), колебательное,

	автоматического регулирования	<p>интегрирующее, дифференцирующие звенья, звено постоянного запаздывания).</p> <p>Модели типовых звеньев, их передаточные функции и временные и частотные характеристики. ЛАЧХ и ЛФЧХ типовых звеньев.</p> <p>Определение структурной схемы САР. Параллельное, последовательное и встречно-параллельное соединения динамических звеньев САР, их передаточные функции. Типы обратных связей в САР.</p>
<b>Р4</b>	Устойчивость и качество систем автоматического регулирования	<p>Математические условия устойчивости системы, вытекающие из анализа корней характеристического уравнения системы. Понятие о корневом годографе системы.</p> <p>Алгебраические критерии устойчивости. Обобщенный критерий устойчивости Рауса–Гурвица. Методика анализа устойчивости в соответствии с различной формулировкой критерия (критерий Э. Рауса, критерий А. Гурвица).</p> <p>Частотные критерии устойчивости. Критерии А.В. Михайлова, Г. Найквиста. Следствия из критериев А.В. Михайлова и Г. Найквиста. Суждение об устойчивости замкнутой системы по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы. Основы метода D-разбиения в плоскости одного или двух параметров, построение кривой D-разбиения и правила «штриховки» особых прямых.</p> <p>Качественные показатели процесса регулирования. Статизм и точность регулирования. Интегральные оценки качества. Степень устойчивости САР. Качественные показатели динамики САР. Частотные методы оценки качества. Определение свойств системы по частотным характеристикам. Коррекция систем авторегулирования. Методы включения стабилизирующих устройств и коррекции. Чувствительность САР.</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория авторегулирования в электроэнергетике

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Вышнеградский, И. А.; Теория автоматического регулирования: (линеаризованные задачи); Изд-во Акад. наук СССР, Б.м.; 1949; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255737> (Электронное издание)
2. Айзерман, М. А.; Теория автоматического регулирования : монография.; Издательство Наука,



Главная редакция физико-математической литературы, Москва; 1966;  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477096> (Электронное издание)

3. Глазырин, Г. В.; Теория автоматического регулирования : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017;  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576221> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Востриков, А. С., Французова, Г. А.; Теория автоматического регулирования : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Автоматизация и упр.". ; Высшая школа, Москва; 2004 (12 экз.)

2. Попов, Е. П.; Теория линейных систем автоматического регулирования и управления : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1989 (8 экз.)

3. Попов, Е. П.; Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1988 (9 экз.)

4. Зайцев, Г. Ф.; Теория автоматического управления и регулирования : [учебное пособие для вузов по специальности "Автоматика и телемеханика", "Электронные вычислительные машины", "Информационно-измерительная техника"]; Выща школа, Киев; 1988 (5 экз.)

5. Воронов, А. А., Новогранов, Б. Н., Титов, В. К.; Основы теории автоматического регулирования и управления : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1977 (29 экз.)

6. Воронов, А. А.; Основы теории автоматического управления. Автоматическое регулирование непрерыв. линейн. систем; Энергия, Москва; 1980 (6 экз.)

7. , Пупков, К. А., Егупов, Н. Д., Баркин, А. И., Воронов, Е. М., Коньков, В. Г.; Методы классической и современной теории автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по машиностроит. и приборостроит. специальностям : в 5 т. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2004 (11 экз.)

8. , Пупков, К. А., Егупов, Н. Д.; Методы классической и современной теории автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по машиностроит. и приборостроит. специальностям : в 5 т. Т. 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2004 (12 экз.)

9. Солодовников, В. В.; Основы теории и элементы систем автоматического регулирования : Учеб. пособие для студентов приборостроит. спец. вузов.; Машиностроение, Москва; 1985 (21 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Не используются

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Не используются

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Теория авторегулирования в электроэнергетике

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
3	Консультации	Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Устройства автоматики**  
**электроэнергетических систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Суворов Антон Алексеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированн ых электрических систем

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р1	Общие сведения об автоматическом управлении в энергосистемах	Иерархия систем автоматического управления в энергетике, Целевые функции управления. Структура устройств автоматического управления в электроэнергетических системах (ЭЭС): устройства технологической, системной и противоаварийной автоматики. Основные требования и общие принципы построения устройств.
Р2	Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу	Назначение, способы и общая характеристика условий включения синхронных генераторов на параллельную работу. Динамические воздействия при включении на параллельную работу и критерии их допустимости.  Типы устройств синхронизации и принципы их работы. Автоматическая самосинхронизация. Точная автоматическая синхронизация. Принципы построения устройств точной автоматической синхронизации. Синхронизаторы с постоянным углом и с постоянным временем опережения. Определение параметров срабатывания автоматических устройств точной синхронизации.  Техническая реализация различных типов синхронизаторов
Р3	Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности	Регулирование напряжения и реактивной мощности в ЭЭС. Назначение, основные задачи автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин. Виды и назначение автоматических регуляторов возбуждения. Автоматические регуляторы возбуждения сильного действия,

		<p>их назначение, принципы построения, регулирующий эффект. Устройства форсировки возбуждения генераторов. Распределение реактивной мощности между отдельными генераторами и электростанциями.</p> <p>Регулирование напряжения в электрических сетях. Автоматические регуляторы напряжения (коэффициента трансформации) трансформаторов. Автоматические регуляторы устройств поперечной компенсации. Управление батареями статических конденсаторов.</p>
<b>P4</b>	Автоматическое регулирование частоты и активной мощности	<p>Принципы регулирования частоты и активной мощности в ЭЭС. Первичные и вторичные регуляторы частоты. Статические характеристики регуляторов. Распределение активной мощности между отдельными генераторами и электростанциями. Автоматические регуляторы мощности энергоагрегатов. Организация АРЧМ блока (станции). Структурная схема автоматического регулятора мощности тепловой электростанции. Организация автоматического регулирования частоты и активной мощности в автономной ЭЭС. Организация автоматического регулирования частоты и активной мощности в ЭЭС, входящей в ОЭС (ЕЭС). Комплексное регулирование частоты и потоков мощности в объединенной ЭЭС.</p>
<b>P5</b>	Устройства противоаварийной автоматики энергосистем	<p>Назначение и виды устройств противоаварийной автоматики. Основные требования, предъявляемые к противоаварийной автоматике. Алгоритмы функционирования систем противоаварийного управления и определения управляющих воздействий. Принципы действия и способы выполнения устройств и систем противоаварийной автоматики. Устойчивость параллельной работы ЭЭС, способы повышения статической, динамической и результирующей устойчивости. Автоматика предотвращения нарушения устойчивости. Назначение, структура, децентрализованная и централизованная автоматика предотвращения нарушения устойчивости. Динамика изменения режимных параметров при асинхронном режиме. Принципы выполнения автоматики ликвидации асинхронного режима. Автоматика ограничения повышения частоты и напряжения. Автоматика ограничения снижения частоты и напряжения. Автоматика ограничения перегрузки оборудования.</p>
<b>P6</b>	Современные направления развития средств и систем автоматики в ЭЭС	<p>Реализация функций автоматики в современных цифровых устройствах защиты и автоматики. Особенности, достоинства и недостатки цифровой автоматики. Направления развития средств и систем автоматики управления ЭЭС.</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Устройства автоматики электроэнергетических систем**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. ; Электроэнергетика: релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие.; Сибирский федеральный университет (СФУ), Красноярск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363895> (Электронное издание)
2. Чернобровов, Н. В.; Релейная защита : учебное пособие.; Энергия, Москва; 1971; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599593> (Электронное издание)
3. Куксин, А. В.; Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618527> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Андреев, В. А.; Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направления подгот. "Электроэнергетика".; Высшая школа, Москва; 2006 (1 экз.)
2. Андреев, В. А.; Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направления подгот. "Электроэнергетика".; Высшая школа, Москва; 2007 (1 экз.)
3. Алексеев, О. П., Казанский, В. Е., Козис, В. Л.; Автоматика электроэнергетических систем : Учеб. пособие для вузов по специальности "Автоматизация пр-ва и распределение электроэнергии".; Энергоиздат, Москва; 1981 (29 экз.)
4. Беркович, М. А., Гладышев, В. А., Семенов, В. А.; Автоматика энергосистем : Учеб. для энерг. и энергостроит. техникумов.; Энергоатомиздат, Москва; 1991 (15 экз.)
5. Беркович, М. А., Комаров, А. Н., Семенов, В. А.; Основы автоматики энергосистем; Энергоиздат, Москва; 1981 (35 экз.)
6. Барзам, А. Б.; Системная автоматика; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (24 экз.)
7. Овчаренко, Н. И., Дьяков, А. Ф.; Автоматика энергосистем : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электроэнергетика".; МЭИ, Москва; 2007 (1 экз.)
8. Овчаренко, Н. И., Дьяков, А. Ф.; Автоматика энергосистем : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электроэнергетика".; МЭИ, Москва; 2009 (5 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Не используются

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Не используются

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Устройства автоматики электроэнергетических систем

#### Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
3	Консультации	Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется



		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM