

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Климова Т.Г.
	Идентификатор	R03fe9c42-KlimovaTG-5a6314d0

Т.Г. Климова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Арцишевский Я.Л.
	Идентификатор	Re1a0c0ff-ArtsishevskyYL-f4af1cc8

Я.Л.
Арцишевский

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение принципов действия и построения (технической реализации) автоматических устройств управления.

Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ автоматического управления нормальными режимами работы синхронных генераторов (блоков генератор-трансформаторов); а также технического исполнения соответствующих автоматических управляющих устройств и систем;
- изучение теоретических основ противоаварийного автоматического управления в энергосистемах, а также технической реализации устройств и систем противоаварийной автоматики;
- получение информации об элементной базе устройств и систем автоматики;
- приобретение навыков определения возможных вариантов выполнения автоматики различных энергообъектов для проектирования устройств и систем автоматики управления нормальными и аварийными режимами;
- приобретение навыков анализировать, эксплуатировать и создавать устройства автоматики;
- приобретение первичных навыков работы с устройствами автоматики электроэнергетических систем..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-1 _{ПК-1} Применяет математический аппарат для разработки автоматических систем	знать: - – методы преобразования типовых звеньев АСР и их соединений; – основные характеристики АСР; – методы работы с АСР..
ПК-1 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-2 _{ПК-1} Применяет специализированное программное обеспечение	уметь: - знать: – методы преобразования типовых звеньев АСР и их соединений; – основные характеристики АСР; – методы работы с АСР. уметь: – снимать характеристики АСР; – производить оценку устойчивости АСР; – производить оценку качества регулирования; – производить коррекцию АСР. –пользоваться средами моделирования систем регулирования; – применять возможности среды моделирования для исследования..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать – основы теории цепей; – электрические машины, принцип действия и характеристики;
- электромагнитные и электромеханические процессы;

- уметь – составлять и решать дифференциальные уравнения; – преобразовывать структурные схемы; – анализировать результаты;

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие теоретические положения.	12	1	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> КР №1,</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе №1</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала (2 часа) [2], стр. 39-67 КР №1,</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала (2 часа) [2], стр. 39-67, стр.71-106. КР №2, тест Подготовка к защите лабораторной работы №1 Подготовка к лабораторной работе №2</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.270-301 [2], стр. 41-62</p>
1.1	Функциональные схемы АСР. Основные методы и способы анализа линейных и нелинейных АСР.	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2	Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание.	26		6	8	4	-	-	-	-	-	8	-	
2.1	Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание. Типовые звенья аналоговых и цифровых. Соединение типовых звеньев	26		6	8	4	-	-	-	-	-	8	-	
3	Преобразование структурных схем.	18		4	4	2	-	-	-	-	-	8	-	
3.1	Преобразование структурных схем. Статические и астатические АСР. Разомкнутые и замкнутые АСР, их	18		4	4	2	-	-	-	-	-	8	-	

	передаточные функции												
4	Основы теории устойчивости функционирования АСР.	30	12	4	6	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала (12 часа), [2], стр. 106-133 КР №4, тест Подготовка к защите лабораторной работы №3
4.1	Основы теории устойчивости функционирования АСР.	30	12	4	6	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 106=128 [2], стр.79-107
5	Качество процесса регулирования.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала (4 часа), [2], стр. 133-212 КР №5
5.1	Качество процесса регулирования. Основные характеристики процесса регулирования и параметры переходного процесса. Корневые и частотные методы оценки качества переходных процессов Коррекция.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.108-123
6	Характеристики регулируемых объектов и регуляторов.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала (4 часа) [2], стр. 133-212 КР №6
6.1	Характеристики регулируемых объектов и регуляторов. Типы регулируемых объектов и регуляторов электроэнергетических систем.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 71-92
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	

	Всего за семестр	144.0		32	16	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	16	16	2	-	-	-	0.5	44	77.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Общие теоретические положения.

1.1. Функциональные схемы АСР. Основные методы и способы анализа линейных и нелинейных АСР.

Основные виды автоматических систем управления и регулирования (АСУ и АСР). Функциональные схемы. Методы анализа АСУ. Математическое описание линейных и нелинейных системы управления. Непрерывное преобразование Лапласа. Понятия передаточных функций, переходных и частотных характеристик АСР, их экспериментальное получение. Дискретное преобразование Лапласа. Z-преобразование. Понятия передаточных функций, переходных и частотных характеристик ЦАСР, их экспериментальное получение..

2. Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание.

2.1. Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание. Типовые звенья аналоговых и цифровых. Соединение типовых звеньев

Типовые звенья аналоговых и цифровых АСР, их уравнения и основные характеристики: временные и частотные, логарифмические частотные характеристики. Особенности частотных характеристик цифровых звеньев. Соединение типовых звеньев, получение эквивалентных передаточных функций, переходных и частотных характеристик. Примеры соединений типовых звеньев..

3. Преобразование структурных схем.

3.1. Преобразование структурных схем. Статические и астатические АСР. Разомкнутые и замкнутые АСР, их передаточные функции

Разомкнутые и замкнутые АСР, их передаточные функции. Общие правила преобразования. Преобразование многоконтурных схем в одноконтурные. Применение теории графов для преобразования многоконтурных схем. Особенности преобразования цифровых АСР. Статические и астатические АСР. Коэффициенты статизма. Условие астатичности..

4. Основы теории устойчивости функционирования АСР.

4.1. Основы теории устойчивости функционирования АСР.

Уравнения движений АСР. Понятие статической и динамической устойчивости. Необходимое и достаточное условие статической устойчивости. Методы анализа устойчивости, алгебраические и частотные критерии устойчивости аналоговых АСР. Определение областей устойчивости. Метод Д-разбиения по одному и двум параметрам. Анализ устойчивости цифровых автоматических систем. Простейшие способы коррекции неустойчивых систем, параллельная и последовательная коррекция. Применение способов коррекции.

5. Качество процесса регулирования.

5.1. Качество процесса регулирования. Основные характеристики процесса регулирования и параметры переходного процесса. Корневые и частотные методы оценки качества переходных процессов Коррекция.

Основные характеристики процесса регулирования и параметры переходного процесса. Корневые и частотные методы оценки качества переходных процессов. Коррекция АСР для получения нужного качества переходного процесса..

6. Характеристики регулируемых объектов и регуляторов.

6.1. Характеристики регулируемых объектов и регуляторов. Типы регулируемых объектов и регуляторов электроэнергетических систем.

Типы регулируемых объектов и регуляторов электроэнергетических систем. Аналоговые и цифровые регуляторы. Законы регулирования, передаточные функции и свойства регуляторов..

3.3. Темы практических занятий

1. Методы анализа автоматических систем регулирования (АСР), действия с комплексными числами. (2 часа)
2. Типовые звенья АСР и их характеристики. (2 часа)
3. Соединения типовых звеньев. (2 часа)
4. Преобразование структурных схем АСР. (2 часа)
5. Статические и астатические АСР, их характеристики. (2 часа)
6. Проверка устойчивости АСР разными критериями. (2 часа)
7. Построение областей устойчивости. (2 часа)
8. Коррекция АСР для получения устойчивости. (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование типовых звеньев. (4 часа)
2. Соединение типовых звеньев. (4 часа)
3. Статические характеристики АСР. (4 часа).

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие теоретические положения."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Преобразование структурных схем."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории устойчивости функционирования АСР."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Качество процесса регулирования."
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Характеристики регулируемых объектов и регуляторов."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие теоретические положения."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Преобразование структурных схем."
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы теории устойчивости функционирования АСР."
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Качество процесса регулирования."

6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Характеристики регулируемых объектов и регуляторов."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
– методы преобразования типовых звеньев АСР и их соединений; – основные характеристики АСР; – методы работы с АСР.	ИД-1ПК-1	+	+	+			+	Контрольная работа/КМ-1, 1.Методы анализа автоматических систем регулирования (АСР), действия с комплексными числами. (2 часа) 2.Типовые звенья АСР и их характеристики. (2 часа) Контрольная работа/КМ-2, Соединения типовых звеньев. Преобразование структурных схем АСР.
Уметь:								
знать: – методы преобразования типовых звеньев АСР и их соединений; – основные характеристики АСР; – методы работы с АСР. уметь: – снимать характеристики АСР; – производить оценку устойчивости АСР; – производить оценку качества регулирования; – производить коррекцию АСР. –пользоваться средами моделирования систем регулирования; – применять возможности среды моделирования для исследования.	ИД-2ПК-1				+	+	+	Контрольная работа/КМ-1, 1.Методы анализа автоматических систем регулирования (АСР), действия с комплексными числами. (2 часа) 2.Типовые звенья АСР и их характеристики. (2 часа) Контрольная работа/КМ-2, Соединения типовых звеньев. Преобразование структурных схем АСР. Контрольная работа/КМ-3, Статические и астатические АСР, их характеристики. Проверка устойчивости АСР разными критериями. /КМ-4, Построение областей устойчивости. Коррекция АСР для

									получения устойчивости.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1, 1. Методы анализа автоматических систем регулирования (АСР), действия с комплексными числами. (2 часа) 2. Типовые звенья АСР и их характеристики. (2 часа) (Контрольная работа)
2. КМ-2, Соединения типовых звеньев. Преобразование структурных схем АСР. (Контрольная работа)
3. КМ-3, Статические и астатические АСР, их характеристики. Проверка устойчивости АСР разными критериями. (Контрольная работа)
4. КМ-4, Построение областей устойчивости. Коррекция АСР для получения устойчивости. ()

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка за освоение дисциплины определяется как: Оценка за освоение дисциплины определяется как: средняя оценка за контрольные работы, тесты и устный опрос при защите лабораторных работ оформляется допуск к экзамену

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учебник для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" / В. Я. Ротач . – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 396 с. - ISBN 978-5-383-00326-8 ;
2. Г. В. Глазырин- "Теория автоматического регулирования", (2-е изд., испр.), Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2017 - (168 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576221>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SimInTech.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-103/1, Помещение каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-103/2, Склад кафедры РЗиАЭ	компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория автоматического регулирования

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1, 1.Методы анализа автоматических систем регулирования (АСР), действия с комплексными числами. (2 часа) 2.Типовые звенья АСР и их характеристики. (2 часа) (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2, Соединения типовых звеньев. Преобразование структурных схем АСР. (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3, Статические и астатические АСР, их характеристики. Проверка устойчивости АСР разными критериями. (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4, Построение областей устойчивости. Коррекция АСР для получения устойчивости.

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Общие теоретические положения.					
1.1	Функциональные схемы АСР. Основные методы и способы анализа линейных и нелинейных АСР.		+	+		
2	Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание.					
2.1	Структурные схемы аналоговых и цифровых АСР, их описание. Типовые звенья аналоговых и цифровых. Соединение типовых звеньев		+	+		
3	Преобразование структурных схем.					
3.1	Преобразование структурных схем. Статические и астатические АСР. Разомкнутые и замкнутые АСР, их передаточные функции		+	+		
4	Основы теории устойчивости функционирования АСР.					
4.1	Основы теории устойчивости функционирования АСР.		+	+	+	+
5	Качество процесса регулирования.					
5.1	Качество процесса регулирования. Основные характеристики процесса регулирования и параметры переходного процесса. Корневые и частотные методы оценки качества переходных процессов Коррекция.		+	+	+	+
6	Характеристики регулируемых объектов и регуляторов.					

6.1	Характеристики регулируемых объектов и регуляторов. Типы регулируемых объектов и регуляторов электроэнергетических систем.	+	+	+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25