

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: Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭЭС

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.13
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	3 семестр - 12 часов;
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 117,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение технических способов и средств управления режимами электроэнергетических систем.

Задачи дисциплины

- изучить свойства ЭЭС в переходных электромеханических процессах как объекта управления;
- изучение задач управления переходным процессом ЭЭС;
- освоить технические способы и средства управления ЭЭС при малых возмущениях режима;
- освоить подход к синтезу систем автоматического регулирования высокой точности управляемых элементов ЭЭС;
- освоить подход вычисления оптимального управления ЭЭС по различным критериям.

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 участвовать в научно-исследовательской деятельности в сфере электроэнергетики	ИД-2 _{ПК-1} Умеет критически анализировать характеристики режимов современных электроэнергетических систем и сетей и возможности методов и средств их исследования	знать: - свойства ЭЭС как объекта управления. уметь: - определять характеристики устойчивости ЭЭС; - формировать математическое описание ЭЭС для определения оптимального управления.
ПК-2 Способен участвовать в реализации технологических процессов объектов профессиональной деятельности	ИД-3 _{ПК-2} Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	знать: - управляющие воздействия на ЭЭС для обеспечения устойчивости и технические способы и средства обеспечения устойчивости ЭЭС. уметь: - рассчитывать условия устойчивости регулируемой ЭЭС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Нормативная документация	6	3	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение литературы: 1. Методические указания по устойчивости» утверждённые Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 №277. 2. Определение максимально и аварийно допустимых перетоков активной мощности в соответствии со СТО 59012820.27.010.001-2013 Правила определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях диспетчерского центра ОАО «СО ЕЭС». Дата введения 18.01.2013. 3. СТО 59012820.29.020.004-2018 Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика. Нормы и требования. Дата введения 30.03.2018.</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Выполнение подготовки к лабораторной работе в соответствии с методическими указаниями.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение литературы: 1. Строев В.А., Селиджанов Р.М. Управление переходными режимами в электрических системах / Под ред. Пуго В.И.</p>	
1.1	Нормативная документация в области управления режимами энергосистем и устойчивости. Нормативные требования по применению противоаварийной автоматики (ПА)	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
2	Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС	28		6	4	4	-	-	-	-	-	-	14		-
2.1	Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС	28		6	4	4	-	-	-	-	-	-	14		-

	регуляторов возбуждения синхронных генераторов												<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 273-276
6	Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение литературы: 1. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем. Учебник / Под ред. В.А. Веникова. - М: Высшая школа, 1982. Стр. 18-29.
6.1	Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 17-29
7	Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях	32	-	8	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение литературы: 1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа, 1985. Стр. 106-183. 2. Системная автоматика / А. Б. Барзам . – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 446 с. Стр. 52-68.
7.1	Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях. Асинхронный ход и ресинхронизация генераторов в ЭЭС	32	-	8	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 106-183 [5], 52-68
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	12	16	-	2	-	-	0.5	84	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	12	16		2		-	0.5		117.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Нормативная документация

1.1. Нормативная документация в области управления режимами энергосистем и устойчивости. Нормативные требования по применению противоаварийной автоматики (ПА)

Требования к устойчивости ЭЭС в соответствии с «Методические указания по устойчивости» утверждённые Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 №277. Определение максимально и аварийно допустимых перетоков активной мощности в соответствии со СТО 59012820.27.010.001-2013 Правила определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях диспетчерского центра ОАО «СО ЕЭС». Дата введения 18.01.2013. Применение устройств ПА в соответствии со СТО 59012820.29.020.004-2018 Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика. Нормы и требования. Дата введения 30.03.2018..

2. Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС

2.1. Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС

Математическая модель ЭЭС, системы возбуждения и АРВ синхронного генератора. Статические характеристики нерегулируемой ЭЭС. Математическая модель простейшей ЭЭС и условия её статической устойчивости. Автоматическое регулирование возбуждения пропорционального действия. Структурная схема АРВ ПД. Статические характеристики ЭЭС с АРВ ПД генератора. Определяющие условия статической устойчивости ЭЭС с АРВ ПД. Противоречие между статической точностью и статической устойчивостью в ЭЭС с АРВ ПД генератора и их устранение..

3. Синтез структуры АРВ сильного действия

3.1. Синтез структуры АРВ сильного действия

Синтез структуры АРВ сильного действия. Задачи синтеза структуры. Метод малого параметра и его применение для анализа условий статической устойчивости ЭЭС. Определение необходимого порядка производных режимных параметров для каналов стабилизации: условия статической устойчивости ЭЭС при стабилизации по первой производной режимного параметра, условия статической устойчивости ЭЭС при стабилизации по первой и второй производным режимного параметра. Выбор режимного параметра канала стабилизации АРВ СД..

4. Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов

4.1. Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов

Системы возбуждения синхронных машин. Современные системы автоматического регулирования возбуждения синхронных машин. Структурные схемы АРВ СД. Требования к системам автоматического регулирования..

5. Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов

5.1. Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов

Способы настройки регуляторов возбуждения синхронных генераторов. Применение метода D-разбиения для настройки АРВ. Критерий Гурвица и Рауса. Критерий Михайлова..

6. Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС

6.1. Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС

Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС. Принцип максимума Понтрягина. Применение методов теории оптимального управления для улучшения условий динамической устойчивости ЭЭС. Формирование математической модели ЭЭС для решения задачи оптимального управления мощностью турбины и возбуждением генератора в системе станция-шины бесконечной мощности. Оптимальное управление линейными системами. Матричное уравнение Риккати. Оптимальное управление линейной системой при заданной степени устойчивости..

7. Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях

7.1. Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях. Асинхронный ход и ресинхронизация генераторов в ЭЭС

Принципы управления режимом ЭЭС при больших возмущениях. Управляющие воздействия ПА. Автоматические устройства ПА и принцип их действия. Асинхронный ход и ресинхронизация генераторов в ЭЭС.

3.3. Темы практических занятий

1. Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС;
2. Синтез структуры АРВ сильного действия;
3. Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов;
4. Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов;
5. Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС.

3.4. Темы лабораторных работ

2. Синхронная динамическая устойчивость электрической системы;
3. Асинхронный режим и результирующая устойчивость электрической системы;
1. Влияние АРВ на статическую устойчивость электрической системы.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов нормативной документации в области управления режимами энергосистем и устойчивости.
2. Обсуждение материалов раздела "Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС"
3. Обсуждение материалов проблемы синтеза структуры АРВ сильного действия
4. Обсуждение структур и параметров систем возбуждения синхронных машин и автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов
5. Обсуждение способов выбора настроечных параметров регуляторов возбуждения синхронных генераторов
6. Обсуждение особенностей применения принципа максимума Понтрягина к решению задач оптимального управления переходными электромеханическими процессами ЭЭС.
7. Обсуждение особенностей асинхронного режима синхронных генераторов и способов их ресинхронизации.

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	7		
Знать:										
свойства ЭЭС как объекта управления	ИД-2 _{ПК-1}	+	+							Тестирование/Свойства ЭЭС как объекта управления
управляющие воздействия на ЭЭС для обеспечения устойчивости и технические способы и средства обеспечения устойчивости ЭЭС	ИД-3 _{ПК-2}		+		+				+	Тестирование/Способы и средства обеспечения устойчивости
Уметь:										
формировать математическое описание ЭЭС для определения оптимального управления	ИД-2 _{ПК-1}							+	+	Контрольная работа/Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС
определять характеристики устойчивости ЭЭС	ИД-2 _{ПК-1}		+	+		+				Контрольная работа/Критерий Михайлова
рассчитывать условия устойчивости регулируемой ЭЭС	ИД-3 _{ПК-2}					+	+			Контрольная работа/Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Свойства ЭЭС как объекта управления (Тестирование)
2. Способы и средства обеспечения устойчивости (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Критерий Михайлова (Контрольная работа)
2. Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС (Контрольная работа)
3. Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

В соответствии с положением о БАРС

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1985. – 536 с.;
2. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков. – стереотип. – М. : Альянс, 2015. – 456 с. – ISBN 978-5-91872-101-8.;
3. Электрические системы: Т.8. Управление переходными режимами электроэнергетических систем : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / Э. Н. Зуев, и др. ; Ред. В. А. Веников. – М. : Высшая школа, 1982. – 247 с.;
4. Строев, В. А. Управление переходными режимами в электрических системах : Текст лекций по курсу "Переходные процессы в электрических системах" / В. А. Строев, Р. М. Селиджанов ; Ред. В. И. Пуго ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ). – М. : Изд-во МЭИ, 1992. – 91 с.;
5. Барзам, А. Б. Системная автоматика / А. Б. Барзам. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 446 с.;
6. Коротков, В. Ф. Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах : учебник для вузов по специальности 140203 "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" направления 140200 "Электроэнергетика" и по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / В. Ф. Коротков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2013. – 416 с. – ISBN 978-5-383-00771-6.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5351>;

7. П. С. Жданов- "Вопросы устойчивости электрических систем", Издательство: "Энергия", Москва, 1979 - (456 с.)
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=610934.](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=610934)

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. SimInTech;
2. SmathStudio;
3. RastrWin.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-201, Лаборатория Электродинамическая модель электрических систем	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-2/10, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, телевизор, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	Д-2/12(1), Кабинет сотрудников каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, колонки звуковые, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, документы, журналы, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
Помещения для консультирования	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь

		специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие , канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление режимами ЭЭС

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Свойства ЭЭС как объекта управления (Тестирование)
- КМ-2 Способы и средства обеспечения устойчивости (Тестирование)
- КМ-3 Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС (Контрольная работа)
- КМ-4 Критерий Михайлова (Контрольная работа)
- КМ-5 Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	13	13	14	15
1	Нормативная документация						
1.1	Нормативная документация в области управления режимами энергосистем и устойчивости. Нормативные требования по применению противоаварийной автоматики (ПА)		+				
2	Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС						
2.1	Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС		+	+		+	
3	Синтез структуры АРВ сильного действия						
3.1	Синтез структуры АРВ сильного действия					+	
4	Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов						
4.1	Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов			+			
5	Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов						
5.1	Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов				+	+	
6	Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС						
6.1	Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС				+		+

7	Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях					
7.1	Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях. Асинхронный ход и ресинхронизация генераторов в ЭЭС		+			+
Вес КМ, %:		10	10	30	30	20