

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
1157017	Моделирование и оптимизация в электроэнергетических системах

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем	<b>Код ОП</b> 1. 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>
1	Саймова Елена Дмитриевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	автоматизированных электрических систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Моделирование и оптимизация в электроэнергетических системах

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплины «Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем», «Оптимизация в интеллектуальных электроэнергетических системах», «Информационные технологии в управлении электроэнергетическими системами». Модуль посвящён вопросам моделирования электроэнергетических систем, управления и планирования их режимов, информационного обеспечения автоматизированных систем диспетчерского управления. Изучаются общие принципы математического моделирования, способы математического моделирования режимов электроэнергетических систем. Рассматриваются вопросы автоматизированного управления энергосистемой, требования к системам автоматизированного управления, их архитектура, организация и сбор данных для данных систем. Изучаются методы автоматизированного управления на основе математической теории оптимизации и управления. Рассматривается процесс организации получения и хранения информации, описывается объем информации, необходимый для функционирования различных систем автоматического управления. Изучаются технологии синхронизированных векторных измерений и основы системы мониторинга переходных режимов

## 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	Оптимизация в интеллектуальных электроэнергетических системах	3
2	Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем	3
3	Информационные технологии в управлении электроэнергетическими системами	3
ИТОГО по модулю:		9

## 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
Информационные технологии в управлении электроэнергетическими системами	ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	<p>З-12 - Описывать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-13 - Характеризовать виды технологической информации и источники погрешностей, влияющие на управление</p> <p>З-14 - Описывать методы обеспечения наблюдаемости электроэнергетической системы и решения задачи оценивания состояния по телеизмерениям</p> <p>З-15 - Характеризовать современные тенденции совершенствования измерительной техники в электроэнергетических системах</p> <p>У-7 - Проводить тестовые расчеты с целью достоверизации информации о режимах электроэнергетических систем</p> <p>П-6 - Иметь практический опыт совершенствования системы информационного обеспечения задач управления</p> <p>П-7 - Иметь практический опыт моделирования и тестирования систем достоверизации телеинформации в электроэнергетических системах</p>
	ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p>З-15 - Описывать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-16 - Характеризовать виды технологической информации и источники погрешностей, влияющие на управление</p> <p>З-17 - Описывать методы обеспечения наблюдаемости электроэнергетической системы и решения задачи оценивания состояния по телеизмерениям</p> <p>З-18 - Характеризовать современные тенденции совершенствования</p>

		<p>измерительной техники в электроэнергетических системах</p> <p>У-9 - Проводить тестовые расчеты с целью достоверизации информации о режимах электроэнергетических систем</p> <p>П-8 - Иметь практический опыт совершенствования системы информационного обеспечения задач управления</p> <p>П-9 - Иметь практический опыт моделирования и тестирования систем достоверизации телеинформации в электроэнергетических системах</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-21 - Описывать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-22 - Характеризовать виды технологической информации и источники погрешностей, влияющие на управление</p> <p>З-23 - Описывать методы обеспечения наблюдаемости электроэнергетической системы и решения задачи оценивания состояния по телеизмерениям</p> <p>З-24 - Характеризовать современные тенденции совершенствования измерительной техники в электроэнергетических системах</p> <p>У-12 - Проводить тестовые расчеты с целью достоверизации информации о режимах электроэнергетических систем</p> <p>П-12 - Иметь практический опыт совершенствования системы информационного обеспечения задач управления</p> <p>П-13 - Иметь практический опыт моделирования и тестирования систем достоверизации телеинформации в электроэнергетических системах</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической</p>	<p>З-21 - Описывать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p>

<p>системой, определять эффективные режимы её работы</p>	<p>З-22 - Характеризовать виды технологической информации и источники погрешностей, влияющие на управление</p> <p>З-23 - Описывать методы обеспечения наблюдаемости электроэнергетической системы и решения задачи оценивания состояния по телеизмерениям</p> <p>З-24 - Характеризовать современные тенденции совершенствования измерительной техники в электроэнергетических системах</p> <p>У-12 - Проводить тестовые расчеты с целью достоверизации информации о режимах электроэнергетических систем</p> <p>П-12 - Иметь практический опыт совершенствования системы информационного обеспечения задач управления</p> <p>П-13 - Иметь практический опыт моделирования и тестирования систем достоверизации телеинформации в электроэнергетических системах</p>
<p>ПК-9 - Способен применять информационно-телекоммуникационные технологии для решения вопросов управления и надёжного функционирования интеллектуальных электроэнергетических систем</p>	<p>З-1 - Характеризовать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-2 - Характеризовать виды технологической информации и источники погрешностей, влияющие на управление</p> <p>З-3 - Описывать методы обеспечения наблюдаемости электроэнергетической системы и решения задачи оценивания состояния по телеизмерениям</p> <p>З-4 - Характеризовать современные тенденции совершенствования измерительной техники в электроэнергетических системах</p> <p>У-1 - Проводить тестовые расчеты с целью достоверизации информации о режимах электроэнергетических систем</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт совершенствования системы информационного обеспечения задач управления</p>

		<p>П-2 - Иметь практический опыт моделирования и тестирования систем достоверизации телеинформации в электроэнергетических системах</p>
<p>Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем</p>	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки</p>	<p>З-16 - Характеризовать методы алгоритмизации расчета электромеханических и электромагнитных переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-17 - Описывать модели, используемые для расчётов электромеханических переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-18 - Объяснять особенности и скорости протекания переходных процессов в энергосистемах</p>

		<p>У-8 - Анализировать переходные процессы в многомашинных энергосистемах</p> <p>У-9 - Выбирать степень детализации моделей основного оборудования энергосистем в зависимости от решаемой задачи</p> <p>У-10 - Рассчитывать электромагнитные переходные процессы в математических программных пакетах</p> <p>П-8 - Создавать динамические модели электротехнических устройств в специализированных программных комплексах</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p>	<p>З-19 - Характеризовать методы алгоритмизации расчета электромеханических и электромагнитных переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-20 - Описывать модели, используемые для расчётов электромеханических переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-21 - Объяснять особенности и скорости протекания переходных процессов в энергосистемах</p> <p>У-10 - Анализировать переходные процессы в многомашинных энергосистемах</p> <p>У-11 - Выбирать степень детализации моделей основного оборудования энергосистем в зависимости от решаемой задачи</p> <p>У-12 - Рассчитывать электромагнитные переходные процессы в математических программных пакетах</p> <p>П-10 - Создавать динамические модели электротехнических устройств в специализированных программных комплексах</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их</p>	<p>З-25 - Характеризовать методы алгоритмизации расчета электромеханических и электромагнитных переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p>



	<p>свойств и прогноза состояния</p>	<p>З-26 - Описывать модели, используемые для расчётов электромеханических переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-27 - Объяснять особенности и скорости протекания переходных процессов в энергосистемах</p> <p>У-13 - Анализировать переходные процессы в многомашинных энергосистемах</p> <p>У-14 - Выбирать степень детализации моделей основного оборудования энергосистем в зависимости от решаемой задачи</p> <p>У-15 - Рассчитывать электромагнитные переходные процессы в математических программных пакетах</p> <p>П-14 - Создавать динамические модели электротехнических устройств в специализированных программных комплексах</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p>	<p>З-25 - Характеризовать методы алгоритмизации расчета электромеханических и электромагнитных переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-26 - Описывать модели, используемые для расчётов электромеханических переходных процессов в многомашинных энергосистемах</p> <p>З-27 - Объяснять особенности и скорости протекания переходных процессов в энергосистемах</p> <p>У-13 - Анализировать переходные процессы в многомашинных энергосистемах</p> <p>У-14 - Выбирать степень детализации моделей основного оборудования энергосистем в зависимости от решаемой задачи</p> <p>У-15 - Рассчитывать электромагнитные переходные процессы в математических программных пакетах</p> <p>П-14 - Создавать динамические модели электротехнических устройств в</p>

		специализированных программных комплексах
Оптимизация в интеллектуальных электроэнергетических системах	ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p>З-11 - Характеризовать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-12 - Объяснять теоретические основы оптимизации режима электроэнергетической системы</p> <p>З-13 - Описывать математические методы аппарата нелинейного программирования</p> <p>З-14 - Описывать способы учета ограничений в задаче оптимизации электроэнергетической системы</p> <p>У-6 - Использовать в задаче оптимизации метод покоординатного спуска, градиентный метод и обобщённый метод Ньютона</p> <p>У-7 - Применять методы замены переменных и Лагранжа</p> <p>У-8 - Применять методы штрафных функций</p> <p>П-7 - Предлагать решение по оптимизации режима объединенной электроэнергетической системы</p>
	ПК-3 - Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния	<p>З-17 - Характеризовать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-18 - Объяснять теоретические основы оптимизации режима электроэнергетической системы</p> <p>З-19 - Описывать математические методы аппарата нелинейного программирования</p> <p>З-20 - Описывать способы учета ограничений в задаче оптимизации электроэнергетической системы</p> <p>У-9 - Использовать в задаче оптимизации метод покоординатного спуска, градиентный метод и обобщённый метод Ньютона</p> <p>У-10 - Применять методы замены переменных и Лагранжа</p>

		<p>У-11 - Применять методы штрафных функций</p> <p>П-11 - Предлагать решение по оптимизации режима объединенной электроэнергетической системы</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p>	<p>З-17 - Характеризовать существующую структуру управления в электроэнергетике и тенденции ее развития</p> <p>З-18 - Объяснять теоретические основы оптимизации режима электроэнергетической системы</p> <p>З-19 - Описывать математические методы аппарата нелинейного программирования</p> <p>З-20 - Описывать способы учета ограничений в задаче оптимизации электроэнергетической системы</p> <p>У-9 - Использовать в задаче оптимизации метод покоординатного спуска, градиентный метод и обобщённый метод Ньютона</p> <p>У-10 - Применять методы замены переменных и Лагранжа</p> <p>У-11 - Применять методы штрафных функций</p> <p>П-11 - Предлагать решение по оптимизации режима объединенной электроэнергетической системы</p>

### 1.5. Форма обучения

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Оптимизация в интеллектуальных**  
**электроэнергетических системах**

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	Ерошенко Станислав Андреевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Старший преподавателе ль	электротехники
2	Прохоров Антон Викторович	кандидат технических наук, без учёного звания	доцент	отделение электроэнергетик и и электротехники ФГАОУ ВО НИ ТПУ
3	Самойленко Владислав Олегович	кандидат технических наук, без ученого звания	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	Введение	О необходимости оптимизации в интеллектуальных электроэнергетических системах
P2	Задача оптимизации потокораспределения	Предпосылки и ожидаемые результаты процедуры оптимизации потокораспределения. Постановка задачи оптимизации. Целевая функция. Ограничения при оптимизации. Ограничения в форме равенств и неравенств
P3	Оптимизационные задачи в интеллектуальных электроэнергетических системах (ИЭЭС)	Оптимизация объемов ограничения нагрузки в аварийных режимах. Оптимизация распределения нагрузки между генераторами в установившихся режимах. Оптимизация выработки реактивной мощности между источниками
P4	Оптимизация топологии ИЭЭС	Оптимальность автономного или параллельного режима работы частей ИЭЭС. Динамическая реконфигурация ИЭЭС

## 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

### Оптимизация в интеллектуальных электроэнергетических системах

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Бартоломей, П. И.; Информационное обеспечение задач электроэнергетики : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/65931.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Бартоломей, П. И.; Решение электроэнергетических задач методами второго порядка : Учеб. пособие.; УПИ, Свердловск; 1988 (41 экз.)
2. , Бартоломей, П. И., Ерохин, П. М., Неуймин, В. Г., Паниковская, Т. Ю., Котов, О. М.; Конкурентные рынки электроэнергии : учеб. пособие.; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2006 (10 экз.)
3. Бартоломей, П. И., Паниковская, Т. Ю., Паздерин, А. В.; Оптимизация режимов энергосистем : учебное пособие для студентов вузов.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (70 экз.)
4. Бартоломей, П. И., Суворов, А. А.; Информационное обеспечение задач электроэнергетики : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2015 (5 экз.)

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

<https://elar.ufu.ru/handle/10995/34804>

<https://elar.ufu.ru/handle/10995/28995>

#### 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

Scopus - [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Web of Science - [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)

IEEE xPlore Digital Library - [ieeexplore.ieee.org](http://ieeexplore.ieee.org)

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Оптимизация в интеллектуальных электроэнергетических системах

#### 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	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<b>Не требуется</b>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<b>Не требуется</b>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в 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>	<b>Не требуется</b>
4	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>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в 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>	Не требуется
6	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическое моделирование режимов**  
**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	Чусовитин Павел Валерьевич	кандидат технических наук, без ученого звания	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:

- **Чусовитин Павел Валерьевич, Доцент, автоматизированных электрических систем**

## 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	Алгоритмизация расчетов переходных процессов в энергосистемах	
P1.T1	Введение в дисциплину. Алгоритм расчета переходных процессов в многомашинных системах	Дается обзор содержания дисциплины, цели и результаты ее изучения. Даются математические основы решения систем дифференциально-алгебраических уравнений, последовательность расчета переходных процессов в энергосистемах. Рассматривается способ объединения моделей различных устройств с моделью электрической сети
P1.T2	Расчет режима электрической сети	Рассматривается модель для расчета режима электрической сети и способы учета в ней режима работы различных устройств энергосистемы
P1.T3	Преобразование координат, структурное моделирование, основные блоки структурных моделей	Рассматривается преобразование системы координат, используемой в расчетах модели отдельного устройства, в единую систему координат электрической сети и обратно. Рассматриваются основные блоки, используемые для описания динамических моделей электротехнического оборудования
P2	Модели основного оборудования энергосистемы, применяемые в расчетах электромеханических переходных процессов	

<b>P2.T1</b>	Сетевые элементы	Рассматриваются системы уравнений, описывающие сетевые элементы энергосистемы: линии электропередач, силовые трансформаторы, реакторы, батареи статических конденсаторов
<b>P2.T2</b>	Синхронная машина	Рассматриваются различные модели, описывающие переходные процессы в синхронной машине от уравнения движения до модели Парка-Горева. Изучается способ учета этих моделей в расчетах переходных процессов в многомашинных системах
<b>P2.T3</b>	Система возбуждения и автоматический регулятор возбуждения	Рассматриваются принципы работы различных систем возбуждения синхронных машин и модели, их описывающие. Рассматривается модель автоматического регулятора возбуждения пропорционального действия
<b>P2.T4</b>	Турбина и регулятор скорости	Рассматриваются физические процессы, протекающие в турбине, и системы уравнений их описывающие. Изучается простейшая модель регулятора скорости
<b>P2.T5</b>	Автоматическое вторичное регулирование частоты	Рассматривается упрощенная модель системы вторичного регулирования частоты
<b>P2.T6</b>	Модель статического поперечного компенсатора реактивной мощности	Рассматривается модель статического поперечного компенсатора реактивной мощности, применяемая в расчетах электромеханических переходных процессов в энергосистемах
<b>P3</b>	Трехфазная модель электрической сети	
<b>P3.T1</b>	Статические и динамические трехфазные модели сетевых элементов	Рассматриваются системы уравнений, описывающие сетевые элементы энергосистемы в фазных координатах
<b>P3.T2</b>	Совместный расчет электромеханических и электромагнитных переходных процессов, преобразование координат	Рассматриваются системы дифференциальных уравнений, описывающие электромагнитные переходные процессы в сетевых элементах.

### 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

### Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Лизалек, Н. Н.; Анализ низкочастотных колебаний энергосистем : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438408> (Электронное издание)

2. Лизалек, , Н. Н.; Динамические свойства энергосистем при электромеханических колебаниях. Структурная организация движений и устойчивость : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/45086.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Веников, В. А.; Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 1985 (35 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**

#### **Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
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	<b>Не требуется</b>
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	<b>Не требуется</b>

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Matlab+Simulink</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Консультации	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p>

		санитарными правилами и нормами	
6	Самостоятельная работа студентов	Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Matlab+Simulink

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Информационные технологии в управлении**  
**электроэнергетическими системами**

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	Полякова Ольга Юрьевна	кандидат технических наук, без ученого звания	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	Введение в EMS	Введение Непрерывность потребления и генерации – необходимость управления энергосистемой Диспетчеризация энергосистем Магистральные и распределительные сети Другие особенности энергосистем Архитектура SCADA/ EMS SCADA (определение, задачи, архитектура) EMS (определение, задачи, архитектура) Развитие SCADA/EMS Современные SCADA/EMS Ключевые особенности и архитектура Возможности Развитие дальнейшее Кибербезопасность Приложения SCADA/EMS Приложения SCADA Основные приложения EMS



		<p>Второстепенные приложения EMS</p> <p>Взаимодействие приложений в современных EMS (СІМ)</p> <p>Система мониторинга переходных процессов</p> <p>Основные задачи системы мониторинга переходных режимов (СМПР)</p> <p>Синхронные векторные измерения и перспективы их использования</p> <p>Трудности внедрения СМПР</p>
<p><b>P2</b></p>	<p>Оценивание состояния</p>	<p>Введение</p> <p>Что такое оценивание состояния (ОС) энергосистемы</p> <p>Цели ОС</p> <p>Измерения</p> <p>Необходимость в оценивании состояния</p> <p>Важность ОС для решения других задач</p> <p>Место ОС в EMS</p> <p>Методы оценивания состояния</p> <p>Краткий обзор существующих методов ОС</p> <p>Метод взвешенных наименьших квадратов</p> <p>Проблемы использования классических методов ОС на практике</p> <p>Современные решатели ОС в EMS</p> <p>Модель оценивания состояния постоянного тока</p> <p>Представление модели постоянного тока</p> <p>Наблюдаемость сети</p> <p>Роль анализ наблюдаемости сети</p> <p>Терминология</p> <p>Методы анализа наблюдаемости сети</p> <p>Поиск плохих данных и их идентификация</p> <p>Терминология и ключевая роль</p> <p>Методы поиск плохих данных</p> <p>Методы идентификации плохих данных</p> <p>Идентификация плохих данных с помощью анализа нормализованных невязок</p> <p>Важность удаления плохих данных, проблемы, возникающие в ходе этого процесса.</p>

<p><b>Р3</b></p>	<p>Концепция устойчивости</p>	<p>Введение</p> <p>Понятие устойчивости. Виды нарушения устойчивости.</p> <p>Проблема обеспечения устойчивости в современных энергосистемах.</p> <p>Анализ устойчивости</p> <p>Электромеханические характеристики синхронных машин. Уравнение движения и инерционная постоянная синхронного генератора.</p> <p>Угловая характеристика простейшей системы</p> <p>Предел по устойчивости в регулируемой и нерегулируемой системах.</p> <p>Динамическая устойчивость</p> <p>Особенности переходного процесса при больших возмущениях. Преобразование энергий в ходе динамического перехода.</p> <p>Метод площадей для анализа динамической устойчивости</p> <p>Метод численного интегрирования для анализа динамической устойчивости</p> <p>Требования к обеспечению динамической устойчивости при управлении крупной энергосистемой</p> <p>Использование программных комплексов для обеспечения динамической устойчивости</p> <p>Статическая устойчивость</p> <p>Анализ статической устойчивости в простейшей системе.</p> <p>Практические критерии устойчивости.</p> <p>Анализ устойчивости системы по корням характеристического уравнения.</p> <p>Использование программных комплексов для обеспечения статической устойчивости</p>
<p><b>Р4</b></p>	<p>Управление мощностью и частотой в реальном времени</p>	<p>Введение</p> <p>Понятие управления энергосистемой в реальном времени</p> <p>Основные задачи управления энергосистемой в реальном времени</p> <p>Обеспечение устойчивости в реальном времени</p> <p>Проблема поиска предела по статической устойчивости в реальном времени</p> <p>Проблема расчета динамической устойчивости в реальном времени</p>

		<p>Подходы к поиску предела по статической устойчивости (поиск границы устойчивости на основе анализа матрицы Якоби, на основе точки минимального напряжения)</p> <p>Практическая реализация обеспечения устойчивости в реальном времени</p> <p>Автоматическое регулирование частоты и мощности</p> <p>Общие принципы автоматического регулирования частоты и мощности</p> <p>Принцип работы частотных корректоров</p> <p>Принцип работы системы автоматического регулирования частоты и мощности</p>
<p><b>P5</b></p>	<p>Прогнозирование нагрузки и генерации в EMS</p>	<p>Введение</p> <p>Понятия прогнозирования потребления и генерации в энергетике</p> <p>Цели прогнозирования потребления и генерации</p> <p>Рыночные механизмы в энергетике</p> <p>Место прогнозирования в EMS</p> <p>Использование результатов прогнозирования</p> <p>Сбор данных</p> <p>Данные для прогнозирования</p> <p>Потребления</p> <p>Генерации</p> <p>Сбор данных участников рынка</p> <p>Потребления</p> <p>Генерации</p> <p>Использование телеметрии при прогнозировании</p> <p>Использование данных АСКУЭ при прогнозировании</p> <p>Анализ данных</p> <p>Прогнозирование нагрузки и генерации</p> <p>Экспертный анализ</p> <p>Метод наименьших квадратов</p> <p>Метод сезонных кривых</p> <p>Нейронные сети</p> <p>Нечеткая логика</p> <p>Использование прогнозных данных при прогнозировании электрических режимов</p>

		<p>Распределение потребления по узлам модели</p> <p>Получение перспективных ограничений электрического режима</p> <p>Прогнозирование генерации</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

### Информационные технологии в управлении электроэнергетическими системами

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Жданов, П. С., Жуков, Л. А.; Вопросы устойчивости электрических систем : научно-популярное издание.; Энергия, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=610934> (Электронное издание)
2. Калентионок, , Е. В., Федин, , В. Т.; Оперативное управление в энергосистемах : учебное пособие.; Высшэйшая школа, Минск; 2007; <http://www.iprbookshop.ru/20103.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Жданов, П. С.; Вопросы устойчивости электрических систем; Энергия, Москва; 1979 (5 экз.)
2. Бартоломей, П. И., Богатырев, Л. Л.; Информационное обеспечение задач АСДУ энергосистем : учеб. пособие.; [УГТУ], Екатеринбург; 1998 (1 экз.)
3. Бартоломей, П. И., Суворов, А. А.; Информационное обеспечение задач электроэнергетики : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2015 (5 экз.)

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

Электронный фонд нормативно-технической документации Техэксперт <http://docs.cntd.ru>

Cambridge University Press <http://www.journals.cambridge.com>

Методические указания по устойчивости энергосистем, 2018  
<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201808300036>

IEEE Xplore Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE). <http://www.ieee.org/ieeexplore>

#### 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.

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Информационные технологии в управлении электроэнергетическими системами

#### 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	Не требуется

		санитарными правилами и нормами	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</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>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>