

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
1157041	Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Электроэнергетические системы, сети, их режимы, устойчивость, надежность	Код ОП 1. 13.04.02/33.03
Направление подготовки 1. Электроэнергетика и электротехника	Код направления и уровня подготовки 1. 13.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Чусовитин Павел Валерьевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	автоматизированных электрических систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из дисциплины «Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы». Модуль посвящен изучению подходов, применяемых для управления режимами электроэнергетических систем. В нем рассматривается организация оперативно диспетчерского управления энергосистемой. В основном упор делается на методологии формирования ограничений на режим работы энергосистемы, в особенности связанных с нарушением устойчивости её работы. Также изучаются виды автоматических систем, применяемых для управления режимами работы электроэнергетических систем. Рассматриваются общие принципы построения автоматических систем. Изучаются методы определения настроек автоматических устройств и режимных ограничений, используемые на практике. Рассматриваются как установившиеся режимы работы энергосистемы, так и различные переходные процессы. Отдельное внимание уделяется системе поддержания частоты. Изучается организация трехуровневой системы регулирования частоты в Единой электроэнергетической системе России. Осуществляется анализа работы систем первичного и вторичного регулирования частоты, моделируется отклик энергосистемы на возникновение расчетного дефицита активной мощности. Также анализируется и моделируется работа частотной 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	Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы	6
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>Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы</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-39 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-40 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-41 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-42 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-43 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-44 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>У-27 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-28 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-29 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-30 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p> <p>П-25 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-26 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-27 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых</p>

		<p>элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-28 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-29 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p>
	<p>ПК-5 - Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p>	<p>З-34 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-35 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-36 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-37 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-38 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-39 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>У-22 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-23 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-24 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-25 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p> <p>П-21 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных</p>

		<p>программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-22 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-23 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-24 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-25 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p>
	<p>ПК-6 - Способен контролировать и оценивать допустимость режимов работы электроэнергетической системы, обеспечивать их эффективность</p>	<p>З-18 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-19 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-20 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-21 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-22 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-23 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>У-11 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p>

		<p>У-12 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-13 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-14 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p> <p>П-7 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-8 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-9 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-10 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-11 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p>
	<p>ПК-7 - Способен обеспечивать безопасное и надежное управление режимами энергосистемы с обеспечением требуемого качества электрической энергии</p>	<p>З-27 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-28 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-29 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-30 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p>

		<p>З-31 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-32 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>У-19 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-20 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-21 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-22 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p> <p>П-16 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-17 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-18 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-19 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-20 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Средства регулирования нормальных и
аварийных режимов электроэнергетической
системы

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
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	Основы оперативно-диспетчерского управления	
P1.T1	Общие принципы оперативно-диспетчерского управления	Организационная структура оперативно-диспетчерского управления. Задачи оперативно-диспетчерского управления, основные пути их решения. Формирование ограничений на режим работы энергосистемы
P1.T2	Регулирование напряжения в энергосистеме	Организация регулирования напряжения в системообразующей сети ЕЭС России. Контрольные пункты по напряжению
P1.T3	Регулирование частоты в энергосистеме	Организация регулирования частоты в ЕЭС России. Структура, основные принципы функционирования
P2	Принципы формирования режимных ограничений	
P2.T1	Теоретические основы поиска предельных по устойчивости режимов	Математическая модель для поиска предельных по существованию режимов. Соответствие предельного по существованию и по устойчивости режима. Поиск опасных сечений
P2.T2	Определение ограничений по устойчивости в реальной энергосистеме	Метод утяжеления. Запас по устойчивости в сложной энергосистеме
P2.T3	Режимные ограничения, не относящиеся к устойчивости	Ограничения по напряжению в узлах сети, токовые ограничения. Принципы их учета

Р3	Противоаварийное управление электроэнергетической системой	
Р3.Т1	Общие сведения о противоаварийном управлении энергосистемой	Задачи и структура противоаварийного управления ЕЭС России. Основные элементы системы противоаварийного управления. Управляющие воздействия противоаварийной автоматики
Р3.Т2	Автоматика предотвращения нарушения устойчивости	Координирующая система противоаварийного управления, централизованная система противоаварийного управления, локальная автоматика предотвращения нарушения устойчивости
Р3.Т3	Автоматика ограничения повышения/снижения напряжения	Принципы функционирования, выбор уставок
Р3.Т4	Автоматика ограничения перегрузки оборудования, автоматика ликвидации асинхронного режима	Принципы функционирования, выбор уставок.
Р4	Предотвращение и ликвидация аварийных событий в энергосистеме	
Р4.Т1	Принципы предотвращения и ликвидации аварийных событий в энергосистеме	Предотвращение аварийных событий. Восстановления энергосистемы после аварийного события
Р4.Т2	Примеры крупных системных аварий	Продемонстрировано несколько примеров аварий в которых видна как работа систем противоаварийного управления, так и меры по ликвидации аварий
Р5	Новые технологии мониторинга и управления режимом энергосистемы	
Р5.Т1	Векторные измерения в задачах управления энергосистемой	Оценивание состояния, мониторинг низкочастотных колебаний в энергосистеме, настройка регуляторов возбуждения для предотвращения колебательного нарушения устойчивости.
Р5.Т2	Оценивание состояния динамических моделей	Мониторинг низкочастотных колебаний и колебательной устойчивости энергосистемы на основе классического оценивания состояния и инициализации динамической модели энергосистемы
Р5.Т3	Оптимизационные алгоритмы в задачах мониторинга и управления режимом энергосистемы	Применение обобщенного метода Ньютона для определения опасных сечений и запасов устойчивости по ним. Определение управляющих воздействий для задач противоаварийного управления энергосистемой

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

Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

Электронные ресурсы (издания)

1. , Воропай, Н. И.; Снижение рисков каскадных аварий в электроэнергетических системах : монография.; Сибирское отделение Российской академии наук, Новосибирск; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98018> (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

Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

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	Не требуется

		<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>	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>RastrWin</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
3	Практические занятия	<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
4	Консультации	<p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<p>RastrWin</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>RastrWin</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>