

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Электроснабжения и электротехники»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электроснабжения и электротехники

Протокол №12 от 18 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Интеллектуальные системы электроснабжения

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Ефимов Дмитрий Николаевич
Дата подписания: 08.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Шакиров
Владислав Альбертович
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Пионкевич
Владимир Андреевич
Дата подписания: 08.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Аварийные режимы в электроэнергетических системах» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способен к выполнению работ по проектированию оборудования и технологической автоматики интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-2.4
ПК-3 Способен решать производственно-технические задачи по реконструкции оборудования интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-3.5
ПК-5 Способен прогнозировать свойства и поведение объектов интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-5.1
ПК-6 Способен конструировать и выбирать оборудование и технологическую автоматику с учётом особенностей эксплуатации активно-адаптивных сетей интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-6.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.4	Демонстрирует знание причин нарушения статической устойчивости в электроэнергетической системе	Знать основные физические законы, явления и процессы, определяющие режимы функционирования основных элементов электротехнических установок, методы определения статической устойчивости энергосистемы Уметь проводить в практической деятельности оценку устойчивости энергосистемы и при необходимости принимать решение по выбору вариантов мероприятий по её повышению Владеть навыками расчета установившихся и переходных режимов в энергосистеме, расчета и анализа статической устойчивости энергосистем
ПК-3.5	Составляет схемы замещения и рассчитывает их параметры для любого режима работы электрооборудования	Знать основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей, принципы составления схем замещения и практические методы

		расчета токов коротких замыканий и режимов энергосистемы, методы анализа и средства управления установившимися и переходными режимами Уметь составлять схемы замещения электротехнических устройств и рассчитывать их параметры для любого режима работы электрооборудования, использовать схемы замещения для решения прикладных задач; рассчитывать токи короткого замыкания в любой момент времени в сложном электротехническом комплексе, рассчитывать неполнофазные и несимметричные режимы работы электротехнических установок Владеть навыками применения понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей для составления и расчета параметров схем замещения электротехнических устройств
ПК-6.1	Демонстрирует знания, необходимые для выбора оборудования и технологической автоматики с учётом аварийных режимов в электроэнергетических системах	Знать методы анализа цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах Уметь проводить патентные исследования и определять требования к оборудованию, средствам управления, релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики электростанций и энергосистем, грамотно использовать методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся выполняемой работы Владеть навыками описания основных физических процессов и явлений, протекающих в электротехнических установках; методами расчета режимов и параметров основных элементов электротехнических установок, методами анализа вариантов разработки решений
ПК-5.1	Демонстрирует знания по прогнозированию аварийных	Знать физические основы теории электроэнергетических режимов в

	режимов в электроэнергетических системах	энергосистемах, особенности установившихся и переходных режимов и их взаимосвязь, качественный характер протекания переходных процессов в основных элементах электротехнических установок Уметь исследовать особенности функционирования энергосистем для решения задач оценки и прогнозирования состояния энергообъектов и энергосистемы в целом Владеть методами расчета переходных и установившихся режимов в линейных и нелинейных электрических цепях, методами анализа и средствами управления установившимися и переходными режимами для обеспечения надёжности, качества и экономичности функционирования электроэнергетических систем
--	---	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Аварийные режимы в электроэнергетических системах» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: Нет

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: научно-исследовательская работа (научно-исследовательский семинар)», «Производственная практика: проектная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия, в том числе:	80	80
лекции	16	16
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	64	64
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36

Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа
--	--------------------------	--------------------------------

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 1

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Режимы и процессы в электроэнергетической системе	1	2			1	2	2, 2, 4	6	Просмотр
2	Противоаварийное оперативно-диспетчерское и автоматическое управление энергосистемой	2	2			2	2	2, 4	4	Доклад
3	Аварийные ситуации на электростанциях	3	2	1, 2, 3, 4, 5, 6	12	4	2	2	2	Доклад
4	Аварийные ситуации на линиях электропередачи	4	2			5, 6	4	2	2	Доклад
5	Аварийные ситуации на электрических подстанциях	5	2			7, 8	4	2	2	Доклад
6	Аварийные отклонения параметров режима энергосистемы. Управляющие воздействия диспетчера и противоаварийной автоматики.	6	2	7, 8, 9, 10, 11, 12	12	3, 9, 10	6	4	4	Доклад
7	Причины и последствия возникновения и развития системных аварий	7	2	13, 14, 15, 16	8	11, 12, 13, 14, 15	10	1, 2, 3, 4	38	Доклад
8	Классификация аварий. Примеры возникновения и развития системных аварий.	8	2			16	2	2, 4	6	Доклад
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая

										работа
	Всего		16		32		32		100	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 1

№	Тема	Краткое содержание
1	Режимы и процессы в электроэнергетической системе	Состояние и режим энергосистемы и их параметры. Основные виды режимов. Виды аварийных режимов. Процессы в энергосистеме. Характерные этапы развития аварийного процесса. Категории переходных процессов. Аварийные события, ситуации и аварии. Общий подход к ликвидации аварийных режимов.
2	Противоаварийное оперативно-диспетчерское и автоматическое управление энергосистемой	Структуры оперативного управления энергосистемой. Требования к плану ликвидации аварий в энергосистемах. Взаимодействие оперативного персонала при ликвидации аварий. Устройства релейной защиты и автоматики для предотвращения и ликвидации аварий. Распознавание аварии и оценка её последствий диспетчером. Управляющие воздействия диспетчера на электростанцию, электрическую сеть и потребителей электроэнергии.
3	Аварийные ситуации на электростанциях	Аварийная перегрузка генераторов. Аварийные отключения генераторов и энергоблоков. Выход генератора из синхронизма. Возникновение несимметричного режима работы генераторов. Отключение источников питания собственных нужд.
4	Аварийные ситуации на линиях электропередачи	Перегрузки линий электропередачи: допустимая токовая нагрузка линии, причины и последствия перегрузки, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки. Неполнофазные режимы: причины возникновения неполнофазного режима в сети с глухозаземленной нейтралью, определение неполнофазного режима сети оперативным персоналом, управляющие воздействия диспетчера при возникновении неполнофазного режима на линии электропередачи.
5	Аварийные ситуации на электрических подстанциях	Типы подстанций. Формы оперативного обслуживания подстанций. Причины возникновения аварий на подстанциях. Перегрузка трансформаторов и автотрансформаторов: нагрузочная способность трансформатора, виды перегрузок, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки. Аварийное отключение линии электропередачи. Автоматическое отключение трансформатора. Аварийное исчезновение напряжения на шинах.

		Аварийное отключение синхронного компенсатора.
6	Аварийные отклонения параметров режима энергосистемы. Управляющие воздействия диспетчера и противоаварийной автоматики.	Аварийные перегрузки по току и мощности: физические явления при протекании тока по линии, допустимая токовая нагрузка линии, пропускные способности линии и сечения, причины перегрузки сетевых элементов. Аварийные отклонения частоты: причины аварийного снижения/повышения частоты, действие автоматического регулятора скорости турбин при снижении или повышении частоты, причины возникновения лавины частоты, основное назначение АЧР, ступени АЧР, основные управляющие воздействия диспетчера при повышении и снижении частоты в аварийном режиме. Аварийные отклонения напряжения: характер изменения реактивной мощности нагрузки при снижении напряжения, лавина напряжения, коэффициент запаса по напряжению, основные причины аварийного повышения напряжения, управляющие воздействия диспетчера по повышению/снижению напряжения в аварийном режиме.
7	Причины и последствия возникновения и развития системных аварий	Основные причины возникновения и развития системных аварий. Общая схема развития аварий. Стадии аварии. Иницирующее и триггерное события. Нарушения устойчивости энергосистемы: виды устойчивости, критерии оценки устойчивости, причины нарушения устойчивости, нормирование уровней устойчивости, мероприятия для обеспечения устойчивости. Асинхронный режим: характерные признаки, электрический центр качаний, изменение напряжения, тока и активной мощности, последствия для энергосистемы, способы ликвидации. Разделение энергосистемы на части: причины разделения, первоочередные действия диспетчера, действия оперативного персонала электростанций, подстанций и электрических сетей, синхронизация разделившихся частей энергосистемы, возможности диспетчера по ускорению синхронизации. Погашение энергосистемы или энергоузла. Восстановление энергосистемы после полного погашения: диспетчерские мероприятия при погашении энергосистемы, восстановление работы электростанций, восстановление схемы сети, восстановление питания потребителей.
8	Классификация аварий. Примеры возникновения и	Классификация аварий по причинам, механизмам развития и последствиям. Классификация аварий по видам нарушения устойчивости. Причинно-

	развития системных аварий.	следственные связи аварийных событий. Живучесть энергосистемы. Порядок расследования аварий. Примеры возникновения и развития системных аварий.
--	----------------------------	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 1

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Переходные процессы в синхронной машине при различных удаленностях короткого замыкания	2
2	Влияние регулятора возбуждения на переходный процесс в синхронной машине	2
3	Аварийное отключение генератора/блока электростанции релейной защитой	2
4	Неполнофазное отключение/включение выключателя при выводе блока в резерв или ремонт	2
5	Ликвидация аварии в электрической части станции при повреждении выключателей	2
6	Моделирование перегревов обмоток трехфазных двигателей	2
7	Определение токов короткого замыкания и распределения напряжений при расчетных видах коротких замыканий	2
8	Оценка перегрузочной способности электрической сети по току	2
9	Определение предела передаваемой мощности по сечению энергосистемы	2
10	Определение предельного времени отключения короткого замыкания в энергосистеме	2
11	Определение параметров энергосистемы по параметрам её аварийного режима	2
12	Управление потоками активной мощности в энергосистеме в нормальных и аварийных режимах	2
13	Построение угловых характеристик мощности и определение коэффициентов запаса статической устойчивости по активной мощности	2
14	Анализ статической устойчивости энергосистемы с автоматическим регулированием фазы	2
15	Анализ динамической устойчивости генераторов электростанции	2
16	Анализ динамической устойчивости двухцепной электропередачи	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 1

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Состояние и режим энергосистемы и их параметры. Виды и этапы развития аварийных режимов и процессов. Категории переходных процессов. Аварийные события, ситуации и аварии.	2
2	План ликвидации аварий в энергосистеме. Распознавание аварии и оценка её последствий. Управляющие воздействия на электростанцию, электрическую сеть и потребителей электроэнергии	2
3	Аварийные перегрузки по току и мощности: физические явления при протекании тока в проводнике, пропускные способности линии и сечения, причины перегрузок элементов энергосистемы.	2
4	Аварийная перегрузка генераторов. Аварийные отключения генераторов или блочных агрегатов. Выход генератора из синхронизма. Возникновение несимметричного режима работы генераторов. Отключение источников питания собственных нужд.	2
5	Перегрузки линий электропередачи: допустимая токовая нагрузка линии, причины и последствия перегрузки, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки.	2
6	Неполнофазные режимы: причины возникновения неполнофазного режима в сети с глухозаземленной нейтралью, определение неполнофазного режима сети оперативным персоналом, действия диспетчера при возникновении неполнофазного режима на линии электропередачи.	2
7	Перегрузка трансформаторов и автотрансформаторов: нагрузочная способность трансформатора, виды перегрузок, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки.	2
8	Аварийное отключение линии электропередачи. Автоматическое отключение трансформатора. Аварийное исчезновение напряжения на шинах. Аварийное отключение синхронного компенсатора.	2
9	Аварийные отклонения частоты: причины аварийного снижения/повышения частоты, действие автоматического регулятора скорости турбин при снижении или повышении частоты,	2

	причины возникновения лавины частоты, основное назначение АЧР, ступени АЧР, основные действия диспетчера при повышении и снижении частоты в аварийном режиме.	
10	Аварийные отклонения напряжения: характер изменения реактивной мощности нагрузки при снижении напряжения, лавина напряжения, коэффициент запаса по напряжению, основные причины аварийного повышения напряжения, действия диспетчера по повышению/снижению напряжения в аварийном режиме.	2
11	Основные причины возникновения и развития системных аварий. Общая схема развития аварий. Стадии аварии. Иницирующее и триггерное события.	2
12	Нарушения устойчивости энергосистемы: виды устойчивости, критерии оценки устойчивости, причины нарушения устойчивости, нормирование уровней устойчивости, мероприятия для обеспечения устойчивости.	2
13	Асинхронный режим: характерные признаки, электрический центр качаний, изменение напряжения, тока и активной мощности, последствия для энергосистемы, способы ликвидации.	2
14	Разделение энергосистемы на части: причины разделения, первоочередные действия диспетчера, действия оперативного персонала электростанций, подстанций и электрических сетей, синхронизация разделившихся частей энергосистемы, возможности диспетчера по ускорению синхронизации.	2
15	Погашение энергосистемы или энергоузла. Восстановление энергосистемы после полного погашения: диспетчерские мероприятия при погашении энергосистемы, восстановление работы электростанций, восстановление схемы сети, восстановление питания потребителей.	2
16	Классификация аварий по причинам, механизмам развития и последствиям. Классификация аварий по видам нарушения устойчивости. Карта-схема аварийных событий. Диаграмма причинно-следственных связей аварийных событий.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 1

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
---	---------	----------------------------

1	Написание курсового проекта (работы)	24
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	18
3	Подготовка презентаций	4
4	Проработка разделов теоретического материала	18

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Лекция-беседа, Семинар-дискуссия, Разбор конкретных ситуаций

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Курсовая работа является конечным продуктом, получаемым в результате выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, и уровень сформированности аналитических и исследовательских навыков.

В соответствии с исходными данными своего варианта (выдаются руководителем) обучающемуся требуется выполнить следующее:

1. Дополнить имеющиеся данные об аварии в энергосистеме (энергообъединении) информацией по результатам собственного поиска.
2. Представить последовательность событий аварии на карте-схеме и на диаграмме причинно-следственных связей.
3. Выявить основные причины возникновения и развития аварии.
4. Детально проанализировать эти причины с привлечением, при необходимости, типовых схем и характеристик оборудования и/или устройств управления, имеющих отношение к выявленным причинам.

В тексте записки следует дать ссылки на используемую техническую и справочную литературу. В начале записки следует привести оглавление, в конце записки – список использованной литературы.

При выполнении курсовой работы следует руководствоваться стандартом ИРНИТУ «СТО 005-2015. Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей» – <http://www.istu.edu/local/modules/doc/download/41649>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические занятия проводятся в форме семинара.

На первом занятии обучающийся получает перечень тем практических занятий, из которого должен выбрать и согласовать с преподавателем одну тему для составления эссе, подготовки слайдов презентации и выступления на занятии с устным докладом.

Допускается также самостоятельное формулирование темы обучающимся при обязательном согласовании ее с преподавателем.

Обучающийся готовит к семинару слайды мультимедийной презентации для устного десятиминутного выступления (доклада) по теме подготавливаемого эссе. Презентация должна соответствовать эссе по содержанию и структуре.

На очередном занятии обучающиеся получают замечания и корректировки по выполняемой работе. При необходимости осуществляется общее обсуждение спорных моментов.

Когда качество слайдов и текущая версия эссе признаются пригодными для устного доклада, обучающийся выступает на занятии с докладом-презентацией и отвечает на возникшие вопросы. При необходимости преподаватель инициирует дискуссию по теме выступления.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

В процессе изучения дисциплины обучающиеся выполняют лабораторные работы, основной целью которых является закрепление теоретического материала по курсу. Лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях и включают компьютерное моделирование различных режимов работы электроэнергетических систем и электрических сетей.

Структура и порядок выполнения всех работ едины:

1. Цель работы.
2. Основные теоретические положения.
3. Методические указания.
4. Содержание отчета.

До выполнения лабораторных работ обучающиеся должны прослушать лекции по соответствующим разделам дисциплины или самостоятельно проработать материал. Перед каждым занятием необходимо ознакомиться с целью, теоретическими положениями, заданием и методическими указаниями по выполнению работы. Исходные данные, необходимые для выполнения работ, берутся из таблиц в соответствии с цифрами шифра обучающегося. При необходимости исходные данные могут быть изменены или уточнены преподавателем, ведущим практические занятия.

После выполнения каждой лабораторной работы обучающийся оформляет отчет. На титульном листе отчета указываются название дисциплины, номера практических занятий, фамилия, инициалы и шифр обучающегося. Текст отчета должен быть изложен аккуратно, с обязательным приведением цели занятия, исходных данных, необходимых формул, схем, единиц измерения физических величин, распечаток результатов расчетов. При оформлении отчета оставляются поля шириной 3-4 см для замечаний преподавателя. Для текущего (промежуточного) контроля успеваемости проводится проверка отчетов по лабораторным работам и собеседование с обучающимся по результатам выполнения лабораторных работ. При оценке используется балльная система: за полностью исчерпывающий ответ - 5 баллов, с замечанием – 4 балла, неполный ответ – 3 балла, неправильный ответ - 2 балла, неспособность обучающегося дать ответ – 1 балл.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Обучающийся должен составить эссе по согласованной с преподавателем теме. На начальном этапе подготовки эссе обучающийся прорабатывает источники, относящиеся к согласованной теме, из списков основной и дополнительной литературы, приведенных в настоящей РПД. Далее эссе готовится по информации, собираемой обучающимся самостоятельно. При составлении эссе должны быть использованы, как минимум два источника, изданные не ранее последних трех лет. Общее количество используемых источников не ограничивается.

Эссе составляется на русском или английском языке. Эссе должно быть четко структурировано (введение, основная часть, заключение), иметь объем 6-8 страниц и оформляться в соответствии с требованиями IEEE к статьям международных электроэнергетических конференций (шаблон оформления – <https://www.ieee-pes.org/images/files/pdf/pg4-sample-word-template-conference-paper.doc>). В интервалах между занятиями обучающиеся присылают преподавателю по электронной почте вначале план эссе, затем, по мере частичной или полной готовности, – собственно эссе и слайды презентации.

При необходимости обучающийся дорабатывает эссе после презентации его на семинаре по результатам обсуждения.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 1 | Просмотр

Описание процедуры.

- 1) На первом занятии обучающийся получает перечень тем практических занятий, из которого выбирает и согласовывает с преподавателем одну тему для составления эссе, подготовки слайдов презентации и выступления на занятии с устным докладом.
- 2) В интервалах между занятиями обучающиеся присылают преподавателю по электронной почте вначале план эссе на выбранную тему, затем, по мере частичной или полной готовности, – собственно эссе и слайды презентации.
- 3) На очередном занятии обучающиеся получают замечания и корректировки по выполняемой работе. При необходимости осуществляется общее обсуждение спорных моментов.
- 4) Когда качество слайдов и текущая версия эссе становятся пригодными для устного доклада, обучающийся выступает на занятии с докладом-презентацией и отвечает на возникшие вопросы. При необходимости преподаватель инициирует дискуссию по теме выступления.
- 5) При необходимости обучающийся дорабатывает эссе по результатам обсуждения к следующим занятиям.

Критерии оценивания.

Оценка вида «Зачтено» (результаты обучения соответствуют основным требованиям) либо «Не зачтено» (результаты обучения не соответствуют основным требованиям, большая часть материала не усвоена) выставляется преподавателем по каждому из трех результатов: качество эссе, качество слайдов, качество выступления. Для допуска к экзамену обязательным является наличие оценки «Зачтено» по всем трем результатам.

6.1.2 семестр 1 | Доклад

Описание процедуры.

Процедура аналогична указанной в п. 1-1.

Критерии оценивания.

Критерии аналогичны указанным в п. 1-1.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания
---	----------------------------	-------------------------------------

		промежуточной аттестации
ПК-2.4	«Отлично» – отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения; «Хорошо» – достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения; «Удовлетворительно» – приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения; «Неудовлетворительно» – результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям	Устное собеседование по теоретическим вопросам, выполнение практических заданий и лабораторных работ, курсовая работа, экзамен
ПК-3.5	«Отлично» – отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения; «Хорошо» – достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения; «Удовлетворительно» – приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения; «Неудовлетворительно» – результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям	Устное собеседование по теоретическим вопросам, выполнение практических заданий и лабораторных работ, курсовая работа, экзамен
ПК-6.1	«Отлично» – отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения; «Хорошо» – достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения; «Удовлетворительно» – приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения; «Неудовлетворительно» – результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям	Устное собеседование по теоретическим вопросам, выполнение практических заданий и лабораторных работ, курсовая работа, экзамен
ПК-5.1	«Отлично» – отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения; «Хорошо» – достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения; «Удовлетворительно» – приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения; «Неудовлетворительно» – результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям	Устное собеседование по теоретическим вопросам, выполнение практических заданий и лабораторных работ, курсовая работа, экзамен

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 1, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

- 1) В начале изучения дисциплины обучающийся получает полный список экзаменационных вопросов.
- 2) На экзамене обучающийся:
получает выбранный случайным образом экзаменационный билет, содержащий три вопроса из списка,
готовится к ответу на вопросы билета, при необходимости подготавливая в письменном виде ключевые моменты ответа, необходимые формулы и иллюстрации,
устно излагает преподавателю ответы на вопросы билета и на дополнительные вопросы, если таковые возникнут.
- 3) Преподаватель определяет сводную оценку по результатам ответов на вопросы.

Пример задания:

Экзаменационные вопросы:

1. Состояние и режим энергосистемы и их параметры. Основные виды режимов. Виды аварийных режимов.
2. Процессы в энергосистеме. Характерные этапы развития аварийного процесса. Категории переходных процессов.
3. Аварийные события, ситуации и аварии. Общий подход к ликвидации аварийных режимов.
4. Структуры оперативного управления энергосистемой. Требования к плану ликвидации аварий в энергосистемах. Взаимодействие оперативного персонала при ликвидации аварий.
5. Устройства релейной защиты и автоматики для предотвращения и ликвидации аварий.
6. Распознавание аварии и оценка её последствий диспетчером. Управляющие воздействия диспетчера на электростанцию, электрическую сеть и потребителей электроэнергии.
7. Аварийная перегрузка генераторов. Аварийные отключения генераторов и энергоблоков.
8. Выход генератора из синхронизма. Возникновение несимметричного режима работы генераторов. Отключение источников питания собственных нужд.
9. Перегрузки линий электропередачи: допустимая токовая нагрузка линии, причины и последствия перегрузки, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки.
10. Неполнофазные режимы: причины возникновения неполнофазного режима в сети с глухозаземленной нейтралью, определение неполнофазного режима сети оперативным персоналом, управляющие воздействия диспетчера при возникновении неполнофазного режима на линии электропередачи.
11. Типы подстанций. Формы оперативного обслуживания подстанций. Причины возникновения аварий на подстанциях.
12. Перегрузка трансформаторов и автотрансформаторов: нагрузочная способность трансформатора, виды перегрузок, допустимая длительность перегрузки, основные мероприятия для устранения перегрузки.

13. Аварийное отключение линии электропередачи. Автоматическое отключение трансформатора.
14. Аварийное исчезновение напряжения на шинах подстанции.
15. Аварийное отключение синхронного компенсатора.
16. Аварийные перегрузки по току и мощности: физические явления при протекании тока по линии, допустимая токовая нагрузка линии, пропускные способности линии и сечения, причины перегрузки сетевых элементов.
17. Аварийные отклонения частоты: причины аварийного снижения/повышения частоты, действие автоматического регулятора скорости турбин при снижении или повышении частоты, причины возникновения лавины частоты, основное назначение АЧР, ступени АЧР, основные управляющие воздействия диспетчера при повышении и снижении частоты в аварийном режиме.
18. Аварийные отклонения напряжения: характер изменения реактивной мощности нагрузки при снижении напряжения, лавина напряжения, коэффициент запаса по напряжению, основные причины аварийного повышения напряжения, управляющие воздействия диспетчера по повышению/снижению напряжения в аварийном режиме.
19. Основные причины возникновения и развития системных аварий. Общая схема развития аварий. Стадии аварии. Иницирующее и триггерное события.
20. Нарушения устойчивости энергосистемы: виды устойчивости, критерии оценки устойчивости, причины нарушения устойчивости, нормирование уровней устойчивости, мероприятия для обеспечения устойчивости.
21. Асинхронный режим: характерные признаки, электрический центр качаний, изменение напряжения, тока и активной мощности, последствия для энергосистемы, способы ликвидации.
22. Разделение энергосистемы на части: причины разделения, первоочередные действия диспетчера, действия оперативного персонала электростанций, подстанций и электрических сетей, синхронизация разделившихся частей энергосистемы, возможности диспетчера по ускорению синхронизации
23. Погашение энергосистемы или энергоузла. Восстановление энергосистемы после полного погашения: диспетчерские мероприятия при погашении энергосистемы, восстановление работы электростанций, восстановление схемы сети, восстановление питания потребителей.
24. Классификация аварий по причинам, механизмам развития и последствиям.
25. Классификация аварий по видам нарушения устойчивости.
26. Карта-схема аварийных событий.
27. Диаграмма причинно-следственных связей аварийных событий.
28. Живучесть энергосистемы.
29. Порядок расследования аварии в энергосистеме.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения	Результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям

6.2.2.2 Семестр 1, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Курсовая работа является индивидуальной, самостоятельно выполненной работой обучающимся. Темы курсовых работ определяются руководителем, обсуждаются на заседании кафедры и утверждаются приказом по университету. Оформляется лист задания и технического задания курсовой работы в соответствии с требованиями стандарта системы менеджмента качества ИРНИТУ. Листы заданий выдаются обучающемуся с указанием даты выдачи, сроков исполнения по этапам и защиты курсовой работы. Курсовая работа состоит из пояснительной записки, которая является текстовым документом и оформляется в соответствии с требованиями стандарта системы менеджмента качества ИРНИТУ. Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги формата А4. Пояснительная записка оформляется в электронном виде и предоставляется на защиту в распечатанном переплетенном и электронном виде. Пояснительная записка обязательно должна содержать: титульный лист; содержание, начинающееся на первом (заглавном) листе; задание; введение, в котором обосновывается актуальность темы и ее инновационный характер; расчетную часть с необходимыми расчетами и пояснениями; заключение, с оценкой полученных результатов; список использованных источников, приложения. Техническое задание должно находиться в пояснительной записке в виде приложений.

Курсовая работа выполняется и защищается в сроки, определенные графиком. После написания курсовая работа передается для ознакомления руководителю, который определяет полноту и правильность выполненной работы, логичность, последовательность и аргументированность изложения, правильность выбора методов решения и соблюдение требований к оформлению. Курсовая работа оценивается и допускается к защите. Курсовая работа, качество выполнения которой оценивается как «Неудовлетворительно» к защите не допускается и возвращается обучающемуся на доработку.

В зависимости от ситуации защита проводится одним из двух способов: индивидуальная или публичная. Публичная защита предусматривает присутствие однокурсников и/или преподавателей, которые образуют комиссию. Процедура защиты курсовой работы включает в себя:

- 1) выступление обучающегося по теме и результатам работы не более 5 минут;
- 2) ответы на вопросы участников защиты.

Курсовая работа оценивается дифференцированно с учетом качества ее выполнения, содержательности выступления и ответов на вопросы во время защиты.

Курсовая работа должна быть написана в установленные сроки. Несвоевременное представление курсовой работы приравнивается к неявке на экзамен, поэтому студент, не сдавший без уважительных причин в срок курсовую работу, или получивший оценку «Неудовлетворительно», считается имеющим академическую задолженность.

Печатный экземпляр защищенной курсовой работы возвращается обучающемуся, а электронный вариант хранится в личном кабинете обучающегося и руководителя.

В случае неявки на защиту по уважительной причине, студенту будет предоставлено право на защиту в другое время в соответствии с требованиями стандарта системы менеджмента качества ИРНИТУ. Если обучающийся получил оценку «Неудовлетворительно» по курсовой работе, то ему предоставляется право повторной защиты в установленные сроки в соответствии с требованиями стандарта системы менеджмента качества ИРНИТУ.

Оценка по результатам защиты курсового проекта объявляется обучающемуся и вносится руководителем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку. Экзаменационная

ведомость заполняется в соответствии с требованиями ИРНИТУ. Оценка «Неудовлетворительно» и «Не явился» в зачетные книжки не вносятся. Оценка за курсовую работу ставится в разделе «Результаты промежуточной аттестации (зачеты)» текущего семестра зачетной книжки. Сведения о результатах выполнения и защиты курсовой работы вносятся в раздел «Курсовые работы (проекты)» зачетной книжки.

Пример задания:

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

По курсу: «Аварийные режимы в электроэнергетических системах»

Магистранту: Nnnnnn N.N.

Тема работы: «Анализ аварии в энергосистеме ZZZZZZ, произошедшей DD.ММ.YYYY года»

Исходные данные и порядок выполнения:

В соответствии с исходными данными своего варианта (выдаются руководителем) выполнить следующее:

1. Дополнить имеющиеся данные об аварии в энергосистеме (энергообъединении) информацией по результатам собственного поиска.
2. Представить последовательность событий аварии на карте-схеме и на диаграмме причинно-следственных связей.
3. Выявить основные причины возникновения и развития аварии.
4. Детально проанализировать эти причины с привлечением, при необходимости, типовых схем и характеристик оборудования и/или устройств управления, имеющих отношение к выявленным причинам.

Рекомендуемая литература:

1. ГОСТ 34045-2017-Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем;
2. ГОСТ Р 57114-2016 Термины и Определения;
3. ГОСТ Р 58058-2018 Устойчивость энергосистем.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения	Результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям

7 Основная учебная литература

1. Басс Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" ... / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев; под ред. А. Ф. Дьякова, 2006. - 294.
2. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем : учебник по направлению подготовки "Электроэнергетика" / Н. И. Овчаренко, 2009. - 475.
3. Воропай Н. И. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Основы электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах : учебное пособие / Н. И. Воропай, Д. Н. Ефимов, Е. В. Сташкевич, 2020. - 138.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Гуревич Юрий Ефимович. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Юрий Ефимович Гуревич, Людмила Ефимовна Либова, Анатолий Андреевич Окин, 1990. - 391.
2. Русина А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника" / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова, 2016. - 398.
3. Технологии и технические средства управления режимами электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника": лекции / под ред. Ю. В. Шарова, 2018. - 359.
4. Литкенс И.В. Нелинейные колебания в регулируемых электрических системах : учеб. пособие для студентов / И.В. Литкенс, 1974. - 146.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Professional 8 Russian
2. Microsoft Office Professional Plus 2013

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Демонстрационный стенд
2. Регистратор электр. процессов ПАРМА РП4.11 с функцией PMU
3. Система информационно-электроизмерительная
4. Проектор Infocus IN 124 (3D Ready)