

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

Структурное подразделение «Брикс кафедры (205)»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №15 от 18 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ / POWER  
SYSTEM FAULTS»**

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Возобновляемая энергетика / Renewable energy

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Ефимов Дмитрий Николаевич  
Дата подписания: 21.05.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Киреенко Анна  
Павловна  
Дата подписания: 08.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Карамов  
Дмитрий Николаевич  
Дата подписания: 21.05.2026

Год набора – 2026

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 / Power system faults» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

| <b>Код, наименование компетенции</b>                                                                                                                                       | <b>Код индикатора компетенции</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ПК-2 Способен к выполнению работ по проектированию оборудования и технологической автоматики возобновляемой энергетики                                                     | ПК-2.4                            |
| ПК-3 Способен проектировать технологическую автоматику с учётом особенностей эксплуатации активно-адаптивных сетей возобновляемой энергетики                               | ПК-3.1                            |
| ПК-5 Способен решать задачи организации конструкторских работ по проектированию и реконструкции оборудования, а также технологической автоматики возобновляемой энергетики | ПК-5.5                            |
| ПК-6 Способен прогнозировать режимы работы электроэнергетической сети с большой долей возобновляемых источников энергии                                                    | ПК-6.1                            |

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

| <b>Код индикатора</b> | <b>Содержание индикатора</b>                                                                                        | <b>Результат обучения</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2.4                | Демонстрирует знание причин нарушения статической устойчивости в электроэнергетической системе                      | <b>Знать</b> основные физические законы, явления и процессы, определяющие режимы функционирования основных элементов электротехнических установок, методы определения статической устойчивости энергосистемы.<br><b>Уметь</b> проводить в практической деятельности оценку устойчивости энергосистемы и при необходимости принимать решение по выбору вариантов мероприятий по её повышению.<br><b>Владеть</b> навыками расчета установившихся и переходных режимов в энергосистеме, расчета и анализа статической устойчивости энергосистем. |
| ПК-3.1                | Демонстрирует знания, необходимые для выбора оборудования и технологической автоматики с учётом аварийных режимов в | <b>Знать</b> методы анализа цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах.<br><b>Уметь</b> проводить патентные                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|        |                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | электроэнергетических системах                                                                      | <p>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.</p> <p><b>Владеть</b> 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.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ПК-5.5 | Составляет схемы замещения и рассчитывает их параметры для любого режима работы электрооборудования | <p><b>Знать</b> 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.</p> <p><b>Уметь</b> 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.</p> <p><b>Владеть</b> навыками применения понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей для составления и расчета параметров схем замещения электротехнических устройств.</p> |
| ПК-6.1 | Демонстрирует знания по прогнозированию аварийных                                                   | <b>Знать</b> физические основы теории электроэнергетических режимов в                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|  |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | режимов в<br>электроэнергетических системах | <p>энергосистемах, особенности установившихся и переходных режимов и их взаимосвязь, качественный характер протекания переходных процессов в основных элементах электротехнических установок.</p> <p><b>Уметь</b> исследовать особенности функционирования энергосистем для решения задач оценки и прогнозирования состояния энергообъектов и энергосистемы в целом.</p> <p><b>Владеть</b> 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.</p> |
|--|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Аварийные режимы в электроэнергетических системах / Power system faults» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Аналоговые и цифровые системы измерений / Analogue and digital measurement systems», «Качество электрической энергии / Power Quality Assessment», «Современные технологии генерации / Advanced technology in electrical power generation»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Возобновляемые энергоресурсы / Renewable energy sources», «Защита и управление распределенной генерацией / Protection and management of distributed energy sources», «Интеграция распределенной генерации в энергосистемы / Integration of distributed resources in power systems», «Имитационное моделирование в энергетике / Simulation in the energy sector», «Проблемы развития и функционирования ЭЭС в современных условиях / Problems of development and functioning of electric power system under modern conditions», «Современные проблемы электроэнергетики и электротехники / Modern problems of power engineering and electrical engineering», «Тенденции развития электротехнического оборудования в энергетике / Development trends of electrical equipment in the energy sector»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

| Вид учебной работы               | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |             |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                  | Всего                                                                                                         | Семестр № 1 |
| Общая трудоемкость дисциплины    | 216                                                                                                           | 216         |
| Аудиторные занятия, в том числе: | 42                                                                                                            | 42          |

|                                                                 |                          |                          |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| лекции                                                          | 14                       | 14                       |
| лабораторные работы                                             | 14                       | 14                       |
| практические/семинарские занятия                                | 14                       | 14                       |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)         | 138                      | 138                      |
| 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

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины                                                                            | Виды контактной работы |              |    |              |         |              | СРС     |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------|--------------|---------|--------------|-------------------------------|
|          |                                                                                                                         | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ) |              |         |              |                               |
|          |                                                                                                                         | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                                                                                                       | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7       | 8            | 9       | 10           | 11                            |
| 1        | Режимы и процессы в электроэнергетической системе.                                                                      | 1                      | 2            | 1  | 2            | 1       | 2            | 3       | 6            | Устный опрос                  |
| 2        | Противоаварийное оперативно-диспетчерское и автоматическое управление энергосистемой.                                   | 2                      | 2            | 2  | 2            | 2       | 2            | 3       | 6            | Устный опрос                  |
| 3        | Аварийные ситуации на электростанциях.                                                                                  | 3                      | 2            | 3  | 2            | 3       | 2            | 3       | 6            | Устный опрос                  |
| 4        | Аварийные ситуации на линиях электропередачи.                                                                           | 4                      | 2            | 4  | 2            | 4       | 2            | 3       | 6            | Устный опрос                  |
| 5        | Аварийные ситуации на электрических подстанциях.                                                                        | 5                      | 2            | 5  | 2            |         |              | 3       | 6            | Устный опрос                  |
| 6        | Аварийные отклонения параметров режима энергосистемы. Управляющие воздействия диспетчера и противоаварийной автоматики. | 6                      | 2            | 7  | 2            | 5       | 2            | 1, 2, 3 | 50           | Устный опрос                  |
| 7        | Причины и последствия возникновения и развития системных                                                                | 7                      | 2            | 6  | 2            | 6, 7    | 4            | 2, 3    | 18           | Устный опрос                  |

|   |                                                 |  |    |  |    |  |    |   |     |                          |
|---|-------------------------------------------------|--|----|--|----|--|----|---|-----|--------------------------|
|   | аварий.                                         |  |    |  |    |  |    |   |     |                          |
| 8 | Решение задач по всем разделам дисциплины.      |  |    |  |    |  |    | 5 | 16  | Решение задач            |
| 9 | Решение специальных задач повышенной сложности. |  |    |  |    |  |    | 4 | 24  | Решение задач            |
|   | Промежуточная аттестация                        |  |    |  |    |  |    |   | 36  | Экзамен, Курсовая работа |
|   | Всего                                           |  | 14 |  | 14 |  | 14 |   | 174 |                          |

#### 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. Аварийные отключения ветряных и солнечных энергоустановок. Отказы и повреждения выпрямительно-инверторных блоков. Способы демпфирования прерывистой выдачи мощности ВИЭ. Способы планового и аварийного резервирования ВИЭ в энергосистеме. Несимметричные режимы 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. Иницилирующее 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 | Решение задач по всем разделам дисциплины.      | Решение задач по разделам предмета.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9 | Решение специальных задач повышенной сложности. | Индивидуальные задания, задачи, расчетно-графические работы по разделам дисциплины.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 1

| № | Наименование лабораторной работы                                                                                                 | Кол-во академических часов |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Аварийные отключения ветряных и солнечных энергоустановок. Отказы и повреждения выпрямительно-инверторных блоков.                | 2                          |
| 2 | Способы демпфирования прерывистой выдачи мощности ВИЭ. Способы планового и аварийного резервирования ВИЭ в энергосистеме.        | 2                          |
| 3 | Определение токов короткого замыкания и распределения напряжений при расчетных видах коротких замыканий.                         | 2                          |
| 4 | Анализ статической устойчивости энергосистемы с автоматическим регулированием фазы.                                              | 2                          |
| 5 | Управление потоками активной мощности в энергосистеме в нормальных и аварийных режимах.                                          | 2                          |
| 6 | Построение угловых характеристик мощности и определение коэффициентов запаса статической устойчивости по активной мощности.      | 2                          |
| 7 | Оценка перегрузочной способности электрической сети по току, определение предела передаваемой мощности по сечению энергосистемы. | 2                          |

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 1

| № | Темы практических (семинарских) занятий | Кол-во академических |
|---|-----------------------------------------|----------------------|
|---|-----------------------------------------|----------------------|

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>часов</b> |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 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 | Аварийные отключения ветряных и солнечных энергоустановок. Отказы и повреждения выпрямительно-инверторных блоков. Способы демпфирования прерывистой выдачи мощности ВИЭ. Способы планового и аварийного резервирования ВИЭ в энергосистеме.                                                                                        | 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 | 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 действия диспетчера при повышении и снижении частоты в аварийном режиме. | 2            |
| 5 | 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            |
| 6 | Основные причины возникновения и развития системных аварий. Общая схема развития аварий. Стадии аварии. Иницилирующее и триггерное события.                                                                                                                                                                                        | 2            |
| 7 | Нарушения устойчивости энергосистемы: виды устойчивости, критерии оценки устойчивости, причины нарушения устойчивости, нормирование уровней устойчивости, мероприятия для обеспечения устойчивости.                                                                                                                                | 2            |

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 1

| <b>№</b> | <b>Вид СРС</b>                       | <b>Кол-во академических часов</b> |
|----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | Написание курсового проекта (работы) | 32                                |
| 2        | Подготовка к контрольным работам     | 24                                |
| 3        | Подготовка к практическим занятиям   | 42                                |

|   |                                           |    |
|---|-------------------------------------------|----|
| 4 | Расчетно-графические и аналогичные работы | 24 |
| 5 | Решение специальных задач                 | 16 |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, компьютерные симуляции, кейс-технология, мозговой штурм, проект.

## **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 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.

### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

Студентам заранее назначается тема практического занятия, которую они должны изучить на основе лекционного материала, профессионального стандарта и рекомендованной литературы. По теме практического занятия проводится семинар в диалоговом режиме или в форме групповой дискуссии, решаются задачи, соответствующие теме занятия, проводится анализ ситуации.

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:**

Студентам заранее назначается тема лабораторного занятия, которую они должны изучить на основе лекционного материала, профессионального стандарта и рекомендованной литературы.

### **5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Подготовка к практическим занятиям, выполнение презентаций, отчетов, рефератов и решение задач.

## **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 | Решение задач**

##### **Описание процедуры.**

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть и задачи.

Вопросы.

1. Диаграмма причинно-следственных связей аварийных событий.

2. Живучесть энергосистемы.

3. Порядок расследования аварии в энергосистеме.

Задача: определить коэффициент запаса статической устойчивости энергосистемы (исходные данные выдаются преподавателем).

##### **Критерии оценивания.**

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

#### **6.1.2 семестр 1 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть состоящую из трех вопросов и задачи.

1. Классификация аварий по причинам, механизмам развития и последствиям.

2. Классификация аварий по видам нарушения устойчивости.

### 3. Карта-схема аварийных событий.

#### Критерии оценивания.

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

#### 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                           | Знает основные физические законы, явления и процессы, определяющие режимы функционирования основных элементов электротехнических установок, методы определения статической устойчивости энергосистемы. Умеет проводить в практической деятельности оценку устойчивости энергосистемы и при необходимости принимать решение по выбору вариантов мероприятий по её повышению. Владеет навыками расчета установившихся и переходных режимов в энергосистеме, расчета и анализа статической устойчивости энергосистем.                  | Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ. |
| ПК-3.1                           | Знает методы анализа цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах. Умеет 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. Владеет навыками описания основных физических процессов и явлений, протекающих в электротехнических установках; методами расчета | Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ. |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                            |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | режимов и параметров основных элементов электротехнических установок, методами анализа вариантов разработки решений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                            |
| ПК-5.5 | <p>Знает 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. Умеет 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 непереходные и несимметричные режимы работы электротехнических установок. Владеет навыками применения понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей для составления и расчета параметров схем замещения электротехнических устройств.</p> | Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ. |
| ПК-6.1 | <p>Знает физические основы теории электроэнергетических режимов в энергосистемах, особенности установившихся и переходных режимов и их взаимосвязь, качественный характер протекания переходных процессов в основных элементах электротехнических установок. Умеет исследовать особенности функционирования энергосистем для решения задач оценки и прогнозирования состояния энергообъектов и энергосистемы в целом. Владеет методами расчета переходных и установившихся режимов в линейных и нелинейных электрических цепях, методами анализа и средствами управления установившимися и переходными</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ. |

|  |                                                                                                              |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | режимами для обеспечения надёжности, качества и экономичности функционирования электроэнергетических систем. |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 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

Экзамен проходит в формате собеседования со студентом. К экзамену допускаются обучающиеся, которые выполнили практические работы. Оценивается понимание пройденного материала. Оценка производится по пятибалльной шкале. Знания, умения, владения обучающегося на экзамене оцениваются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Проверяется знание теоретического материала, наличие всех лекций и выполненных презентаций, пройденных тестов. Экзамен проводится письменно по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов и задачи. В случае невыполнения критерия оценивания назначается дата пересдачи, но не более 2 раз с последующим опросом по всем темам дисциплины.

#### Пример задания:

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. Иницилирующее 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                                           |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Оценка «Отлично» - Обучающийся рационально | Оценка «Хорошо» - Обучающийся применил изученные методы | Оценка «Удовлетворительно» - Обучающийся применил изученные | Оценка «Неудовлетворительно» - Обучающийся применил изученные |

|                                                                                                           |                                                                                    |                                                                                                                     |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения при выполнении индивидуальных заданий. | расчета с подробным обоснованием решения задач, но допустил незначительные ошибки. | методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении индивидуальных заданий. Допустил ошибки. | методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении и защите индивидуальных заданий. Допустил грубые ошибки. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 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 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 должны 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.

#### 6.2.2.2.2 Критерии оценивания

| Отлично                                                                                                                                              | Хорошо                                                                                                                                     | Удовлетворительно                                                                                                                                                               | Неудовлетворительно                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оценка «Отлично» - Обучающийся рационально применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения при выполнении индивидуальных заданий. | Оценка «Хорошо» - Обучающийся применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения задач, но допустил незначительные ошибки. | Оценка «Удовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении индивидуальных заданий. Допустил ошибки. | Оценка «Неудовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении и защите индивидуальных заданий. Допустил грубые ошибки. |

### 7 Основная учебная литература

1. Переходные процессы в электроэнергетических системах : программа, задания на курсовую работу, методические указания к выполнению курсовой работы (для заочной формы обучения). Специальность 100400 "Электроснабжение" / Иркут. гос. техн. ун-т ; сост. Новожилов М. А. Ч. 1 : Электромагнитные переходные процессы, 2001. - 30.  
[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4699.pdf>
2. Новожилов М. А. Переходные процессы в электроэнергетических системах : лабораторный практикум / М. А. Новожилов, В. А. Пионкевич, 2014. - 75.
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.  
[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22117.pdf>

4. Пионкевич В. А. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Моделирование переходных процессов в системе MATLAB : учебное пособие / В. А. Пионкевич, 2021. - 94.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-24928.pdf>

## **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Сайтбаталова Раиса Садыковна. Практические методы расчета токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением выше 1 кВ : учеб. пособие по курсу "Переходные процессы в электроэнергет. системах" / Н. С. Сайтбаталова, Н. И. Варламов, Р. У. Галеева, 1999. - 60.

2. Переходные процессы в электроэнергетических системах : лаб. практикум. Специальность 100400-электроснабжение; Направление 650900-электроэнергетика / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002. - 67.

3. Крючков И. П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : [Учеб. пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" и специальностям "Электр. станции", "Электроэнергет. системы и сети", "Электроснабжение", "Автомат. упр. электроэнергет. системами"] / И. П. Крючков, 2000. - 167.

4. Гамазин Станислав Иванович. Переходные процессы в электродвигательной нагрузке систем промышленного электроснабжения / Станислав Иванович Гамазин, Д.Б. Понаровкин, С.А. Цырук, 1991. - 352.

5. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник для вузов по специальностям "Электрические станции"... / И. П. Крючков [и др.], 2008. - 413.

6. Установившиеся и переходные процессы в электромеханических преобразователях энергии / ред. И. П. Копылов, 1976. - 120.

7. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах / Р. Рюденберг, 1955. - 715.

8. Электромагнитные переходные процессы в электромагнитных системах / ред. М. Л. Левинштейн, 1976. - 133.

## **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. Свободно распространяемое программное обеспечение Python

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Доска аудиторная ДА-За
2. Доска аудиторная ДА-За
3. Ком-т лаб.обор." Умная местная распределительная электрическая сеть" УМРЭС1-С-К(стендовое исполнение,компьютер-ая версия)
4. Ком-т лаб.обор."Электромонтажный стол" ЭМС2-С (стендовое исполнение)
5. Демонстрационный стенд
6. Двухсторонний информационный стенд
7. Система информационно-электроизмерительная