




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)


СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы

  
Дорогов Е.Ю.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента  
энергетических систем

  
Штым К.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

«22»декабря\_2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Электромагнитные переходные процессы  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Инжиниринг электроэнергетических систем  
Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. №144.

Директор департамента  
Составители: к.т.н, старший преподаватель

К.А. Штым  
Н.И. Игнатьев

Владивосток  
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «22» декабря 2022 г. № 4

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

## **I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Цели:**

- подготовка бакалавров к производственной деятельности в условиях электроэнергетических предприятий, электрических станций и подстанций, проектных организаций электроэнергетического профиля;

- приобретение необходимых знаний для усвоения последующих дисциплин и выполнения аттестационной работы.

### **Задачи:**

- ознакомить студентов с видами электромагнитных переходных процессов, возникающих в электроэнергетических системах;

- дать понимание влияния электромагнитных переходных процессов на работу электроэнергетической системы, показать важность учёта возможных последствий коммутаций в электроэнергетических системах;

- научить студентов рассчитывать токи короткого замыкания и выделять их составляющие.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования профессиональных компетенций. Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Технологический	<p>ПК-1. Способен осуществлять грамотную эксплуатацию, соблюдение технологической дисциплины, соблюдению параметров производства и передачи тепловой и электрической энергии</p>	<p>ПК-1.1 Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию, формировать целостное и детальное представление об оперативной ситуации;</li> <li>- прогнозировать возможные варианты развития ситуации и последствия принимаемых решений.</li> </ul> <p>ПК-1.2 Способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оперативно принимать решения, определять состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены станции, подстанции, электросети;</li> <li>- контролировать процесс организации работ и выполнения распоряжений оперативным персоналом смены станции.</li> </ul> <p>ПК-1.3 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- должностные и производственные инструкции оперативного персонала электростанции, электроподстанции, электросети;</li> <li>- конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики энергетического оборудования.</li> </ul> <p>ПК-1.4 Использует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- территориальное расположение оборудования и технологических систем всех цехов (подразделений) электростанции, электроподстанции, особенности их эксплуатации в нормальных, ремонтных, аварийных и послеаварийных режимах;</li> <li>- технологические, электрические и другие схемы инженерных систем;</li> <li>- должностные и производственные инструкции оперативного персонала.</li> </ul>

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<p>ПК-1.1. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию, формировать целостное и детальное представление об оперативной ситуации;</li> <li>- прогнозировать возможные варианты развития ситуации и последствия принимаемых решений.</li> </ul>	<p>Знает теорию электромагнитного поля и его проявлением в различных электротехнических устройствах</p>
	<p>Умеет оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию; прогнозировать возможные варианты развития ситуации и последствия принимаемых решений</p>
	<p>Владеет методам математического описания электромагнитных процессов в электрических цепях; методам анализа электрических цепей</p>
<p>ПК-1.3 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- должностные и производственные инструкции оперативного персонала электростанции, электроподстанции, электросети;</li> <li>- конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики энергетического оборудования.</li> </ul>	<p>Знает должностные и производственные инструкции оперативного персонала электростанции, электроподстанции, электросети; конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики электроэнергетического оборудования</p>
	<p>Умеет объяснить конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики электроэнергетического оборудования</p>
	<p>Владеет навыками описания конструктивных особенностей и эксплуатационных характеристик электроэнергетического оборудования</p>
<p>ПК-1.2 Способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оперативно принимать решения, определять состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены станции, подстанции, электросети;</li> <li>- контролировать процесс организации работ и выполнения распоряжений оперативным персоналом смены станции.</li> </ul>	<p>Знает состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены станции, подстанции, электросети</p>
	<p>Умеет контролировать процесс организации работ и выполнения распоряжений оперативным персоналом смены станции</p>
	<p>Владеет навыками организации и проведения работ оперативного персонала смены станции, подстанции, электросети</p>
<p>ПК-1.4 Использует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- территориальное расположение оборудования и технологических систем всех цехов (подразделений) электростанции, электроподстанции, особенности их эксплуатации в нормальных, ремонтных, аварийных и послеаварийных режимах;</li> </ul>	<p>Знает территориальное расположение оборудования и технологических систем всех цехов (подразделений) энергетических комплексов, особенности их эксплуатации в нормальных, ремонтных, аварийных и послеаварийных режимах; технологические, электрические и другие схемы электростанции; должностные и производственные инструкции оперативного персонала предприятия.</p>
	<p>Умеет использовать в профессиональной деятельности особенности эксплуатации оборудования в нормальных, ремонтных, аварийных</p>



1	Электромагнитные переходные процессы	5	36	18	36	-	27	27	экзамен
Итого:		5	36	18	36	-	27	27	экзамен

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

**Тема 1. Расчётные схемы и схемы замещения с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2/1 час.)**

Основные понятия, определения и допущения курса. Виды коротких замыканий. Переходные режимы и процессы. Основные допущения при практических расчётах электромагнитного переходного процесса. Расчётный вид короткого замыкания.

**Тема 2. Параметры элементов расчётных схем (2/1 час.)**

Расчёт параметров схемы замещения. Система относительных и базисных единиц, их связь между собой. Выражение параметров схемы замещения в именованных и относительных единицах.

**Тема 3. Переходный процесс при коротком замыкании в простейшей трёхфазной цепи с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2/ час.)**

Векторная диаграмма для начального момента короткого замыкания. Осциллограммы токов при коротком замыкании в простейшей трёхфазной цепи. Ударный ток. Действующее значение тока в произвольный момент времени.

**Тема 4. Трёхфазное короткое замыкание (2/ час.)**

Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины без демпферных обмоток. Составляющие тока статора синхронной машины и соглашения для них. Баланс магнитных потоков в продольной оси СМ без

демпферных обмоток. Переходная ЭДС и переходное сопротивление СМ. Переходный ток. Сверхпереходные ЭДС и сопротивления СМ. Сверхпереходный ток.

#### **Тема 5. Практический расчёт трёхфазного короткого замыкания (2/ час.)**

Основные допущения. Расчёт начального значения сверхпереходного тока. Нахождение апериодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени, ударного тока. Метод типовых кривых. Порядок расчёта в радиальной схеме.

#### **Тема 6. Параметры элементов при несимметричных коротких замыканиях (4/ час.)**

Основные уравнения. Условия для использования метода симметричных составляющих. Уравнения Кирхгофа для отдельных последовательностей. Параметры элементов для токов обратной и нулевой последовательностей следующего оборудования: синхронных машин, асинхронных двигателей, обобщённой нагрузки, двухобмоточных и трёхобмоточных трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий, кабелей. Трёхлучевая схема замещения.

#### **Тема 7. Схемы замещения отдельных последовательностей (4/ час.)**

Схемы замещения отдельных последовательностей. Допущения для составления схемы замещения нулевой последовательности. Распределение и трансформация токов и напряжений. Изменение фаз токов и напряжений при переходе через трансформаторы.

#### **Тема 8. Несимметричные короткие замыкания (4/ час.)**

Двухфазное короткое замыкание. Основные допущения, уравнения, граничные условия. Токи в повреждённых фазах и векторные диаграммы. Однофазное короткое замыкание. Основные уравнения и граничные условия.



Симметричные составляющие напряжения, векторные диаграммы. Правило эквивалентности прямой последовательности. Математическое выражение правила. Значения дополнительного сопротивления  $x_{\Delta}^{(n)}$  и коэффициента  $m^{(n)}$  для несимметричных коротких замыканий разных видов.

**Тема 9. Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (4/0 час.)**

Простое замыкание на землю. Векторные диаграммы токов и напряжений в месте замыкания. Короткие замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В. Принимаемые допущения. Расчёт начального значения сверхпереходного тока. Трёхфазное короткое замыкание. Однофазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание.

#### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

##### **Практические занятия (36 часа)**

Практические занятия проводятся с целью закрепления знаний, полученных при изучении теоретического курса и формировании приведенных выше компетенций.

**Занятие 1. Составление и преобразование схемы замещения. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (4/2 час.)**

1. Составление схемы замещения.
2. Преобразование схемы замещения в результирующую схему.

3. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации. и с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

4. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

**Занятие 2. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах. Установившийся режим короткого замыкания (4/2 час.)**

1. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации.

2. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

3. Расчёт тока генератора в установившемся режиме трёхфазного короткого замыкания за трансформатором.

4. Расчёт тока генератора в установившемся режиме трёхфазного короткого замыкания за воздушной линией.

**Занятие 3. Расчёт сверхпереходного тока (4/ час.)**

1. Преобразование исходной схемы.

2. Нахождение сверхпереходного тока в именованных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации.

3. Нахождение сверхпереходного тока в относительных базисных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации

**Занятие 4. Расчёт ударного тока и апериодической составляющей тока короткого замыкания с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (4/ час.)**

1. Расчёт начального сверхпереходного тока короткого замыкания в относительных единицах с использованием шкалы средних номинальных

напряжений при трёхфазном коротком замыкании на шинах эквивалентного асинхронного двигателя.

2. Расчёт ударного тока для заданного момента времени.
3. Расчёт аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

**Занятие 5. Метод типовых кривых для расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания (4/2 час.)**

1. Расчёт сверхпереходного тока короткого замыкания.
2. Определение периодической составляющей тока двигателя с использованием типовых кривых.

**Занятие 6. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей (4/2 час.)**

1. Составление схем замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей.
2. Расчёт параметров схем замещения.
3. Нахождение результирующей ЭДС и результирующих сопротивлений отдельных последовательностей.

**Занятие 7. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (4/2 час.)**

1. Расчёт токов однофазного короткого замыкания.
2. Построение векторных диаграмм токов и напряжений в месте короткого замыкания.
3. Расчёт напряжений прямой, обратной и нулевой последовательности.
4. Определение составляющих напряжения в различных точках.
5. Построение векторных диаграмм напряжения на высокой и низкой сторонах трансформатора.

## **Занятие 8. Простое замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью (4/ час.)**

1. Расчёт среднегеометрического расстояния между проводами.
2. Расчёт среднего расстояния проводов фаз от их зеркальных отражений относительно поверхности земли.
3. Расчёт емкостного реактивного сопротивления сети.
4. Определение тока металлического короткого замыкания на землю.

## **Занятие 9. Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В (4/ час.)**

1. Составление схемы замещения и расчёт её параметров.
2. Выбор автоматических выключателей.
3. Расчёт тока короткого замыкания в различных точках с учётом и без учёта двигателя.

## **Лабораторные работы (18/0 час.)**

**Вводное занятие.** Инструктаж по работе с лабораторным стендом и программным обеспечением, с использованием метода активного обучения «мозговой штурм» (2/0 час.)

**Лабораторная работа №1.** Электромагнитный переходный процесс при коротком замыкании в трехфазной неразветвленной цепи (4/0 час.)

**Лабораторная работа №2.** Переходные процессы при трёхфазном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности (4/0 час.)

**Лабораторная работа №3.** Переходные процессы при различных видах короткого замыкания (4/0 час.)

**Лабораторная работа №4.** Переходные процессы при однофазных коротких замыканиях (4/0 час.)

## **Самостоятельная работа (54 часа)**

### **Электромагнитные переходные процессы (27 часов)**

1. Подготовка к блиц-опросам на лекции.
2. Подготовка к лабораторным работам.
3. Выполнение курсовой работы.

### **Подготовка к экзамену (27 часов)**

1. Повторение пройденного в рамках дисциплины материала.
2. Подготовка к промежуточной аттестации в соответствии с вопросами к экзамену.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы» включает в себя:

- характеристику заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

**Варианты курсовой работы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»**

В вариантах курсовой работы задаются местоположение точек симметричного и несимметричного коротких замыканий, вид несимметричного короткого замыкания, параметры исходной схемы. Студентам необходимо составить и рассчитать параметры схемы замещения, рассчитать составляющие тока трёхфазного короткого замыкания и ударный ток, рассчитать значения токов и напряжений в точке короткого замыкания и в дополнительной точке, а также построить по полученным значениям векторные диаграммы.

### **Требования к представлению и оформлению результатов курсовой работы**

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде курсовой работы, содержащей пояснительную записку с расчётами и векторными диаграммами токов и напряжений, возникающих при коротких замыканиях в заданной схеме.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами. Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц.

Пояснительная записка представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание
- введение
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка

выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 30 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

✓ 9-10 баллов выставляется студенту, своевременно выполнившему текущий этап курсовой работы. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

✓ 7-8 баллов – работа выполнена с некоторой задержкой, либо допущено не более 3 ошибок при расчёте или оформлении работы.

✓ 5-6 баллов – работа выполнена с задержкой и при этом в работе присутствуют ошибки, но не более трёх.

✓ 1-4 балла – работа выполнена с сильной задержкой и допущено более трёх ошибок на текущем этапе.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Таблица 5 – Контроль достижения целей курса

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Расчётные схемы и схемы замещения	ПК-1	знает правила составления схем замещения фрагментов электроэнергетической системы, метод наложения при расчётах токов короткого замыкания, принципы приведения параметров цепи ротора к статору	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 1, 6, 12,
2	Тема 2. Параметры элементов расчётных схем	ПК-1	знает правила расчёта параметров схемы замещения в именованных и относительных единицах при точном и приближённом использовании коэффициентов трансформации, основные параметры синхронной машины	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 2, 3, 4, 5, 11,
3	Тема 3. Переходный процесс при коротком замыкании в простейшей трёхфазной цепи	ПК-1	знает составляющие тока короткого замыкания в фазах электрической цепи, мгновенные и действующие значения токов в переходном процессе, установившийся режим короткого замыкания, правила расчёта при наличии и	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 7, 10, 13, 17, 18, 20



			отсутствии автоматического регулятора напряжения, баланс магнитных потоков в продольной оси синхронной машины, её переходную ЭДС и переходное сопротивление, понятие и расчёт переходного тока		
4	Тема 4. Трёхфазное короткое замыкание	ПК-1	знает условия максимума полного тока при трёхфазном коротком замыкании в простейшей цепи, основные допущения, принимаемые в расчетах начального момента короткого замыкания, схемы замещения синхронных машин	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 8, 16, 19, 21, 22
5	Тема 5. Практический расчёт трёхфазного короткого замыкания	ПК-1	знает понятие и расчёт ударного тока, принципы расчёта установившегося короткого замыкания в сложных схемах, влияние нагрузки, понятие и расчёт сверхпереходного тока, учёт действия автоматического регулирования возбуждения, метод типовых кривых	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 9, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 42
6	Тема 6. Параметры элементов при несимметричных коротких замыканиях	ПК-1	знает метод симметричных составляющих, параметры синхронных машин, воздушных и кабельных линий, трансформаторов и автотрансформаторов для токов обратной и нулевой последовательностей	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 27, 30, 31, 32, 36
7	Тема 7. Схемы замещения	ПК-1	знает основные уравнения для расчёта	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 28, 29, 37, 38

	отдельных последовательностей		несимметричных режимов, результирующие схемы прямой, обратной и нулевой последовательностей, правило эквивалентности для токов прямой последовательности, комплексные схемы замещения при поперечной несимметрии		
8	Тема 8. Несимметричные короткие замыкания	ПК-1	знает особенности расчёта однофазного и двухфазных коротких замыканий, принципы трансформации токов и напряжений в несимметричных режимах, практические методы расчёта токов коротких замыканий	ПР-1 тест	Зачёт, вопросы 33, 34, 35, 39, 40, 41
9	Тема 9. Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения	ПК-1	знает принципы расчёта коротких замыканий в установках напряжением до 1000 В, причины изменения активного сопротивления проводников при коротком замыкании	УО-1 устный опрос	Зачёт, вопросы 43, 44
10	Занятие 1. Составление и преобразование схемы замещения. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах	ПК-1	умеет составлять и преобразовывать схемы замещения, владеет методами расчёта параметров схемы замещения в именованных единицах	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопросы 1, 4, 9
11	Занятие 2. Расчёт параметров схемы замещения в относительных	ПК-1	умеет моделировать схему замещения с учётом базисных величин, владеет методами расчёта параметров	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопросы 2, 3, 4, 9

	базисных единиц. Установившийся режим короткого замыкания		схемы замещения в относительных единицах		
12	Занятие 3. Расчёт сверхпереходного тока	ПК-1	умеет рассчитывать сверхпереходные ток короткого замыкания, владеет методикой расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания при несимметричном коротком за	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопросы 5, 8
13	Занятие 4. Расчёт ударного тока и апериодической составляющей тока короткого замыкания	ПК-1	умеет рассчитывать ударные ток и апериодическую составляющую тока короткого замыкания, владеет методикой расчёта аварийного режима при симметричном коротком замыкании	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопросы 6, 7, 11
14	Занятие 5. Метод типовых кривых для расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания	ПК-1	умеет моделировать периодическую составляющую тока короткого замыкания относительно длительности короткого замыкания, владеет методом типовых кривых	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопрос 10
15	Занятие 6. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей	ПК-1	умеет моделировать схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей, владеет методикой составления комплексных схем замещения	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопросы 13, 14
16	Занятие 7. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий	ПК-1	умеет рассчитывать ток несимметричного короткого замыкания, владеет методиками расчёта несимметричных режимов	ПР-5 проверка выполнения курсовой работы	Курсовая работа, вопрос 12
17	Занятие 8.	ПК-1	умеет рассчитывать	ПР-1 тест	Курсовая

	Простое замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью		простое замыкания на землю, владеет методикой расчёта замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью		работа, вопрос 15
18	Занятие 9. Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В	ПК-1	умеет рассчитывать токи короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В, владеет методами расчёта аварийных режимов в электроустановках до 1000 В	ПР-1 тест	Курсовая работа, вопрос 16
19	Лабораторная работа №1. Электромагнитный переходный процесс при коротком замыкании в трехфазной неразветвленной цепи	ПК-1	умеет моделировать электромагнитные переходные процессы при коротком замыкании в трёхфазной неразветвленной цепи, владеет методами построения математических моделей трёхфазных неразветвленных цепей	ПР-6 лабораторная работа	Зачёт, вопрос 7
20	Лабораторная работа №2. Переходные процессы при трёхфазном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности	ПК-1	умеет моделировать переходные процессы при трёхфазном коротком замыкании, владеет навыками применения прикладных программ для моделирования трёхфазных коротких замыканий	ПР-6 лабораторная работа	Зачёт, вопрос 14
21	Лабораторная работа №3. Переходные процессы при различных видах короткого замыкания	ПК-1	умеет моделировать переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях, владеет навыками применения прикладных программ для моделирования	ПР-6 лабораторная работа	Зачёт, вопрос 40

			несимметричных коротких замыканий		
22	Лабораторная работа №4. Переходные процессы при однофазных коротких замыканиях	ПК-1	умеет моделировать переходные процессы при однофазных коротких замыкания при различных режимах нейтрали, владеет навыками применения прикладных программ для моделирования однофазных коротких замыканий при различных режимах нейтрали	ПР-6 лабораторная работа	Зачёт, вопрос 33

## VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Расчёт токов короткого замыкания [Электронный ресурс] : рекомендации по выполнению курсовой работы : учебно-методическое пособие/ Игнатъев Н.И., Михайленко О.С. ; Владивосток: Изд-во Дальневосточный федеральный университет, 2018. – 31 с. – Режим доступа: <http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000876494>

2. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : учебно-методическое пособие / составители А. Н. Козлов, В. А. Козлов. — 3-е изд., испр. — Благовещенск : АмГУ, 2017. — 136 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/156443>

### Дополнительная литература

1. Электротехнический справочник . в 3 т. : т. 3 : в 2 кн. : кн. 1 . Производство и распределение электрической энергии / под общ. ред. : В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, В. А. Лабунцова [и др.]. Москва: Энергоатомиздат , 1988. – 878 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411183&theme=FEFU>

2. РД 153-34.0-20.527-98.Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/ Под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 152 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38586](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38586)

3. Методы решения задачи Коши для дифференциальных уравнений, описывающих переходные процессы в электрических системах : Учеб.пособие / В.П.Кычаков, Ангарск : Изд-во АГТА , 2001. – 144 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:404081&theme=FEFU>

4. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах.- М.: Энергия, 1970. – 520 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:380649&theme=FEFU>

5. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / Минченко Ю.Д. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412552&theme=FEFU>

6. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Ю. Е. Гуревич, Л. Е. Либова, А. А. Окин. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412442&theme=FEFU>

7. Переходные процессы в электроэнергетических системах : программа и методические указания / [сост. : В. Н. Старовойтов, В. П. Скакун] ; Дальневосточный государственный технический университет, Владивосток : Изд-во Дальневосточного государственного технического университета , 2007. – 19 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:387817&theme=FEFU>

8. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования : учебное пособие / [И. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др.] ; под ред. : И. П. Крючкова, В. А. Старшинова, Москва : Академия , 2006. – 411 с. - Режим доступа:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:385537&theme=FEFU>

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Важев В.Ф., Лавринович В.А. Техника высоких напряжений: курс лекций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 150 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/946/73946>
2. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Шестакова В.В. Режимы заземления нейтрали в электрических системах: учебное пособие. - Томск : Изд-во ТПУ, 2006. – 118 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/947/73947>
3. Сенигов П.Н. Электро-механические переходные процессы: учебное пособие. – Челябинск: ЮУрГУ, 1996. – 26 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/620/47620>
4. Бугров В.Г. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения: Учебное пособие для специальности 100400 "Электроснабжение". – Тверь: ТГТУ, 2005. – 115 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/616/58616>
5. Вайнштейн Р.А. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, Н.В. Коломиец, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 115 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/962/73962>
6. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие/ Хрущев Ю.В., Заповодников К.И., Юшков А.Ю. 2010. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/037/76037>
7. Денисова А.В. Применение оперативного метода и метода переменных состояния для расчёта переходных процессов: Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 105 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/638/78638>

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint и т.д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно-справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks, информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

## **VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» отводится 80 часов аудиторных занятий и 54 часа самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные



блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель дает методику расчёта коротких замыканий по пройденным темам, предоставляет студентам на примере простых задач возможность её освоить. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и методы решения. Представления этапов выполнения курсовой работы с последующей её защитой развивает навыки работы в коллективе, умение доказательно обосновывать свою речь, развивает коммуникативные и творческие навыки;

- **самостоятельная работа** в виде подготовки к рубежному тестированию и выполнению этапов курсовой работы направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций и практических занятий, и на оттачивание навыков расчёта коротких замыканий.

**Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины.**

В рабочей программе дисциплины указано время, отведенное на самостоятельную работу по каждой теме дисциплины. Студенту рекомендуется в соответствии с расписанием определить дни недели и продолжительность самостоятельных занятий, в которые он будет изучать данную дисциплину. В объеме времени самостоятельной работы, отведенном на изучение конкретной темы предусмотреть время на изучение теоретического материала, выполнение курсовой работы, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, к текущему контролю. Выполнение курсовой работы с одной стороны надо рассматривать как закрепление теоретического материала, с другой – как критерий его усвоения.

Изучение теоретического материала рекомендуется проводить, разбив необходимые для рассмотрения вопросы на группы таким образом, чтобы изучать приблизительно равный объем материала за занятие. Студенту

необходимо спланировать самостоятельное изучение дисциплины и выполнение заданий с учетом своего свободного времени, индивидуальных особенностей и строго придерживаться графика самостоятельной работы для успешного изучения дисциплины.

Для достижения студентом необходимых результатов необходимо:

- посещать аудиторские занятия в соответствии с расписанием;
- дополнять полученные на них знания самостоятельным изучением отдельных вопросов курса, контролируя себя ответами на вопросы по соответствующей теме;
- регулярно готовиться к аудиторным занятиям (лекциям, практикам, лабораторным работам);
- своевременно выполнять очередной этап курсовой работы;
- в соответствии со своими возможностями заранее готовиться к проведению текущего контроля знаний (тестам, устному опросу), сроки проведения которых оговариваются преподавателем заранее;
- в соответствии со своими возможностями заранее готовиться к промежуточной аттестации по дисциплине.

## **IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» проходят в аудиториях, оборудованных аудио-визуальными средствами: проектором Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE, плазмом LG FLATRON M4716CCBAM4716CJ. Лабораторные работы студенты могут выполнять в аудиториях, оборудованных компьютерами типа Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионным программным обеспечением MicrosoftOffice 2010, а также в домашних условиях. Для выполнения

самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ имеют доступ к интернету через сеть Wi-Fi.

## **Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств включает в себя:

- шкалу оценивания уровня сформированности компетенций с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенциям (таблица 6);

- методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины;

- перечень типовых вопросов к экзамену;

- критерии выставления оценки на экзамене (таблица 7);

- типовые исходные данные для выполнения курсовой работы;

- перечень типовых вопросов для защиты курсовой работы;

- критерии выставления оценки студенту на защите курсовой работы (таблица 8);

- инструкция для студентов;

- тесты для текущего контроля;

- критерии оценки промежуточного тестирования.

Таблица 6 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-1 - Способен осуществлять грамотную эксплуатацию, соблюдение технологической дисциплины, соблюдение параметров производства и передачи тепловой и электрической энергии	знает (пороговый уровень)	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы действия электроэнергетических объектов	знание основных математических приложений и физических законов, явлений и процессов, на которых основаны принципы действия электроэнергетических объектов	способность описать основные математические приложения, физические законы, явления и процессы, являющиеся основой функционирования электроэнергетических объектов
	умеет (продвинутый)	применять математические методы и физические законы для решения профессиональных задач	умение применять математические методы и законы для решения профессиональных задач	способность показать, как и с помощью каких математических методов и физических законов можно составить расчётную схему замещения фрагмента электроэнергетической системы
	владеет (высокий)	методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации и полученных результатов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и	владение методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и	способность выполнить практические задания по построению моделей фрагментов электроэнергетической системы, по их эквивалентированию к более упрощённому виду с помощью математических моделей и прикладных программ

		процессов	процессов	
<b>знает</b> (пороговый уровень)	основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; методы моделирования цепей постоянного и переменного тока	знание основных понятий и законов теории электрических и магнитных цепей, знание методов моделирования цепей постоянного и переменного тока	знание основных понятий и законов теории электрических и магнитных цепей, знание методов моделирования цепей постоянного и переменного тока	способность дать определение и перечислить основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей, способность описать методы моделирования цепей постоянного и переменного тока
<b>умеет</b> (продвинутый)	моделировать цепи постоянного и переменного тока	умение моделирования цепей постоянного и переменного тока	умение моделирования цепей постоянного и переменного тока	способность составить модели цепей постоянного и переменного тока, встречающихся в электроэнергетических системах
<b>владеет</b> (высокий)	методами расчёта линейных цепей в переходных режимах	владение методами расчёта линейных цепей в переходных режимах	владение методами расчёта линейных цепей в переходных режимах	способность выполнить расчёт линейных цепей в переходных режимах электроэнергетической системы
<b>знает</b> (пороговый уровень)	требования, предъявляемые к схемам замещения электроэнергетической системы; аварийные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета	знание требований, предъявляемых к схемам замещения электроэнергетической системы; знание аварийных режимов работы оборудования и методов их расчета	знание требований, предъявляемых к схемам замещения электроэнергетической системы; знание аварийных режимов работы оборудования и методов их расчета	способность перечислить требования, предъявляемые к схемам замещения электроэнергетической системы; способность описать аварийные режимы работы оборудования и методы их расчета
<b>умеет</b> (продвинутый)	рассчитывать аварийные режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетической	умение рассчитывать аварийные режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетической системы; умение оценивать	умение рассчитывать аварийные режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетической системы; умение оценивать	способность рассчитать аварийный режим работы электротехнического оборудования электроэнергетической системы; способность

		системы; оценивать параметры аварийных режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов	параметры аварийных режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов	оценить параметры аварийных режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов
	<b>владеет (высокий)</b>	методиками расчёта аварийных режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах; навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета аварийных режимов работы электроэнергетических установок	владение методиками расчёта аварийных режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах; владение навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета аварийных режимов работы электроэнергетических установок	способность рассчитать аварийные режимы работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах различными методиками; способность использовать специализированные пакеты прикладных компьютерных программ с целью расчета аварийных режимов работы электроэнергетических установок

**Методические рекомендации, определяющие  
процедуру оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в соответствии с локальными

нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты лабораторной работы, выполнения этапа курсовой работы, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения этапов курсовой работы и лабораторных работ, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, по которым оценивается, выполнил ли студент норму для получения зачёта.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрены зачёт и защита курсовой работы, которые проводятся в устной форме.

# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## Перечень типовых вопросов к экзамену

1. Схема замещения фрагмента электроэнергетической системы.
2. Расчет параметров схемы замещения в относительных единицах при точном учете коэффициентов трансформации
3. Расчет параметров схемы замещения в относительных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений
4. Расчет параметров схемы замещения в именованных единицах при точном учете коэффициентов трансформации
5. Расчет параметров схемы замещения в именованных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений
6. Метод наложения при расчетах токов короткого замыкания
7. Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи. Периодические и аperiodические составляющие токов в фазах А, В, С
8. Условия максимума полного тока при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи
9. Понятие и расчет ударного тока КЗ
10. Мгновенные и действующие значения токов в переходном процессе
11. Основные параметры синхронной машины. Векторная диаграмма
12. Приведение параметров цепи ротора синхронной машины к статору
13. Установившийся режим короткого замыкания. Расчет токов КЗ при наличии и отсутствии автоматического регулятора возбуждения (АРВ)
14. Расчеты установившегося КЗ в сложных схемах
15. Учет и влияние нагрузки при установившихся КЗ
16. Основные допущения, принимаемые в расчетах начального момента короткого замыкания



17. Начальный момент короткого замыкания СМ без демпферных обмоток  
Баланс магнитных потоков в продольной оси
18. Переходная ЭДС и переходное сопротивление СМ
19. Схема замещения и векторная диаграмма СМ без демпферных обмоток
20. Понятие и расчет переходного тока короткого замыкания
21. Начальный момент короткого замыкания СМ с демпферными обмотками. Сверхпереходные ЭДС и сверхпереходные сопротивления СМ
22. Схема замещения и векторная диаграмма СМ с демпферными обмотками
23. Понятие и расчет сверхпереходного тока короткого замыкания
24. Аналитические расчеты токов КЗ в сложных электрических системах.
25. Учет и влияние нагрузки в расчетах начального момента короткого замыкания
26. Учет действия АРВ при анализе переходного процесса в режиме короткого замыкания
27. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов при нарушении симметрии
28. Основные уравнения для расчета несимметричных режимов
29. Результирующие схемы прямой, обратной и нулевой последовательностей
30. Параметры синхронной машины для токов обратной и нулевой последовательности
31. Параметры воздушных и кабельных линий для токов нулевой последовательности
32. Параметры трансформаторов и автотрансформаторов для токов прямой обратной и нулевой последовательностей
33. Однофазное КЗ на землю. Граничные условия, симметричные составляющие, фазные и линейные токи и напряжения в точке КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений

34. Двухфазное КЗ. Граничные условия, симметричные составляющие, фазные и линейные токи и напряжения в точке КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений

35. Двухфазное КЗ на землю. Граничные условия, симметричные составляющие, фазные и линейные токи и напряжения в точке КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений

36. Учет переходного сопротивления в месте КЗ при поперечной несимметрии

37. Правило эквивалентности для токов прямой последовательности

38. Комплексные схемы замещения при поперечной несимметрии

39. Трансформация токов и напряжений в несимметричных режимах

40. Сравнение токов при различных видах коротких замыканий

41. Практические методы расчета токов коротких замыканий, допущения, учет системы

42. Метод типовых кривых для расчета периодической составляющей

43. Расчет коротких замыканий в установках напряжением до 1000 В

44. Учет изменения активного сопротивления проводников при коротком замыкании

**Критерии выставления оценки за экзамен студенту по дисциплине  
«Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических  
системах»**

Таблица 7 – Критерии выставления оценки за экзамен

Оценка (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	Оценка «отлично» ставится студенту, если он глубоко и прочно усвоил требования, предъявляемые с схемам замещения электроэнергетической системы, и методы расчёта аварийных режимов оборудования объектов электроэнергетики, умеет рассчитывать эти режимы и оценивать их параметры, владеет навыками и методиками расчёта аварийных режимов работы электротехнических установок.
«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил требования, предъявляемые с схемам замещения электроэнергетической системы, и методы расчёта аварийных режимов оборудования объектов электроэнергетики, но допускает ошибки в расчёте этих режимов и оценке их параметров, владеет

	навыками и методиками расчёта аварийных режимов работы электротехнических установок.
«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, но путается и допускает ошибки при составлении схем замещения и вычислении её параметров, допускает значительные ошибки в расчёте нормальных и аварийных режимах и оценке их параметров, но удовлетворительно владеет навыками и методиками расчёта аварийных режимов работы электротехнических установок.
«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, с большими затруднениями выполняет расчёт аварийных режимов электроэнергетической системы. Как правило, дисциплина не засчитывается студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**Типовые исходные данные для выполнения курсовой работы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»**

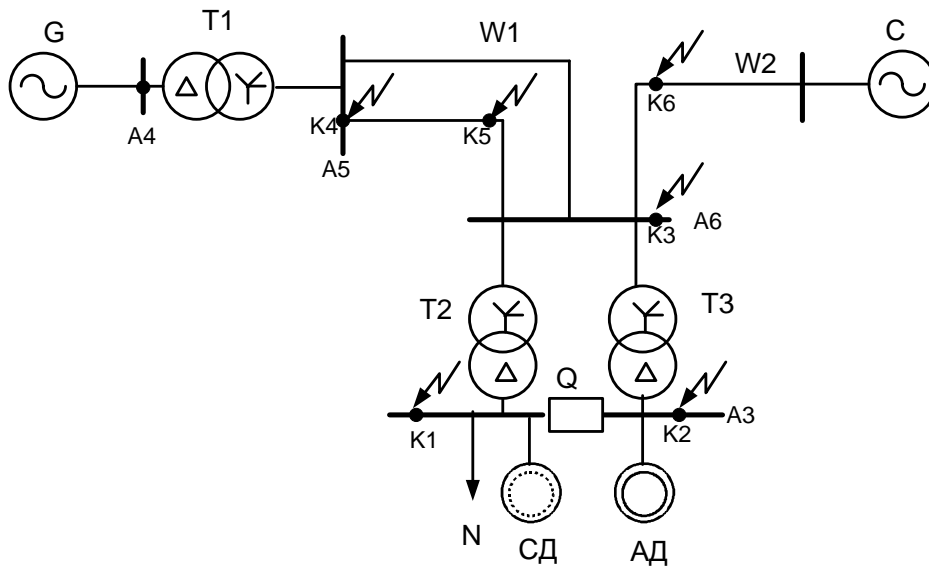
Выполнение курсовой работы происходит в несколько этапов, требующих следующее:

1. Рассчитать параметры схемы замещения системы для заданной расчетной схемы в относительных и именованных единицах при точном учете коэффициентов трансформации и с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

2. Рассчитать сверхпереходный ток при трехфазном КЗ в заданной точке К при включенном и выключенном выключателе Q, а также периодическую и аperiodическую составляющие тока короткого замыкания для заданного момента времени и ударный ток. Расчет выполнить в относительных и именованных единицах при точном учете коэффициентов трансформации. Результаты расчетов свести в таблицу.

3. Рассчитать значения токов и напряжений в точке КЗ, токов во всех ветвях и напряжения в точке А при заданном виде несимметричного короткого замыкания в заданной точке К и выключенном выключателе Q. Расчет выполнить в относительных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

4. Построить векторные диаграммы токов и напряжений в точке КЗ и векторную диаграмму напряжений в точке А.



Расчетная схема электрической системы

Номер варианта присваивается студенту преподавателем согласно списку группы.

Трехфазное короткое замыкание находится в точке К1 для нечетных вариантов и в точке К2 для четных вариантов.

Вид несимметричного короткого замыкания – однофазное для нечетных вариантов и двухфазное на землю для четных вариантов. Точка несимметричного короткого замыкания:

Точка КЗ	Точка А	№ варианта
К3	А3	1 – 8
К4	А4	9 -15
К5	А5	16 – 22
К6	А6	23 – 27

Примечание. Точки К5 и К6 находятся на середине линий.

### Исходные данные для расчета

№ вар	Эквивалентный синхронный генератор					Трансформатор Т1			Трансформаторы Т2, Т3		
	$P_{\text{ном}}$ МВт	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}}$ кВ	$x_d''$ о.е.	$x_2$ о.е.	$S_{\text{ном}}$ МВА	$u_k\%$	$U_{\text{ВН}}/U_{\text{НН}}$	$S_{\text{ном}}$ МВА	$u_k\%$	$U_{\text{ВН}}/U_{\text{НН}}$
1	60	0,8	6,3	0,18	0,2	63	11	115/6,3	25	11,5	112/6,3
2	60	0,8	6,3	0,15	0,18	63	10,5	121/6,3	32	11	115/6,3
3	60	0,8	10,5	0,16	0,19	63	11	115/11	40	10,5	121/6,3
4	80	0,85	10,5	0,19	0,22	80	11	115/10,5	40	10,5	121/6,3
5	80	0,8	10,5	0,18	0,2	80	10,5	115/10,5	32	11	110/6,3
6	80	0,8	6,3	0,15	0,19	80	10,5	121/6,3	40	10,5	115/6,3
7	100	0,85	10,5	0,16	0,2	125	10,5	115/11	40	10,5	121/6,3
8	100	0,85	10,5	0,19	0,23	125	10,5	115/10,5	63	10,5	121/6,3
9	100	0,8	10,5	0,18	0,2	125	10,5	115/10,5	40	11	110/6,3
10	200	0,8	13,8	0,17	0,19	250	10,5	230/13,8	63	10,5	220/6,3
11	200	0,85	15,75	0,2	0,24	250	10,5	242/15,75	40	10,5	230/6,3
12	200	0,85	15,75	0,19	0,23	250	10,5	230/15,75	63	11,5	220/6,3
13	300	0,85	15,75	0,18	0,2	400	10,5	242/15,75	63	11	230/6,3
14	300	0,85	15,75	0,2	0,24	400	10,5	242/15,75	40	10,5	230/6,3
15	300	0,85	20	0,19	0,23	400	10,5	230/20	40	10,5	220/6,3
16	63	0,8	6,3	0,14	0,18	80	11	115/6,3	32	11	121/6,3
17	63	0,8	10,5	0,18	0,21	80	11	115/10,5	25	11	115/6,3
18	100	0,8	6,3	0,16	0,19	125	10,5	121/6,3	40	10,5	115/6,3
19	100	0,85	10,5	0,2	0,24	125	10,5	115/10,5	40	10,5	121/6,3
20	100	0,8	10,5	0,19	0,23	125	10,5	115/10,5	32	10,5	121/6,3
21	200	0,85	13,8	0,18	0,21	250	10,5	242/13,8	63	11	230/6,3
22	200	0,85	15,75	0,15	0,18	250	10,5	230/15,75	40	10,5	220/6,3
23	240	0,8	10,5	0,2	0,24	300	10,5	242/10,5	63	10,5	230/6,3
24	240	0,85	15,75	0,19	0,23	300	10,5	242/15,75	40	10,5	230/6,3
25	300	0,85	15,75	0,18	0,21	400	10,5	242/15,75	40	10,5	230/6,3
26	300	0,85	15,75	0,2	0,24	400	10,5	230/15,75	63	10,5	220/6,3
27	300	0,85	20	0,19	0,23	400	10,5	242/20	40	11	230/6,3

Продолжение таблицы

№ вар	Нагрузка N		S <sub>б</sub> MBA	Эквивалентный синхр. Двигатель			Эквивалентный асинхр. двигатель			W1	W2	Система С	
	P <sub>н.</sub> MВт	cosφ <sub>н</sub>		P <sub>ном</sub> MВт	cosφ <sub>н</sub>	x <sub>d</sub> '', о.е.	P <sub>н.</sub> MВт	cosφ <sub>н</sub>	П			L1, км	L2, км
1	12	0,8	100	5	0,87	0,18	12	0,85	5,0	36	50	115	1000
2	14	0,8	100	6	0,85	0,22	14	0,87	5,0	40	55	115	1500
3	14	0,8	200	5	0,85	0,20	20	0,85	5,2	42	30	115	2000
4	15	0,8	200	6	0,92	0,17	20	0,80	5,7	50	40	115	2500
5	13	0,85	150	5	0,82	0,18	16	0,82	5,0	30	45	115	1000
6	20	0,85	200	6	0,8	0,24	18	0,85	5,5	35	50	115	1500
7	16	0,85	200	7	0,85	0,19	22	0,9	5,8	40	38	115	2000
8	20	0,85	200	4	0,8	0,20	24	0,85	5,6	50	44	115	2500
9	16	0,9	250	8	0,86	0,15	21	0,89	5,1	25	48	115	1000
10	25	0,9	400	5	0,9	0,17	26	0,85	6,0	70	70	230	4000
11	13	0,9	400	4	0,9	0,16	23	0,82	6,5	75	75	230	4500
12	32	0,9	500	6	0,9	0,2	30	0,85	6,8	80	60	230	5000
13	30	0,9	300	7	0,87	0,15	28	0,80	6,8	65	65	230	4000
14	16	0,8	400	5	0,85	0,15	18	0,90	5,2	56	80	230	4500
15	15	0,8	400	6	0,86	0,16	20	0,87	6,0	35	72	230	5000
16	12	0,8	100	4	0,82	0,18	16	0,85	5,8	28	36	115	1000
17	10	0,8	200	6	0,9	0,16	11	0,80	4,8	34	42	115	1500
18	18	0,85	200	7	0,9	0,14	24	0,80	6,5	30	44	115	2000
19	19	0,85	200	6	0,85	0,20	22	0,85	5,8	25	50	115	2500
20	11	0,85	200	7	0,85	0,18	15	0,90	6,2	40	40	115	1000
21	28	0,85	250	8	0,9	0,16	30	0,90	6,8	70	68	220	4000
22	14	0,9	400	6	0,86	0,16	21	0,80	6,0	65	80	220	4500
23	26	0,9	250	9	0,89	0,17	30	0,85	7,0	80	70	220	5000
24	18	0,9	400	7	0,82	0,15	23	0,82	6,4	55	64	220	4000
25	16	0,8	300	8	0,9	0,14	20	0,80	5,9	85	90	220	4500
26	30	0,87	500	6	0,92	0,15	32	0,87	7,0	70	85	230	5000
27	14	0,85	500	9	0,86	0,18	24	0,85	6,2	75	82	230	4000

Номинальное напряжение двигателей U<sub>ном</sub> = 6 кВ,

Удельное сопротивление линии 110 кВ: x<sub>0</sub> = 0.4 Ом/км; линии 220 кВ:  
x<sub>0</sub> = 0.32 Ом/км.

## Перечень типовых вопросов для защиты курсовой работы

1. Сформулировать определение точного (приближенного) коэффициента трансформации трансформатора.
2. Для чего применяются относительные системы единиц, какие системы единиц используются в паспортных данных, в расчетах токов коротких замыканий?
3. Сформулировать понятие базисной величины. Выбор базисных величин.
4. Как выполняются расчеты схем, содержащих трансформаторы?
5. Из каких основных составляющих состоит ток цепи в электромагнитном переходном процессе?
6. Сформулировать понятие ударного тока короткого замыкания, ударного коэффициента.
7. Назвать условия возникновения максимума ударного тока, апериодической составляющей внезапного короткого замыкания.
8. В каких случаях при расчете короткого замыкания можно пренебречь активным сопротивлением коротко замкнутой цепи?
9. Написать расчетные формулы для значений параметров схем замещения отдельных элементов расчетной схемы в относительных и именованных единицах.
10. Применить метод типовых кривых для расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания.
11. Сформулировать основные положения практического расчета сверхпереходного и ударного тока короткого замыкания.
12. Как выполнить расчет тока прямой последовательности при несимметричном коротком замыкании?
13. Как найти напряжение прямой последовательности для различных видов несимметричных коротких замыканий?

14. Составить комплексную схему замещения для расчета однофазного, двухфазного и двухфазного на землю коротких замыканий.

15. Как выполнить расчёт простого замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью?

16. Как выполнить расчёт токов простого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В?

**Критерии выставления оценки студенту на защите курсовой работы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»**

Таблица 8 – Критерии выставления оценки студенту на защите курсовой работы

Оценка (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил расчёт электромагнитных переходных процессов, возникающих в электроэнергетических системах, безошибочно составляет схемы замещения и рассчитывает их параметры, с лёгкостью строит векторные диаграммы токов и напряжений в различных точках электроэнергетической системы.
«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил расчёт электромагнитных переходных процессов, возникающих в электроэнергетических системах, но допускает редкие ошибки при составлении схем замещения и расчёте её параметров, ошибается при построении векторных диаграмм токов и напряжений в некоторых точках электроэнергетической системы.
«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, но путается и допускает ошибки при составлении схем замещения и вычислении её параметров, расчёте токов различных видов короткого замыкания, испытывает трудности при построении векторных диаграмм токов и напряжений в точках электроэнергетической системы.
«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки при составлении схем замещения и вычислении её параметров, затрудняется рассчитать токи различных видов короткого замыкания, не способен построить векторные диаграммы токов и напряжений в точках электроэнергетической системы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.



# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

## Инструкция для студента

Билет для тестового опроса содержит 8 вопросов по всем аттестуемым разделам дисциплины. В билетах приводятся также варианты ответов.

Ответ на билет следует привести на отдельном листе с указанием фамилии и инициалов студента, группы и номера билета.

При ответе вопросы и тесты переписывать не следует; достаточно указать номера вопросов и номера (буквы) ответов (например, «8–б» означает ответ по варианту «б» на вопрос № 8).

Для ответа на вопросы пакета отводится один академический час.

Результаты аттестаций оцениваются по четырехбалльной шкале. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно ответить не менее чем на 6 вопросов.

## Тесты для текущего контроля

1. Как определить коэффициент трансформации трансформатора при точном приведении схемы?

а. Отношение линейных номинальных напряжений обмоток трансформатора

б. Отношение линейных напряжений отпаек холостого хода трансформатора

в. Отношение линейных напряжений обмоток трансформатора при расчетном режиме работы исследуемой схемы

Правильный ответ: б

2. Шкала средних номинальных напряжений

а. 515, 340, 220, 115, 37, 10.5, 6.3

б. 515, 330, 220, 115, 36, 10.5, 6.3

в. 515, 340, 230, 115, 37, 10.5, 6.3

г. 515, 340, 220, 110, 36, 10.5, 6.3

Правильный ответ: в

3. В каком из случаев можно пренебречь активным сопротивлением при определении периодической составляющей тока, чтобы ошибка не превышала пяти процентов, если  $x = 6$ ?

$r = 2$ ;  $r = 1,5$ ;  $r = 1$ ;  $r = 0,75$ ;  $r = 0,5$

а. 1,2,3,4,5      б. 2,3,4,5      в. 3,4,5      г. 4,5      д. 5

Правильный ответ: а

4. Как изменится величина сопротивления при приведении его с высокой стороны трансформатора на низкую?

а. увеличится      б. останется неизменной      в. уменьшится

Правильный ответ: в

5. Как изменится величина сопротивления при приведении его с низкой стороны трансформатора на высокую?

а. увеличится      б. останется неизменной      в. уменьшится

Правильный ответ: а

6. Трансформатор имеет напряжение короткого замыкания  $u_k = 10\%$ . Его номинальная мощность  $S_{ном} = 250$  МВА. Определить его относительное базисное сопротивление при упрощенном приведении, если  $S_б = 500$  МВА.

а.  $x_{Т*(б)} = 0,1$       б.  $x_{Т*(б)} = 0,2$       в.  $x_{Т*(б)} = 0,05$       г.  $x_{Т*(б)} = 0,4$

Правильный ответ: б

7. Определить сопротивление в относительных базисных единицах  $Z^{*(6)}$ , если  $S_6 = 1000$  МВА,  $U_6 = 100$  кВ,  $Z = 10$  Ом

- а. 100
- б.  $1/\sqrt{3}$
- в. 1
- г.  $\sqrt{3}$

Правильный ответ: в

8. Выполнить упрощенное приведение сопротивления из относительных номинальных единиц  $X^{*(ном)} = 1$  к относительным базисным единицам  $X^{*(6)}$

Номинальные параметры:  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $S_{ном} = 100$  МВА

Базисные величины:  $U_6 = 10$  кВ,  $S_6 = 200$  МВА

- а.  $X^{*(6)} = 0,45$
- б.  $X^{*(6)} = 2,2$
- в.  $X^{*(6)} = 2$
- г.  $X^{*(6)} = 0,5$

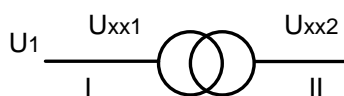
Правильный ответ: б

9. Турбогенератор, номинальное напряжение и мощность которого  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $S_{ном} = 235$  МВА, имеет сопротивление  $x_{d*} = 2.0$ . При составлении схемы замещения в относительных единицах приняты в качестве базисных номинальное напряжение генератора и  $S_6 = 4 \times 235$  МВА. Определить относительное базисное сопротивление генератора.

- а.  $x_{d*} = 4$
- б.  $x_{d*} = 2$
- в.  $x_{d*} = 0.5$
- г.  $x_{d*} = 8$

Правильный ответ: г

10. Требуется привести напряжение  $U_1 = 10$  кВ к II ступени трансформации и определить коэффициент трансформации трансформатора Т.



Номинальное напряжение трансформатора

$$U_{н1} = 10 \text{ кВ}, \quad U_{н2} = 110 \text{ кВ}$$

Напряжение отпаек холостого хода

$$U_{xx1} = 10 \text{ кВ}, \quad U_{xx2} = 100 \text{ кВ}$$

а.  $K_T = 10, U_1 = 100 \text{ кВ}$

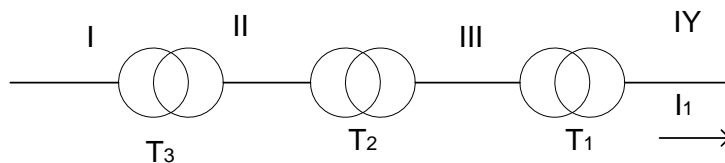
б.  $K_T = 11, U_1 = 110 \text{ кВ}$

в.  $K_T = 10, U_1 = 1 \text{ кВ}$

г.  $K_T = 11, U_1 = 0,99 \text{ кВ}$

Правильный ответ: а

11. Известны коэффициенты трансформации трансформаторов и ток  $I_1$ . Определить приведенный к I ступени ток  $\overset{\circ}{I}_1$ , если  $k_1 = 0,2, k_2 = 0,5, k_3 = 0,1, I_1 = 10 \text{ А}$ .



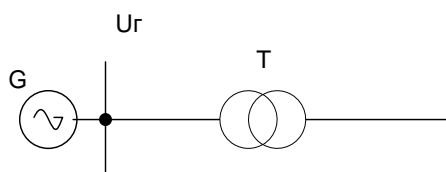
а. 0,001 А    б. 0,1 А    в. 1000 А    г. 10000А

Правильный ответ: в

12. Определить сопротивление генератора, приведенное к стороне ВН трансформатора, если известны:

для генератора -  $U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}, S_{ном} = 100 \text{ МВА}, x''_{d*(ном)} = 0,2$

для трансформатора =  $U_{НН} = 10,5 \text{ кВ}, U_{ВН} = 110 \text{ кВ}$



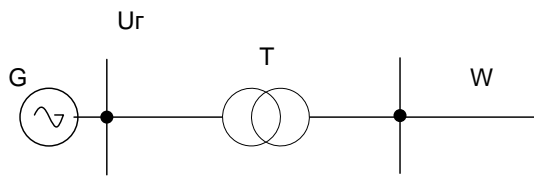
а. 2,31 Ом    б. 24,2 Ом    в. 0,021 Ом    г. 1,9 Ом    д. 19,9 Ом

Правильный ответ: б

13. Определить сопротивление ВЛ, приведенное к стороне НН трансформатора, если известны:

для линии  $l = 20$  км,  $x_0 = 0,4$  Ом/км

для трансформатора =  $U_{НН} = 10$  кВ,  $U_{ВН} = 100$  кВ



- а. 0,4 Ом    б. 4 Ом    в. 40 Ом    г. 400 Ом

Правильный ответ: а

14. Определить относительное базисное сопротивление обобщенной нагрузки при  $S_{б} = 200$  МВА, если  $P_{нагр} = 40$  МВт,  $\cos\varphi = 0.8$

- а. 0,07    б. 0,25    в. 1,4    г. 4

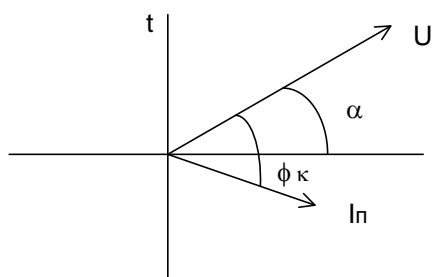
Правильный ответ: в

15. Каково соотношение истинного времени и относительного базисного при  $w_{б} = w_c$ ?

- а.  $t_{*(б)} = w_c t$   
б.  $t_{*(б)} = t$   
в.  $t_{*(б)} = t/w_c$   
г.  $t_{*(б)} = w_c/t$

Правильный ответ: а

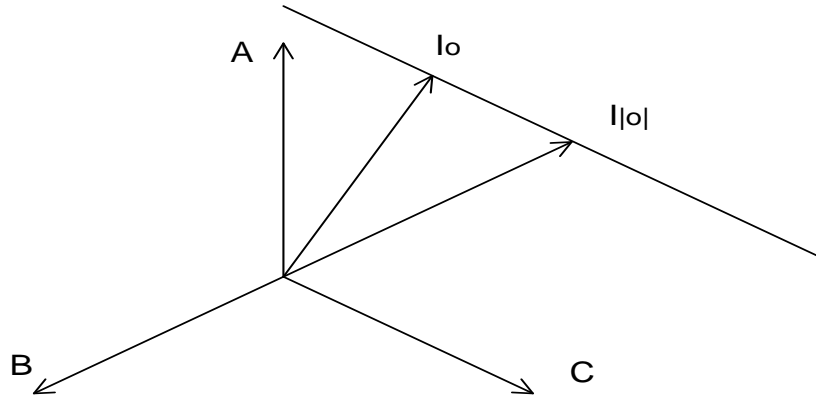
16. Условие возникновения максимума мгновенного значения полного тока в предварительно разомкнутой цепи при коротком замыкании



- а.  $\varphi_k = 0, \quad \alpha = 0$   
б.  $\varphi_k = 90^\circ, \quad \alpha = 90^\circ$   
в.  $\varphi_k = -90^\circ, \quad \alpha = 0$   
г.  $\varphi_k = 0, \quad \alpha = 90^\circ$

Правильный ответ: в

17. В какой фазе простейшей цепи при трехфазном коротком замыкании возникает наибольшее значение ударного тока? На диаграмме  $I_0$  – обобщенный вектор периодической составляющей тока до короткого замыкания,  $I_{|0|}$  – в момент короткого замыкания.



- a. A
- б. B
- в. C
- г. B и C
- д. A, B и C

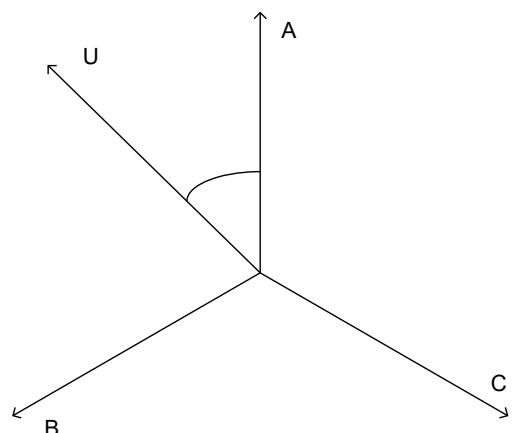
Правильный ответ: в

18. Условия совпадения значений максимальной величины апериодической составляющей и максимального значения полного тока в предварительно разомкнутой цепи

- a. Напряжение проходит через ноль,  $r \ll L$
- б. Напряжение проходит через ноль,  $r \gg L$
- в. Напряжение проходит через максимум,  $r \ll L$
- г. Напряжение проходит через максимум,  $r \gg L$

Правильный ответ: а

19. В трехфазной цепи, работающей без нагрузки от источника бесконечной мощности, происходит короткое



замыкание. При каком значении фазы включения ( $\alpha$ ) в фазах В и С возникнут положительные и равные по величине апериодические составляющие тока?  $r \approx 0$ .

а.  $\alpha = 0^\circ$

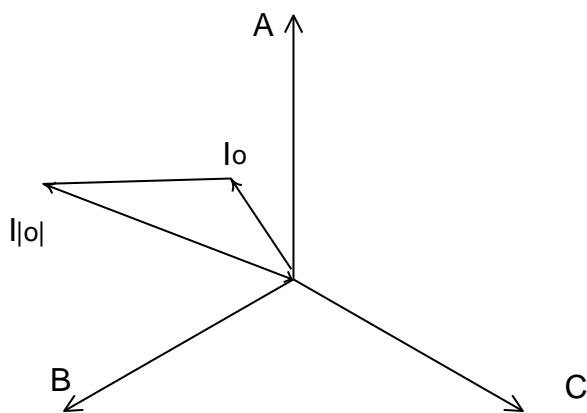
б.  $\alpha = 90^\circ$

в.  $\alpha = 180^\circ$

г.  $\alpha = 270^\circ$

Правильный ответ: г

20. В какой фазе простейшей трехфазной цепи в переходном процессе после короткого замыкания будет наблюдаться наименьшее значение максимума мгновенного тока? На диаграмме  $I_0$  – обобщенный вектор периодической составляющей тока до короткого замыкания,  $I_{|0|}$  – в момент короткого замыкания.



а. А

б. В

в. С

Правильный ответ: а

21. Указать диапазон значений ударного коэффициента  $K_y$

а.  $0 \leq K_y \leq \sqrt{2}$    б.  $1 \leq K_y \leq \sqrt{2}$    в.  $1 \leq K_y \leq 2$    г.  $\sqrt{2} \leq K_y \leq 2$

Правильный ответ: в

22. Определение ударного тока короткого замыкания

а. Мгновенное значение полного тока короткого замыкания в момент короткого замыкания

б. Максимальное значение полного тока короткого замыкания

в. Действующее значение полного тока короткого замыкания в момент короткого замыкания

г. Действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент короткого замыкания

Правильный ответ: б

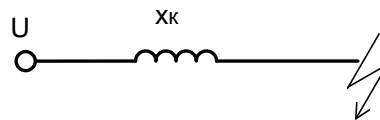
23. Определить ударный ток внезапного короткого замыкания для цепи, где  $U = 100/\sqrt{2}$  кВ – действующее значение напряжения,  $x_k = 10$  Ом – сопротивление, за которым произошло короткое замыкание,  $T_a = 0$ .

а.  $10/\sqrt{2}$  А

б.  $20/\sqrt{2}$  А

в. 10 А

г. 20 А



Правильный ответ: в

24. В каком случае ток возбуждения синхронного генератора с АРВ при установившемся токе короткого замыкания будет меньше?

а.  $X_{вн} = X_{кр}$

б.  $X_{вн} < X_{кр}$

в.  $X_{вн} > X_{кр}$

$X_{вн}$  - сопротивление, за которым происходит короткое замыкание

Правильный ответ: в

25. Определить действующее значение полного тока, если в момент времени  $t$   $i_{п} = 8$  А, действующее значение периодической составляющей тока  $I_{п} = 10.4$  А, аperiodический ток  $i_a = 6$  А

а. 10 А   б. 12 А   в. 14 А   г.  $10\sqrt{2}$  А   д.  $12\sqrt{2}$  А



Правильный ответ: б

26. Определить значение апериодической составляющей в момент времени  $t = 0.2$  с, если известны  $I_{п0} = 2$  кА,  $T_a = 0,4$  с

- а. 0,38 кА    б. 1,21 кА    в. 1,72 кА    г. 2,2 кА

Правильный ответ: в

27. Определить эквивалентную постоянную времени для схемы, если  $x_{\Sigma}/r_{\Sigma} = 15$

- а. 0,02 с    б. 0,05 с    в. 0,1 с    г. 0,2 с

Правильный ответ: б

28. Определить ударный коэффициент, если для схемы  $x_{\Sigma}/r_{\Sigma} = 15$

- а. 0,22    б. 1,5    в. 1,82    г. 2,22

Правильный ответ: в

29. Как осуществляется приведение относительного тока возбуждения к цепи статора?

- а.  $I_f = I_f \cdot X_{ad}$   
б.  $I_f = I_f$   
в.  $I_f = I_f / X_{ad}$   
г.  $I_f = I_f + 1 / X_{ad}$

Правильный ответ: а

30. Какова величина установившегося тока короткого замыкания генератора, снабженного АРВ?  $x_{вн} = 1$ ,  $x_{кр} < 1$

- а.  $I_{кз*} < I_{ном*}$   
б.  $I_{кз*} = I_{ном*}$   
в.  $I_{кз*} > I_{ном*}$

Правильный ответ: б

31. При расчете установившегося тока короткого замыкания выяснилось, что АРВ генератора может обеспечить номинальное напряжение на его выводах. Какими параметрами ввести генератор в схему замещения?

*а.*  $E_q = E_{q0}, X_{\Gamma} = X_d$

*б.*  $E_q = E_{\text{перед}}, X_{\Gamma} = X_d$

*в.*  $E_q = U_{\text{ном}}, X_{\Gamma} = 0$

Правильный ответ: *в*

32. При расчете установившегося тока короткого замыкания выяснилось, что АРВ генератора не может обеспечить номинальное напряжение на его выводах. Какими параметрами ввести генератор в схему замещения?

*а.*  $E_q = E_{q0}, X_{\Gamma} = X_d$

*б.*  $E_q = E_{\text{перед}}, X_{\Gamma} = X_d$

*в.*  $E_q = U_{\text{ном}}, X_{\Gamma} = 0$

Правильный ответ: *б*

33. За каким сопротивлением приложена ЭДС  $E_q$ ?

*а.*  $X_d$     *б.*  $X_q$     *в.*  $X_{ad}$     *г.*  $X'_d$     *д.*  $X''_d$

Правильный ответ: *а*

6. Как влияет нагрузка на установившийся ток короткого замыкания при прочих равных условиях

*а.* Ток генератора и его напряжение уменьшатся, ток в месте короткого замыкания увеличится

*б.* Ток генератора увеличится, его напряжение уменьшится, ток в месте короткого замыкания уменьшится

*в.* Ток генератора увеличится, его напряжение уменьшится, ток в месте короткого замыкания увеличится

Правильный ответ: б

34. При расчете установившегося тока короткого замыкания генератор введен в схему замещения ЭДС  $E_q = U_{ном}$  и сопротивлением  $x_r = 0$ . В каком режиме работает генератор?

- а. генератор без АРВ
- б. режим предельного возбуждения
- в. режим нормального напряжения

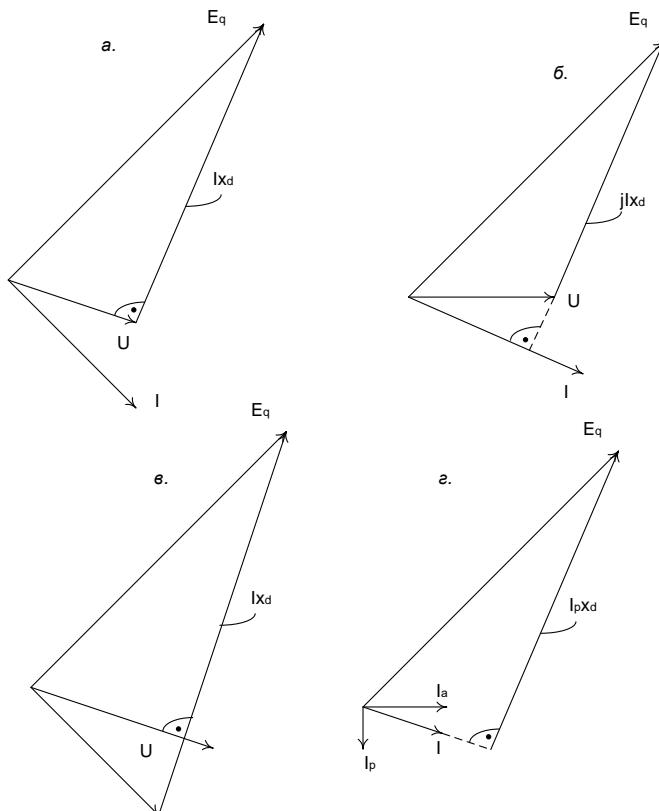
Правильный ответ: в

35. Как влияет АРВ на величину тока короткого замыкания?

- а. увеличивает ток короткого замыкания
- б. уменьшает ток короткого замыкания
- в. не влияет на величину тока короткого замыкания

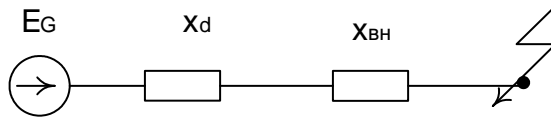
Правильный ответ: а

36. Векторная диаграмма неявнополюсной синхронной машины



Правильный ответ: б

37. Определить ток установившегося короткого замыкания  $I_{k^*}(\text{НОМ})$

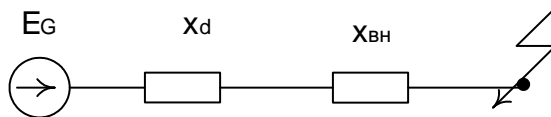


$$E_q = 1.9, x_d = 1.54, E_{\text{гпр}} = 3.8, x_{\text{ВН}} = 0.4$$

- а. 0,98    б. 1,6    в. 1,96    г. 2,47

Правильный ответ: в

38. Определить ток установившегося короткого замыкания  $I_{k^*}(\text{НОМ})$



$$E_q = 1.9, x_d = 1.54, E_{\text{гпр}} = 3.8, x_{\text{ВН}} = 0.6.$$

- а. 1,0    б. 1,67    в. 1,96    г. 2,5

Правильный ответ: б

39. За каким сопротивлением приложена ЭДС  $E''_q$ ?

- а.  $x_d$   
б.  $x'_d$   
в.  $x''_q$   
г.  $x''_d$   
д.  $x_q$

Правильный ответ: г

40. Укажите верное соотношение между сопротивлениями синхронной машины.

- а.  $x_d > x''_d > x'_d$   
б.  $x_d > x'_d > x''_d$   
в.  $x_d < x''_d < x'_d$

Правильный ответ: б

41. Соотношение между составляющими сверхпереходной ЭДС, переходной ЭДС и напряжения синхронной машины по поперечной оси

*a.*  $E''_q < U_q < E'_q < E_q$

*б.*  $E_q > E'_q > E''_q > U_q$

*в.*  $E_q > E''_q > E'_q < U_q$

*г.*  $E_q > U_q < E'_q < E''_q$

Правильный ответ: *б*

42. Соотношение между составляющими синхронной ЭДС ( $E_q$ ), переходной ЭДС ( $E'_q$ ) и напряжения ( $U_q$ ) по поперечной оси синхронного генератора, работающего на активно-индуктивную нагрузку

*a.*  $E'_q < E_q$

*б.*  $E'_q > E_q$

*в.*  $E_q > E'_q > U_q$

*г.*  $E'_q = 0$

Правильный ответ: *в*

43. Какими параметрами характеризуется обобщенная нагрузка при внезапном коротком замыкании?

*a.*  $X_H = 0,35; E_H = 0$

*б.*  $X_H = 1,2; E_H = 0,85$

*в.*  $X_H = 0,35; E_H = 0,85$

*г.*  $X_H = 1,2; E_H = 0$

Правильный ответ: *в*

44. Определить сверхпереходный ток синхронного компенсатора при коротком замыкании на его выводах, если до короткого замыкания его напряжение было номинальным. Компенсатор работал в режиме потребления реактивной мощности и его ток до короткого замыкания был равен  $I = 0.5I_{ном}$ ,  $x_q = 0.7$ ,  $x''_d = 0.2$ .

а. 6,75 б. 5,5 в. 5,0 г. 4,5 д. 3,25

Правильный ответ: г

45. Определение переходного тока короткого замыкания

а. Максимальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания

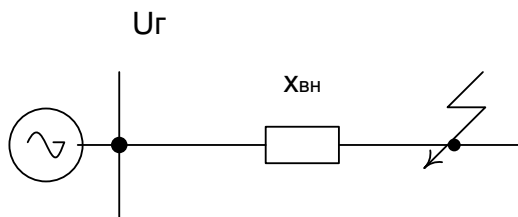
б. Действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания

в. Мгновенное значение тока короткого замыкания в момент короткого замыкания

г. Аперiodическое значение тока короткого замыкания

Правильный ответ: б

46. Как определить начальный сверхпереходный ток по продольной оси?



а.  $I_d'' = \frac{E_q}{X_d + X_{вн}}$

б.  $I_d'' = \frac{E_q''}{X_d'' + X_{вн}}$

в.  $I_q'' = \frac{E_d''}{X_q'' + X_{вн}}$

Правильный ответ: б

47. Как влияет АРВ генераторов на начальный сверхпереходный ток короткого замыкания?

а. не влияет

б. увеличивает

в. уменьшает

Правильный ответ: а

48. Определить переходный ток генератора при внезапном коротком замыкании на его зажимах, если известно, что  $x_q = 0.5$ ,  $x'_d = 0.5$ ,  $U_r = U_{ном}$

*а.*  $I'_d = 0.5$   $I'_q = 0.5$

*б.*  $I'_d = 0.5$   $I'_q = 0$

*в.*  $I'_d = 2$   $I'_q = 0$

*г.*  $I'_d = 0$   $I'_q = 2$

Правильный ответ: *в*

49. Генератор работал до короткого замыкания на холостом ходу с номинальным напряжением. Определить переходный ток, если  $x'_d = 0.4$ ,  $x''_d = 0.2$ ,  $x_{вн} = 0.1$ .

*а.* 2,0    *б.* 2,5    *в.* 3,3    *г.* 5,0

Правильный ответ: *а*

50. Для каких элементов электрической системы сопротивления всех последовательностей можно считать одинаковыми?

*а.* генераторы

*б.* трансформаторы

*в.* реакторы

*г.* воздушные линии

Правильный ответ: *в*

51. Для каких элементов электрической системы сопротивление обратной последовательности отличается от сопротивления прямой последовательности?

*а.* синхронные и асинхронные двигатели

*б.* трансформаторы и автотрансформаторы

*в.* синхронные машины

*г.* воздушные и кабельные линии

Правильный ответ: *в*

52. Соотношение между сопротивлениями прямой и обратной последовательностей синхронной машины:

*a.*  $x_2 > x_1$

*б.*  $x_2 = x_1$

*в.*  $x_2 < x_1$

Правильный ответ: *a*

53. Соотношение между сопротивлениями прямой и обратной последовательностей асинхронного двигателя?

*a.*  $x_2 > x_1$

*a.*  $x_2 = x_1$

*a.*  $x_2 < x_1$

Правильный ответ: *б*

54. Чем определяется сопротивление нулевой последовательности трансформаторов?

*a.* схемой соединения обмоток

*б.* конструкцией магнитопровода

*в.* системой охлаждения

*г.* схемой соединения обмоток и конструкцией магнитопровода

*д.* конструкцией магнитопровода и системой охлаждения

Правильный ответ: *г*

55. Как определяется сопротивление нулевой последовательности трансформатора с соединением обмоток  $Y_0/\Delta$ ?

*a.*  $x_0 = x_1$

*б.*  $x_0 = x_{\mu 0}$

*в.*  $x_0 = \infty$

Правильный ответ: *a*



56. Как определяется сопротивление нулевой последовательности трансформатора с соединением обмоток  $Y_0/Y$ ?

*а.*  $X_0 = X_1$

*б.*  $X_0 = X_{\mu 0}$

*в.*  $X_0 = \infty$

*г.*  $X_0 = X_1 + X_{\mu 0}$

Правильный ответ: *г*

57. Соотношение между сопротивлениями прямой и нулевой последовательностей воздушной линии?

*а.*  $X_0 > X_1$

*б.*  $X_0 = X_1$

*в.*  $X_0 < X_1$

Правильный ответ: *а*

58. Как влияют заземленные тросы на сопротивление нулевой последовательности воздушной линии?

*а.* увеличивают

*б.* уменьшают

*в.* не влияют

Правильный ответ: *б*

59. Как влияют тросы, заземленные через искровой промежуток, на сопротивление нулевой последовательности воздушной линии?

*а.* увеличивают

*б.* уменьшают

*в.* не влияют

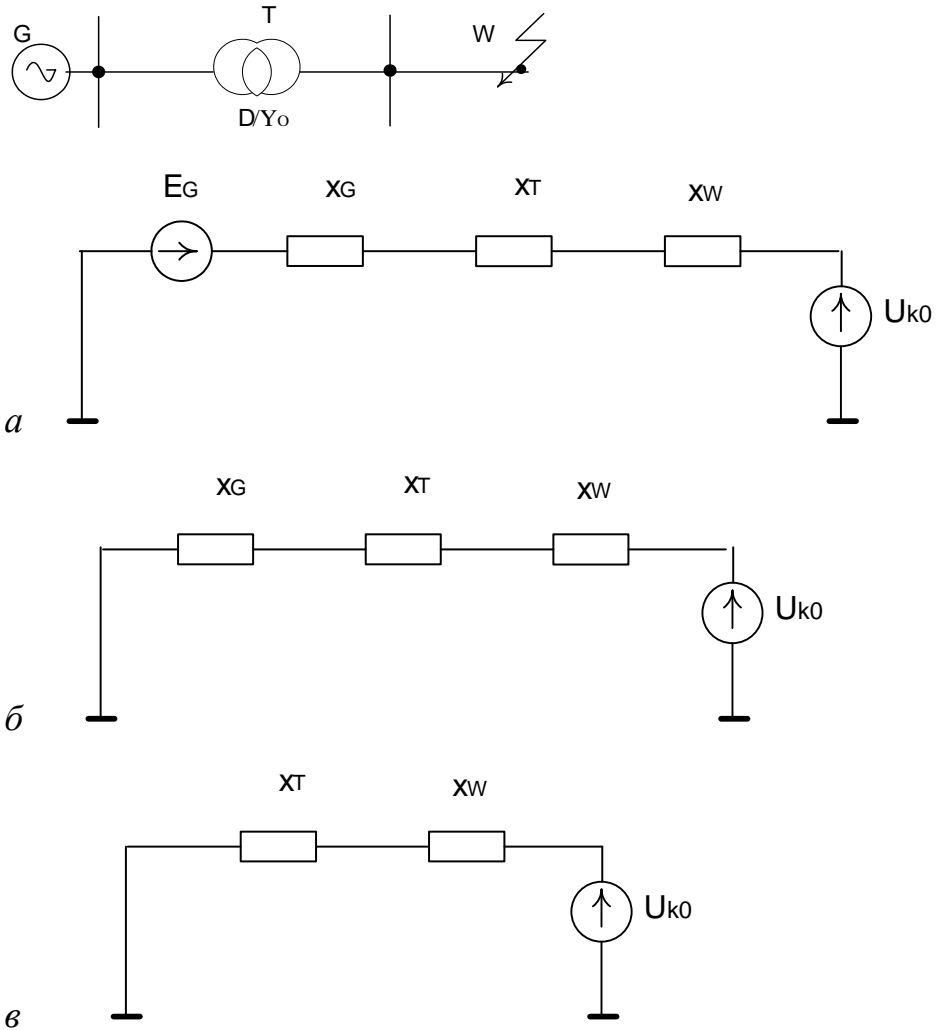
Правильный ответ: *в*

60. Какой величиной входит в схему замещения сопротивление  $x_N$ , через которое заземлена нейтраль трансформатора?

- a.*  $3 x_N$     *a.*  $x_N/3$     *a.*  $x_N$

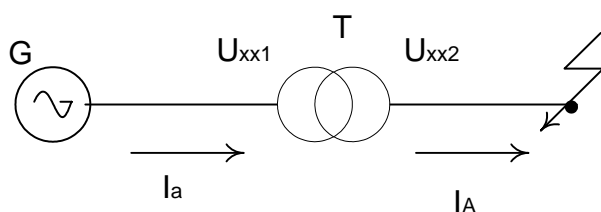
Правильный ответ: *a*

61. Для расчетной схемы составить схему замещения нулевой последовательности.



Правильный ответ: *в*

62. Определить ток  $I_a$ , если при однофазном коротком замыкании ток прямой последовательности  $I_{KA1} = 200$  А.  $U_{XX1} = 10$ кВ,  $U_{XX2} = 100$ кВ



- а. 1,7 кА    б. 2,5 кА    в. 3,0 кА    г. 4,0 кА

Правильный ответ: в

63. Определить ток в поврежденной фазе при однофазном коротком замыкании, если ток нулевой последовательности  $I_{k0} = 150 \text{ A}$

- а. 150 А    б.  $\sqrt{3} \cdot 150 \text{ A}$     в. 300 А    г. 450 А

Правильный ответ: г

64. При двухфазном коротком замыкании определить ток в поврежденных фазах, если ток прямой последовательности  $I_{kA1} = 150 \text{ A}$ , ток обратной последовательности  $I_{kA2} = -150 \text{ A}$

- а. 150 А    б. 300 А    в.  $\sqrt{3} \cdot 150 \text{ A}$     г. 0

Правильный ответ: в

### Критерии оценки промежуточного тестирования

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по электромагнитным переходным процессам в соответствии с учебной программой в процессе промежуточных и итоговой аттестаций.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты и вопросы соответствуют следующим темам дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»:

- 1) общие сведения об электромагнитных переходных процессах и их расчетах;
- 2) переходный процесс в неразветвленной трехфазной цепи;
- 3) установившееся короткое замыкание;

4) начальный момент внезапного короткого замыкания синхронной машины;

5) несимметричные короткие замыкания.

Структура тестов и вопросов.

Каждый раздел содержит несколько основных тем, которым и соответствуют тесты и вопросы. К каждому вопросу тестов прилагаются ответы, один из которых правильный.

**Условия применения.** Для контроля минимального уровня знаний студент отвечает на билет из 8 тестовых вопросов по всем разделам. Билеты из вопросов формирует лектор потока из всех разделов дисциплины. Набор вопросов и тестов в билетах изменяется лектором.

Для ответа на пакет вопросов по всем отводится один академический час.