



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
С.И. Лукьянов
«27» сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы
Электроснабжение

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
Заочная

Институт
Кафедра
Курс

энергетики и автоматизированных систем
электроснабжения промышленных предприятий
3,4

Магнитогорск
2017 г.

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является:

- изучение причин возникновения и физической сущности переходных процессов, а также методов их количественной оценки. Студенты должны иметь представление о переходных электромагнитных и электромеханических процессах в электроэнергетических системах, знать основные положения курса и уметь решать практические задачи, направленные на обеспечение надежности работы отдельных элементов и электрической системы в целом.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения основных положений следующих дисциплин:

«Физика»: электростатика и электродинамика.

«Математические задачи энергетики и применение ЭВМ»: применение методов теории вероятностей и математической статистики; методы прогнозирования и оптимизации.

«Теоретические основы электротехники»: расчет установившихся и переходных режимов электрических цепей, построение векторных диаграмм токов и напряжений, составление дифференциальных уравнений для участка цепи.

«Электрические машины» конструктивное исполнение и принцип действия силовых трансформаторов и машин переменного тока.

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» должна давать теоретическую подготовку в области явлений, сопровождающих нормальные и аварийные изменения электромагнитного и электромеханического состояния элементов электрических систем. Понимание физической сущности этих явлений позволяет предвидеть и заранее предотвратить опасные последствия переходных процессов, которые могут иметь место при коротких замыканиях и нарушении устойчивости в узлах и в электрических системах. В курсе должно даваться представление о технике расчетов, больше внимания уделяться пониманию задач и допущений, положенных в их основу, инженерной оценке полученных результатов. Кроме того, курс имеет задачу формирования у студентов научных представлений в данной области знаний в соответствии с основными положениями диалектического материала. Как известно, исследование переходных процессов требует проведения большого числа вычислительных операций, трудно осуществляемого вручную. Поэтому для лучшего освоения необходимых знаний предпочтительным является применение лабораторного практикума или практических занятий с использованием соответствующего программного обеспечения.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин «Электрические станции и подстанции» и «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», а также при сдаче государственного экзамена и выполнении выпускной квалификационной работы.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Переходные процессы в электроэнергетических системах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
(ОПК-3) способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – виды коротких замыканий – методы расчета неустановившегося короткого замыкания – особенности неустановившихся режимов короткого замыкания – особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности. – определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях – особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов, понятие динамической устойчивости – особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения – особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска асинхронных и синхронных двигателей, функции регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения – особенности исследования несимметричных переходных процессов – особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей – граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности – граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих – составлять исходные уравнения и определять индуктивности обмоток синхронной машины – определять переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов – рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания – составлять выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. – определять качания генераторов – определять условия срабатывания форсировки возбуждения – формулировать рекомендации по выбору законов регулирования – применять методы расчета несимметричных коротких замыканий – составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей – составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений – производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	элементов установок, учет сопротивлений контактных соединений
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным – навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима – навыками анализа влияния и учета действия АРВ – навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы – навыками составления комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий – навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений
(ПК-6) способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	
знать	<ul style="list-style-type: none"> – общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц – переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора – метод расчетных кривых, метод типовых кривых – векторную диаграмму синхронного генератора – характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. – особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий – практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы, метод малых колебаний – понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации – особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния – виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях – дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки – составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии – характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке. – комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы замещения – учитывать энергосистему – определять обобщенный вектор трехфазной системы – оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания – рассчитывать установившийся режим короткого замыкания в схеме с несколькими источниками – определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения – составлять схемы замещения дальних ЛЭП – выявлять лавину напряжения

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> – производить сравнение различных видов коротких замыканий – применять правило эквивалентности прямой последовательности – составлять схемы замещения, определять сопротивления элементов
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме – навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов – навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания – навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – навыками использования способа площадей и вытекающими из него критерии динамической устойчивости – навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности – навыками определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов – навыком применения метода симметричных составляющих – навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю – навыками практических расчетов тока короткого замыкания

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 23,6 акад. часов:
 - аудиторная – 20 акад. часов;
 - внеаудиторная – 3,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 215,8 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа
- подготовка к зачету – 3,9 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>1. Раздел Электромагнитные переходные процессы в простейших цепях. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях. Виды коротких замыканий. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения постоянной частоты и амплитуды. Изменение во времени тока и его составляющих. Условия, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным. Расчет и анализ токов короткого</p>	3	1	1	0	21,5	Подготовка к защите лабораторной работы № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»	защита лабораторной работы № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»	ОПК-3: знать виды коротких замыканий. уметь рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих. владеть навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
замыкания. Общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах. Система относительных единиц. Составление схем замещения. Приближенная оценка эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме. Переходный процесс в неподвижных магнитосвязанных цепях. Основные уравнения и соотношения. Влияние рассеяния. Включение холостого трансформатора.							получается максимальным. ПК-6: знать общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц. знать переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора. уметь рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
							замещения. владеть навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме.	
2. Раздел Практические методы расчета токов короткого замыкания Учет энергосистемы. Метод расчетных кривых. Метод типовых кривых. Применение ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов.	3	1	0	2/III	21,5	Выполнение расчетно-графической работы №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»	Расчетно-графическая работа № 1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»	ПК-6 знать метод расчетных кривых, метод типовых кривых. уметь учитывать энергосистему. владеть навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов.
3. Раздел Уравнения электромагнитного переходного	3	0,5	1	0	21,5	Подготовка к защите лабораторной работы №2	Защита лабораторной работы №2	ОПК-3; знать методы расчета

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>процесса синхронных и асинхронных машин Методы расчета неустановившегося короткого замыкания. Исходные уравнения. Индуктивности обмоток синхронной машины. Обобщенный вектор трехфазной системы. Замена переменных. Векторная диаграмма синхронного генератора.</p>					«Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм».	«Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм».	неустановившегося короткого замыкания. уметь составлять исходные уравнения и определять индуктивности обмоток синхронной машины. ПК-6 знать векторную диаграмму синхронного генератора. уметь определять обобщенный вектор трехфазной системы.	
<p>4. Статическая устойчивость протяженной линии электропередачи Особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния. Составление схемы замещения. Определение параметров режима. Круговые диаграммы мощности.</p>	3	0,5	0	2/ИИ	21,5	Подготовка опорного конспекта «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»	Беседа по опорному конспекту «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»	ОПК-3; знать особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
							асинхронных и синхронных двигателей, функции регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения. уметь формулировать рекомендации по выбору законов регулирования. ПК-6 знать дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки.	
5. Раздел Переходные процессы в узлах нагрузки при малых возмущениях Виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях. Лавина напряжения. Влияние на устойчивость узлов	3	0,5	0	0	21,5	Подготовка опорного конспекта «Статическая устойчивость протяженных ЛЭП. Устойчивость нагрузки»	Беседа по опорному конспекту «Статическая устойчивость протяженных ЛЭП. Устойчивость нагрузки»	ОПК-3: знать особенности неустановившихся режимов короткого замыкания. уметь определять переходные и

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
нагрузки батарей статических конденсаторов.							сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов. владеть навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима. ПК-6 знать характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. уметь оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания.	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>6. Раздел Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях</p> <p>Влияние больших возмущений на режимы узлов нагрузки. Самозапуск асинхронных двигателей. Самозапуск синхронных двигателей. Резкие изменения режима в системах электроснабжения. Функции регуляторов возбуждения. Законы регулирования возбуждения. Рекомендации по выбору законов регулирования. Дополнительные устройства для улучшения устойчивости. Режимные мероприятия. Анализ условий и средств стабилизации режимов.</p>	3	0,5	0	0	21,9	Подготовка опорного конспекта «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях»	Подготовка опорного конспекта «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях»	<p>ОПК-3; знать особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности. уметь рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания. владеть навыками анализа влияния и учета действия АРВ. ПК-6 знать особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий. уметь рассчитывать установившийся режим короткого замыкания в схеме с</p>

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
								несколькими источниками. владеть навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания.
Итого за семестр	3	4	2	4/2И	129,4		Зачет	
7. Раздел Начальный момент внезапного нарушения режима. Неустановившиеся режимы короткого замыкания. Переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов. Определение ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима. Характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. Влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания.	4	0,4	1/0,5И ¹	0,5	8,64	Подготовка к защите лабораторной работы №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора»	защита лабораторной работы №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора»	ПК-6 знать особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния. уметь составлять схемы замещения дальних ЛЭП. владеть навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности.
8. Раздел Установившийся режим	4	0,4	1/0,5И ¹	0,5	8,5	Подготовка опорного	Беседа по опорному	ПК-6

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>трехфазного короткого замыкания. Расчет установившегося тока трехфазного короткого замыкания. Влияние и учет действия АРВ. Понятия о критическом токе и критической реактивности. Расчет установившегося тока короткого замыкания в схеме с несколькими источниками. Влияние нагрузки и ее приблизительный учет. Выбор электрооборудования по условиям токов коротких замыканий. Влияние АРВ на переходный процесс при коротком замыкании. Критическое время и влияние на него различных факторов. Изменение во времени ЭДС и напряжения машины. Влияние на переходный процесс демпферных обмоток.</p>					конспекта «Внезапное нарушение режима синхронного генератора»	конспекта «Внезапное нарушение режима синхронного генератора»	знать виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях. уметь выявлять лавину напряжения. владеть навыками определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов.	
<p>9. Раздел Статическая устойчивость электрической системы. Уравнения движения и критерии статической устойчивости Устойчивость режимов систем при малых возмущениях. Выражения для</p>	4	0,4	1/0,5И ¹	0	8,5	Подготовка к защите лабораторной работы № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи»	защита лабораторной работы №4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи» защита лабораторной	ОПК-3; знать определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях. уметь составлять

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. Практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы. Метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.							выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. ПК-6 знать практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы, метод малых колебаний. владеть навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>10. Раздел Изменение режима при больших возмущениях. Динамическая устойчивость электрической системы. Критерии динамической устойчивости</p> <p>Изменение режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов. Качания генераторов. Понятие динамической устойчивости. Энергетические соотношения при качаниях. Способ площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения генератора из синхронизма. Асинхронные режимы. Условие ресинхронизации.</p>	4	0,4	1/0,5И ¹	0	8,5	Подготовка опорного конспекта «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе»	Беседа по опорному конспекту «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе»	<p>ОПК-3; знать особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов, понятие динамической устойчивости. уметь определять качания генераторов.</p> <p>ПК-6 знать понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации. уметь определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные</p>

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
							режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения. владеть навыками использования способа площадей и вытекающими из него критерии динамической устойчивости.	
11. Раздел Переходные процессы в синхронном генераторе Переходный процесс, вызванный изменением напряжения возбуждения. Форсировка возбуждения. Процессы при гашении магнитного поля с помощью разрядного резистора и с помощью дугогасящей решетки.	4	0,4	0	0	8,5	Выполнение РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей» Подготовка опорного конспекта «Статическая и динамическая устойчивость синхронного генератора»	Выполнение РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей» Беседа по опорному конспекту «Статическая и динамическая устойчивость синхронного генератора»	ОПК-3; знать особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения. уметь определять условия срабатывания форсировки возбуждения.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>12. Раздел Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи</p> <p>Особенности исследования несимметричных переходных процессов. Методы расчета несимметричных коротких замыканий. Образование высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы. Системы уравнений Кирхгофа при несимметрии. Метод симметричных составляющих.</p>	4	0,4	0	0	8,5	Подготовка опорного конспекта «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора», «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»	Беседа по опорному конспекта «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора», «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»	<p>ОПК-3;</p> <p>знать особенности исследования несимметричных переходных процессов. уметь применять методы расчета несимметричных коротких замыканий. владеть навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы.</p> <p>ПК-6</p> <p>уметь составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии. владеть навыком применения метода симметричных составляющих.</p>

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
13. Раздел Схемы отдельных последовательностей Сопrotивление электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей. Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательностей.	4	0,4	0	0,5	8,5	Подготовка опорного конспекта «Расчет режимов продольной и поперечной несимметрии. Расчет токов КЗ на низком напряжении»	Беседа по опорному конспекту «Расчет режимов продольной и поперечной несимметрии. Расчет токов КЗ на низком напряжении»	ОПК-3; знать особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей. уметь составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.
14. Раздел Переходные процессы при однократной поперечной несимметрии Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий. Выражения для составляющих токов и	4	0,4	0	0	8,5	Подготовка опорного конспекта «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»	Беседа по опорному конспекту «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»	ОПК-3; знать граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
напряжений в месте короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правила эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Применение практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий. Распределение и трансформация токов и напряжений отдельных последовательностей. Сравнение различных видов коротких замыканий. Характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке. Сравнение токов различных видов коротких замыканий. Токи в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю.							<p>несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности. уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений. владеть навыками составления комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий. ПК-6</p> <p>знать характер изменения тока и</p>	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
								напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке. уметь производить сравнение различных видов коротких замыканий. владеть навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю.
15. Раздел Расчет переходного процесса при однократной продольной несимметрии Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.	4	0,4	0	0	8,5	Подготовка опорного конспекта «Расчет переходного процесса при однократной продольной несимметрии»	Беседа по опорному конспекту «Расчет переходного процесса при однократной продольной несимметрии»	ОПК-3; знать граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. уметь составлять выражения для составляющих

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности.							токов и напряжений в месте продольной несимметрии. владеть навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений. ПК-6 знать комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз. уметь применять правило эквивалентности прямой последовательности.	
16. Раздел Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В Учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок. Учет сопротивлений контактных соединений.	4	0,4	0	0,5	8,5	Подготовка опорного конспекта «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В»	Беседа по опорному конспекту «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В»	ОПК-3; уметь производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок, учет сопротивлений

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
							контактных соединений.	
Итого за семестр	4	4	4/2И¹	2	86,4		Экзамен	
Итого по дисциплине		8	6/2И¹	6/2И	215,8			

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Переходные процессы в электроэнергетических системах» происходит с использованием мультимедийного и лабораторного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных работ используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе оформления отчетов и анализе результатов лабораторных работ, выполнении расчетно-графических работ, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов подготовку к защите лабораторных работ.

Примерные задания для расчетно-графических работ (РГР):

РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»

На рисунке представлена общая расчетная схема электроснабжения.

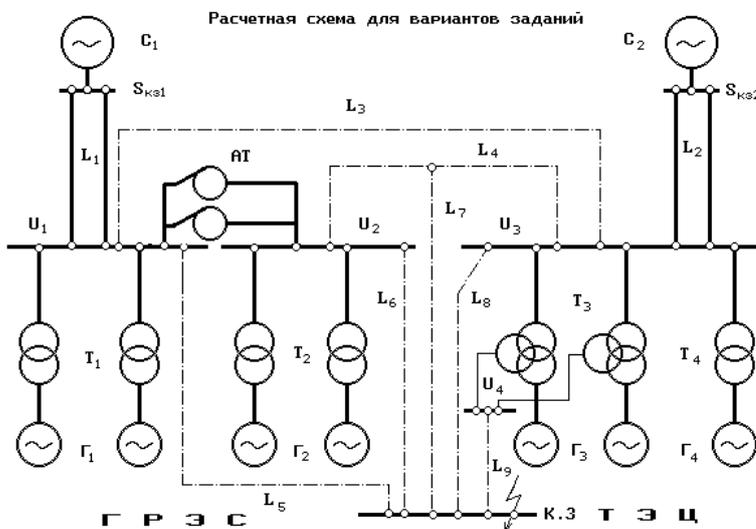


Рис 3.1

Количество элементов схемы электроснабжения показано условно. Исключения составляют линии L_1 и L_2 , которые во всех вариантах двухцепные, и автотрансформаторы AT – во всех вариантах следует принимать 2×250 МВА. Остальные исходные данные представлены в таблице 3.1. Длины линий указаны в километрах, удельное реактивное сопротивление всех линий принимается равным 0.4 Ом/км.

В соответствии с вариантом задания, используя /3/, выбрать конкретные типы генераторов и трансформаторов на ГРЭС и ТЭЦ.

Определить токи короткого замыкания в точке $К$, используя метод типовых кривых:

- сверхпереходный ток I_{KO} ;
- периодический ток в момент времени $t = 0.15$ с I_{Kt} ;
- апериодический ток в момент времени $t = 0.15$ с i_{at} ;
- полный ток к.з. для $t = 0.15$ с $I_{KП}$ (действующее значение);
- полный ток к.з. для $t = 0.15$ с $i_{KП}$ (мгновенное значение);
- ударный ток i_V (амплитудное значение);
- ударный ток I_V (действующее значение);

РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»

В электропередаче, показанной на рис. 2.1, в заданной точке происходит внезапное короткое замыкание. Определить, сохранит ли электропередача динамическую устойчивость, если в момент отключения угол ротора генератора соответствует заданному значению ботк. Рассмотреть случай трехфазного, двухфазного, двухфазного на землю и однофазного короткого замыкания. Для всех указанных видов КЗ рассчитать предельный угол отключения. Варианты заданий приведены в табл. 2.1.

Для всех вариантов при расчетах принять $P_0=0,8$ о.н.е. и $U_c=1$ о.б.е.

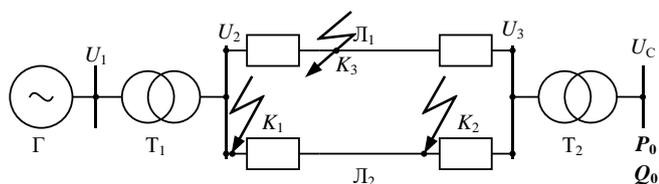


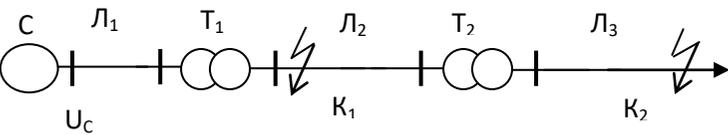
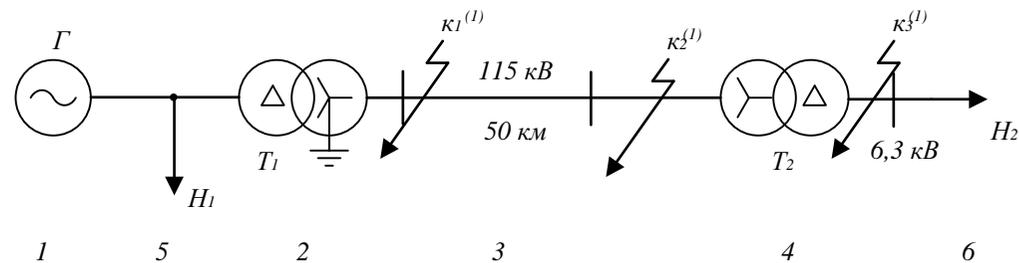
Рисунок. Расчетная схема

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

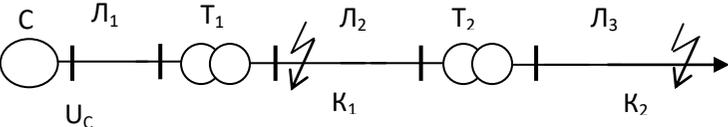
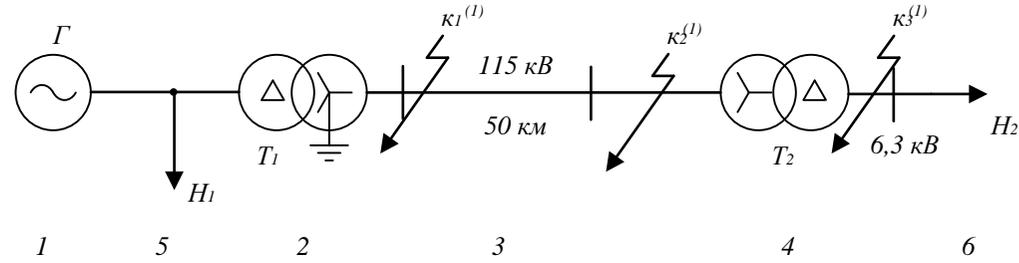
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
(ОПК-3) способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – виды коротких замыканий – методы расчета неустановившегося короткого замыкания – особенности неустановившихся режимов короткого замыкания – особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности. – определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях – особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов, понятие динамической устойчивости – особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения – особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска асинхронных и синхронных двигателей, функции 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях. 2. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения постоянной частоты и амплитуды. 3. Условия, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным. 4. Общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах. 5. Приближенная оценка эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме. 6. Внезапное короткое замыкание трансформатора. 7. Расчет установившегося тока трехфазного короткого замыкания. Влияние и учет действия АРВ. 8. Влияние нагрузки и ее приблизительный учет. 9. Учет энергосистемы. 10. Метод типовых кривых. 11. Определение ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима. 12. Характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. 13. Индуктивности обмоток синхронной машины. 14. Переходный процесс, вызванный изменением напряжения возбуждения. 15. Выражения для токов в операторной форме. 16. Влияние АРВ на переходный процесс при коротком замыкании. 17. Изменение во времени ЭДС и напряжения машины.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения</p> <ul style="list-style-type: none"> – особенности исследования несимметричных переходных процессов – особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей – граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности – граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. <p>уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии</p>	<p>18. Выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии.</p> <p>19. Практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы.</p> <p>20. Метод малых колебаний.</p> <p>21. Изменение режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов. Качания генераторов.</p> <p>22. Способ площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости.</p> <p>23. Понятие результирующей устойчивости.</p> <p>24. Асинхронные режимы. Условие ресинхронизации.</p> <p>25. Лавина напряжения.</p> <p>26. Самозапуск асинхронных двигателей.</p> <p>27. Дополнительные устройства для улучшения устойчивости. Режимные мероприятия. Заключение. Анализ условий и средств стабилизации режимов.</p> <p>28. Методы расчета несимметричных коротких замыканий.</p> <p>29. Метод симметричных составляющих.</p> <p>30. Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательностей.</p> <p>31. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений.</p> <p>32. Характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке.</p> <p>33. Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз.</p> <p>34. Замыкание на землю в сети с незаземленной нейтралью. Векторные диаграммы напряжений и токов. Комплексная схема замещения.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих – составлять исходные уравнения и 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <p>1. Определить значения периодической составляющей тока КЗ в точках К1 для расчетной схемы, показанной на рисунке</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																										
	<p>определять индуктивности обмоток синхронной машины</p> <ul style="list-style-type: none"> – определять переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов – рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания – составлять выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. – определять качания генераторов – определять условия срабатывания форсировки возбуждения – формулировать рекомендации по выбору законов регулирования – применять методы расчета несимметричных коротких замыканий – составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей – составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений – производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок, учет сопротивлений контактных соединений 	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 60%;"> <thead> <tr> <th>Элемент</th> <th>S_н, МВА</th> <th>U_{вн}, кВ</th> <th>U_{нн}, кВ</th> <th>U_к%,</th> <th>X₀, Ом/км</th> <th>L, км</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>40</td> <td>115</td> <td>37</td> <td>10.5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>16</td> <td>38</td> <td>12</td> <td>6.0</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Определить сверхпереходные величины токов при однофазном кз в простейшей цепи.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Вариант 1 Точка К1 Генератор: 100 МВА; E''=1,22; x''d=0,25 Трансформаторы: 60 МВА; U_н=10,5%; Линии: x₁=0,4 Ом/км; x₀= 3x₁; Н1,2: 60МВА; x₁=0,35; E''=0,85 <i>Перечень расчетно-графических работ:</i> РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»</p>	Элемент	S _н , МВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	U _к %,	X ₀ , Ом/км	L, км	T1	40	115	37	10.5	-	-	T2	16	38	12	6.0	-	-	L1					0.4	20	L2					0.4	10	L3					0.4	5
Элемент	S _н , МВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	U _к %,	X ₀ , Ом/км	L, км																																						
T1	40	115	37	10.5	-	-																																						
T2	16	38	12	6.0	-	-																																						
L1					0.4	20																																						
L2					0.4	10																																						
L3					0.4	5																																						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным – навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима – навыками анализа влияния и учета действия АРВ – навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы – навыками составления комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий – навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений 	<p>Перечень лабораторных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. лабораторная работа № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи» 2. лабораторная работа №2 «Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм» 3. лабораторная работа №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора». 4. лабораторная работа № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи». <p>Перечень расчетно-графических работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» 2. РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»
(ПК-6) способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц – переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора – метод расчетных кривых, метод типовых кривых – векторную диаграмму синхронного 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виды коротких замыканий. 2. Изменение во времени тока и его составляющих. 3. Расчет и анализ токов короткого замыкания. 4. Система относительных единиц. Составление схем замещения. 5. Переходный процесс в неподвижных магнитосвязанных цепях. Основные уравнения и соотношения. Влияние рассеяния. 6. Включение холостого трансформатора. 7. Расчет установившегося тока короткого замыкания в схеме с несколькими источниками. 8. Выбор электрооборудования по условиям токов коротких замыканий.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>генератора</p> <ul style="list-style-type: none"> – характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. – особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий – практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы, метод малых колебаний – понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации – особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния – виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях – дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки – составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии – характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке. – комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз 	<ol style="list-style-type: none"> 9. Метод расчетных кривых. 10. Переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов. 11. Схемы замещения синхронной машины в продольной и поперечной осях. 12. Влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания. 13. Обобщенный вектор трехфазной системы. 14. Форсировка возбуждения. 15. Сводные составляющие токов и постоянные времени их затухания. 16. Критическое время и влияние на него различных факторов. 17. Влияние на переходный процесс демпферных обмоток. 18. Форма записи уравнений движения в системе относительных единиц. 19. Применение практических критериев статической устойчивости. 20. Статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости. 21. Понятие динамической устойчивости. 22. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения. 23. Процесс выпадения генератора из синхронизма. 24. Виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях. 25. Влияние на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов. 26. Самозапуск синхронных двигателей. Резкие изменения режима в системах электроснабжения. 27. Особенности исследования несимметричных переходных процессов. 28. Образование высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы. 29. Сопротивление электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей. 30. Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий. 31. Правила эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																										
		32. Сравнение токов различных видов коротких замыканий. 33. Комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности. Применение принципа наложения. 34. Учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок. Учет сопротивлений контактных соединений.																																										
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы замещения – учитывать энергосистему – определять обобщенный вектор трехфазной системы – оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания – рассчитывать установившийся режим короткого замыкания в схеме с несколькими источниками – определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения – составлять схемы замещения дальних ЛЭП – выявлять лавину напряжения – производить сравнение различных видов коротких замыканий – применять правило эквивалентности прямой последовательности 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <p>1. Определить значения периодической составляющей тока КЗ в точках К1 для расчетной схемы, показанной на рисунке</p>  <table border="1" data-bbox="1131 869 1960 1069"> <thead> <tr> <th>Элемент</th> <th>$S_{н}, \text{MVA}$</th> <th>$U_{вн}, \text{kV}$</th> <th>$U_{нн}, \text{kV}$</th> <th>$U_{к\%}$</th> <th>$X_0, \text{Ом/км}$</th> <th>$L, \text{км}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>40</td> <td>115</td> <td>37</td> <td>10.5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>16</td> <td>38</td> <td>12</td> <td>6.0</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Определить сверхпереходные величины токов при однофазном кз в простейшей цепи.</p>  <p>Вариант 1</p>	Элемент	$S_{н}, \text{MVA}$	$U_{вн}, \text{kV}$	$U_{нн}, \text{kV}$	$U_{к\%}$	$X_0, \text{Ом/км}$	$L, \text{км}$	T1	40	115	37	10.5	-	-	T2	16	38	12	6.0	-	-	L1					0.4	20	L2					0.4	10	L3					0.4	5
Элемент	$S_{н}, \text{MVA}$	$U_{вн}, \text{kV}$	$U_{нн}, \text{kV}$	$U_{к\%}$	$X_0, \text{Ом/км}$	$L, \text{км}$																																						
T1	40	115	37	10.5	-	-																																						
T2	16	38	12	6.0	-	-																																						
L1					0.4	20																																						
L2					0.4	10																																						
L3					0.4	5																																						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – составлять схемы замещения, определять сопротивления элементов 	<p>Точка К1 Генератор: 100 МВА; $E''=1,22$; $x''d=0,25$ Трансформаторы: 60 МВА; $U_n=10,5\%$; Линии: $x_1=0,4$ Ом/км; $x_0= 3x_1$; Н1,2: 60МВА; $x_1=0,35$; $E''=0,85$ <i>Перечень расчетно-графических работ:</i> РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей» РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме – навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов – навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания – навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – навыками использования способа площадей и вытекающими из него критерии динамической устойчивости – навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности – навыками определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов 	<p><i>Перечень лабораторных работ:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 5. лабораторная работа № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи» 6. лабораторная работа №2 «Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм» 7. лабораторная работа №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора». 8. лабораторная работа № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи». <p><i>Перечень расчетно-графических работ:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 3. РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» 4. РГР №2 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none">– навыком применения метода симметричных составляющих– навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю– навыками практических расчетов тока короткого замыкания	

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Переходные процессы электроэнергетических систем» в 3 семестре проводится в форме зачета.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«незачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Переходные процессы электроэнергетических систем» в 4 семестре включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Пригода, В. П. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. П. Пригода, О. В. Газизова, Е. А. Панова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 205 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3501.pdf&show=dcatalogues/1/1514309/3501.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0945-8. - Имеется печатный аналог.

б) Дополнительная литература:

1. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами : учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. — Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 224 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - 978-5-00091-707-7. - ISBN 978-5-00091-707-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026781> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Папков, Б. В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, В. Ю. Вуколов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 353 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8148-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452082> (дата обращения: 17.09.2020).

3. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451312> (дата обращения: 17.09.2020).

4. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

5. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/>

6. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#>

в) Методические указания:

1. **Малафеев, А.В.** Моделирование статических и динамических характеристик электрических нагрузок [Текст]: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направлений 140400.62 и 140400.68 всех форм обучения/ А.В. Малафеев, О.В. Газизова, Ю.Н. Кондрашова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 28 с.

2. **Малафеев, А.В.** Расчет режимов самозапуска электродвигателей [Текст]: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов специальности 140211 и направления 140200 очной формы обучения/ А.В. Малафеев, О.В. Газизова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 24 с.

3. **Пригода, В.П.** Внезапное нарушение режима синхронного генератора [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения/ В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 16 с.

4. **Пригода, В.П.** Анализ режимов синхронного генератора с помощью векторных диаграмм [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение»/ В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 13 с.

5. **Газизова, О.В.** Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения [Текст]/ О.В. Газизова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 26 с.

7. **Пригода, В.П.** Трехфазное короткое замыкание в простейшей сети [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для обучающихся направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения / В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 12 с.

8. **Пригода, В.П.** Исследование статической и динамической устойчивости электропередачи, подключенной к системе бесконечной мощности [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для обучающихся направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения / В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 12 с.

9. **Панова, Е.А.** Анализ динамической устойчивости простейшей системы методом площадей: Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» / О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 14 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Перечень программного обеспечения:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Список Интернет-ресурсов, доступ к которым при регистрации обеспечен с любого компьютера:

1) Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

- 2) Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
- 3) Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 4) Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 5) East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
- 6) Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 7) Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
- 8) Экономика. Социология. Менеджмент : Федеральный образовательный портал : сайт. – URL: <http://ecsocman.hse.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 9) Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 10) Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 11) Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 12) Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 13) Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 14) SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 15) Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

- 16) zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 17) Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 18) Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный конкорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 19) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 20) РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
- 21) ТАСС : информационное агентство России : [сайт]. – Москва, 1999 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 22) Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 23) Abb.ru : Официальный сайт группы компаний АВВ Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abb.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 24) Elektrozavod.ru : Официальный сайт Уфимского завода «Электроаппарат» [Электронный ресурс]. – Уфа. – Режим доступа: <http://www.elektrozavod.ru/reports/ea>, свободный. – Загл. с экрана.
- 25) Stps.ru : Официальный сайт ООО «Стройподстанции» [Электронный ресурс]. – М. – Режим доступа: <http://www.stps.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 26) Siemens.com : Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 27) Schneider-electric.com : Официальный сайт компании Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
- 28) Magtu.ru : Официальный сайт ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magtu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 29) Mmk.ru : Официальный сайт ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mmk.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), зачет и экзамен.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория электричества (Лаборатория переходных процессов, ауд. 331)	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: – Комплект типового лабораторного оборудования «Модель одномашиной электрической системы с релейной защитой и автоматикой».
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория электричества Лаборатория электрических станций, подстанций и электротехнологических установок, ауд. 342)	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: – .Типовой комплект учебного оборудования «Модель электрической системы» (2 шт.) – 2.Типовой комплект лабораторного оборудования ЭЭ4-ЭСП-С-К «Электрические станции и подстанции».
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования