

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

декан электроэнергетического  
факультета, к.т.н.  
Мастепаненко М.А.

20 мая

2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.08 Переходные процессы в  
электроэнергетических системах**

Шифр и наименование дисциплины по учебному плану

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Код и наименование направления подготовки

**Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского  
хозяйства, и их объектов**

Наименование профиля подготовки/специализации/магистерской программы

**бакалавр**

Квалификация выпускника

**Очная, заочная**

Форма обучения

2022

год набора

Ставрополь, 2022

## 1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины Переходные процессы в электроэнергетических системах является освоение компетенций по расчёту и анализу электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических сетей.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции*	Код(ы) и наименование (-ия) индикатора(ов) достижения компетенций**	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы научных исследований	ПК-1.1 Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний	Знания: целей и задач проводимых исследований и разработок
		Умения: применять нормативную документацию в соответствующей области знаний
		Трудовые действия: Сбор, обработка, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований
	ПК-1.2 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок в соответствующей области знаний	Знания: Отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований
		Умения: применять методы проведения экспериментов
		Трудовые действия: проведение экспериментов в соответствии с установленными полномочиями
	ПК-1.3 Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ в соответствующей области знаний	Знания: методов и средств планирования и организации научных исследований и опытно-конструкторских разработок
		Умения: оформлять проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
		Трудовые действия: Разработка проектов календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Код и наименование компетенции*	Код(ы) и наименование (-ия) индикатора(ов) достижения компетенций**	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Знания: особенностей переходных процессов при различных схемах систем электроснабжения объектов капитального строительства
		Умения: Осуществлять сбор, обработку и анализ справочной и реферативной информации по объекту капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения
		Трудовые действия: Подготовка материалов для отчета по результатам обследования объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения
	ПК-2.2 Разработка проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства для которого предназначена система электроснабжения	Знания: методик расчета переходных процессов для целей проектирования системы электроснабжения объекта капитального строительства
		Умения: выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства
		Трудовые действия: выбор оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства
	ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД	Знания: правил проектирования системы электроснабжения объекта капитального строительства
		Умения: проводить технико-экономическое сравнение вариантов реализации систем электроснабжения
		Навыки: реализации технико-экономического сравнения вариантов реализации систем электроснабжения
	ПК-2.4 Разработка проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов ПД	Знания: Типовые проектные решения системы электроснабжения объекта капитального строительства
		Умения: составлять и рассчитывать параметры схем замещения
		Трудовые действия: Разработка пояснительной записки на различных

Код и наименование компетенции*	Код(ы) и наименование (-ия) индикатора(ов) достижения компетенций**	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.08 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений программы бакалавриата.

Изучение дисциплины осуществляется:

- для студентов очной формы обучения – в 6 семестре;
- для студентов заочной формы обучения – на 3 курсе.

Для освоения дисциплины «Б1.В.08 Переходные процессы в электроэнергетических системах» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин бакалавриата «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические и электронные аппараты», «Электроснабжение».

Освоение дисциплины «Б1.В.08 Переходные процессы в электроэнергетических системах» является необходимой основой для последующего изучения следующих дисциплин:

- Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения;
- Техника высоких напряжений;
- Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
- Основы эксплуатации электрооборудования систем электроснабжения
- Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» в соответствии с рабочим учебным планом и ее распределение по видам работ представлены ниже.

#### Очная форма обучения

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Контактная работа с преподавателем, час			Самостоятельная работа, час	Контроль, час	Форма промежуточной аттестации (форма контроля)
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия			
6	180/5	36		36	72	36	экз
<i>в т.ч. часов в интерактивной форме</i>		4		4			
<i>практической подготовки</i>		36		36	72		

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Внеаудиторная контактная работа с преподавателем, час/чел					
		Курсовая работа	Курсовой проект	Зачет	Дифференцированный зачет	Консультации и перед экзаменом	Экзамен
6	180/5	6				2	0,25

### Заочная форма обучения

Курс	Трудоёмкость час/з.е.	Контактная работа с преподавателем, час			Самостоятельная работа, час	Контроль, час	Форма промежуточной аттестации (форма контроля)
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия			
3	180/5	8		8	155		экз
<i>в т.ч. часов в интерактивной форме</i>		2		2			
<i>практической подготовки</i>		8		8	155		

Семестр	Трудоёмкость час/з.е.	Внеаудиторная контактная работа с преподавателем, час/чел						
		Контрольная работа	Курсовая работа	Курсовой проект	Зачет	Дифференцированный зачет	Консультации перед экзаменом	Экзамен
3	180/5		2				2	0,25

**5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

### Очная форма обучения

№ пп	Темы (и/или разделы) дисциплины	Количество часов					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций**	Код индикаторов достижения компетенций
		Всего	Лекции	Семинарские занятия						
				Практические	Лабораторные					
1	Основные понятия и определения	8	2	0	0	6	Устный опрос, решение практико-ориентированных задач	Вопросы для устного опроса, комплект практико-ориентированных задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	
2	Переходный процесс в электроэнергетической системе при трёхфазном коротком замыкании	34	10	0	8	16	Устный опрос, решение практико-ориентированных задач	Вопросы для устного опроса, комплект практико-ориентированных задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	

№ пп	Темы (и/или разделы) дисциплины	Количество часов					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций**	Код индикаторов достижения компетенций
		Всего	Лекции	Семинарские занятия		Самостоятельная работа			
				Практические	Лабораторные				
3	Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи	54	14	0	20	20	Устный опрос, решение практико-ориентированных задач	Вопросы для устного опроса, комплект практико-ориентированных задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4
4	Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения	22	4	0	4	14	Устный опрос, решение практико-ориентированных задач	Вопросы для устного опроса, комплект практико-ориентированных задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4
5	Начальный момент внезапного нарушения режима	28	8	0	4	16	Устный опрос, решение практико-ориентированных задач	Вопросы для устного опроса, комплект практико-ориентированных задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4
	<b>Промежуточная аттестация</b>	36	0	0	0	36	Экзамен	-	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4
	<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>108</b>			

### Заочная форма обучения

№ пп	Темы (и/или разделы) дисциплины	Количество часов					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	проверки результатов достижения индикаторов	Код индикаторов достижения компетенций
		Всего	Лекции	Семинарские занятия		Практические				
				Лабораторные	Практические					
1	Основные понятия и определения	15	1	0	0	14	Устный опрос, решение практических задач	Вопросы для устного опроса, комплект практических задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	
2	Переходный процесс в электроэнергетической системе при трёхфазном коротком замыкании	41	1	0	2	38	Устный опрос, решение практических задач	Вопросы для устного опроса, комплект практических задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	
3	Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи	52	4	0	6	42	Устный опрос, решение практических задач	Вопросы для устного опроса, комплект практических задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	
4	Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения	29	1	0	0	28	Устный опрос, решение практических задач	Вопросы для устного опроса, комплект практических задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	
5	Начальный момент внезапного нарушения режима	34	1	0	0	33	Устный опрос, решение практических задач	Вопросы для устного опроса, комплект практических задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4	

№ пп	Темы (и/или разделы) дисциплины	Количество часов					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	проверки результатов достижения индикаторов	Код индикаторов достижения компетенций
		Всего	Лекции	Семинарские занятия		Самостоятельная работа			
				Практические	Лабораторные				
	Промежуточная аттестация	9	0	0	0	9	Экзамен	-	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4
	<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>164</b>			

### 5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		очная форма	заочная форма
Основные понятия и определения	Основные понятия и определения	2/-/2	1/-/1
Переходный процесс в электроэнергетической системе при трёхфазном коротком замыкании (лекция-дискуссия)/(практическая подготовка)	Трёхфазное короткое замыкание в простейшей неразветвленной цепи	1/-/1	1/-/1
	Ударный ток короткого замыкания	1/-/1	
	Действующее значение полного тока короткого замыкания	1/-/1	
	Характеристики двигателей и нагрузки в начальный момент внезапного нарушения режима	1/-/1	
	Приближённый учёт системы	1/-/1	
	Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания	2/2/2	1/-/1
	Определение действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени	1/-/1	
	Алгоритм определения периодической составляющей аварийного тока в произвольный момент времени по типовым кривым	1/-/1	
	Влияние АРВ генераторов на установившийся режим короткого замыкания	1/-/1	

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		очная форма	заочная форма
Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи(лекция-дискуссия)/(практическая подготовка)	Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов	2/2/2	1/1/1
	Параметры элементов электроэнергетических систем для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей	4/-/4	1/1/1
	Схемы отдельных последовательностей	2/-/2	
	Распределение и трансформация токов и напряжений	1/-/1	
	Однократная поперечная несимметрия	2/-/2	1/-/1
	Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока несимметричного короткого замыкания	1/-/1	
	Однократная продольная несимметрия	2/-/2	
Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения(лекция-дискуссия)/(практическая подготовка)	Однофазное замыкание на землю	2/-/2	1/-/1
	Расчёт токов коротких замыканий в установках напряжением ниже 1000 В	2/-/2	
Начальный момент внезапного нарушения режима(лекция-дискуссия)/(практическая подготовка)	Баланс магнитных потоков	1/-/1	1/-/1
	Переходные ЭДС и реактивности СМ	1/-/1	
	Сверхпереходные ЭДС и индуктивные сопротивления СМ	1/-/1	
	Сравнение реактивностей синхронной машины	1/-/1	
	Допущения, принимаемые при выводе уравнений электромагнитного переходного процесса	1/-/1	
	Индуктивности обмоток синхронной машины	1/-/1	
	Замена переменных (преобразование трехфазной машины в двухфазную)	1/-/1	
Трехфазное короткое замыкание синхронной машины	1/-/1		
<b>Итого</b>		36/4/36	8/2/8

**5.2. Семинарские (практические, лабораторные) занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме\***

Наименование раздела дисциплины	Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий*)	Всего часов / часов интерактивных занятий			
		очная форма		заочная форма	
		прак	лаб	прак	лаб
Переходный процесс в электроэнергетической системе при трёхфазном коротком замыкании	Лабораторная работа. Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности ( <i>работа в малых группах</i> )/(практическая подготовка)		4/4/4		2/2/2
	Лабораторная работа. Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от синхронного генератора(практическая подготовка)		4/-/4		0/-/
Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи	Лабораторная работа. Переходный процесс при однофазном коротком замыкании и замыкании на землю в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности(практическая подготовка)		4/-/4		2/-/
	Лабораторная работа. Переходные процессы при двухфазном с землёй и двухфазном коротких замыканиях. (практическая подготовка)		4/-/4		2/-/
	Лабораторная работа Исследование схем замещения по прямой, обратной и нулевой последовательности участка электрической сети ( <i>мастер-класс</i> ) (практическая подготовка)		4/-/4		2/-/2
	Лабораторная работа. Переходный процесс при обрыве фазы в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности(практическая подготовка)		4/-/4		0/-/0
	Лабораторная работа. Переходный процесс при		4/-/4		0/-/0

	однофазном коротком замыкании с разрывом фазы в электрической сети с глухозаземлённой нейтралью. (практическая подготовка)				
Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения	Лабораторная работа. Исследование переходных процессов в сетях напряжением ниже 1 кВ(практическая подготовка)		4/-/4		0/-/0
Начальный момент внезапного нарушения режима	Лабораторная работа. Исследование ударного тока короткого замыкания и изменение установившегося тока трехфазного короткого замыкания с течением времени(практическая подготовка)		4/-/4		0/-/0
<b>Итого</b>			36/4/36		8/2/8

### 5.3. Курсовая работа учебным планом предусмотрена.

### 5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Виды самостоятельной работы	Очная форма, часов		Заочная форма, часов	
	к текущему контролю	к промежуточной аттестации	к текущему контролю	к промежуточной аттестации
Изучение материала по теме: Трёхфазное короткое замыкание в простейшей неразветвленной цепи	1	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Ударный ток короткого замыкания	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Действующее значение полного тока короткого замыкания	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Характеристики двигателей и нагрузки в начальный момент внезапного нарушения режима	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Приближённый учёт системы	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Определение действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Алгоритм определения периодической составляющей аварийного тока в произвольный момент времени по типовым кривым	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Влияние АРВ генераторов на установившийся режим короткого замыкания	2	2	5	0,3
Изучение материала по теме: Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов	2	1	5	0,3

Изучение материала по теме: Параметры элементов электроэнергетических систем для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Схемы отдельных последовательностей	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Распределение и трансформация токов и напряжений	1	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Однократная поперечная несимметрия	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока несимметричного короткого замыкания	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Однократная продольная несимметрия	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Однофазное замыкание на землю	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Расчёт токов коротких замыканий в установках напряжением ниже 1000 В	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Баланс магнитных потоков	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Переходные ЭДС и реактивности СМ	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Сверхпереходные ЭДС и индуктивные сопротивления СМ	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Сравнение реактивностей синхронной машины	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Допущения, принимаемые при выводе уравнений электромагнитного переходного процесса	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Индуктивности обмоток синхронной машины	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Замена переменных (преобразование трехфазной машины в двухфазную)	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Трехфазное короткое замыкание синхронной машины	2	1	5	0,3
Изучение материала по теме: Трёхфазное короткое замыкание в простейшей неразветвленной цепи	2	1	5	0,3
Курсовая работа	20	0	20	0
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>155</b>	<b>9</b>

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

Рабочую программу дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Методические рекомендации по освоению дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Методические рекомендации по выполнению реферата

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы студентами по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	интернет-ресурсы (из п.9 РПД)
1.	Основные понятия и определения	1-4	1-9	1-3
2.	Трёхфазное короткое замыкание в простейшей неразветвленной цепи	1-4	1-9	1-3
3.	Ударный ток короткого замыкания	1-4	1-9	1-3
4.	Действующее значение полного тока короткого замыкания	1-4	1-9	1-3
5.	Характеристики двигателей и нагрузки в начальный момент внезапного нарушения режима	1-4	1-9	1-3
6.	Приближённый учёт системы	1-4	1-9	1-3
7.	Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания	1-4	1-9	1-3
8.	Определение действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени	1-4	1-9	1-3
9.	Алгоритм определения периодической составляющей аварийного тока в произвольный момент времени по типовым кривым	1-4	1-9	1-3
10	Влияние АРВ генераторов на установившийся режим короткого замыкания	1-4	1-9	1-3
11	Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов	1-4	1-9	1-3
12	Параметры элементов электроэнергетических систем для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей	1-4	1-9	1-3
13	Схемы отдельных последовательностей	1-4	1-9	1-3
14	Распределение и трансформация токов и напряжений	1-4	1-9	1-3
15	Однократная поперечная несимметрия	1-4	1-9	1-3
16	Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока несимметричного короткого	1-4	1-9	1-3





Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Электроэнергетические системы и сети					■	■		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем					■	■		
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения					■	■		
	Электроснабжение					■			
	Переходные процессы в электроэнергетических системах						■		
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения							■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения							■	
	Реконструкция электрических сетей					■			
	Автономные системы электроснабжения							■	
	Автоматика					■			
	Надежность электроснабжения								■
	Преддипломная практика								■
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена								■
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								■	
ПК-2.2 Разработка проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства для которого предназначена система электроснабжения	Экономика электроэнергетики								
	Электроэнергетические системы и сети					■	■		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем					■	■		
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения					■	■		
	Электроснабжение					■			
	Электрическая часть станций и подстанций						■	■	
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения							■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения							■	
	Реконструкция электрических сетей					■			
	Автономные системы электроснабжения							■	
	Автоматика					■			
	Надежность электроснабжения								■
	Преддипломная практика								■
Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена								■	
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								■	
ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД	Экономика электроэнергетики		■						
	Электроэнергетические системы и сети					■	■		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем					■	■		
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения					■	■		
	Электроснабжение					■			
	Переходные процессы в электроэнергетических системах						■		
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения							■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения							■	
	Реконструкция электрических сетей					■			
							■		
							■		
							■		
							■		

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Автономные системы электроснабжения							■	
	Автоматика					■			
	Надежность электроснабжения								■
	Преддипломная практика								
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена								
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								■
ПК-2.4 Разр аботка проектной и рабочей документац ии проекта системы электроснаб жения объектов ПД	Экономика электроэнергетики		■						
	Электроэнергетические системы и сети					■	■		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем						■		
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения						■		
	Электроснабжение					■			
	Переходные процессы в электроэнергетических системах						■		
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения							■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения							■	
	Реконструкция электрических сетей					■			
	Автономные системы электроснабжения							■	
	Автоматика					■			
	Надежность электроснабжения								■
	Преддипломная практика								
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена								
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								■

### Заочная форма обучения

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Курс			
		1	2	3	4
ПК-1.1 Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний	Моделирование в электроэнергетике			■	
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения				■
	Введение в специальность	■			
	Электроснабжение			■	
	Переходные процессы в электроэнергетических системах			■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения				■
	Автономные системы электроснабжения				
	Автоматика				
	Надежность электроснабжения				
	Энергосбытовая деятельность				
	Технико-экономические расчеты в энергетике		■		
	Математические задачи электроэнергетики		■		
	Научно-исследовательская практика		■		
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена				■
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				■
Энергосбережение				■	
ПК-1.2 Осуществл ение выполнения	Моделирование в электроэнергетике			■	
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения				■
	Введение в специальность	■			

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Курс			
		1	2	3	4
Индикатор компетенции (код и содержание) экспериментов и оформления результатов исследований и разработок в соответствующей области знаний	Электроснабжение			■	
	Переходные процессы в электроэнергетических системах			■	
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения				■
	Автономные системы электроснабжения				■
	Автоматика				■
	Надежность электроснабжения				■
	Энергосбытовая деятельность				■
	Технико-экономические расчеты в энергетике		■		
	Математические задачи электроэнергетики		■		
	Научно-исследовательская практика		■		
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена				■
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				■
	ПК-1.3 Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ в соответствующей области знаний	Моделирование в электроэнергетике			■
Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения					■
Введение в специальность		■			
Электроснабжение				■	
Переходные процессы в электроэнергетических системах				■	
Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения					■
Автономные системы электроснабжения					■
Автоматика					■
Надежность электроснабжения					■
Энергосбытовая деятельность					■
Технико-экономические расчеты в энергетике			■		
Математические задачи электроэнергетики			■		
Научно-исследовательская практика			■		
Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена					■
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы					■

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Курс				
		1	2	3	4	
ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Электроснабжение			■		
	Переходные процессы в электроэнергетических системах			■		
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения			■		
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения			■		
	Технологическая часть ТЭС и АЭС			■		
	Автономные системы электроснабжения			■		
	Автоматика			■		
	Надежность электроснабжения			■		
	Преддипломная практика				■	
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена				■	
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				■	
	ПК-2.2 Разработка проектной и	Экономика электроэнергетики	■			
		Электроснабжение			■	

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	Курс			
		1	2	3	4
рабочей документации отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства для которого предназначена система электроснабжения электроснабжения	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем				
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения				
	Электроснабжение				
	Переходные процессы в электроэнергетических системах				
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения				
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения				
	Технологическая часть ТЭС и АЭС				
	Автономные системы электроснабжения				
	Автоматика				
	Надежность электроснабжения				
	Преддипломная практика				
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена				
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				
	Энергосбережение				
	ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД	Экономика электроэнергетики			
Электроэнергетические системы и сети					
Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем					
Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения					
Электроснабжение					
Переходные процессы в электроэнергетических системах					
Электрическая часть станций и подстанций					
Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения					
Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения					
Технологическая часть ТЭС и АЭС					
Автономные системы электроснабжения					
Автоматика					
Надежность электроснабжения					
Преддипломная практика					
Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена					
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы					
ПК-2.4 Разработка проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов ПД	Экономика электроэнергетики				
	Электроэнергетические системы и сети				
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем				
	Основы АСУ электроустановок систем электроснабжения				
	Электроснабжение				
	Переходные процессы в электроэнергетических системах				
	Проектирование и конструирование электроустановок систем электроснабжения				
	Режимы работы электрооборудования систем электроснабжения				
	Технологическая часть ТЭС и АЭС				
	Автономные системы электроснабжения				
	Автоматика				
	Надежность электроснабжения				
	Преддипломная практика				
	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена				
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы				

**7.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

**7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» проводится в виде зачета.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

#### **Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения**

Для студентов **очной формы обучения** знания по осваиваемым компетенциям формируются **на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.**

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

<b>№ контрольной точки</b>	<b>Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
1.	Устный опрос	10
	Решение практикоориентированных задач	20
2	Устный опрос	10
	Решение практикоориентированных задач	20
<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>		60
Активность на лекционных занятиях		10
Результативность работы на лабораторных занятиях		15
Поощрительные баллы (написание статей, докладов и т.д.)		15
<b>Итого</b>		<b>100</b>

#### **Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций**

Знания по осваиваемым компетенциям формируются **на лекционных занятиях** при условии активного участия обучающегося в восприятии и обсуждении рассматриваемых вопросов.

##### Критерии оценки

**10 баллов** – студент посетил все лекции, активно работал на них в полном соответствии с требованиями преподавателя

**-1 балл** – за каждый пропуск лекций или замечание преподавателя по поводу отсутствия активного участия обучающегося в восприятии и обсуждении рассматриваемых вопросов.

**Результативность работы на лабораторных занятиях** оценивается преподавателем по результатам устных опросов, активности участия в занятиях, проводимых в интерактивной форме, и качеству выполнения заданий в рабочей тетради по дисциплине:

**1 балл** – за каждый устный ответ на лабораторном занятии, оцененный на «хорошо» и «отлично»; 0,5 балла – за каждый устный ответ на лабораторном занятии, оцененный на «удовлетворительно» (максимум – 5 баллов);

**1 балл** – за оцененное на «отлично» выполнение лабораторной работы (максимум – 10 баллов в семестр);

**1 балл** – за активное участие в занятиях, проводимых в интерактивной форме (максимум – 5 баллов).

Рейтинговая оценка знаний при проведении текущего контроля успеваемости **на контрольных точках** позволяет обучающемуся набрать до 60 баллов. Знания, умения и навыки по формируемым компетенциям оцениваются по результатам следующих форм контроля.

**Контрольные точки проводятся в виде защиты отчетов о выполненных лабораторных работах, на котором студенты в устной форме отвечают на два теоретических вопроса и решают практико-ориентированную задачу.**

**Критерии оценки ответа на теоретический вопрос:**

Критерии оценки ответа на каждый теоретический вопрос

**10 баллов** - выставляется, когда студентом дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, явлений.

**6 балла** - выставляется, когда студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, в основном раскрыт обсуждаемый вопрос; в ответе прослеживается логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий и явлений.

**3 балла** - выставляется, когда студентом дан не полный ответ на поставленный вопрос, слабо раскрыты основные положения вопросов; в ответе нарушается структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий.

**1 балл** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

**0 баллов** - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

**Критерии оценки практико-ориентированных задач** – задачи направленные на использование приобретенных знаний и умений в практической деятельности

**20 баллов.** Задача решена в обозначенный преподавателем срок. В решении нет ошибок, получен верный ответ, задача решена рациональным способом. Сделаны правильные выводы.

**15 баллов.** Задача решена своевременно в целом верно, но допущены незначительные ошибки, не искажающие выводы

**7 баллов.** Задача решена с задержкой в целом верно, но допущены незначительные ошибки, не искажающие выводы.

**0 баллов.** Задача не решена.

Если за ответы на контрольной точке обучающийся не получил удовлетворяющее его количество баллов, то он может получить поощрительные баллы за подготовку докладов, сопровождаемых презентациями (не более 15 баллов).

**Доклад** – средство, позволяющее оценить умение обучающегося устно излагать суть поставленной проблемы, сопровождая ее презентацией, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием знаний и умений, приобретаемых в рамках изучения предыдущих и данной дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Критерии оценки

**15 баллов.** Выступление демонстрирует умения умение правильно использовать в устной речи специальные термины и понятия, показатели; синтезировать, анализировать, обобщать представленный материал, устанавливать причинно-следственные связи, формулировать правильные выводы; аргументировать собственную точку зрения, активно использовать самостоятельно подготовленную презентацию.

**10 баллов.** В выступлении отсутствует обобщение представленного материала, установлены не все причинно-следственные связи.

**8 баллов.** В выступлении отсутствует обобщение представленного материала, установлены не все причинно-следственные связи, обучающийся не всегда правильно использует в устной речи специальные термины и понятия, показатели, допущены ошибки в самостоятельно подготовленной презентации.

**2 балла.** Выступление демонстрирует умение правильно использовать специальные термины и понятия, показатели изучаемой дисциплины, но не содержит элементов самостоятельной проработки используемого материала.

### Состав балльно-рейтинговой оценки студентов заочной формы обучения

Результат текущего контроля для студентов заочной формы обучения складывается из оценки результатов обучения по всем разделам дисциплины и включает контрольные точки №1 и №2, контрольную точку в виде контрольной работы (аудиторной) по всем разделам дисциплины (**маx 30 баллов**), посещение лекций (**маx 10 баллов**), результативность работы на практических занятиях (**маx 15 баллов**), поощрительные баллы (**маx 15 баллов**).

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций***	Максимальное количество ТВО
1.	Устный опрос	5
	Решение практикоориентированных задач	10
2.	Устный опрос	5
	Решение практикоориентированных задач	10
	Контрольная точка по всем темам дисциплины	30
<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>		60
Активность на лекционных занятиях		10
Результативность работы на практических занятиях		15
Поощрительные баллы (написание статей, участие в конкурсах, победы на олимпиадах, выступления на конференциях и т.д.)		15
Итого		100

### Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций

Знания по осваиваемым компетенциям формируются **на лекционных занятиях** при условии активного участия обучающегося в восприятии и обсуждении рассматриваемых вопросов.

#### Критерии оценки

**10 баллов** – студент посетил все лекции, активно работал на них в полном соответствии с требованиями преподавателя

**-1 балл** – за каждый пропуск лекций или замечание преподавателя по поводу отсутствия активного участия обучающегося в восприятии и обсуждении рассматриваемых вопросов.

**Результативность работы на лабораторных занятиях** оценивается преподавателем по результатам устных опросов, активности участия в занятиях, проводимых в интерактивной форме, и качеству выполнения заданий в рабочей тетради по дисциплине:

**1 балл** – за каждый устный ответ на лабораторном занятии, оцененный на «хорошо» и «отлично»; 0,5 балла – за каждый устный ответ на лабораторном занятии, оцененный на «удовлетворительно» (максимум – 5 баллов);

**1 балл** – за оцененное на «отлично» выполнение лабораторной работы (максимум – 6 баллов в семестр);

**1 балл** – за активное участие в занятиях, проводимых в интерактивной форме (максимум – 4 балла).

Рейтинговая оценка знаний при проведении текущего контроля успеваемости **на контрольных точках** позволяет обучающемуся набрать до 60 баллов. Знания, умения и навыки по формируемым компетенциям оцениваются по результатам следующих форм контроля.

**Контрольные точки проводятся в виде защиты отчетов о выполненных лабораторных работах, на котором студенты в устной форме отвечают на два теоретических вопроса и решают практико-ориентированную задачу.**

**Критерии оценки ответа на теоретический вопрос:**

Критерии оценки ответа на каждый теоретический вопрос

**5 балла** - выставляется, когда студентом дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, явлений.

**4 балла** - выставляется, когда студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, в основном раскрыт обсуждаемый вопрос; в ответе прослеживается логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий и явлений.

**2 балла** - выставляется, когда студентом дан не полный ответ на поставленный вопрос, слабо раскрыты основные положения вопросов; в ответе нарушается структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий.

**1 балл** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

**0 баллов** - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

**Критерии оценки практико-ориентированных задач** – задачи направленные на использование приобретенных знаний и умений в практической деятельности

**10 баллов.** Задача решена в обозначенный преподавателем срок. В решении нет ошибок, получен верный ответ, задача решена рациональным способом. Сделаны правильные выводы.

**8 баллов.** Задача решена своевременно в целом верно, но допущены незначительные ошибки, не искажающие выводы

**5 баллов.** Задача решена с задержкой в целом верно, но допущены незначительные ошибки, не искажающие выводы.

**0 баллов.** Задача не решена.

Если за ответы на контрольной точке обучающийся не получил удовлетворяющее его количество баллов, то он может получить **поощрительные баллы за подготовку докладов, сопровождаемых презентациями** (не более 15 баллов).

**Доклад** – средство, позволяющее оценить умение обучающегося устно излагать суть поставленной проблемы, сопровождая ее презентацией, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием знаний и умений, приобретаемых в рамках изучения предыдущих и данной дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Критерии оценки

**15 баллов.** Выступление демонстрирует умения умение правильно использовать в устной речи специальные термины и понятия, показатели; синтезировать, анализировать, обобщать представленный материал, устанавливать причинно-следственные связи, формулировать правильные выводы; аргументировать собственную точку зрения, активно использовать самостоятельно подготовленную презентацию.

**10 баллов.** В выступлении отсутствует обобщение представленного материала, установлены не все причинно-следственные связи.

**8 баллов.** В выступлении отсутствует обобщение представленного материала, установлены не все причинно-следственные связи, обучающийся не всегда правильно использует в устной речи специальные термины и понятия, показатели, допущены ошибки в самостоятельно подготовленной презентации.

**2 балла.** Выступление демонстрирует умение правильно использовать специальные термины и понятия, показатели изучаемой дисциплины, но не содержит элементов самостоятельной проработки используемого материала.

**Студенты заочной формы обучения сдают контрольную работу, выполненную в виде тестовых заданий (20 заданий, по вариантам)**

#### Критерии оценки

**20 баллов.** При ответах допущено не более 1 ошибки.

**15 баллов.** При ответах на тесты допущено не более 2 ошибок.

**10 баллов.** При ответах на тесты допущено не более 5 ошибок

**0 баллов.** Допущено более 5 ошибок.

При проведении итоговой аттестации «зачет» (*«дифференцированный зачет», «экзамен»*) преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (*дифференцированный зачет, экзамен*) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (*зачет, дифференцированный зачет, экзамен*) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (*зачета, дифференцированного зачета, экзамена*) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (*зачете, дифференцированном зачете, экзамене*) и сумма баллов переводится в оценку.

#### **Критерии и шкалы оценивания ответа на экзамене**

Сдача экзамена может добавить к текущей балльно-рейтинговой оценке студентов не более 16 баллов:

<b>Содержание билета</b>	<b>Количество баллов</b>
Теоретический вопрос №1 ( <i>оценка знаний</i> )	до 5
Теоретический вопрос №2 ( <i>оценка знаний</i> )	до 5
Задача ( <i>оценка умений и навыков</i> )	до 6
<b>Итого</b>	16

#### **Критерии оценки ответа на экзамене**

##### **Теоретические вопросы (вопрос 1, вопрос 2)**

**5 баллов** выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной

программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

**4 балла** заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

**3 балла** дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

**2 балла** дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

**1 балл** дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

**0 баллов** - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

#### *Оценивание задачи*

**6 баллов** Задачи решены в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

**4 балла** Задачи решены с небольшими недочетами.

**2 баллов** Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

**1 баллов** Задачи решены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

**0 баллов** Задачи не решены или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Перевод рейтинговых баллов в пятибалльную систему оценки знаний обучающихся:  
для экзамена:

- «Отлично» – от 85 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

- «Хорошо» – от 70 до 85 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

- «Удовлетворительно» – от 56 до 70 баллов – теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

## Порядок оценки курсовых работ

Положительная оценка по дисциплине «Переходные процессы в ЭЭС» выставляется только при условии успешной сдачи курсовой работы на оценку не ниже «удовлетворительно».

При оценке качества выполнения и уровня защиты работы целесообразно руководствоваться тем, что должны быть соблюдены безусловные требования к работе:

- соответствие содержания и оформления работы методическим указаниям кафедры,
- отсутствие принципиальных ошибок.

В оценке качества выполнения и уровня защиты работы максимальной суммой баллов 100 отдельным составляющим могут принадлежать следующие веса.

### Критерии оценки курсовых работ

№ п/п	Критерий	Максимальное значение в баллах
1	Подбор и обзор информационных источников, полнота освещения вопросов	10
2	Выполнение необходимых и правильных расчетов, дополненных графическим материалом, анализом и обоснованными выводами	15
3	Оформление работы	10
4	Компонент своевременности ( <i>не позже чем за 10 рабочих дней до зачетной недели</i> )	10
5	Защита работы	55
	Итого	100

Работа допускается к защите, если в сумме по пунктам 1- 4 набрано 20 баллов.

#### Оценивание подбора и обзора информационных источников, полнота освещения вопросов

**8-10 баллов** подобраны необходимые информационные источники (*использование не менее 3-х статей, 1-2 государственных программ в области СТО*), информация использована корректно, все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов приведены достаточные обоснования.

**4-7 баллов** подобраны не все необходимые информационные источники, информация использована не везде корректно, не все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов не приведены достаточные обоснования.

**До 4 баллов** отсутствуют некоторые разделы, или их название не отвечает содержанию.

#### Оценивание необходимых расчетов и их правильности

**12-15 баллов** выполнены необходимые расчеты (не менее 8 таблиц и 5 самостоятельно построенных графиков), ошибок в расчетах нет.

**7-11 баллов** выполнены необходимые расчеты, но в некоторых из них есть ошибки.

**До 7 баллов** выполнены не все необходимые расчеты, в них есть серьезные ошибки.

#### Оценивание оформления

**8-10 баллов** работа оформлена аккуратно, в соответствии с требованиями методических указаний (-1 балл за каждое нарушение требований к оформлению по шрифту, межстрочному интервалу, абзацам, нумерации страниц, оформлению таблиц, рисунков, списка литературы).

**4-7 балла** есть ошибки в оформлении, не все требования соблюдены.

**До 3 баллов** оформление небрежное, требуется доработка.

#### Оценивание защиты курсовой работы

**45-55 баллов** выставляется студенту, продемонстрировавшему полное понимание всех положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на все вопросы,

заданные преподавателем. Вопросы, как правило, должны относиться к теме работы и выявляют полноту знаний студента по материалам, использованным в ней.

**25-44 балла** выставляется студенту, продемонстрировавшему понимание основных положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на большую часть вопросов, заданных преподавателем.

**10-24 балла** выставляется студенту, который дал недостаточно полные ответы на вопросы, на некоторые из них дал ошибочные ответы или не ответил.

**До 10 баллов** ответы на большинство вопросов не даны.

### **Итоговая оценка по курсовой работе (освоение компетенций)**

**«отлично» - от 85 до 100 баллов;**

**«хорошо» - от 70 до 84 баллов;**

**«удовлетворительно» - от 55 до 69 баллов;**

**«неудовлетворительно» - от 0 до 54 баллов.**

Студентам, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе (проекту), предоставляется право выбора новой темы курсовой работы (проекта) или, по решению преподавателя, доработки прежней темы, и определяется новый срок для ее выполнения

## **7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах»**

### **Вопросы для устного опроса**

#### **Раздел 1.**

1. Перечислите основные причины возникновения переходных процессов в ЭЭС.
2. Когда возможен расчет только электромагнитных переходных процессов?
3. Из каких устройств состоит ЭЭС?
4. Что такое параметры режима и параметры ЭЭС?
5. Какие виды режимов и переходных процессов имеют место в ЭЭС?
6. Назовите причины возникновения электромагнитных переходных процессов.
7. Что называют коротким замыканием?
8. Каковы системы токов и напряжений, применяемых в ЭЭС?
9. Перечислите стандартные классы и средние значения напряжений в ЭЭС.
10. Каковы причины возникновения переходных процессов?
11. Каковы последствия КЗ в ЭЭС?
12. Каковы основные виды КЗ в ЭЭС?
13. Какие виды КЗ наиболее вероятны в ЭЭС?
14. По каким признакам КЗ подразделяются на удаленные и не удаленные?
15. Как влияют устройства АВР генераторов на протекание переходного процесса в ЭЭС?

#### **Раздел 2.**

1. Какую трёхфазную сеть называют простейшей?
2. Как определяется начальное значение периодической составляющей тока КЗ?
3. При каких условиях полный ток КЗ в простейшей цепи будет иметь максимальное значение?
4. Что такое ударный ток?
5. В каких пределах изменяется величина ударного коэффициента и от чего она зависит?

6. Каков характер протекания переходного процесса в зависимости от величины постоянной времени затухания?
7. Как аналитически и графически определяется постоянная времени затухания?
8. Как определяется действующее значение полного тока КЗ и его составляющих?
9. Что понимают под расчетом электромагнитного переходного процесса?
10. Какие задачи решаются благодаря расчёту электромагнитного переходного процесса?
11. Какие условия и основные допущения принимают при расчётах КЗ?
12. Назовите основные этапы расчёта электромагнитных переходных процессов?
13. В чём заключается выбор расчетных условий?
14. Как составляется расчётная схема?
15. Какие параметры элементов СЭС необходимы для расчёта переходных процессов?
16. Как выбираются и пересчитываются базисные условия для различных ступеней напряжения ЭЭС?
17. Зависит ли результат расчёта токов КЗ от выбора базисных условий?
18. На чём основаны точное и приближённое приведения сопротивлений элементов короткозамкнутой цепи (генераторов, трансформаторов, ЛЭП и ректоров) в схемах замещения?

### Раздел 3.

1. Какие виды заземлений имеют место в СЭС?
2. Что такое коэффициент эффективности заземления нейтрали?
3. Чем обусловлено смещение нейтрали в сетях с незаземлёнными нейтральями?
4. Как определяются напряжения фаз относительно земли при замыкании одной фазы на землю в сети с незаземлённой нейтралью при  $R_n = 0$  и  $R_n \neq 0$ ?
5. Как определить ток замыкания на землю в сети с незаземлённой нейтралью?
6. Поясните характер протекания переходного процесса при пробое фазы на землю в сети с незаземлённой нейтралью или перемежающейся дуге?
7. Укажите область применения сетей с резонансным заземлением нейтрали.
8. Схемы включения дугогасящих катушек.
9. В чём смысл настройки дугогасящих катушек?
10. Чему равны напряжения фаз относительно земли в сети с эффективно заземлённой нейтралью в нормальном режиме и при  $K^{(1)}$ ?
11. Укажите область применения и достоинства сети с эффективным заземлением нейтрали.
12. Укажите основные положения метода симметричных составляющих.
13. Как определяются коэффициенты несимметрии и неуравновешенности трёхфазной системы?
14. К чему сводится расчёт несимметричных режимов при использовании метода симметричных составляющих?
15. Как определяются сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей для элементов СЭС?
16. Как определяются сопротивления обратной и нулевой последовательностей трёхобмоточных трансформаторов?
17. Как составляются схемы замещения прямой, обратной, нулевой последовательностей?
18. Какие виды КЗ относят к поперечной несимметрии?
19. Как определить токи и напряжения при различных видах поперечной несимметрии?
20. Правило эквивалентности прямой последовательности.
21. Каковы соотношения между токами различных видов поперечной несимметрии?

22. Какие виды повреждений относят к продольной несимметрии?
23. Какой вид имеют комплексные схемы замещения при продольной несимметрии?
24. Как формулируется правило эквивалентности прямой последовательности при продольной несимметрии?

#### **Раздел 4.**

1. Какие виды повреждений называют сложными?
2. Какие сложные виды повреждений наиболее часто имеют место в трёхфазных СЭС?
3. Каковы граничные условия для двойного замыкания на землю?
4. Каковы граничные условия для однофазного КЗ с одновременным разрывом той же фазы?
5. Какова последовательность действий при анализе сложных видов повреждений?
6. Каковы особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ?
7. Какова последовательность расчета нагрева проводов и спада тока КЗ?
8. Каковы особенности расчёта токов трёхфазных и однофазных КЗ в сетях с напряжением 0,4 кВ?
9. Как определяется максимальный и минимальный ток КЗ в сети 0,4 кВ?
10. Как влияет группа соединений трансформатора на токи несимметричных КЗ?

#### **Раздел 5.**

1. Назовите условия, которым должны удовлетворять расчёты электрических систем (осуществимость, устойчивость, качество, экономичность)?
2. Какова связь устойчивости режима с её энергетическими свойствами?
3. Каковы практические критерии устойчивости простейших электрических систем?
4. Задачи расчёта устойчивости электрической системы?
5. Какими показателями можно характеризовать качество переходного процесса электрической системы?
6. Как проверить устойчивость работы синхронного генератора или асинхронного двигателя в установившемся режиме?
7. В чём разница между подходом к оценке статической и динамической устойчивости?
8. Почему основные характеристики мощности электрических систем строятся в зависимости от угла, как основного параметра?
9. В чём различие между статической характеристикой мощности простейшей системы, динамической характеристикой и характеристикой при постоянстве напряжения на зажимах генератора? Каким физическим условиям работы отвечают эти характеристики?
10. Что такое регулирующий эффект нагрузки (активной и реактивной мощностей) по частоте и напряжению?
11. Может ли активная мощность в начале передачи, имеющей только реактивное сопротивление, отличаться от мощности в конце передачи?
12. Что такое узлы нагрузки и в каких двух наиболее существенных аспектах могут рассматриваться происходящие в них переходные процессы?
13. Что такое критическое скольжение и как его определить?
14. Как изменится ток асинхронного двигателя при снижении напряжения?
15. При какой величине напряжения на шинах двигателя наступает его неустойчивость? От каких факторов зависит эта величина?
16. В чём состоит основное условие устойчивости простейшей электрической системы (синхронный генератор, работающий на шины неизменного напряжения)?

17. Как выявляются с помощью основного практического критерия устойчивость простейшей системы, критический режим и условия устойчивости?
18. В чём особенности различных практических критериев и каковы наиболее целесообразные условия использования того или иного критерия на практике?
19. Каковы условия устойчивости группы асинхронных двигателей?
20. Что такое лавина напряжения и каковы наиболее существенные причины её возникновения?
21. Какие наиболее эффективные средства и мероприятия режимного характера могут быть применены для борьбы с лавиной напряжения?
22. Всегда ли конденсаторы, улучшающие коэффициент мощности нагрузки и её напряжение в нормальном режиме, оказывают благоприятное действие на устойчивость комплексной нагрузки?
23. Какие три стадии имеет процесс изменения частоты после появления в системе какого-либо небаланса мощности?
24. В чём причина возможной неустойчивости частоты и каковы меры её предотвращения?
25. Каково назначение устройства АРЧ и какова (примерно) его схема?
26. Что такое точная синхронизация и самосинхронизация. Условия их проведения?
27. В чём преимущества самосинхронизации?
28. Как производится электромеханический пуск синхронных генераторов и двигателей?
29. В каких случаях самосинхронизация нежелательна и предпочтительней точная синхронизация?

### Практикоориентированные задачи

Задача 1. Определить действующее значение сверхпереходного тока, ударный ток и его действующее значение при трехфазном КЗ в точке К схемы, показанной на рисунке.



Исходные данные:

Г:  $S_{ном} = 150$  МВА,  $U_H = 10,5$  кВ,  $X_d^{ii} = 0,29$ ,  $X/R = 100$ ,  $\cos \varphi_H = 0,85$ ;

Т-1:  $S_{ном} = 160$  МВА,  $U_k = 10,5$  %,  $k_T = 115/10,5$  кВ,  $X/R = 20$ ;

Т-2:  $S_{ном} = 16$  МВА,  $U_k = 11,6$  %,  $k_T = 115/11$  кВ,  $X/R = 17$ ;

Л:  $l = 100$  км,  $X_{уд} = 0,4$  Ом/км,  $R_{уд} = 0,08$  Ом/км;

Р: РБ-6-1000-6,  $X/R = 15$ .

Расчет выполнить в относительных единицах приближенно по среднономинальным напряжениям, за базисную мощность принять номинальную мощность генератора. Перед КЗ генератор работал в номинальном режиме.

Задача 2. Блок генератор–трансформатор–линия связан с системой с бесконечной мощности (рис.). Напряжение на шинах системы  $E_2 = 105$  кВ остается неизменным.

Исходные данные:

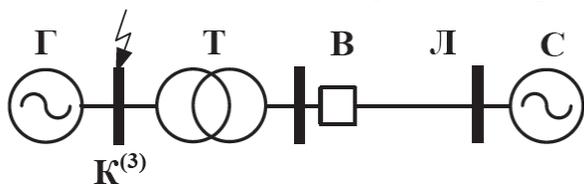
Г:  $S_{ном} = 117,5$  МВА,  $U_{ном} = 13,8$  кВ,  $d X_d^{ii} = 0,16$ ,  $T_a = 0,535$  с,  $\cos \varphi_H = 0,85$ ;

Т:  $S_H = 120$  МВА,  $U_k = 10,5$  %,  $k_T = 121/13,8$  кВ,  $X_T / R_T = 26,5$ ;

Л:  $l = 80$  км,  $X_{уд} = 0,4$  Ом/км,  $R_{уд} = 0,105$  Ом/км.

Определить максимально возможное мгновенное значение тока генератора при его несинхронном включении в сеть; до включения генератор работал на холостом ходу с номинальным напряжением.

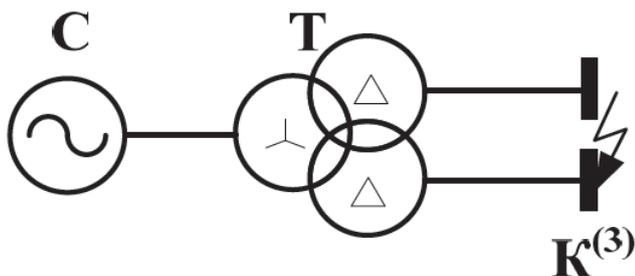
Полученное значение тока сравнить с ударным током генератора при трехфазном коротком замыкании на его выводах при том же предшествующем режиме.



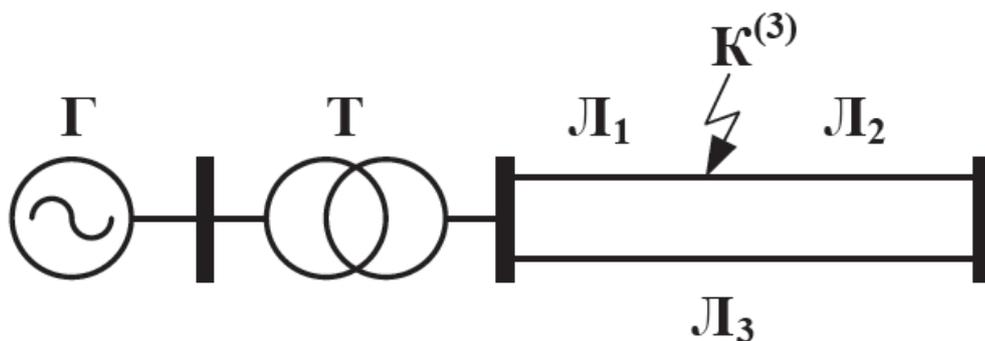
Задача 3. При трехфазном коротком замыкании (рис.) найти сверхпереходный ток в точке К и остаточное напряжение на неповрежденной секции.

Исходные данные:

С: КЗ  $S^{ii} = 2000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_C = 230 \text{ кВ}$ ; Т: тип ТРДЦН 63,  $S_{ном} = 63 \text{ МВА}$ ,  $U_k \text{ ВН} = 12 \%$ ,  $kT = 230/11/11 \text{ кВ}$ .



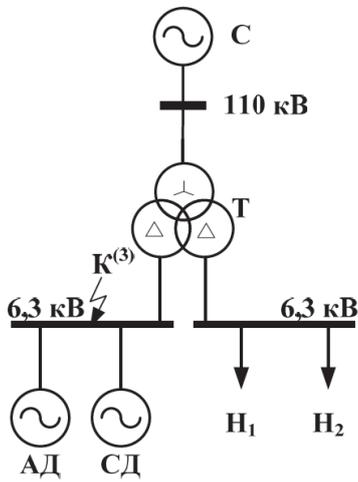
Задача 4. Определить ударный ток трехфазного КЗ в точке К и остаточное напряжение на шинах генератора (рис.) Исходные данные: Г:  $S_H = 100 \text{ МВА}$ ,  $U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}$ ,  $d Xd^{ii} = 0,18$ ,  $T_a = 0,43 \text{ с}$ ,  $\cos \varphi_H = 0,85$ ; Т:  $S_{ном} = 60 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_k = 12 \%$ ,  $kT = 115/10,5 \text{ кВ}$ ,  $X_T/R_T = 20$ ; Л:  $l_1 = 50 \text{ км}$ ,  $l_2 = 50 \text{ км}$ ,  $l_3 = 100 \text{ км}$ , для всех линий:  $X_{уд} = 0,4 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{уд} = 0,105 \text{ Ом/км}$ .



Задача 5. На рис. 2.12 показана схема понижающей подстанции, которая питает, помимо обобщенной разнообразной мелкомоторной и осветительной нагрузки Н1 и Н2, крупные синхронные и асинхронные двигатели СД и АД. Вычислить сверхпереходный ток при трехфазном КЗ в точке К.

Параметры схемы:

С:  $E_{сф} = 71 \text{ кВ}$ ,  $X_C = 11 \text{ Ом}$ ; Т:  $S_{ном} = 40 \text{ МВА}$ ,  $115/6,3/6,3 \text{ кВ}$ ,  $U_k \text{ ВН} = 10,8 \%$ ,  $U_k \text{ Н1 Н2} = 18,4 \%$  (отнесено к мощности расщепленной обмотки  $20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ); СД: РСД ном =  $2500 \text{ кВт}$ ,  $\cos \varphi_{СД} = 0,845$ ,  $U_{ном} \text{ СД} = 6 \text{ кВ}$ ,  $\eta_{СД} = 0,94$ ; АД: РАД ном =  $2 \cdot 1600 \text{ кВт}$ ;  $\cos \varphi_{АД} = 0,91$ ,  $U_{ном} \text{ АД} = 6 \text{ кВ}$ ,  $I_{пуск} = 5$ ,  $\eta_{АД} = 0,956$ ; Н1 и Н2:  $R_{нагр1} = 8500 \text{ кВт}$ ,  $\cos \varphi_{нагр1} = 0,85$ ,  $R_{нагр2} = 13700 \text{ кВт} \cdot \text{А}$ ,  $\cos \varphi_{нагр2} = 0,83$ . Нагрузка мелкомоторных электродвигателей соответствовала их номинальным данным.



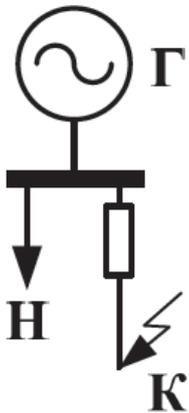
Задача 6. Определить установившийся, начальный, сверхпереходной и ударный ток КЗ, а также остаточное напряжение генератора при КЗ в точке К (рис.). Рассматривается трехфазное КЗ. Г:  $S_H = 50$  МВА,  $U_H = 6,3$  кВ,  $X_d^{ii} = 0,12$ ,  $OKЗ = 0,75$ ,  $I_f$  (пред) = 3,8,  $\cos \varphi = 0,8$ , есть АРВ. Т:  $S_{ном} = 10$  МВА, 6,3/115 кВ,  $U_K = 10,5$  %. Л:  $l = 100$  км,  $X_L = 0,4$  Ом/км.



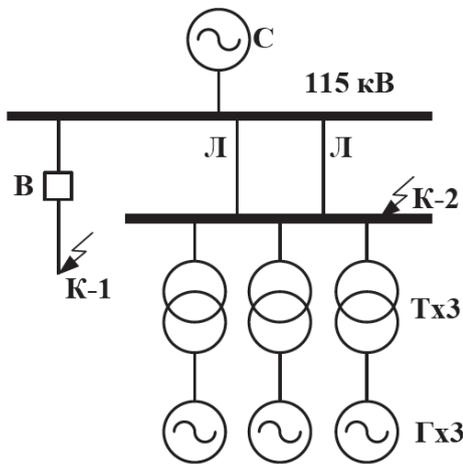
Задача 7. Определить величину установившегося тока для точки короткого замыкания К, если известно остаточное напряжение на шинах генератора  $0,7U_{ном}$ . Найти также ударный ток и его действующее значение. Генератор с АРВ и без АРВ (рис. 2.14).

Параметры схемы:

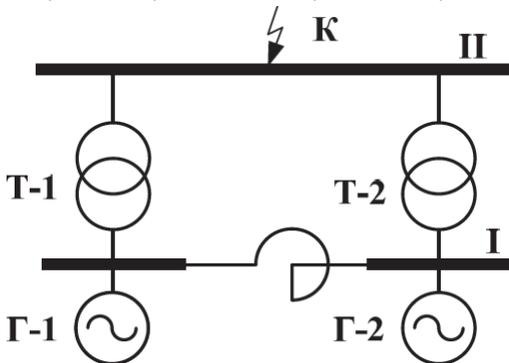
Г:  $X_d = 1,5$ ,  $d X_d^{ii} = 0,2$ ,  $I_f$  пред = 3,  $S_{ном} = 60$  МВА;



Задача 8. Определить ударный ток и его действующее значение при трехфазном КЗ в точке К2 (рис.), если дано, что отключающая способность выключателя  $600$  МВ · А при КЗ в точке К1. Параметры схемы: Г:  $S_{ном} = 100$  МВА,  $d X_d^{ii} = 0,117$ ,  $X_d = 1,8$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ ,  $U_{ном} = 10,5$  кВ, есть АРВ; Т:  $S_{ном} = 120$  МВ · А,  $K_T = 115/10,5$  кВ,  $U_K = 10,5$  %. Выключатель:  $S^{ii}$  отк = 600 МВА. Система бесконечной мощности С:  $U_C = 115$  кВ. Л:  $l = 20$  км,  $X_L = 0,4$  Ом/км.

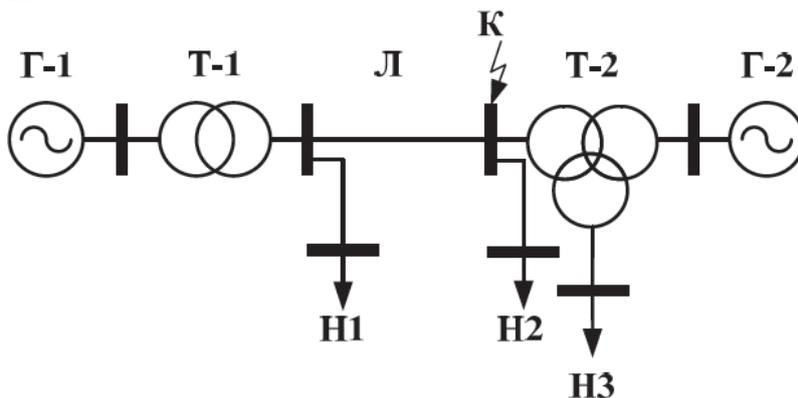


Задача 9. Определить ток КЗ при трехфазном КЗ в точке К (рис.) в начальный момент времени, ударный ток и его действующее значение. Номинальные данные: Г-1:  $S_{ном} = 30$  МВА,  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $d X_d'' = 0,12$ ; Г-2:  $S_{ном} = 50$  МВА,  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $d X_d'' = 0,15$ . Трансформаторы Т-1, Т-2:  $S_{ном} = 31,5$  МВА,  $U_{ном} = 10,5/121$  кВ,  $U_k = 10,5$  %. Реактор:  $U_{ном} = 10$  кВ,  $I_{ном} = 2$  кА,  $X_P = 8$  %.



Задача 10. Определить начальный сверхпереходный ток при трехфазном КЗ в точке К схемы (рис.) и его составляющие от каждого источника ЭДС, а также ударный ток и действующее значение ударного тока в той же точке К.

Номинальные данные: Г-1 и Г-2:  $S_{ном} = 80$  МВ · А,  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $X_d'' = 0,22$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ ; Т-1:  $S_{ном} = 15$  МВ · А,  $10,5/230$  кВ,  $U_k = 10$  %. Т-2:  $S_{ном} = 60$  МВ · А,  $230/115/10,5$  кВ,  $U_k BC = 20$  %,  $U_k BH = 12$  %,  $U_k CH = 8$  %. Нагрузки Н-1, Н-2, Н-3 по  $5$  МВ · А каждая. Линия:  $l = 80$  км,  $X_L = 0,4$  Ом/км.

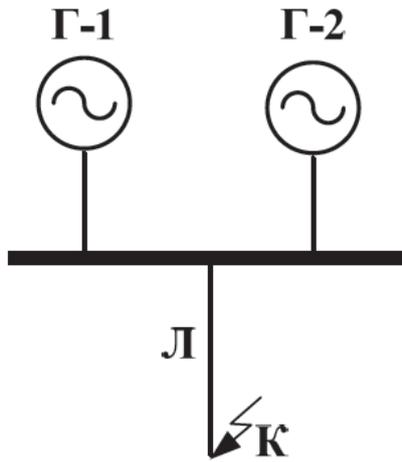


Задача 11. Насколько увеличится ток в КЗ в точке К в начальный момент КЗ, если на шины генератора Г-1 (рис. 2.19) подключить генератор Г-2? При работе только одного генератора Г-1 остаточное напряжение составляло  $0,65U_{ном}$ . Определить ударный ток и его действующее значение. Генератор с АРВ.

Параметры схемы:

Г-1:  $S_H = 90$  МВ · А,  $I_{f пред} = 4$ ,  $X_d = 1,2$ ,  $X_d'' = 0,15$ ;

Г-2:  $S_H = 60$  МВ · А,  $I_{f пред} = 3,5$ ,  $X_d = 1,5$ ,  $X_d'' = 0,2$ .

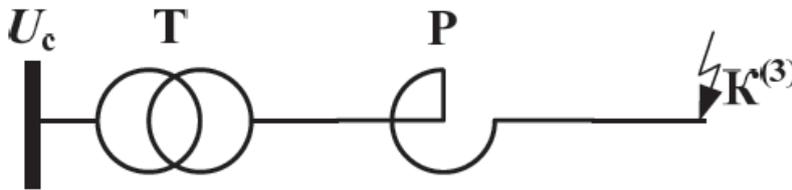


Задача 12. Определить наибольшее мгновенное значение тока трехфазного короткого замыкания на шинах синхронного генератора, не подключенного к системе и работающего на холостом ходу в предшествующем режиме.

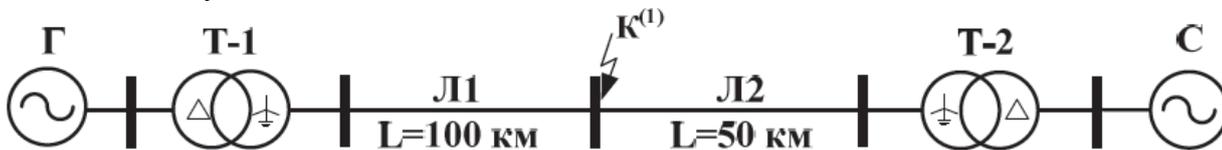
Параметры схемы:

Г:  $P_H = 117,5$  МВт,  $U_H = 13,8$  кВ,  $X_d^{ii} = 0,2$ ,  $X_d^{ii} = 1,6$ ,  $X_2 = 0,25$ ,  $\cos \varphi = 0,9$ , активное сопротивление составляет 1 % от сопротивления обратной последовательности.

Задача 13. Определить величину начального сверхпереходного тока, ударный ток и его действующее значение при трехфазном КЗ в точке  $K^{(3)}$  для схемы, показанной на рис. Параметры схемы: система бесконечной мощности:  $U_C = \text{const} = 115$  кВ; Т1:  $S_{ном} = 60$  МВ · А,  $U_k = 7,5$  %,  $X/R = 25$ ,  $k_T = 115/37$  кВ; Р: РБ-35-1000-10,  $X/R = 13$ .



Задача 13. При однофазном КЗ в точке К (рис.) определить ток для начального момента времени. Расчет выполнить аналитически. Построить векторную диаграмму на шинах низкого напряжения трансформатора Т-1. Система С:  $SC = \infty$ . Генератор Г:  $S_H = 50$  МВА,  $X_d^{ii} = 0,12$ ,  $X_2 = 0,12$ ,  $X_0 = 0,3 d X_d^{ii}$ ,  $U_H = 6,6$  кВ. Трансформаторы Т-1:  $S_{ном} = 10$  МВА,  $U_k = 14$  %,  $6,6/118$  кВ; Т-2:  $S_{ном} = 100$  МВА,  $U_k = 10$  %,  $110/13,8$  кВ; Линия Л-1:  $l = 100$  км,  $x_{уд} = 0,4$  Ом/км,  $x_0 = 2,5X_1$  Ом/км, Л-2:  $l = 50$  км,  $x_{уд} = 0,4$  Ом/км,  $x_0 = 3,1X_1$  Ом/км.



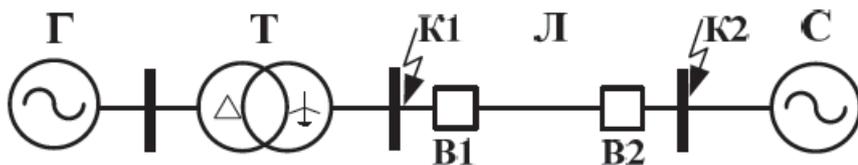
Задача 14. При двухфазном КЗ на землю определить сверхпереходный ток поврежденной фазы. Построить векторную диаграмму на шинах низкого напряжения подстанции (рис.). Система С:  $SC = \infty$ ; Трансформатор Т:  $S_{ном} = 31$  МВА,  $U_k = 10,5$  %,  $13,8/114$  кВ. Линия Л-1:  $l = 50$  км,  $x_{уд} = 0,4$  Ом/км,  $X_0 = 3X_1$  Ом/км.



Задача 15. Определить приближенно ток двухфазного КЗ в точке К2, если известно, что мощность трехфазного КЗ в точке К1 составляет 400 МВА (рис.). Расчет выполнить любым методом для начального момента времени ( $t = 0$ ).

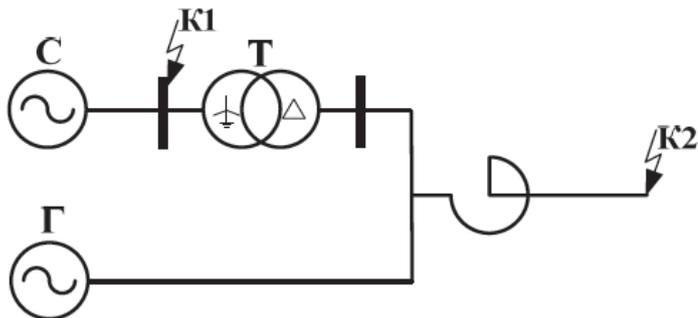
Система С:  $S_C = \infty$ . Генератор Г:  $S_{ном} = 50$  МВА,  $U_n = 10,5$  кВ,  $X_d^{ii} = 0,2$ ,  $X_2 = X_d^{ii}$ .

Трансформатор:  $S_{ном} = 60$  МВА,  $U_k = 14\%$ .

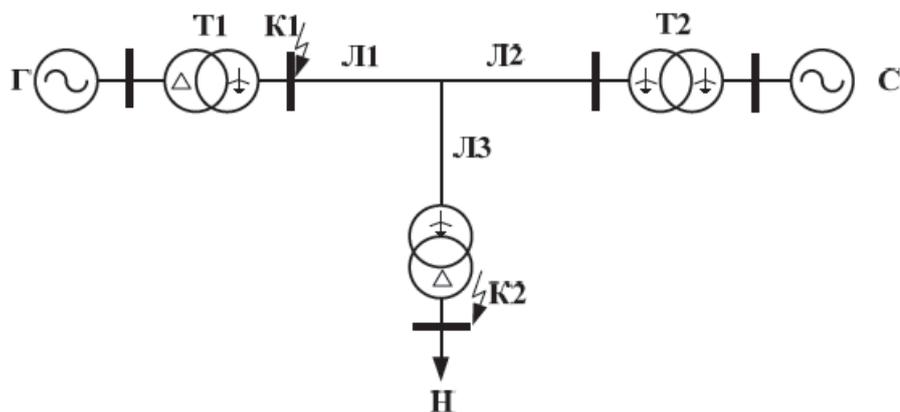


Задача 16. Определить полный ток двухфазного КЗ в точке К2 схемы (рис.) аналитическим методом.

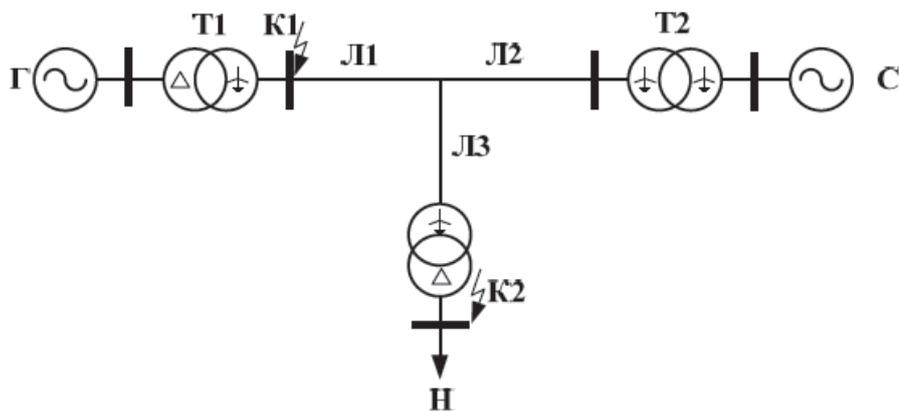
Система С: КЗ  $S^{ii} = 1000$  МВА в точке К1. Генератор Г:  $S_{ном} = 30$  МВА,  $U_n = 6,3$  кВ,  $X_d^{ii} = 15$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ . Трансформатор:  $S_{ном} = 30$  МВА,  $U_k = 10\%$ , 230/6,6 кВ. Реактор Р:  $X_P = 6\%$ ,  $U_{ном} = 6$  кВ,  $I_{ном} = 1000$  А. Построить векторную диаграмму на шинах высокого напряжения подстанции.



Задача 17. Составить комплексную схему замещения для расчета сверхпереходного тока при однофазном КЗ в точке К1 (рис.). На схеме указать включение приборов для замера симметричных составляющих токов и напряжений в обмотке низшего напряжения трансформатора Т1. Построить векторную диаграмму на шинах низкого напряжения трансформатора Т1.



Задача 18. Составить комплексную схему замещения для расчета сверхпереходного тока при однофазном КЗ в точке К2 (рис.). На схеме указать включение приборов для замера симметричных составляющих токов и напряжений в обмотке низшего напряжения трансформатора Т1. Построить векторную диаграмму на шинах низкого напряжения трансформатора Т1.



### Вопросы к экзамену

1. Перечислите основные причины возникновения переходных процессов в ЭЭС.
2. Когда возможен расчет только электромагнитных переходных процессов?
3. Из каких устройств состоит ЭЭС?
4. Что такое параметры режима и параметры ЭЭС?
5. Какие виды режимов и переходных процессов имеют место в ЭЭС?
6. Назовите причины возникновения электромагнитных переходных процессов.
7. Что называют коротким замыканием?
8. Каковы системы токов и напряжений, применяемых в ЭЭС?
9. Перечислите стандартные классы и средние значения напряжений в ЭЭС.
10. Каковы причины возникновения переходных процессов?
11. Каковы последствия КЗ в ЭЭС?
12. Каковы основные виды КЗ в ЭЭС?
13. Какие виды КЗ наиболее вероятны в ЭЭС?
14. По каким признакам КЗ подразделяются на удаленные и неудаленные?
15. Как влияют устройства АВР генераторов на протекание переходного процесса в ЭЭС?
16. Какую трёхфазную сеть называют простейшей?
17. Как определяется начальное значение периодической составляющей тока КЗ?
18. При каких условиях полный ток КЗ в простейшей цепи будет иметь максимальное значение?
19. Что такое ударный ток?
20. В каких пределах изменяется величина ударного коэффициента и от чего она зависит?
21. Каков характер протекания переходного процесса в зависимости от величины постоянной времени затухания?
22. Как аналитически и графически определяется постоянная времени затухания?
23. Как определяется действующее значение полного тока КЗ и его составляющих?
24. Что понимают под расчетом электромагнитного переходного процесса?
25. Какие задачи решаются благодаря расчёту электромагнитного переходного процесса?
26. Какие условия и основные допущения принимают при расчётах КЗ?
27. Назовите основные этапы расчёта электромагнитных переходных процессов?
28. В чём заключается выбор расчетных условий?
29. Как составляется расчётная схема?
30. Какие параметры элементов СЭС необходимы для расчёта переходных процессов?
31. Как выбираются и пересчитываются базисные условия для различных ступеней напряжения ЭЭС?
32. Зависит ли результат расчёта токов КЗ от выбора базисных условий?
33. Как определить ток замыкания на землю в сети с незаземлённой нейтралью?
34. Поясните характер протекания переходного процесса при пробое фазы на землю в сети с незаземлённой нейтралью или перемежающейся дуге?
35. Укажите область применения сетей с резонансным заземлением нейтрали.
36. Схемы включения дугогасящих катушек.

37. В чём смысл настройки дугогасящих катушек?
38. Чему равны напряжения фаз относительно земли в сети с эффективно заземлённой нейтралью в нормальном режиме и при К(1)?
39. Укажите область применения и достоинства сети с эффективным заземлением нейтрали.
40. Укажите основные положения метода симметричных составляющих.
41. Как определяются коэффициенты несимметрии и неуравновешенности трёхфазной системы?
42. К чему сводится расчёт несимметричных режимов при использовании метода симметричных составляющих?
43. Как определяются сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей для элементов ЭЭС?
44. Как определяются сопротивления обратной и нулевой последовательностей трёхобмоточных трансформаторов?
45. Как составляются схемы замещения прямой, обратной, нулевой последовательностей?
46. Какие виды КЗ относят к поперечной несимметрии?
47. Как определить токи и напряжения при различных видах поперечной несимметрии?
48. Каковы соотношения между токами различных видов поперечной несимметрии?
49. Какие виды повреждений относят к продольной несимметрии?
50. Какой вид имеют комплексные схемы замещения при продольной несимметрии?
51. Какие виды повреждений называют сложными?
52. Какие сложные виды повреждений наиболее часто имеют место в трёхфазных СЭС?
53. Каковы граничные условия для двойного замыкания на землю?
54. Каковы граничные условия для однофазного КЗ с одновременным разрывом той же фазы?
55. Какова последовательность действий при анализе сложных видов повреждений?
56. Каковы особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ?

### Примерное задание для выполнения курсовой работы

1. Тема работы Расчет аварийных режимов работы системы электроснабжения
2. Цель работы: Рассчитать установившийся ток для всех типов коротких замыканий и ударный ток для трехфазных коротких замыканий в заданных точках. В точке 1 рассчитать токи трехфазного, двухфазного на землю и однофазного на землю короткого замыкания, в точке 2 рассчитать токи двухфазного и трехфазного короткого замыкания, построить векторные диаграммы токов и напряжений установившегося аварийного режима в месте повреждения для несимметричных коротких замыканий. Для заданного элемента сети построить графики мгновенного значения тока в фазах  $i(t)$  в диапазоне  $t = 0..1$  с (за ноль принимается время возникновения аварийного режима) при трехфазном коротком замыкании в точке 2, без учета нагрузочного тока предшествующего режима.
3. Перечень рассматриваемых вопросов: Составление расчетных схем замещения при симметричном и несимметричном коротких замыканиях, расчёт параметров элементов схем замещения, преобразование схем замещения, расчет токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, построение векторных диаграмм токов и напряжений аварийных режимов, построение мгновенных значений токов в фазах заданного элемента сети в аварийных режимах.
3. Исходные данные: представлены в приложении к заданию

Приложение к заданию на курсовую работу по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Данные для расчета

Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Г1, Г2	Т1	Т2	Т3
АС-150 45 км	АС-120 20 км	АС-150 15 км	АС-50 10 км	ААБ-95 4 км	АС0- 240 30 км	ТВФ-63- 2У3	ТД- 63000/110- У1	-	ТРДН-25000/110
Т4	LR1	LR2	SH1, МВА	SH2, МВА	SH3, МВА	SH4, МВА	Точка 1	Точка 2	Элемент для построения i(t)
ТРДН- 25000/11 0	-	РБДГ 10-2500- 0,25	10	10	3	2	К1	К4	Л6

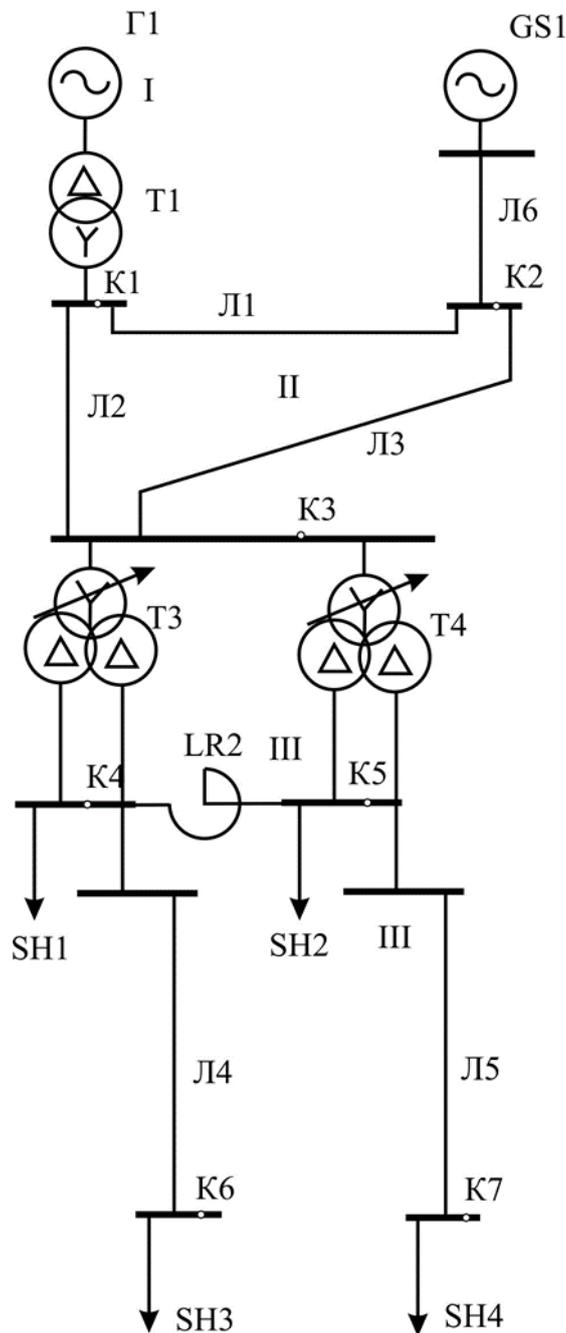


Рисунок 1 – Схема для выполнения расчетов

При расчетах принять следующее:

1. РПН трансформаторов в среднем положении (номинальный коэффициент трансформации)
2. Базовые номинальные напряжения ступеней:

I – 10,5 кВ

II – 115 кВ

III – 10,5 кВ

IV – 38,5 кВ

V – 230 кВ

3. Базовая мощность  $S_b=1000$  МВА, нагрузки рассчитываются с использованием усредненных параметров  $X''=0,35$

4. Средние значения ЭДС в момент возникновения КЗ в относительных единицах при номинальных условиях для:

электроэнергетических систем GS 1,0

турбогенераторов мощностью до 100 МВт 1,08

турбогенераторов мощностью 100–500 МВт 1,13

гидрогенераторов с демпферными обмотками 1,13

синхронных компенсаторов 1,20

синхронных электродвигателей 1,1

асинхронных электродвигателей 0,9

обобщенной нагрузки 0,85

5. Значения активных сопротивлений для отдельных элементов схемы замещения определяются приближенно из рекомендованных для элементов ЭЭС соотношений  $x/r$ .

для системы GS  $x/r = 50$

генераторов G1, G2,  $x/r = 45$

Для линий, трансформаторов используются соответствующие параметры, рассчитываемы из их паспортных данных (таблица 2-4 руководящие указания к РЗ, вып. 11), для нагрузки принять  $\cos\varphi=0,8$ .

6. Для системы принять  $SGS = 1200$  МВ·А;  $X(1)=0,25$ ,  $X(1)=X(2)$ ;  $X(0)=1,5 \cdot X(1)$ ; Для трансформаторов и для обобщенной нагрузки принять  $X(1)=X(2)=X(0)$ .

7. Для воздушных ВЛ принять  $X(1)=X(2)$ ,  $X(0)=3,5 \cdot X(1)$  для одноцепных ВЛ,  $X(0)=5,5 \cdot X(1)$  для двухцепных ВЛ

### **Вопросы к защите курсовой работы**

- 1 События в энергосистеме, приводящие к появлению переходных процессов
- 2 Что такое короткое замыкание
- 3 Типы коротких замыканий в энергосистемах
- 4 Понятие о симметричных составляющих токов и напряжений в энергосистемах
- 5 Методы расчета токов коротких замыканий
- 6 Из каких составляющих состоит ток коротких замыканий
- 7 Чем определяется величина периодической составляющей тока короткого замыкания
- 8 Чем определяется величина апериодической составляющей тока короткого замыкания
- 9 Каким образом определить величину постоянной времени переходного процесса по осциллограмме тока переходного процесса
- 10 Что такое ударный ток короткого замыкания

- 11 Схемы замещения при расчетах токов короткого замыкания, методы составления
- 12 Допущения, применяемые при расчетах токов короткого замыкания
- 13 Понятия абсолютных и относительных единиц при расчетах переходных процессов
- 14 Применение принципа наложения при расчетах переходных процессов
- 15 Понятие мощности короткого замыкания
- 16 Влияние автоматической регулировки возбуждения генератора на ток короткого замыкания
- 17 Характеристики синхронной машины при коротких замыканиях
- 18 Переходные и сверхпереходные ЭДС синхронной машины
- 19 Реактивное сопротивление синхронного генератора
- 20 Учет влияния синхронных и асинхронных двигателей при расчете токов короткого замыкания
- 21 Расчеты сверхпереходного и ударного тока короткого замыкания при питании сети от синхронного генератора
- 22 Общие уравнения, описывающие поведение синхронной электрической машины при коротком замыкании
- 23 Общее описание методов расчета электромагнитного переходного процесса синхронной электромагнитной машины
- 24 Понятие и принципы работы форсировки возбуждения синхронной машины
- 25 Понятие демпферных обмоток и их влияние на переходной процесс в синхронной машине
- 26 Принципы учета взаимного влияния синхронных машин при переходном процессе
- 27 Методы расчетов переходных процессов
- 28 Виды несимметричных коротких замыканий в электроэнергетических системах
- 29 Понятие прямой, обратной и нулевой последовательности
- 30 Параметры схемы замещения трансформаторов для нулевой последовательности
- 31 Параметры схемы замещения кабельных линий для нулевой последовательности
- 32 Параметры схем замещения нулевой последовательности для воздушных линий
- 33 Параметры схем замещения электрических машин для нулевой последовательности
- 34 Режимы работы нейтрали сети в зависимости от класса напряжения
- 35 Замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью
- 36 Сети с компенсированной и резистивно заземленной нейтралью
- 37 Расчеты переходных процессов при однофазном коротком замыкании в сети с заземленной нейтралью
- 38 Методы приблизительного расчета тока замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью
- 39 Общие принципы применения методов симметричных составляющих при расчетах токов однофазного короткого замыкания
- 40 Оценка токов однофазных замыканий на землю в электродвигателях и генераторах
- 41 Процентное соотношение по видам коротких замыканий в зависимости от типа электрических сетей
- 42 Причины возникновения и влияние переходного сопротивления в месте короткого замыкания
- 43 Параметры схем замещения обратной последовательности для линий и трансформаторов
- 44 Параметры схем замещения обратной последовательности для электрических машин
- 45 Особенности построения схемы замещения при включении трансформатора по схеме «звезда/треугольник-11»
- 46 Векторная диаграмма остаточного напряжения в месте двухфазного короткого замыкания
- 47 Составление схем замещения по прямой и обратной последовательности
- 48 Составление схем замещения автотрансформаторов и трёхобмоточных трансформаторов
- 49 Особенности расчет токов короткого замыкания за трансформаторами со схемой включения «звезда/треугольник-11»
- 50 Расчет токов несимметричных коротких замыканий при применении принципа наложения
- 51 Расчет токов несимметричных коротких замыканий по данным ЭДС генераторов
- 52 Правило эквивалентности прямой последовательности

- 53 Сопротивления обратной и прямой последовательности синхронных генераторов.
- 54 Основные типы и причины возникновения продольной несимметрии
- 55 Обрыв одной фазы, основные методы расчета
- 56 Обрыв двух фаз, основные методы расчета
- 57 Поведение нагрузки при возникновении продольной несимметрии
- 58 Методы учета а нагрузок при расчёте токов коротких замыканий
- 59 Применение принципа наложения при расчетах режимов с продольной несимметрией
- 60 Составление схем замещения при расчетах продольной не симметрии
- 61 Распределение напряжений в сети при продольной несимметрии
- 62 В чём состоит графическая интерпретация правила эквивалентности прямой последовательности для однократной поперечной несимметрии?
- 63 Приведите качественные векторные диаграммы токов и напряжений для различных видов однократной продольной несимметрии?
- 64 В чём состоит принцип составления комплексных схем замещения для однократной поперечной несимметрии?
- 65 Что означает начало и конец схем замещения различных последовательностей?
- 66 Как изменяется ток в неповрежденных фазах линии при обрыве одной и при обрыве двух фаз?
- 67 Что такое комплексные несимметрии
- 68 Последовательность расчета комплексных несимметрий
- 69 Понятие комплексных схем замещения
- 70 Принцип составления комплексной схемы замещения для двухфазного замыкания на землю
- 71 Принцип составления комплексной схемы замещения для однофазного замыкания на землю с разрывом фазы
- 72 Особенности расчета переходных процессов в распределительных сетях
- 73 Расчет токов коротких замыканий в сетях до 1000 В
- 74 Учет сопротивления источника питания в сетях напряжением до 1000 В
- 75 Понятие устойчивости энергосистем
- 76 Аварийные режимы работы энергосистем
- 77 Расчет переходных процессов в именованных и относительных единицах
- 78 Характеристики двигателей и нагрузки в начальный момент внезапного нарушения режима работы сети
- 79 Методика расчета токов в сети при обрыве одной фазы в линии

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### **Основная**

- 1 Мякишев, В. М. Переходные процессы в линейных электрических цепях (в примерах) : учеб. пособие; ВО - Бакалавриат/Самарский государственный технический университет. - Москва:ООО ""Научно-издательский центр ИНФРА-М"", 2022. - 347 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=378782>.
- 2 Ополева, Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат/Г. Н. Ополева. - Москва:Издательский Дом ""ФОРУМ"", 2022. - 416 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=386067>.
- 3 Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение : учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат, Специалитет. - Москва:ООО ""Научно-издательский центр ИНФРА-М"", 2022. - 328 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=415558>.
- 4 Хорольский, В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения : учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат/Ставропольский государственный аграрный университет. - Москва:ООО ""Научно-

издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 288 с. - URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=399460>.

#### **Дополнительная**

- 1 Ершов, А. Б. Переходные процессы в электроэнергетических системах : лабораторный практикум для студентов по направлению 140400 ""Электроэнергетика и электротехника"" : Ч. 1/А. Б. Ершов, В. Я. Хорольский ; СтГАУ. - Ставрополь :АГРУС, 2012. - 164 с.
- 2 Ершов, А. Б. Расчет аварийных режимов в элементах электроэнергетических систем : учеб. пособие по подготовке к выполнению курсовой работы по дисциплине ""Переходные процессы в электроэнергетических системах"" для студентов по направлению 13.03.02 ""Электроэнергетика и электротехника"" профиль ""Электроснабжение""/А. Б. Ершов ; СтГАУ. - Ставрополь :АГРУС, 2016. - 104 с.
- 3 Косоухов, Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке : моногр./Косоухов Ф. Д., Васильев Н. В., Борошнин А. Л., Филиппов А. О.. - Санкт-Петербург:Лань, 2022. - 280 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212345>. - Издательство Лань.
- 4 Методы и технические средства повышения эффективности применения электроэнергии в сельском хозяйстве : сб. науч. тр./Ставр.ГСХА. - Ставрополь, 2000. - 204 с."
- 5 Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания : ГОСТ Р 52736-2007; введ. 2008-07-01/Фед. агентство по техн. регулированию и метрологии. - М.:Стандартинформ, 2007. - 40 с.
- 6 Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник ; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 400 с. - URL: <http://new.znanium.com/go.php?id=549322>.
- 7 Устройства контроля и управления работой электрооборудования : сб. науч. тр./ССХИ. - Ставрополь, 1988. - 96 с.
- 8 Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения : учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат/Фролов Ю. М., Шелякин В. П.. - Санкт-Петербург:Лань, 2022. - 480 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211058>. - Издательство Лань.
- 9 Шаров, Ю. В. Электроэнергетика : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 140200 ""Электроэнергетики""/Ю. В. Шаров, В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Н. Шемякин. - Ставрополь:АГРУС, 2011. - 456 с.

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» Ястребов С.С. СтГАУ, Ставрополь, 2022, 150 с.

Методические указания к самостоятельной работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» Ястребов С.С. СтГАУ, Ставрополь, 2022, 25 с.

Методические указания по изучению дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» Ястребов С.С. СтГАУ, Ставрополь, 2022, 15 с.

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» Ястребов С.С. СтГАУ, Ставрополь, 2022, 100 с.

#### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

<https://kubsau.ru/upload/iblock/ecd/ecda39b02422ef8717abc7a997a8299a.pdf> Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах

<https://nvsu.ru/ru/Intellekt/1134/Ernst%20A.D.%20Elektromagnitnie%20perehodnie%20protsessi%20v%20elektroenergeticheskikh%20sistemah%20-%20Kurs%20lektsiy%20-%202012.pdf>

Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. курс лекций

<http://www.cpk-energo.ru/metod/Meleshkin.pdf> Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах Г.А. Мелешкин

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» необходимо обратить внимание на последовательность изучения тем.

В лекциях излагаются основные теоретические сведения, составляющие научную концепцию курса. Для успешного освоения лекционного материала рекомендуется: - после прослушивания лекции прочитать её в тот же день; - выделить маркерами основные положения лекции; - структурировать лекционный материал с помощью помет на полях в соответствии с примерными вопросами для подготовки. В процессе лекционного занятия студент должен выделять важные моменты, выводы, основные положения, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии. Студенту рекомендуется во время лекции участвовать в обсуждении проблемных вопросов, высказывать и аргументировать своё мнение. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов. Прослушанный материал лекции студент должен проработать. От того, насколько эффективно это будет сделано, зависит и прочность усвоения знаний. Рекомендуется перечитать текст лекции, выявить основные моменты в каждом вопросе, затем ознакомиться с изложением соответствующей темы в учебниках, проанализировать дополнительную учебно-методическую и научную литературу по теме, расширив и углубив свои знания. В процессе рекомендуется выписывать из изученной литературы и подбирать свои примеры к изложенным на лекции положениям.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время (1-час) для работы с литературой в библиотеке.

Рекомендуется использовать методические указания по курсу, текст лекций преподавателя.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл?, что даст это на практике?.

#### Методические рекомендации к лабораторным занятиям

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется следующий порядок действий: 1. Внимательно проанализировать поставленные теоретические вопросы, определить объем теоретического материала, который необходимо усвоить. 2. Изучить лекционные материалы,

соотнося их с вопросами, вынесенными на обсуждение. 3. Прочитать рекомендованную обязательную и дополнительную литературу, дополняя лекционный материал (желательно делать письменные заметки). 4. Отметить положения, которые требуют уточнения, зафиксировать возникшие вопросы. Особое внимание следует обратить на примеры, факты, которыми Вы будете оперировать при рассмотрении отдельных теоретических положений. 5. После усвоения теоретического материала необходимо приступить к выполнению практического задания. Практическое задание рекомендуется выполнять письменно.

При подготовке к лабораторным занятиям обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы. В течении лабораторного занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что зачитывается как текущая работа студента и оценивается по критериям, представленным в рабочей программе.

При подготовке к лабораторным занятиям следующего дня, необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме домашнего задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.

#### Подготовка к контрольным мероприятиям

Текущий контроль осуществляется в виде устных, тестовых опросов по теории, коллоквиумов. При подготовке к опросу студенты должны освоить теоретический материал по блокам тем, выносимых на этот опрос. При подготовке к аудиторной контрольной работе студентам необходимо повторить материал лекционных и практических занятий по отмеченным преподавателям темам.

Дополнительно к изучению конспектов лекции необходимо пользоваться учебником. Кроме «заучивания» материала экзамена, очень важно добиться состояния понимания изучаемых тем дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько упражнений на данную тему.

При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольким типовым задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Лекции, практические занятия, написание курсовой работы и промежуточная аттестация являются важными этапами подготовки к экзамену, поскольку позволяют студенту оценить уровень собственных знаний и своевременно восполнить имеющиеся пробелы. В этой связи необходимо для подготовки к экзамену первоначально прочитать лекционный материал, выполнить практические задания, самостоятельно решить задачи, написать курсовую работу.

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).**

#### **11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения**

Microsoft Windows, Office (Сублицензионный договор № 11/044/18 от 23.11.2018 ООО «Технософт», срок действия с 30.11.2018 по 30.11.2020. Лицензия № V5910852.)

Kaspersky Total Security (Сублицензионный договор № 11/044/18 от 23.11.2018 ООО «Технософт», срок действия с 19.11.2018 по 17.12.2019, Лицензия №1B081811190812098801663)

КонсультантПлюс-СК сетевая версия (правовая база) Договор № 370/18 от 09.06.2018 ООО «КонсультантПлюс-СК» срок действия с 01.07.2018 по 30.06.2019 Лицензия № 370/18 от 09.06.2018

АСКОН КОМПАС-3D (Лицензионное соглашение № К-08-1880 ЗАО «АСКОН от 22.11.2007 срок действия с 22.11.2007, бессрочно, Лицензия №К-08-1880»

## 11.2 Перечень свободно распространяемого программного обеспечения

## 11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства

**Информация в данный раздел берется из Приложение 6 МТО к характеристике ОП. Спрашивать руководителя ОП.**

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

## 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий (ауд. № 206, площадь – 90,0 м <sup>2</sup> ).	Оснащение: Специализированная мебель на 117 посадочных мест, персональный компьютер – 1 шт., телевизор телевизор LG 65UH LED -1 шт., Звуковая аппаратура – 1 шт., документ-камера портативная Aver Vision – 1 шт., коммутатор Comrex DS – 1 шт., магнитно-маркерная доска 90x180 – 1шт
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (ауд. № 316, площадь – 58,2 м <sup>2</sup> ).	Оснащение: Парт 12, посадочных мест 24, стульев 29. Рабочее место преподавателя: стол 1 тумбовый, кресло, ноутбук Acer Aspire 7720G, подключение к сети «Интернет», выход в корпоративную сеть университета. Плазм. панель Panasonic TH-R42PV80, доска аудиторная. Комплект типового лабораторного оборудования "Электроэнергетика" (Модель одно-машинной электрической системы с комплексной нагрузкой) ЭЭ2-Н-С-К – 3 шт, в т.ч. 3 персональных компьютера. Комплект учебно-методической документации. Учебно-наглядные пособия в виде презентаций, информационные плакаты: силовые автоматические выключатели, трансформаторы тока, автоматические выключатели модульные, предохранители ППНИ, дополнительные устройства модульной серии.
3	Учебные аудитории для самостоятельной работы студентов:1. Читальный зал научной библиотеки (площадь 177 м <sup>2</sup> )	Оснащение: Специализированная мебель на 100 посадочных мест, персональные компьютеры – 56 шт., телевизор – 1шт., принтер – 1шт., цветной принтер – 1шт., копировальный аппарат – 1шт., сканер – 1шт., Wi-Fi оборудование, подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
4	2. Учебная аудитория № 316 (площадь – 58,2 м <sup>2</sup> )	Оснащение: Парт 12, посадочных мест 24, стульев 29. Рабочее место преподавателя: стол 1 тумбовый, кресло, ноутбук Acer Aspire 7720G, подключение к сети «Интернет», выход в корпоративную сеть университета. Плазм. панель Panasonic TH-R42PV80, доска аудиторная. Комплект типового лабораторного оборудования "Электроэнергетика" (Модель одно-машинной электрической системы с комплексной нагрузкой)

		ЭЭ2-Н-С-К – 3 шт, в т.ч. 3 персональных компьютера. Комплект учебно-методической документации. Учебно-наглядные пособия в виде презентаций, информационные плакаты: силовые автоматические выключатели, трансформаторы тока, автоматические выключатели модульные, предохранители ППНИ, дополнительные устройства модульной серии.
5	<b>Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций</b> (ауд. № 316, площадь – 58,2 м <sup>2</sup> ).	Оснащение: Парт 12, посадочных мест 24, стульев 29. Рабочее место преподавателя: стол 1 тумбовый, кресло, ноутбук Acer Aspire 7720G, подключение к сети «Интернет», выход в корпоративную сеть университета. Плазм. панель Panasonic TH-R42PV80, доска аудиторная. Комплект типового лабораторного оборудования "Электроэнергетика" (Модель одно-машинной электрической системы с комплексной нагрузкой) ЭЭ2-Н-С-К – 3 шт, в т.ч. 3 персональных компьютера. Комплект учебно-методической документации. Учебно-наглядные пособия в виде презентаций, информационные плакаты: силовые автоматические выключатели, трансформаторы тока, автоматические выключатели модульные, предохранители ППНИ, дополнительные устройства модульной серии.
6	<b>Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> (ауд. № 310 площадь – 54,0 м <sup>2</sup> ).	Оснащение: стол компьютерный 3650 - 14 шт., стол преподавателя с тумбой – 1 шт., стол сегментный на 15 посадочных мест, белая электронная доска Hitasni – 1 шт, магнито-маркерная доска – 1 шт, проектор Sanyo PLS – 1 шт., персональный компьютер Dell – 9 шт., персональный компьютер ARM IRU City – 7 шт,

### 13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

#### а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

#### в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;
- д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):**
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
  - по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и учебного плана по профилю «Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, и их объектов»

Автор



Доцент кафедры ЭиЭЭО,  
кандидат физико-математических  
наук, доцент, Ястребов С. С.

Рецензенты



Доцент кафедры ПЭЭСХ  
канд. техн. наук, доцент Антонов С.Н.

Доцент кафедры ПЭЭСХ  
канд. техн. наук, доцент Коноплев Е.В.

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» рассмотрена на заседании кафедры Электроснабжения и эксплуатации электрооборудования, протокол № 10 от «12» мая 2022 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профилю подготовки «Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, и их объектов»

Зав. кафедрой ЭиЭЭО, к.т.н., доцент



Шарипов И.К.

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии электроэнергетического факультета, протокол № 5 от «20» мая 2021 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профилю подготовки «Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, и их объектов»

Руководитель ОП



Зав. кафедрой ЭиЭЭО, к.т.н., доцент Шарипов И.К.

**Аннотация рабочей программы дисциплины**  
**«Переходные процессы в электроэнергетических системах»**  
 по подготовке обучающегося по программе бакалавриата/магистратуры/специалитета  
 по направлению подготовки

<b>13.03.02</b>	<b>Электроэнергетика и электротехника</b>
код	Наименование направления подготовки/специальности
	Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, и их объектов
	Профиль/магистерская программа/специализация
<b>Форма обучения – очная, заочная.</b>	
<b>Общая трудоемкость изучения дисциплины составляет 5 ЗЕТ, 180 час.</b>	
<b>Программой дисциплины предусмотрены следующие виды занятий</b>	<p><u>Очная форма обучения:</u> лекции – 36 ч. в том числе практическая подготовка 36 ч., лабораторные занятия – 36 ч. в том числе практическая подготовка 36 ч., самостоятельная работа – 72 ч., контроль 36 ч.</p> <p><u>Заочная форма обучения:</u> лекции – 8 ч. в том числе практическая подготовка 8 ч., лабораторные занятия – 8 ч. в том числе практическая подготовка 8 ч., самостоятельная работа – 155 ч, контроль – 9 ч.</p>
<b>Цель изучения дисциплины</b>	является освоение компетенций по расчёту и анализу электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических сетей.
<b>Место дисциплины в структуре ОП ВО</b>	Дисциплина Б1.В.08 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений программы бакалавриата
<b>Компетенции и индикатор (ы) достижения компетенций, формируемые в результате освоения дисциплины</b>	<p><b>Профессиональные компетенции(ПК):</b></p> <p>ПК-1.1 Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний</p> <p>ПК-1.2 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок в соответствующей области знаний</p> <p>ПК-1.3 Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ в соответствующей области знаний</p> <p>ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения</p> <p>ПК-2.2 Разработка проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства для которого предназначена система электроснабжения электроснабжения</p> <p>ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД</p> <p>ПК-2.4 Разработка проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов ПД</p>
<b>Знания, умения и навыки,</b>	Знания: целей и задач проводимых исследований и разработок

<p><b>получаемые в процессе изучения дисциплины</b></p>	<p>Умения: применять нормативную документацию в соответствующей области знаний  Трудовые действия: Сбор, обработка, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований  Знания: Отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований  Умения: применять методы проведения экспериментов  Трудовые действия: проведение экспериментов в соответствии с установленными полномочиями  Знания: методов и средств планирования и организации научных исследований и опытно-конструкторских разработок  Умения: оформлять проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ  Трудовые действия: Разработка проектов календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ  Знания: особенностей переходных процессов при различных схемах систем электроснабжения объектов капитального строительства  Умения: Осуществлять сбор, обработку и анализ справочной и реферативной информации по объекту капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения  Трудовые действия: Подготовка материалов для отчета по результатам обследования объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения  Знания: методик расчета переходных процессов для целей проектирования системы электроснабжения объекта капитального строительства  Умения: выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства  Трудовые действия: выбор оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства  Знания: правил проектирования системы электроснабжения объекта капитального строительства  Умения: проводить технико-экономическое сравнение вариантов реализации систем электроснабжения  Навыки:  реализации технико-экономического сравнения вариантов реализации систем электроснабжения  Знания:  Типовые проектные решения системы электроснабжения объекта капитального строительства  Умения:  составлять и рассчитывать параметры схем замещения  Трудовые действия: Разработка пояснительной записки на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства</p>
<p><b>Краткая характеристика учебной дисциплины</b></p>	<p>Основные понятия и определения  Переходный процесс в электроэнергетической системе при</p>

<b>(основные разделы и темы)</b>	трёхфазном коротком замыкании Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения Начальный момент внезапного нарушения режима
<b>Форма контроля</b>	<u>Очная форма обучения:</u> семестр 6 – экзамен, курсовая работа <u>Заочная форма обучения:</u> курс 3 – экзамен, курсовая работа,
<b>Автор(ы):</b>	Доцент кафедры ЭиЭЭО, кандидат физико-математических наук, доцент, Ястребов С. С. 