

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель ректора по развитию УП

Заведующий кафедрой

«Электроснабжение и электротехника»

_____ А.Н. Ярыгин

_____ В.В. Вахнина

« ____ » _____ 20 ____ г.

« ____ » _____ 20 ____ г.

Б1.В.08

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВО)

Электроснабжение

(направленность (профиль))

Форма обучения: заочная

Распределение часов дисциплины по курсам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	7						
Часов по РУП	252						
Виды контроля на курсах	Экзамены	Зачеты		Курсовые проекты	Курсовые работы	Контрольные работы (для заочной формы обучения)	
	3				3		
	№№ курса						
	1	2	3	4	5	6	Итого
ЗЕТ по курсам			7				7
Лекции			12				12
Лабораторные			4				4
Практические			8				8
Контактная работа			24				24
Сам. работа			219				219
Контроль			9				9
Итого			252				252

Тольятти, 2016

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВО)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Электроснабжение и электротехника» (протокол заседания № 2 от «23» сентября 2015 г.).



Рецензент

(должность, ученое звание, степень)

«__» _____ 20__ г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» декабря 2021 г.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического управления

«__» _____ 2016 г.

(подпись)

Л.Р. Хамидуллова
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.В.08 Электромагнитные и электромеханические переходные процессы
в электроэнергетических системах

(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – дать теоретические знания в области электромагнитных и электромеханических переходных процессов, а также практические навыки расчета параметров режимов коротких замыканий и обрывов фаз; оценки и анализа статической и динамической устойчивости в электроэнергетических системах.

Задачи:

1. Выработать навыки моделирования элементов систем электроснабжения (СЭС), составления и расчета схем замещения.
2. Научить проводить анализ режимов короткого замыкания (КЗ) в простейшей трехфазной системе, питаемой источником бесконечной мощности.
3. Научить применять практические методы расчёта переходных электромагнитных процессов, возникающих при трёхфазных КЗ на стороне ниже и выше 1 кВ.
4. Ознакомить с выбором электрооборудования предприятий и энергообъектов по условиям термической стойкости токам КЗ.
5. Научить проводить анализ и расчёт несимметричных режимов (КЗ и обрывов).
6. Ознакомить с теоретическим материалом по анализу и обеспечению статической устойчивости (СУ) ЭЭС с учетом эффекта явнополюсности синхронной машины и влияния системы регулирования возбуждения генераторов.
7. Научить проводить анализ влияния на СУ системы промежуточного подключения и элементов нагрузки ЭЭС.
8. Ознакомить с теоретическим материалом по анализу и обеспечению динамической устойчивости (ДУ) ЭЭС.

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические машины».

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Электрические станции и подстанции», «Системы электроснабжения промышленных предприятий», «Эксплуатация систем электроснабжения».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотносящиеся с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, ме-	Знать: физические основы электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах, системы единиц и схемы замещения ЭЭС, допущения и порядок расчёта переходных процессов

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
тоды анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	Уметь: составлять схемы замещения ЭЭС, рассчитывать параметры элементов и параметры аварийных режимов
	Владеть: методами расчета электромагнитных и электромеханических переходных процессов при аварийных режимах
- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)	Знать: основные законы электротехники
	Уметь: использовать основные законы электротехники при составлении и анализе электрических схем с целью расчёта переходных процессов
	Владеть: базовыми навыками моделирования электрических элементов для исследования различных электрофизических процессов
- способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)	Знать: технологии моделирования электрических элементов для исследования различных электрофизических процессов
	Уметь: обрабатывать, анализировать и представлять результаты измерений, оценивать достоверность решений, принимаемых по их результатам
	Владеть: навыками работы с лабораторными стендами и с информационной техникой

Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
1. Системы единиц и схемы замещения ЭЭС	1.1. Предмет и содержание дисциплины. Назначение расчетов коротких замыканий в ЭЭС. Основные допущения и расчётные условия. 1.2. Системы единиц – относительные и именованные. Вывод типовых формул. 1.3. Схемы замещения – правила составления. Преобразование схем замещения.
2. Анализ режимов трёхфазного короткого замыкания в ЭЭС	2.1. Анализ симметричного КЗ в цепи, питаемой источником бесконечной мощности. Полный ток КЗ и его составляющие. Ударный ток КЗ. 2.2. Расчет режимов КЗ с номинальным напряжением ниже 1 кВ. 2.3. Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Параметры синхронного генератора при разных режимах КЗ. Установившийся и сверхпереходный режим КЗ. 2.4. Влияние АРВ генераторов на режимы КЗ.
3. Практические методы расчета режимов трехфазного КЗ	3.1. Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта. 3.2. Выбор оборудования по стойкости к токам КЗ. 3.3 Практические методы расчёта трехфазных КЗ на стороне ниже 1 кВ.
4. Анализ несимметричных коротких замыканий	4.1 Виды несимметричных аварий. Метод симметричных составляющих для анализа НКЗ. 4.2. Схемы различных последовательностей и правила их построения. 4.3. Правило эквивалентности прямой последовательности. Сравнение тяжести КЗ. 4.4. Векторные диаграммы и комплексные схемы замещения для случаев НКЗ.
5. Практические методы расчета несимметричных КЗ	5.1. Метод расчетных кривых для случая НКЗ. Ударный ток НКЗ. НКЗ в сетях ниже 1000 В. Переходный процесс в нагрузках при несимметричных КЗ. 5.2. Метод расчета простого замыкания. Компенсированные сети.
6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий	6.1. Обрывы фаз и методы их расчета. Комплексные схемы замещения и векторные диаграммы при обрывах. 6.2. Сложные виды аварий – анализ и расчёт. 6.3. Программное обеспечение для анализа переходных процессов в ЭЭС.
7. Общие понятия об устойчивости ЭЭС	7.1. Общие понятия об устойчивости ЭЭС. 7.2. Основные допущения и расчётные условия. 7.3. Запас статической устойчивости (СУ) и их нормы. Назначение расчетов устойчивости ЭЭС.
8. Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	8.1. Векторная диаграмма электропередачи. Критерии статической устойчивости (СУ). Идеальный предел мощности. Предельный угол СУ. 8.2. Влияние эффекта явнополюсности синхронной машины на СУ. Векторная диаграмма, угловые характеристики явнополюсного генератора. 8.3. Виды и влияние АРВ синхронного генератора на СУ. Векторные диаграммы режима регулирования возбуждения.
9. Методы анализа динамической устойчивости ЭЭС и её элементов	9.1. Динамическая устойчивость (ДУ) электростанции, работающей на шины бесконечной мощности. Отключение цепи двухцепной линии. Правило площадей. Запас ДУ.

Раздел, модуль	Подраздел, тема
	9.2. Схемы замещения при коротком замыкании. Аварийные угловые характеристики. Предельный угол отключения аварии. 9.3. Динамическая устойчивость узлов нагрузки. Пуск СД и АД. Наброс нагрузки на СД и АД. Самозапуск АД и СД.
10. Методы сохранения устойчивости сложных ЭЭС	10.1. Средства повышения устойчивости ЭЭС. АПВ линий. АРВ и форсировка возбуждения генераторов. Регулирование мощности турбин. Системная автоматика – отключение части генераторов, электрическое торможение, частотная разгрузка, деление системы. 10.2. Системные аварии и их последствия. Лавинные процессы – меры предотвращения и ликвидация последствий.

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 7 ЗЕТ.

Разработчик программы:

доцент, доцент, к.т.н.

В.Н. Кузнецов

4. Структура и содержание дисциплины Электромагнитные и электромеханические переходные процессы

в электроэнергетических системах

(наименование дисциплины (учебного курса))

Курс изучения: **3**

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах				Формы организа- ции самостоятель- ной работы
		лекций	лабораторных	практических							
1. Системы еди- ниц и схемы за- мещения ЭЭС	1.1. Предмет и содер- жание дисциплины. Назначение расчетов коротких замыканий в ЭЭС. Основные до- пущения и расчётные условия. 1.2. Системы единиц – относительные и име- нованные. Вывод ти- повых формул. 1.3. Схемы замещения – правила составле- ния. Преобразование схем замещения.	1		1		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	20	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
2. Анализ режи- мов трёхфазного короткого замы- кания в ЭЭС	2.1. Анализ симмет- ричного КЗ в цепи, питаемой источником бесконечной мощно- сти. Полный ток КЗ и его составляющие. Ударный ток КЗ. 2.2. Расчет режимов КЗ с номинальным	2	1	1		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция; групповые лабо- раторные занятия, практическое за- нятие в групповой форме	33	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к лабо- раторным занятиям. Подготовка к прак-	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала; выпол- нение и защита лабораторных работ	№ 1,2(осн) 1-3(доп)

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах				Формы организа- ции самостоятель- ной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	напряжением ниже 1 кВ. 2.3. Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Параметры синхронного генератора при разных режимах КЗ. Установившийся и сверхпереходный режим КЗ. 2.4. Влияние АРВ генераторов на режимы КЗ.							тическим занятиям			
3. Практические методы расчета режимов трехфазного КЗ	3.1. Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта. 3.2. Выбор оборудования по стойкости к токам КЗ. 3.3 Практические методы расчёта трехфазных КЗ на стороне ниже 1 кВ.	1	1	1		Проблемная лекция, информационная лекция; групповые лабораторные занятия, практическое занятие в групповой форме	24	Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к практическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и проверка усвоения материала; выполнение и защита лабораторных работ	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
4. Анализ несимметричных коротких замыканий	4.1 Виды несимметричных аварий. Метод симметричных составляющих для анализа НКЗ.	2	1	1		Проблемная лекция, информационная лекция; групповые лабораторные занятия,	24	Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве-	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и проверка усвоения материала; выпол-	№ 1,2(осн) 1-3(доп)

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах				Формы организа- ции самостоятель- ной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	4.2. Схемы различных последовательностей и правила их построения. 4.3. Правило эквивалентности прямой последовательности. Сравнение тяжести КЗ. 4.4. Векторные диаграммы и комплексные схемы замещения для случаев НКЗ.					практическое за- нятие в групповой форме		тов на вопросы. Подготовка к лабо- раторным занятиям. Подготовка к прак- тическим занятиям		нение и защита лабораторных работ	
5. Практические методы расчета несимметричных КЗ	5.1. Метод расчетных кривых для случая НКЗ. Ударный ток НКЗ. НКЗ в сетях ниже 1000 В. Переходный процесс в нагрузках при несимметричных КЗ. 5.2. Метод расчета простого замыкания. Компенсированные сети.	1	1	1		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция; групповые лабо- раторные занятия, практическое за- нятие в групповой форме	24	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к лабо- раторным занятиям. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала; выпол- нение и защита лабораторных работ	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий	6.1. Обрывы фаз и методы их расчета. Комплексные схемы замещения и вектор-	1		1		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция; групповые лабо-	24	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма-	№ 1,2(осн) 1-3(доп)

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах	Формы организа- ции самостоятель- ной работы			
		лекций	лабораторных	практических							
	ные диаграммы при обрывах. 6.2. Сложные виды аварий – анализ и рас- чёт. 6.3. Программное обеспечение для ана- лиза переходных про- цессов в ЭЭС.					раторные занятия, практическое за- нятие в групповой форме		с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к лабо- раторным занятиям. Подготовка к прак- тическим занятиям		териала; выпол- нение и защита лабораторных работ	
7. Общие понятия об устойчивости ЭЭС	7.1. Общие понятия об устойчивости ЭЭС. 7.2. Основные допу- щения и расчётные условия. 7.3. Запас статической устойчивости (СУ) и их нормы. Назначение расчетов устойчиво- сти ЭЭС.	1		0,5		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	18	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
8. Методы анали- за статической устойчивости ЭЭС	8.1. Векторная диа- грамма электропере- дачи. Критерии стати- ческой устойчивости (СУ). Идеальный пред- ельный угол СУ. 8.2. Влияние эффекта явнополюсности син- хронной машины на	1		0,5		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	18	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1,2(осн) 1-3(доп)

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах				Формы организа- ции самостоятель- ной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	СУ. Векторная диа- грамма, угловые ха- рактеристики явнопо- люсного генератора. 8.3. Виды и влияние АРВ синхронного генератора на СУ. Векторные диаграммы режима регулирова- ния возбуждения.										
9. Методы анали- за динамической устойчивости ЭЭС и её элемен- тов	9.1. Динамическая устойчивость (ДУ) электростанции, рабо- тающей на шины бес- конечной мощности. Отключение цепи двухцепной линии. Правило площадей. Запас ДУ. 9.2. Схемы замещения при коротком замы- кании. Аварийные угловые характери- стики. Предельный угол отключения ава- рии. 9.3. Динамическая устойчивость узлов нагрузки. Пуск СД и	1		1		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	18	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1,2(осн) 1-3(доп)

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходимые материально- технические ресурсы	Формы теку- щего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведе- ния лекций, ла- бораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие приме- няемую образо- вательную тех- нологию	в ча- сах	Формы организа- ции самостоятель- ной работы			
		лекций	лабораторных	практических							
	АД. Наброс нагрузки на СД и АД. Самоза- пуск АД и СД.										
10. Методы со- хранения устой- чивости сложных ЭЭС	10.1. Средства повы- шения устойчивости ЭЭС. АПВ линий. АРВ и форсировка возбуждения генера- торов. Регулирование мощности турбин. Системная автоматика – отключение части генераторов, электри- ческое торможение, частотная разгрузка, деление системы. 10.2. Системные ава- рии и их последствия. Лавинные процессы – меры предотвращения и ликвидация послед- ствий.	1				Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	16	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
Итого:		12	4	8			219				
		252									

5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки
Устный опрос	Необходимо посещение лекционных, лабораторных и практических занятий. Для допуска к лабораторной работе необходимо ответить не менее, чем на 80% вопросов к лабораторной работе.	Посещаемость более 50% лекционных и практических занятий
Оценка решения практических работ		Правильно выполненное задание – 1; Неправильно выполненное задание - 0
Проверка подготовки к лабораторным работам и их защита		Студент защитил лабораторную работу – 1; Студент не защитил лабораторную работу - 0.

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Экзамен	Для допуска к экзамену необходимо выполнение всех форм текущего контроля	«отлично»	Студент обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; при ответе продемонстрировал исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение; правильно сформулировал понятия и закономерности по вопросу; решил полностью практическую задачу.
		«хорошо»	Студент обладает достаточно полным знанием программного материала; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности в формулировании понятий; правильно применены теоретические положения, подтвержденные примерами; решил с некоторой неточностью практическую задачу.
		«удовлетворительно»	Студент имеет общие знания основного материала без усвоения некоторых существенных положений; формулирует основные понятия с некоторой неточностью; затрудняется в приведении примеров, подтверждающих теоретические положения, решил с некоторой неточностью практическую задачу.
		«неудовлетворительно»	Студент не знает значительную часть программного материала; допустил существенные ошибки в процессе изложения; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения, не решил практическую задачу

6. Критерии и нормы оценки курсовых работ

«отлично»	Сформулированные цель и задачи работы реализованы полностью. Операции, продемонстрированные студентом в процессе выполнения курсовой работы, оценены на «отлично». Успешная защита выполненной работы. Студент полно и правильно отвечает на дополнительные вопросы по теме работы. Курсовая работа грамотно оформлена, имеет четкую структуру.
«хорошо»	Сформулированные цель и задачи работы реализованы почти полностью. Операции, продемонстрированные студентом в процессе выполнения курсовой работы, оценены на «хорошо». Достаточно успешная защита выполненной работы. Студент правильно отвечает на дополнительные вопросы по теме работы. Курсовая работа грамотно оформлена, имеет четкую структуру.
«удовлетворительно»	Сформулированные цель и задачи работы реализованы в значительной степени. Операции, продемонстрированные студентом в процессе выполнения курсовой работы, оценены на «удовлетворительно». Удовлетворительная защита выполненной работы. Студент правильно отвечает почти на все дополнительные вопросы по теме работы. Курсовая работа достаточно грамотно оформлена (встречаются незначительные ошибки), имеет четкую структуру.
«неудовлетворительно»	Сформулированные цель и задачи работы в значительной степени не реализованы. Операции, продемонстрированные студентом в процессе выполнения курсовой работы, оценены на «неудовлетворительно». Неудовлетворительная защита выполненной работы. Студент не может ответить на дополнительные вопросы по теме работы. Курсовая работа оформлена неграмотно.

7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Тема курсовой работы: **«Расчет электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах»**. Выполняется по вариантам.

8. Вопросы к экзамену

№ п/п	Вопросы
1.	Проблема переходных процессов (ПП) в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные виды, особенности и влияние переходных процессов в ЭЭС.
2.	Электромагнитный переходный процесс в ЭЭС. Причины возникновения и следствия. Назначения расчетов ПП. Основные допущения. Расчетные условия.
3.	Понятия о системах единиц – именованные и относительные. Вывод типовых формул для расчетов режимов КЗ с номинальным напряжением ниже 1 кВ.
4.	Схемы замещения отдельных элементов ЭЭС. Построение и преобразование результирующей схемы замещения (КЗ на стороне ниже 1 кВ). Учет коэффициентов трансформации
5.	Использование системы относительных единиц в расчетах переходных процессов. Вывод типовых формулы для расчетов режимов КЗ с напряжением выше 1 кВ.
6.	Преобразование схем замещения. Свертывание и развертывание расчетных схем. Типовые формулы. Упрощающие приемы. Ток КЗ свернутой схемы.
7.	Трехфазное КЗ в неразветвленной трехфазной цепи, питаемой шиной бесконечной мощности. Векторная диаграмма и система уравнений. Вынужденная и свободная составляющие тока трехфазного КЗ.
8.	Апериодическая слагающая тока КЗ, ее начальное значение, постоянная времени затухания. Сверхпереходный ток КЗ. Ударный ток КЗ – типовая формула
9.	Полный ток трехфазного КЗ, его мгновенное и действующее значения. Действующее значения сверхпереходного и установившегося тока.
10.	Эквивалентная постоянная времени затухания апериодических слагающих трехфазного тока КЗ. Методы их точного и приближенного расчета.
11.	Синхронный генератор (СГ): основные характеристики и векторная диаграмма. Синхронный генератор в первый момент трехфазного КЗ.
12.	Синхронные, переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления. Сверхпереходный режим КЗ - схема замещения и векторные диаграммы.
13.	Установившийся режим трехфазного КЗ синхронного генератора. Его параметры, векторная диаграмма и схема замещения.
14.	Влияние АРВ на режим установившегося КЗ. Основные виды АРВ генератора. Переходный процесс в синхронном генераторе при трехфазном КЗ.
15.	Апериодическая слагающая тока трехфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Постоянная времени ее затухания. Ударный ток КЗ.
16.	Элементы нагрузки ЭЭС и систем электроснабжения. Их влияние на ПП при трехфазном КЗ. Обобщенная нагрузка – характеристики и учет.
17.	Расчет сверхпереходного, ударного и установившегося тока трехфазного КЗ от обобщенной нагрузки. Учет составляющих тока КЗ во времени.
18.	Метод расчетных кривых – основные допущения. Методика расчета переходного процесса при трехфазных КЗ в разветвленных сетях выше 1 кВ.
19.	Расчёт ударных токов КЗ в разветвленных цепях ЭЭС с номинальным напряжением выше 1 кВ (по методу расчетных кривых).
20.	Расчет сверхпереходных и ударных токов трехфазного КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ.
21.	Расчет полного тока КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ. Тепловой спад тока. Ударный ток КЗ. Учет подпитки от мелких АД.
22.	Классификация несимметричных КЗ и аварий Основные допущения и расчетные условия, применяемые при расчетах несимметричных КЗ.

23.	Использование метода симметричных составляющих для анализа несимметричных КЗ. Установившийся и сверхпереходный режимы несимметричного КЗ.
24.	Параметры воздушных и кабельных линий для токов различных последовательностей.
25.	Параметры нагрузки ЭЭС для токов различных последовательностей при несимметричном КЗ
26.	Схемы прямой и обратной последовательностей Правила построения
27.	Правила построения схемы нулевой последовательности
28.	Влияние конструкции магнитопровода двухобмоточных трансформаторов на схемы нулевой последовательности.
29.	Влияние групп соединения двухобмоточных трансформаторов на схемы нулевой последовательности.
30.	Автотрансформаторы и трехобмоточные трансформаторы в схеме нулевой последовательности
31.	Комплексные схемы замещения несимметричных КЗ и их назначение в практических расчетах. Неметаллические НКЗ.
32.	Однофазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма
33.	Двухфазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма
34.	Двухфазное КЗ на землю. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма
35.	Правило эквивалентности прямой последовательности. Типовые формулы для расчета НКЗ различных видов
36.	Сравнение видов КЗ по тяжести. Коэффициент тяжести аварии.
37.	Расчет переходного процесса НКЗ во времени. Метод расчетных кривых – алгоритм расчёта и особенности его применения при НКЗ
38.	Однофазное КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Векторная диаграмма и схема замещения. Емкостной ток и его компенсация
39.	Расчет однофазного КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Критический ток простого КЗ. Режимы перекомпенсации и недокомпенсации.
40.	Виды продольной несимметрии. Правило эквивалентности прямой последовательности для продольной несимметрии. Расчетные выражения
41.	Обрыв одной фазы. Векторные диаграммы. Граничные условия. Применение метода симметричных составляющих. Расчет
42.	Обрыв двух фаз. Векторные диаграммы и граничные условия. Применение метода симметричных составляющих.
43.	Комплексные схемы замещения и их использование для расчета продольной несимметрии.
44.	Современные методы расчетов переходных режимов в ЭЭС. Использование промышленных программных пакетов для расчета и анализа КЗ и других аварий
45.	Статическая и динамическая устойчивость.
46.	Электромеханический переходный процесс в ЭЭС. Причины возникновения и следствия. Назначения расчетов таких ПП. Основные допущения.
47.	Статическая устойчивость (СУ) ЭЭС. Практические критерии СУ. Практическая устойчивость.
48.	Сверхпереходные и синхронные параметры СГ. Векторная диаграмма и угловая

	характеристика нормального режима явнополюсного генератора.
49.	Угловые характеристики СГ при замещении его сверхпереходными параметрами. Предельный угол по условиям сохранения СУ.
50.	Виды и влияние АРВ синхронного генератора на СУ. Регуляторы сильного и пропорционального действия.
51.	Понятие о статической устойчивости и неустойчивости нагрузки. Действительный предел мощности. Критерии устойчивости нагрузки.
52.	Динамическая устойчивость (ДУ) электропередачи. Отключение и включение цепи двухцепной линии. Правило площадей. Запас ДУ.
53.	Аварийные угловые характеристики. Правило площадей для случая трёхфазного КЗ. Сравнение тяжести аварий.
54.	Предельный угол выбега ротора генератора. Предельный угол отключения аварии. Вывод расчетной формулы.
55.	Динамические характеристики нагрузки. Динамическая устойчивость синхронной нагрузки. АРВ синхронного двигателя.
56.	Пуск СД. Групповой выбег синхронных и асинхронных двигателей. Анализ влияния на динамическую устойчивость ЭЭС.
57.	ДУ асинхронной нагрузки. Пуск АД. Влияние внешнего сопротивления на режим пуска двигателя.
58.	Наброс нагрузки на СД и АД. Толчкообразная нагрузка ЭЭС и её влияние на динамическую устойчивость ЭЭС.
59.	АРВ и форсировка возбуждения генераторов – влияние на динамическую устойчивость ЭЭС.
60.	Сложные системные аварии, их последствия и меры предотвращения. Примеры протекания аварий в РФ и мире.

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1.	1. Системы единиц и схемы замещения ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
2.	2. Анализ режимов трёхфазного короткого замыкания в ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
3.	3. Практические методы расчета режимов трехфазного КЗ	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
4.	4. Анализ несимметричных коротких замыканий	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
5.	5. Практические методы расчета несимметричных КЗ	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
6.	6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач. Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение курсовой работы.
7.	7. Общие понятия об устойчивости ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач.
8.	8. Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач.
9.	9. Методы анализа динамической устойчивости ЭЭС и её элементов	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач.
10.	10. Методы сохранения устойчивости сложных ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Решение задач.
11.	Итоговое тестирование через Центр тестирования	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

9.2.1. Лабораторные занятия

Лабораторная работа № 1. Расчет трехфазного КЗ на стороне ниже 1000 В (в цепи, питаемой источником бесконечной мощности).

Лабораторная работа № 2. Расчет трехфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Расчет трехфазного КЗ в сложной схеме ЭЭС. Метод расчетных кривых.

Лабораторная работа № 3. Расчет несимметричных аварий в ЭЭС, питаемой источником конечной мощности. Метод симметричных составляющих. Построение комплексной схемы замещения НКЗ и обрывов.

Лабораторная работа № 4. Моделирование и анализ переходных процессов для случая трехфазного КЗ на стороне ниже 1000 В.

Лабораторная работа № 5. Моделирование и анализ переходных процессов для случая несимметричных КЗ в ЭЭС. Построение векторных диаграмм НКЗ и обрывов.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент выполнил и защитил лабораторную работу;
- оценка «не зачтено» - если студент не выполнил и не защитил лабораторную работу.

9.2.2. Опрос на лабораторных занятиях по теоретическому материалу

Контрольные вопросы:

- 1.1. Как привести к базисной ступени сопротивление питающей сети?
- 1.2. Как привести к базисной ступени сопротивление линии?
- 1.3. Как рассчитать приведенное к базисной ступени реактивное сопротивление трансформатора?
- 1.4. Как рассчитать приведенное к базисной ступени активное сопротивление трансформатора?
- 1.5. Какие элементы аварийной цепи определяют, в основном, величину тока КЗ?
- 1.6. Опишите порядок вывода типовых формул для расчета токов КЗ на стороне ниже 1000В.

- 1.7. Приведите алгоритм расчета трехфазных токов КЗ на стороне ниже 1000В.
- 2.1. Сверхпереходный ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?
- 2.2. Переходный ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?
- 2.3. Установившийся ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?
- 2.4. Какие паспортные параметры описывают синхронный генератор?
- 2.5. Почему генератор замещается сопротивлением по продольной оси?
- 2.6. Как влияет АРВ генератора на характер переходного процесса при КЗ?
- 2.7. Как изменяется $I_{nk}=f(T)$ по мере удаления точки КЗ. от источника питания?
- 2.8. Дайте определение ударному току КЗ, от каких параметров схемы он зависит?
- 3.1. В чем суть метода симметричных составляющих? Какой порядок чередование фаз в системах прямой, обратной и нулевой последовательностей?
- 3.2. Как по известным симметричным составляющим фазы "А" построить векторные диаграммы токов и напряжения во всех фазах при НКЗ?
- 3.3. Как строятся схемы прямой, обратной и нулевой последовательностей при НКЗ?
- 3.4. Какими параметрами замещаются генератор для схем различных последовательностей?
- 3.5. Как замещаются параметры линий (ВЛ и КЛ) для схем различных последовательностей?
- 3.6. Какими параметрами замещены двухобмоточные трансформаторы в схемах нулевой последовательности в зависимости от точки КЗ. Почему?
- 3.7. Как оказывает влияние на схему нулевой последовательности автотрансформатор, трехобмоточный трансформатор? Укажите на схеме.
- 3.8. Правило эквивалентности прямой последовательности. Что такое «добавочное сопротивление»? Что характеризует коэффициент $m(n)$?
- 3.9. Правило эквивалентности тока прямой последовательности. Укажите расчетные формулы.
- 4.1. Как изменяется во времени слагающие тока КЗ при питании аварийной схемы источником бесконечной мощности?

- 4.2. Какие элементы аварийной цепи определяют в основном величину тока КЗ на стороне ниже 1000 В?
- 4.3. Амплитудное, мгновенное и действующие токи КЗ. Дайте определения.
- 4.4. Чем отличаются расчётные условия от допущений при анализе аварий в СЭС?
- 4.5. Чем обусловлено затухание периодической составляющей тока КЗ во времени (тепловой спад тока)?
- 4.6. Опишите понятие "источник бесконечной мощности (неизменного питания)".
- 5.1. Основные виды несимметричных нарушений нормальной работы и особенности их расчета?
- 5.2. Отличия расчетов несимметричного КЗ в сети напряжением выше 1000 В от несимметричного КЗ в сети напряжением ниже 1000 В?
- 5.3. Как по известным симметричным составляющим фазы "А" построить векторные диаграммы токов и напряжения во всех фазах при НКЗ?
- 5.4. Как влияет режим нейтрали двухобмоточных трансформаторов на сопротивления схемы нулевой последовательности?
- 5.5. Токи простых КЗ. В чём опасность токов простых КЗ? Порядок расчета и методы ограничения.
- 5.6. Продольная несимметрия. Как её моделируют и рассчитывают?
- 5.7. Почему сопротивление линии электропередачи для тока нулевой последовательности больше, чем для прямой? Что оказывает влияние на него?
- 5.8. Как влияют автотрансформаторы на суммарное сопротивление схемы нулевой последовательности?

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину контрольных вопросов;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше контрольных вопросов.

9.2.3. Задачи для контрольных работ:

1. Типовые формулы.

- 1.1. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в именованных единицах.
- 1.2. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в относительных единицах, при известных U_n , S_n .

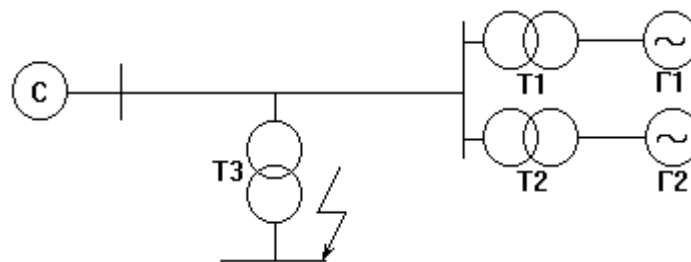
1.3. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в относительных единицах, при известных U_n , I_n .

1.4. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в % к номиналу, при известных U_n , S_n .

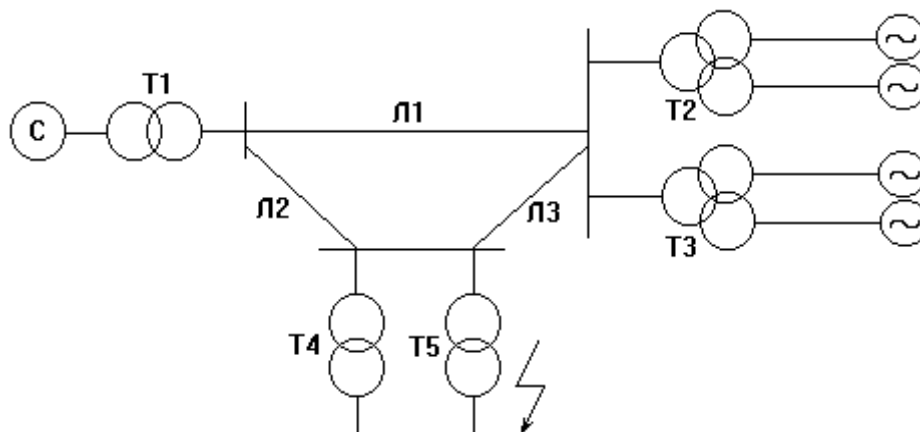
1.5. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в % к номиналу, при известных U_n , I_n .

2. Расчёт трёхфазных токов короткого замыкания от шин бесконечной мощности.

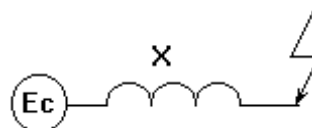
2.1. Построить и преобразовать к удобному для расчёта тока трёхфазного к.з. виду расчётную схему (нарисовать схему).



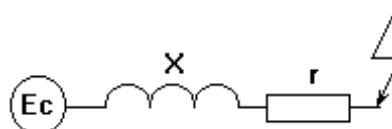
2.2. Построить расчётную схему и преобразовать её к виду, удобному для расчёта токов трехфазного к.з.



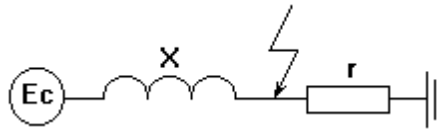
2.3. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з. если доаварийный режим - холостой ход, $E_{cm}=1$, $x=1$, для $\alpha=0$ и $\pi/2$.



2.4. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_c=\sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\alpha=0$ и $\alpha=\pi/2$.

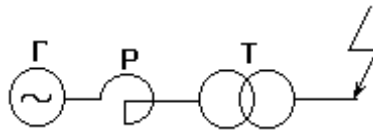


2.5. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_{cm} = \sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\alpha = -\pi/4$ и $\alpha = \pi/4$.



3. Расчёт трёхфазных коротких замыканий от источников конечной мощности.

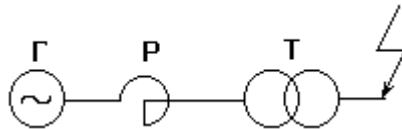
3.1. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры элементов схемы:

<u>Г</u>	<u>Р</u>	<u>Т</u>
$S_H = 50 \text{ MVA}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$I_H = 3 \text{ кА}$	$S_H = 100 \text{ MVA}$
$x''_d = 0.20$	$x_p = 15\%$	$u_K = 0.1$

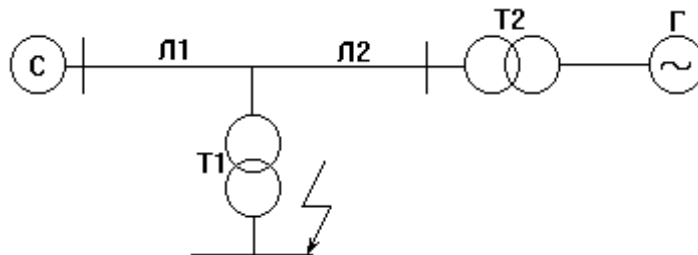
3.2. Методом расчётных кривых определить переходный процесс в точке к.з. при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

<u>Г</u>	<u>Р</u>	<u>Т</u>
ТГ с АРВ	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$
$x''_d = 0,144$	$I_H = 10 \text{ кА}$	$u_K = 10 \%$
$S_H = 100 \text{ MVA}$	$x_p = 10\%$	$S_H = 100 \text{ MVA}$

3.3. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток в точке двухфазного к.з. в схеме:



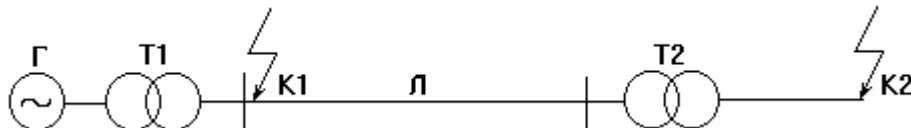
Параметры схемы:

<u>С</u>	<u>Л</u>	<u>Т1</u>	<u>Т2</u>	<u>Г</u>
$x_C = 0$	$X_0 = 0.45 \text{ Ом/км}$	$110/10 \text{ кВ}$	$100/35 \text{ кВ}$	$P_H = 80 \text{ МВт}$
	$\ell_1 = 40 \text{ км}$	$S_H = 100 \text{ MVA}$	$S_H = 10 \text{ MVA}$	$\cos \varphi_H = 0.80$

$$\ell_2 = 60 \text{ км} \quad u_K = 10\% \quad u_K = 6\% \quad x''_d = 0.15$$

$$U_H = 110 \text{ кВ}$$

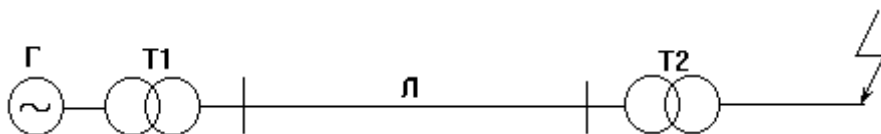
3.4. Определить сверхпереходный и установившийся ток трёхфазного к.з. в точке к.з. схемы при наличии и отсутствии АРВ.



Параметры схемы:

Г	Т1	Т2	Л
$S_H = 100 \text{ МВА}$	$U_1/U_2 = 110/220 \text{ кВ}$	$U_1/U_2 = 220/35 \text{ кВ}$	$X_0 = 0.50 \text{ Ом/км}$
$x''_d = 0.200$	$u_K = 5\%$	$u_K = 10\%$	$\ell = 106 \text{ км}$
$x_d = 1.0$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$S_H = 10 \text{ МВА}$	$U_H = 220 \text{ кВ}$
$U_H = 10 \text{ кВ}$			
АРВ К=3			

3.5. Методом расчётных кривых определить переходный процесс во времени при 3-фазном к.з. в схеме (для точки к.з.):

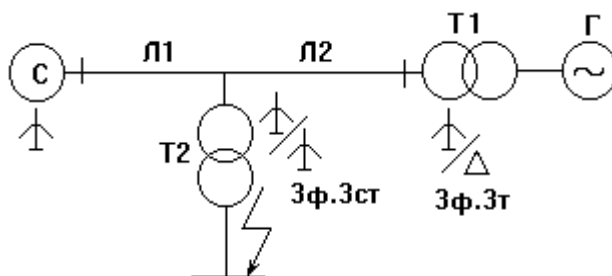


Параметры схемы:

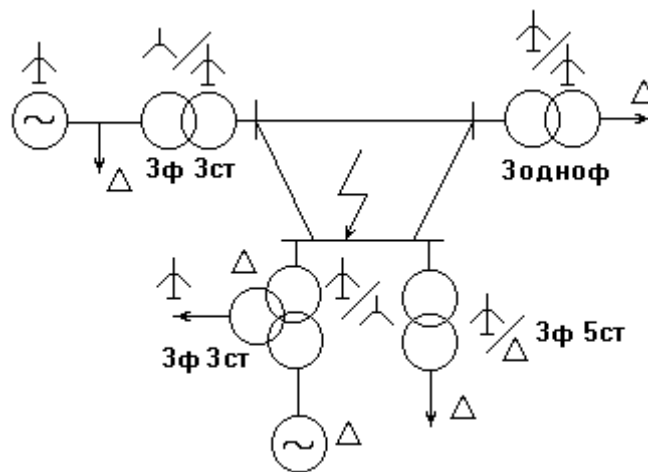
Г	Т1	Т2	Л
$S_H = 50 \text{ МВА}$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$	$U_1/U_2 = 110/35 \text{ кВ}$	$X_0 = 0.40 \text{ Ом/км}$
$x''_d = 0.200$	$u_K = 8\%$	$u_K = 8\%$	$\ell = 50 \text{ км}$
ГТ с демпф.	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$U_H = 110 \text{ кВ}$
АРВ - есть			

4. Расчёт несимметричных коротких замыканий.

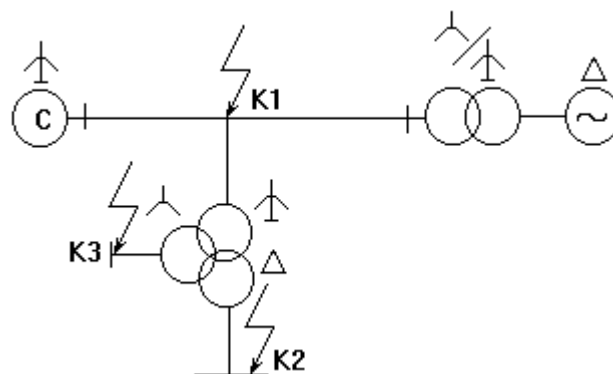
4.1. Построить схемы прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов $t = 0$ и $t = \infty$ (АРВ нет).



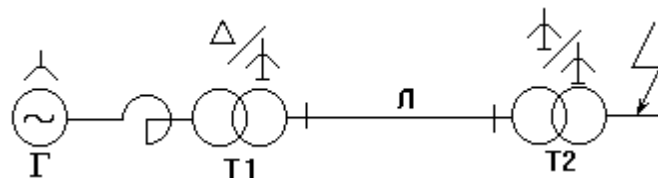
4.2. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



4.3. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



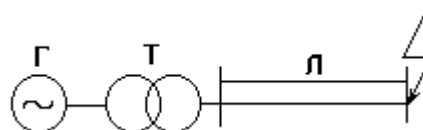
4.4. Рассчитать сверхпереходный и установившийся ток в точке к.з. при однофазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

Г	Р	Т1	Т2	Л
$S_H=100 \text{ МВА}$	$U_H=10 \text{ кВ}$	$10/110 \text{ кВ}$	$10/110 \text{ кВ}$	$U_H=110 \text{ кВ}$
$x_d''=0,10$	$I_H=10 \text{ кА}$	$u_K=10 \%$	$u_K=10 \%$	$X_0=0,4 \text{ Ом/км}$
АРВ - нет	$x_p=5 \%$	$S_H=100 \text{ МВА}$	$S_H=100 \text{ МВА}$	$\ell=50 \text{ км}$
$x_d=2,00$				$X_{0(0)}=1,2 \text{ Ом/км}$

4.5. Рассчитать сверхпереходный ток в точке к.з. при 2-фазном к.з. в схеме:



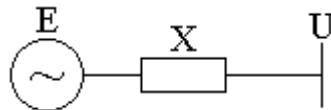
Параметры схемы:

Г	Т	Л
---	---	---

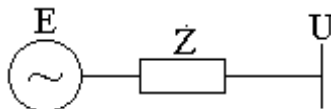
$P_H = 80 \text{ МВА}$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	2 цепи	$X_0 = 0.45 \text{ Ом/км}$
$\cos \varphi_H = 0.80$	$u_K = 10 \%$	$U_H = 110 \text{ кВ}$	$\ell = 60 \text{ км}$
$x''_d = 0.150$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$		

5. Угловые характеристики.

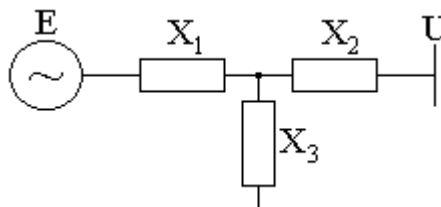
2.1. В схеме $E=2$; $U=1$; $X=1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? С каким углом он работает? Каков запас его устойчивости?



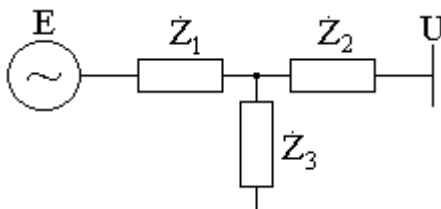
2.2. В схеме $E=2$; $U=2$; $Z=1+j1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, работающий с углом $\delta_0 = 75^\circ$? Какую мощность он передает? Каков запас его устойчивости?



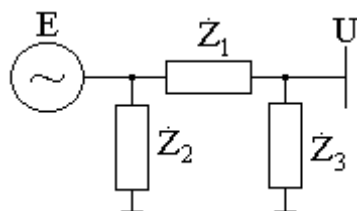
2.3. В схеме $X_1 = X_2 = X_3 = 1$; $E=2$; $U=1.5$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? Каков запас его устойчивости?



2.4. В схеме $E=1$; $U=1$; $Z_1 = j1$ – индуктивность; $Z_2 = -j1$ – ёмкость; $Z_3 = 1$ – активное сопротивление. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, работающий с углом $\delta_0 = 120^\circ$? Какую мощность он передает? Каков запас его статической устойчивости?



2.5. В схеме $E=1$; $U=1$; $Z_1 = j1$ – индуктивность; $Z_2 = 1$ – активное сопротивление; $Z_3 = 1$ – активное сопротивление. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Какой угол имеет генератор, передающий мощность $P_0 = 2$?



10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Устойчивость систем электроснабжения», используются технологии традиционного обучения:

- лекции;
- лабораторные занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала;
- индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам курса;
- выполнение лабораторных заданий, которые позволяют приобрести практические знания и навыки решения заданий и работы с нормативной, методической, научно-технической и справочной литературой;
- выполнение курсовой работы;
- проведение семинара с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает изучение теоретического материала и подготовку к лабораторным работам.

**11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
(учеб-ного курса)
11.1. Обязательная литература**

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное посо- бие, учебно- методическое пособие, прак- тикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Вахнина В. В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с. : ил. - Библиогр.: с. 35. - Прил.: с. 36-46. - ISBN 978-5-8259-0915-8.	Учебно- методическое пособие	Репозиторий ТГУ
2	Сазыкин В. Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учебник / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков. - Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. - 263 с. - ISBN 978-5-4486-0027-2	Учебник	ЭБС "IPRbooks"

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

(подпись)

А.М. Асаева

(И.О. Фамилия)

«__» _____ 20__ г.

МП

11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное посо- бие, учебно- методическое пособие, прак- тикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Сенько В. В. Электромеханические переходные процессы. Динамическая устойчивость [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Сенько ; ТГУ ; Электротехн. фак. ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - 2-е изд. ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2011. - 43 с. : ил. - Библиогр.: с. 42.	Учебное пособие	Репозиторий ТГУ
2	Пилипенко В. Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ре-	Учебно- методическое пособие	ЭБС "IPRbooks"

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное посо- бие, учебно- методическое пособие, прак- тикум и др.)	Количество в библиотеке
	курс] : учеб.-метод. пособие / В. Т. Пилипенко ; Оренбургский государственный университет. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 124 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. - Прил.: с. 113-124. - ISBN 978-5-7782-2575-6		
3	Хрущев Ю. В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. В. Хрущев, К. И. За- подовников, А. Ю. Юшков ; Томский политехни- ческий университет. - Томск : ТПУ, 2012. - 153 с. - ISBN 978-5-4387-0125-5	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"

11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно
3	Специальное программное обеспечение к лабораторным стендам	2	Договор № 61935138 от 28.05.2012г., срок действия - бессрочно

11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м²	Количество посадочных мест
1.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых	Проектор, экран; стол ученический (моноблок) двухместный, стол ученический (моноблок) трехместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 19а, 2 этаж, (Э-211)	49,5	48

№ п/п	Наименование оборудо- ванных учебных кабин- етов, лабораторий, мастер- ских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, ма- стерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	и индивидуальных кон- сультаций. Учебная ауди- тория для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.				
2.	Лаборатория "Моделиро- вание электрических си- стем. Внутриводское электрообеспечение и режи- мы". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учеб- ная аудитория для курсово- го проектирования (выпол- нения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консуль- таций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и про- межуточной аттестации.	Экран, столы ученические двухместные (моноблок), стол преподавательский, стул преподавательский, доска (маркерная), ком- плект типового лабора- торного оборудования, ПК.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 2, 2 этаж, (Э-210)	52	20
3	Компьютерный класс. По- мещение для самостоя- тельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых ра- бот). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных кон- сультаций. Учебная ауди- тория для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.	Стол ученические, сту- лья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская область, г. Тольятти, Центральный р-н, ул. Белорусская, д.14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16