

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

«__» _____ 20__ 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 и основы электропривода».

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), соотнесенные 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		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультаций преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях	18	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, выполнение разделов курсовой работы	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 1 Проверка выполнения разделов курсовой работы	№ 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							
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 напряжением ниже 1 кВ. 2.3. Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой ис- точником конечной мощности. Парамет- ры синхронного гене- ратора при разных режимах КЗ. Устано- вившийся и сверхпе- реходный режим КЗ. 2.4. Влияние АРВ ге- нераторов на режимы КЗ.	2		1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях	30	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, выполнение разделов курсовой работы	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 2 Проверка выполнения разделов курсовой работы	№ 1,2(осн) 1-3(доп)
3. Практические методы расчета режимов трехфаз- ного КЗ	3.1. Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта. 3.2. Выбор оборудо- вания по стойкости к	1	2	1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на	24	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо	Тест. Расчетная работа 2. Отчет по лабораторной работе	№ 1,2(осн)

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							
	токам КЗ. 3.3 Практические ме- тоды расчёта трех- фазных КЗ на стороне ниже 1 кВ.					форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях. Выпол- нение лаборатор- ных работ с кон- сультацией пре- подавателя на форуме и через комментарии в заданиях		тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, анализ текущей успеваемости при помощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние лабораторных заданий, выполнение разделов курсовой работы	смартфон. LMS-система на основе Moodle, парк виртуальных рабочих сто- лов с пред- установлен- ными лабора- торными ра- ботами, для студента: ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Проверка выполнения разделов курсовой работы	

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. Анализ несим- метричных ко- ротких замыка- ний	4.1 Виды несиммет- ричных аварий. Метод симметричных со- ставляющих для ана- лиза НКЗ. 4.2. Схемы различных последовательностей и правила их построе- ния. 4.3. Правило эквива- лентности прямой последовательности. Сравнение тяжести КЗ. 4.4. Векторные диа- граммы и комплекс- ные схемы замещения для случаев НКЗ.	2		1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях	24	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, выполнение разделов курсовой работы	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 3 Проверка выполнения разделов курсовой работы	1-3(доп)
5. Практические методы расчета несимметричных	5.1. Метод расчетных кривых для случая НКЗ. Ударный ток	1	2	1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с	24	Самостоятельное изучение материа- лов электронного	LMS-система на основе Moodle, ком-	Тест. Расчетная работа 3. Отчет по лабораторной	№ 1,2(осн)

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							
КЗ	НКЗ. НКЗ в сетях ниже 1000 В. Переход- ный процесс в нагруз- ках при несимметрич- ных КЗ. 5.2. Метод расчета простого замыкания. Компенсированные сети.					консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях. Выпол- нение лаборатор- ных работ с кон- сультацией пре- подавателя на форуме и через комментарии в заданиях		учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, анализ текущей успеваемости при помощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние лабораторных заданий, контроль смены IP-адресов, анализ поведения студентов при по- мощи LRS-системы и Experience API,	пьютер либо планшет либо смартфон. LMS-система на основе Moodle, парк виртуальных рабочих сто- лов с пред- установлен- ными лабора- торными ра- ботами, для студента: ком- пьютер либо планшет либо смартфон	работе Проверка выполнения разделов курсовой работы	

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							
								выполнение разделов курсовой работы			
6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий	6.1. Обрывы фаз и методы их расчета. Комплексные схемы замещения и вектор- 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.	1		1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях	22	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, выполнение разделов курсовой работы	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 4 Проверка выполнения разделов курсовой работы	1-3(доп)
7. Общие понятия	7.1. Общие понятия об	1		0,5		Аудио-/видео-	16	Самостоятельное	LMS-система	Тест. Расчетная	№ 1,2(осн)

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							
об устойчивости ЭЭС	устойчивости ЭЭС. 7.2. Основные допу- щения и расчётные условия. 7.3. Запас статической устойчивости (СУ) и их нормы. Назначение расчетов устойчиво- сти ЭЭС.					лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях		изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, анализ текущей успеваемости при помощи БРС- рейтинга	на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	работа 5	
8. Методы анали- за статической устойчивости ЭЭС	8.1. Векторная диа- грамма электропере- дачи. Критерии стати- ческой устойчивости (СУ). Идеальный пре- дел мощности. Пре-	1		0,5		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выполни-	18	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само-	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 6	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							
	дельный угол СУ. 8.2. Влияние эффекта явнополюсности син- хронной машины на 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.					нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через комментарии в заданиях		контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, анализ текущей успеваемости при помощи БРС- рейтинга			
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-	1		1		Аудио-/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме. Выпол- нение практиче- ских заданий с консультацией преподавателя на форуме и через	18	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест. Расчетная работа 6	№ 1,2(осн)

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							
	кании. Аварийные угловые характери- стики. Предельный угол отключения ава- рии. 9.3. Динамическая устойчивость узлов нагрузки. Пуск СД и АД. Наброс нагрузки на СД и АД. Самоза- пуск АД и СД.					комментарии в заданиях		Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС- рейтинга. Самосто- ятельное выполне- ние практических заданий, контроль смены IP-адресов, анализ текущей успеваемости при помощи БРС- рейтинга			
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 –	1				Аудио/видео- лекции электрон- ного учебника с консультацией преподавателя на форуме	16	Самостоятельное изучение материа- лов электронного учебника с разделе- нием на лекции и с тестами для само- контроля по каждой лекции, анализ по- ведения обучаю- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, ана- лиз текущей успе- ваемости при по- мощи БРС-рейтинга	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Тест	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							
	меры предотвращения и ликвидация послед- ствий.										
Контроль							9	Самостоятельное тестирование по банку тестовых за- даний, анализ пове- дения тестирую- щихся при помощи LRS-системы и Experience API, кон- троль смены IP- адресов, удаленная аутентификация при помощи распозна- вания лиц, анализ текущей успеваемо- сти при помощи БРС-рейтинга	LMS-система на основе Moodle, ком- пьютер либо планшет либо смартфон	Итоговый тест	№ 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
Ответы на вопросы электронного учебника.	Допускаются все студенты	Максимальное количество баллов - 1, баллы начисляются пропорционально правильным ответам.
Задания, проверяемые автоматически.	Допускаются все студенты	Правильное решение задания - 1 балл; неправильное – 0 баллов.
Расчетные работы.	Допускаются все студенты	Количество правильно выполненных заданий практической работы: правильное выполнение –1 балл; с ошибкой – 0 баллов.
Виртуальные лабораторные работы	Допускаются все студенты	Максимальное количество баллов - 4, баллы начисляются пропорционально правильным выполненным пунктам задания.
Промежуточный тест	Допускаются все студенты	Максимальное количество баллов - 1, баллы начисляются пропорционально правильным ответам. Ограничение на количество попыток: 10
Итоговый тест	Допускаются все студенты	Максимальное количество баллов - 40, баллы начисляются пропорционально правильным ответам. Ограничение на количество попыток: 2 Ограничение по времени: 1 ч. 30 мин.
Заполнение анкеты студентом	Допускаются все студенты	Заполнение анкеты – 3 балла.

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Экзамен (по накопительному рейтингу).	Допускаются все студенты	«отлично»	80 – 100 баллов. Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.
		«хорошо»	60 – 80 баллов. Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.
		«удовлетворительно»	40 – 60 баллов. Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.
		«неудовлетворительно»	0 – 40 баллов. Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.
		«не зачтено»	0 – 40 баллов. Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.

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 разворачивание 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	Тест. Расчетная работа 1. Разделы курсовой работы.
2.	2. Анализ режимов трёхфазного короткого замыкания в ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 2. Разделы курсовой работы.
3.	3. Практические методы расчета режимов трехфазного КЗ	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 2. Отчет по лабораторной работе. Разделы курсовой работы.
4.	4. Анализ несимметричных коротких замыканий	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 3. Разделы курсовой работы.
5.	5. Практические методы расчета несимметричных КЗ	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 3. Разделы курсовой работы.
6.	6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 3. Отчет по лабораторной работе. Разделы курсовой работы.
7.	7. Общие понятия об устойчивости ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 4
8.	8. Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 1
9.	9. Методы анализа динамической устойчивости ЭЭС и её элементов	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 5
10.	10. Методы сохранения устойчивости сложных ЭЭС	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1	Тест. Расчетная работа 6
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. Расчетные работы (задания, проверяемых вручную)

Расчетная работа № 1. Решить задачи на получение формул при расчётах коротких замыканий в именованных и относительных единицах по вариантам.

Расчетная работа № 2. Рассчитать ток 3-фазного короткого замыкания на стороне низкого напряжения (НН) в схеме, приведённой на рисунке.

Расчетная работа № 3. Рассчитать сверхпереходный ток 3-фазного короткого замыкания в схеме, приведённой на рисунке.

Расчетная работа № 4. Рассчитать сверхпереходный и ударный токи 3-фазного короткого замыкания в схеме, приведённой на рисунке.

Расчетная работа № 5. Построить векторные диаграммы токов и напряжений для несимметричных видов КЗ, отобразив на них симметричные составляющие токов и напряжений всех трёх фаз и результирующие фазные токи и напряжения, получаемые сложением симметричных составляющих.

Расчетная работа № 6. Рассчитать сверхпереходные токи 3-фазного и несимметричных (однофазного, двухфазного и двухфазного на землю) коротких замыканий в схеме, приведённой на рисунке.

Критерии оценки:

- Решены все пункты задания верно, приведена необходимая графическая часть и вывод. За каждый правильно выполненный пункт задания – 1 балл.

9.2.2. 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.

9.2.3. Контрольные вопросы для лабораторных работ по теоретическому материалу:

- 1.1. Как привести к базисной ступени сопротивление питающей сети?
- 1.2. Как привести к базисной ступени сопротивлению 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 чередования 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.

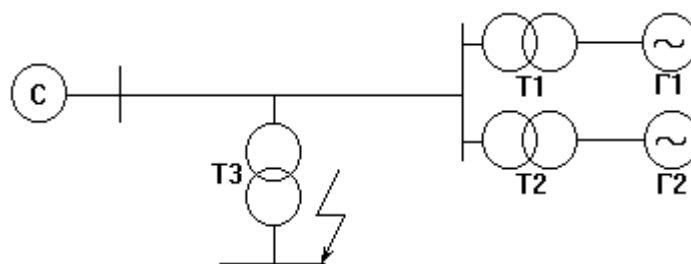
9.2.4. Задачи для контрольных работ:

1. Типовые формулы.

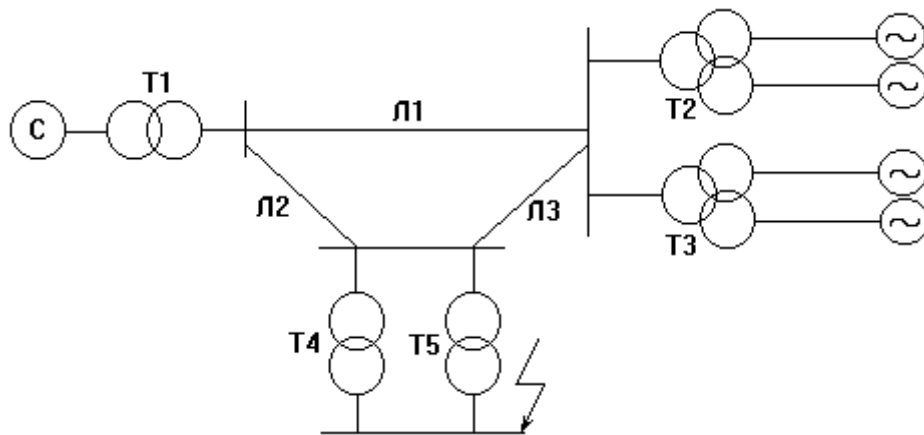
- 1.1. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в именованных единицах.
- 1.2. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в относительных единицах, при известных U_n , S_n .
- 1.3.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

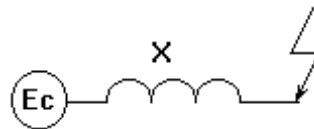
- 2.1. Построить и преобразовать к удобному для расчёта тока трёхфазного к.з. виду расчётную схему (нарисовать схему).



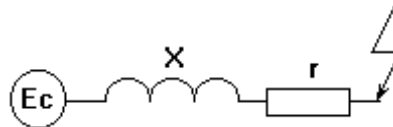
- 2.2. Построить расчётную схему и преобразовать её к виду, удобному для расчёта токов трёхфазного к.з.



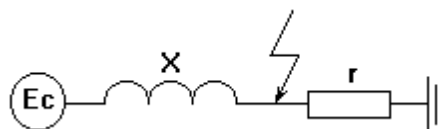
2.3. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з. если доаварийный режим - холостой ход, $E_{cm}=1$, $x=1$, для $\alpha=0$ и $\pi/2$.



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 $\alpha=\pi/2$.

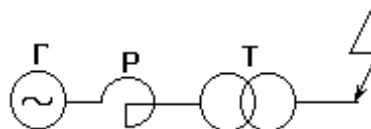


2.5. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_{cm}=\sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\alpha=-\pi/4$ и $\alpha=\pi/4$.



3. Расчёт трёхфазных коротких замыканий от источников конечной мощности.

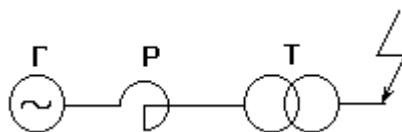
3.1. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры элементов схемы:

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

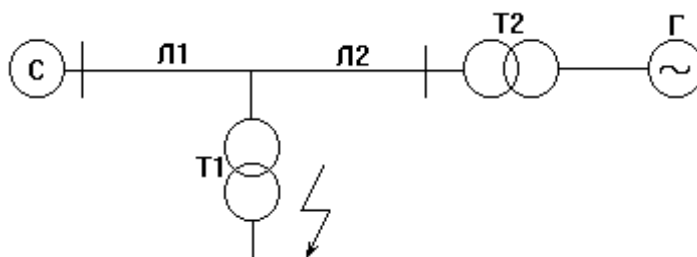
3.2. Методом расчётных кривых определить переходный процесс в точке к.з. при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

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

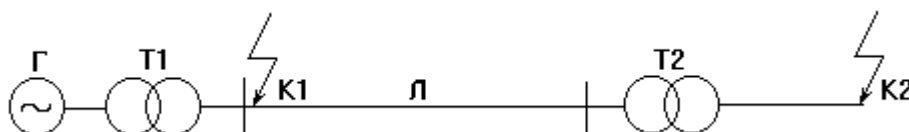
3.3. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток в точке двухфазного к.з. в схеме:



Параметры схемы:

С	Л	Т1	Т2	Г
$x_C = 0$	$X_0 = 0.45 \text{ Ом/км}$	$110/10 \text{ кВ}$	$100/35 \text{ кВ}$	$P_H = 80 \text{ МВт}$
	$\ell_1 = 40 \text{ км}$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$S_H = 10 \text{ МВА}$	$\cos \varphi_H = 0.80$
	$\ell_2 = 60 \text{ км}$	$u_K = 10\%$	$u_K = 6\%$	$x''_d = 0.15$
	$U_H = 110 \text{ кВ}$			

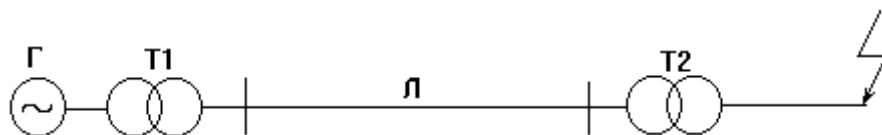
3.4. Определить сверхпереходный и установившийся ток трёхфазного к.з. в точке к.з. схемы при наличии и отсутствии АРВ.



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.):

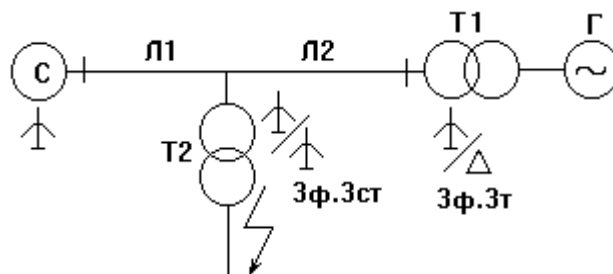


Параметры схемы:

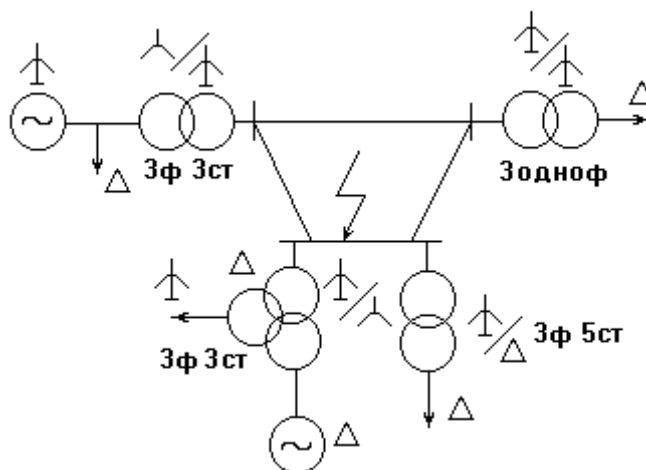
Г	Т1	Т2	Л
$S_H = 50 \text{ МВА}$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$	$U_1/U_2 = 110/35 \text{ кВ}$	$X_0 = 0.40 \text{ Ом/км}$
$x'_d = 0.200$	$u_K = 8\%$	$u_K = 8\%$	$\ell = 50 \text{ км}$
ГГ с демпф. АРВ - есть	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	$U_H = 110 \text{ кВ}$

4. Расчёт несимметричных коротких замыканий.

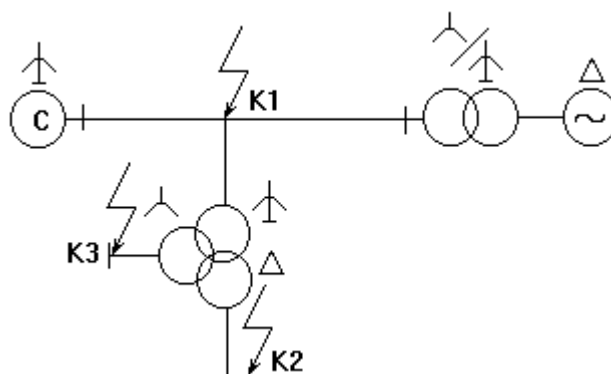
4.1. Построить схемы прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов $t = 0$ и $t = \infty$ (АРВ нет).



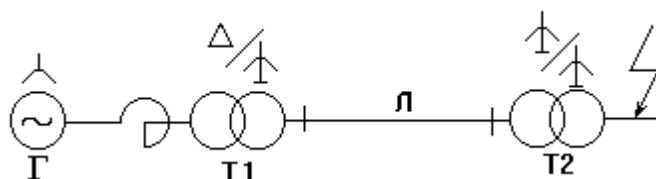
4.2. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



4.3. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



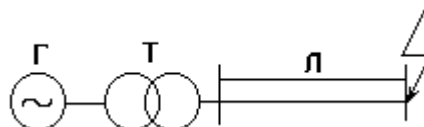
4.4. Рассчитать сверхпереходный и установившийся ток в точке к.з. при однофазном к.з. в схеме:



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:

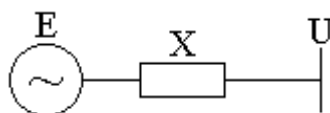


Параметры схемы:

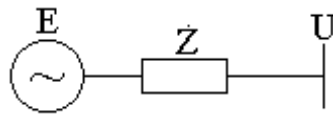
Г	Т	Л
$P_H = 80 \text{ МВА}$	$S_H = 100 \text{ МВА}$	2 цепи
$\cos \varphi_H = 0.80$	$u_K = 10 \%$	$U_H= 110 \text{ кВ}$
$x_d'' = 0,150$	$U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$	$X_0=0.45 \text{ Ом/км}$
		$\ell = 60 \text{ км}$

5. Угловые характеристики.

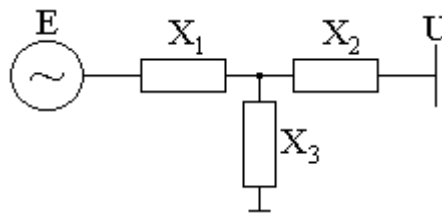
2.1. В схеме $E=2$; $U=1$; $X=1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? С каким углом он работает? Каков запас его устойчивости?



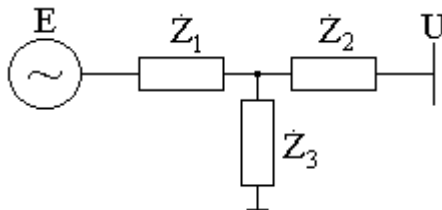
2.2. В схеме $E=2$; $U=2$; $Z=1+j1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, работающий с углом $\delta_0 = 75^\circ$? Какую мощность он передает? Каков запас его устойчивости?



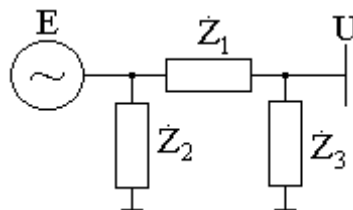
2.3. В схеме $X_1 = X_2 = X_3 = 1$; $E=2$; $U=1.5$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? Каков запас его устойчивости?



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

При изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные формы обучения на базе электронной обучающей среды (ЭОС), видеолекции, сетевые практикумы, рубежные и итоговое тестирования, контрольные работы.
2. Интерактивные технологии – способы активизации деятельности в процессе взаимодействия.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

11.1. Обязательная литература

№ № п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум 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 пособие, учебно-методическое пособие, практикум и др.)	Количество в библиотеке
3	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
4	Пилипенко В. Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / В. Т. Пилипенко ;	Учебно-методическое пособие	ЭБС "IPRbooks"

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

- другие фонды:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое по- собие, практикум, аудио-, видеопо- собия и др.)	Место хранения (методический кабинет ка- федры, город- ские библио- теки и др.)
6	Кузнецов В. Н. Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: практикум / В.Н. Кузнецов; ТГУ; каф. «Электроснабжение и электротехника».- ТГУ.- Тольятти: ТГУ, 2016. – 32 с.	Практикум	Методический кабинет кафедры
7	Кузнецов В. Н. Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: лаб. практикум / В.Н. Кузнецов; ТГУ; каф. «Электроснабжение и электротехника».- ТГУ.- Тольятти: ТГУ, 2016. – 25 с.	Лабораторный практикум	Методический кабинет кафедры

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	Аудитория вебконференций. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория	Экран телевизионный, ширма, прожектор на штативе, стол преподавательский, стул преподавательский, Транспарант-перетяжка, системный блок	445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 В, позиция по ТП№ 23, 8 этаж (УЛК-807)	17,1	1

№ 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
	для проведения групповых и индивидуальных кон- сультаций Учебная аудито- рия для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.				
2	Аудитория вебконферен- ций. Учебная аудитория для проведения занятий лекци- онного типа. Учебная ауди- тория для проведения заня- тий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых ра- бот). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных кон- сультаций Учебная аудито- рия для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.	Экран телевизионный, ширма, прожектор на штативе, стол преподава- тельский, стул препода- вательский, Транспарант- перетяжка, системный блок	445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 В, позиция по ТП№ 10, 8 этаж (УЛК-810)	17,9	1
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.	Столы 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