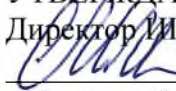


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИПЭ
 Матвеев А.С.
«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа	Электроэнергетика		
Специализация	Электроэнергетические системы и сети		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	88	
Самостоятельная работа, ч		128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией		курсовый проект	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	------------

И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Шестакова В.В.
Преподаватель		Бацева Н.Л.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У) -2.	Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов ПД	И.ПК(У)-2.1.	Обосновывает выбор целесообразного направления решения технологической задачи	ПК(У)-2.1В1	Владеет методами расчетов токов короткого замыкания (КЗ) при различных видах КЗ в энергосистемах
				ПК(У)-2.1У1	Умеет рассчитывать параметры схем замещения электроустановок, составлять и преобразовывать схемы в зависимости от вида и места КЗ
				ПК(У)-2.1З1	Знает технические средства для ограничения токов КЗ
				ПК(У)-2.1В3	Имеет опыт математического моделирования переходных процессов в энергосистемах в специализированных программных комплексах
				ПК(У)-2.1У3	Умеет применять математические модели элементов энергосистем при проведении технологических расчётов
				ПК(У)-2.1З3	Знает общие принципы математического моделирования элементов энергосистем

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Способен анализировать причины возникновения аварий в электроэнергетических системах, правильно интерпретировать результаты расчётов.	И.ПК(У)-2.1.
РД 2	Способен контролировать и оценивать допустимость и оптимальность режимов работы электроэнергетических систем.	И.ПК(У)-2.1.
РД 3	Демонстрирует готовность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по известной методике.	И.ПК(У)-2.1.
РД 4	Демонстрирует готовность использовать современные программные комплексы для моделирования электрических схем и проведения расчётов.	И.ПК(У)-2.1.

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчётах переходных процессов	РД3	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 3. Трёхфазное короткое замыкание в электрической сети	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	30
Раздел 4. Несимметричные переходные процессы в электроэнергетических системах. Однократная поперечная несимметрия	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	30
Раздел 5. Однократная продольная несимметрия	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	30
Раздел 6. Режимы при замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью и в электроустановках до 1000 В	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел 7. Ограничение уровней токов коротких замыканий	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчётах переходных процессов

Математические модели синхронных машин, асинхронных двигателей, реакторов, системы электроснабжения в расчётах переходных процессов.

Темы лекций:

1. Математические модели синхронных машин.
2. Математические модели асинхронных двигателей, токоограничивающих и шунтирующих реакторов, системы электроснабжения.

Раздел 2. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах

Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Термины и определения, причины возникновения и последствия. Цели расчетов и требования, предъявляемые к расчётам.

Темы лекций:

1. Короткие замыкания: причины возникновения и последствия. Основные допущения при расчётах электромагнитных переходных процессов. Именованные и относительные единицы. Шкала средненоминальных напряжений.
2. Представление элементов электроэнергетических систем при расчётах переходных процессов. Составление и преобразование схем.

Раздел 3. Трёхфазное короткое замыкание в электрической сети

Трёхфазное короткое замыкание в цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности. Расчёт и анализ параметров режима трёхфазного короткого замыкания.

Темы лекций:

1. Периодическая и аperiodическая составляющие тока короткого замыкания и их определение. Постоянные времени. Векторные диаграммы при трёхфазном коротком замыкании в нагрузочном режиме и в режиме холостого хода.
2. Параметры режима трёхфазного короткого замыкания, определяемые при расчётах: ударный ток, мощность короткого замыкания, действующее значение полного тока короткого замыкания.
3. Расчёт периодической составляющей в произвольный момент времени. Установившийся режим короткого замыкания. Короткое замыкание на зажимах генератора с автоматическим регулированием возбуждения и без него.

Темы практических занятий:

1. Расчёт параметров режима трёхфазного короткого замыкания в системах именованных и относительных единиц для простых и сложных схем.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование режима трёхфазного короткого замыкания в простейшей цепи.
2. Исследование режима трёхфазного короткого замыкания в многомашинной энергосистеме с помощью программного комплекса RASTWIN3 с модулем ТКЗ.

Раздел 4. Несимметричные переходные процессы в электроэнергетических системах. Однократная поперечная несимметрия

Составление схем, определение параметров элементов, расчёт параметров несимметричных коротких замыканий.

Темы лекций:

1. Метод симметричных составляющих. Граничные условия для различных видов несимметричных коротких замыканий. Составление схем обратной и нулевой последовательностей. Параметры элементов схемы нулевой последовательности: генераторы, трансформаторы и автотрансформаторы, кабельные и воздушные линии электропередачи.
2. Расчёт параметров несимметричных коротких замыканий и построение векторных диаграмм для различных видов несимметричных коротких замыканий.
3. Комплексные схемы замещения. Трансформация напряжений и токов при несимметричных коротких замыканиях. Принципы построения эпюр.

Темы практических занятий:

1. Решение задач на построение схемы нулевой последовательности для схем различных конфигураций.
2. Расчёт параметров режима несимметричных коротких замыканий в системах именованных и относительных единиц для простых и сложных схем.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование режимов несимметричных коротких замыканий в простейшей цепи.
2. Исследование режима короткого замыкания в многомашинной энергосистеме с помощью программного комплекса RASTRWIN3 с модулем ТКЗ.

Раздел 5. Однократная продольная несимметрия

Составление схем, определение параметров элементов, расчёт параметров режимов при однократной продольной несимметрии.

Темы лекций:

1. Разрыв одной или двух фаз линии электропередачи.
2. Несимметрия от включения сопротивлений.

Темы практических занятий:

1. Построение схем прямой, обратной и нулевой последовательностей при однократной продольной несимметрии.
2. Расчёт параметров режима при однократной продольной несимметрии, построение векторных диаграмм.

Раздел 6. Режимы при замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью и в электроустановках до 1000 В

Характерные особенности распределительных электрических сетей в расчётах переходных процессов.

Темы лекций:

1. Замыкание фазы на землю в сетях с изолированной нейтралью. Компенсация ёмкостных токов.

Раздел 7. Ограничение токов коротких замыканий

Средства ограничения токов коротких замыканий.

Темы лекций:

1. Средства ограничения токов коротких замыканий: оптимизация структуры и параметров сети; стационарное и автоматическое деление; применение токоограничивающих устройств. Координация уровней токов коротких замыканий.

Тема курсового проекта: «Расчёт и анализ режимов коротких замыканий и продольной несимметрии в электроэнергетической системе».

Тема комплексного проекта связана с расчётом и анализом режимов коротких замыканий и продольной несимметрии. При выполнении комплексного проекта ставятся задачи закрепления и углубления теоретических знаний, выработки умения применять теоретические знания для решения инженерных задач, развития навыков самостоятельной творческой работы, умения работы с технической литературой.

Вариант для выполнения комплексного проекта задаётся преподавателем персонально каждому студенту.

В качестве примера приведены исходные данные к варианту № 7.

Вариант № 7

Для электроэнергетической системы, представленной на **схеме 7**, выполнить расчет и анализ переходного процесса для трех режимов.

1. Режим $K^{(3)}$ – *трехфазного КЗ*

В заданной точке $K_1^{(3)}$ (выключатель В1 *отключен*, В2 – *включен*) при $t = 0$ рассчитать:

- I_{nK1} – действующее значение периодической слагаемой тока короткого замыкания;

- i_y, S_K – ударный ток и мощность КЗ;
- $U_{ост}$ – остаточное напряжение на высокой стороне трансформатора Т4 (узел ∇);
- I_{nt} – действующее значение периодической слагаемой тока генератора Г12 для $t = 0, 2$ с.

2. Режим $K^{(n)}$ – несимметричного КЗ (для несимметрии $K^{(n)}$ и $L^{(n)}$ выключатель В1 *отключен*).

Несимметричное КЗ ($K^{(1,1)}$) происходит на воздушной линии Л2, которая присоединена «отпайкой» в середине одной из цепей Л1 в узле «а».

Для режима в точке $K^{(1,1)}$ рассчитать:

- I_K – действующее значение периодической слагаемой тока КЗ поврежденных фаз;
- U_{Ka1}, U_{Ka2}, U_{K0} и U_{KA} – симметричные составляющие напряжения и остаточное напряжение неповрежденной фазы;
- построить векторные диаграммы I_K и U_K ;
- напряжение U_{K0} для узлов: $K^{(1,1)}$, «а», « ∇ », «b»; по полученным результатам построить эпюру симметричных составляющих напряжений.

3. Режим $L^{(n)}$ – продольной несимметрии

В схеме осуществляется включение генераторов ЭСТ1 на параллельную работу с «системой» выключателем «В3».

Считая, что при включении одновременно замкнулись три фазы выключателя, определить угол (δ) расхождения эквивалентного вектора ЭДС генераторов и СД2 станции ЭСТ1 ($E''_{(Г12,13,СД2)}$) и эквивалентного вектора ЭДС «системы 3» и Г16 ($E''_{(С3,Г16)}$) из условий, что бы ток ($I_{(В3)}$) в цепи выключателя «В3» составлял $I_{(В3)} = 2,5 I_{(Г12,13)}$.



ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ № 7
ТРАНСФОРМАТОРЫ ДВУХОБОМОТОЧНЫЕ
Т4, Т5, Т9, Т6, Т7, Т8

Трансформаторы двухобмоточные T4, T5 – 230/10,5 кВ; T9 – 230/15,75 кВ; T6 – 230/115 кВ; T7 – 500/121 кВ; T8 – 500/230 кВ					
№2 вариан- та	Тип	$S_{\text{ном}}$, МВА	U_{BH} , кВ	U_{HH} , кВ	U_K , %
	T4, T5 – 230/10,5 кВ				
0-3	ТДН-67000/230	67	230	10,5	10,5
4-7	ТДЦН-80000/230	80	230	10,5	10,5
8-9	ТДН-40000/230	40	230	10,5	10,5
	T9 – 230/15,75 кВ				
0-3	ТДН-67000/230	67	230	15,75	12,5
4-7	ТДЦН-80000/230	80	230	15,75	12,5

8-9	ТДН-40000/230	40	230	15,75	12,5
Т6 – 230/115 кВ					
0-3	ТДН-67000/230	67	230	115	10,5
4-7	ТДЦН-80000/230	80	230	115	10,5
8-9	ТДН-60000/230	60	230	115	10,5
Т7 – 500/121 кВ					
0-3	ТДН-100000/500	100	500	121	11,5
4-7	ТДЦН-120000/500	120	500	121	11,5
8-9	ТДН-150000/500	150	500	121	11,5
Т8 – 500/230 кВ					
0-3	ТДН-115000/500	115	500	230	11,5
4-7	ТДЦН-125000/500	125	500	230	11,5
8-9	ТДН-167000/500	167	500	230	11,5

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТРЕХОБМОТОЧНЫЕ ТТ1, ТТ2, ТТ3, ТТ4, ТТ5, ТТ6

Трансформаторы трехобмоточные ТТ1, ТТ2 – 115/38,5/11 кВ; ТТ1, ТТ2 – 115/38,5/6,3 кВ; ТТ3, ТТ4 – 230/121/11 кВ; ТТ3, ТТ4 – 230/121/6,3 кВ; ТТ5 – 500/230/121 кВ; ТТ6 – 500/230/15,75 кВ								
№2 вариан та	Тип	$S_{\text{НОМ}}$, МВА	$U_{\text{НОМ}}$, кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н
	ТТ1, ТТ2 – 115/38,5/11 кВ							
0	ТДТН-45000/115	45	115	38,5	11	10,5	17	6,5
1	ТДТН-105000/115	105	115	38,5	11	10,5	17	6,5
2	ТДТН-40000/115	40	115	38,5	11	10,5	17	6,5
3	ТДТН-63000/115	63	115	38,5	11	10,5	17	6,5
4	ТДТН-80000/115	80	115	38,5	11	10,5	17	6,5
5	ТДТН-125000/115	125	115	38,5	11	10,5	17	6,5
	ТТ1, ТТ2 – 115/38,5/6,3 кВ							
6	ТДТН-100000/115	100	115	38,5	6,3	10,5	17	6,5
7	ТДТН-60000/115	60	115	38,5	6,3	10,5	17	6,5
8	ТДТН-63000/115	63	115	38,5	6,3	10,5	17	6,5
9	ТДТН-80000/115	80	115	38,5	6,3	10,5	17	6,5
	ТТ3, ТТ4 – 230/121/11 кВ							
0	ТДТН-45000/230	45	230	1215	11	10,5	17	6
1	ТДТН-105000/230	105	230	121	11	10,5	17	6
2	ТДТН-40000/230	40	230	121	11	10,5	17	6
3	ТДТН-63000/230	63	230	121	11	10,5	17	6,5
4	ТДТН-80000/230	80	230	121	11	10,5	17	6,5

5	ТДТН-125000/230	125	230	121	11	10,5	17	6,5
	ТТ3, ТТ4 – 230/121/6,3 кВ							
6	ТДТН-100000/230	100	230	121	6,3	10,5	17	6,5
7	ТДТН-60000/230	60	230	121	6,3	10,5	17	6,5
8	ТДТН-63000/230	63	230	121	6,3	10,5	17	6,5
9	ТДТН-80000/230	80	230	121	6,3	10,5	17	6,5
	ТТ5 – 500/230/121 кВ							
0	ТДТН-110000/500	110	500	230	121	10,5	24	13
1	ТДТН-115000/500	115	500	230	121	10,5	24	13
2	ТДТН-120000/500	120	500	230	121	10,5	24	13
3	ТДТН-125000/500	125	500	230	121	10,5	24	13
4	ТДТН-150000/500	150	500	230	121	10,5	24	13
5	ТДТН-167000/500	167	500	230	121	10,5	24	13
6	ТДТН-180000/500	180	500	230	121	10,5	24	13
7	ТДТН-185000/500	185	500	230	121	10,5	24	13
8	ТДТН-200000/500	200	500	230	121	10,5	24	13
9	ТДТН-240000/500	240	500	230	121	10,5	24	13
	ТТ6 – 500/230/15,75 кВ							
0-1	ТДТН-110000/500	110	500	230	15,75	10,5	24	13
2-3	ТДТН-120000/500	120	500	230	15,75	10,5	24	13
4-5	ТДТН-167000/500	167	500	230	15,75	10,5	24	13
6-9	ТДТН-185000/500	185	500	230	15,75	10,5	24	13

ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ Г5 – Г13

<i>Турбогенераторы Г5 - Г8 – 15,75 кВ; Г9 – Г13 – 10,5 кВ</i>							
№2 вариан та	Тип	$P_{\text{НОМ}}$, МВт	$U_{\text{НОМ}}$ кВ	x''_d , о.е.	x_d , о.е.	$I_{\text{НОМ}}$, кА	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$
	Г5 - Г8 – 15,75 кВ						
0	ТВ-67	67	15,75	0,29	2,2	2,89	0,85
1	ТВ-120	120	15,75	0,25	1,8	5,18	0,85
2	ТВ-145	145	15,75	0,25	1,8	6,26	0,85
3	ТВ-170	170	15,75	0,25	1,7	6,93	0,9
4	ТВ-183	183	15,75	0,26	1,7	7,46	0,9
5	ТВ-210	210	15,75	0,24	1,8	8,56	0,9
6	ТВ-195	195	15,75	0,24	1,8	7,95	0,9
7	ТВ-230	230	15,75	0,24	1,9	9,38	0,9
8	ТВ-275	275	15,75	0,28	1,7	11,21	0,9
9	ТВ-300	300	15,75	0,20	1,8	12,23	0,9
	Г9 – 10,5 кВ						
0-1	ТВ-46	46	10,5	0,153	2,4	3,16	0,8
2-3	ТВ-40	40	10,5	0,153	2,4	2,75	0,8
4	ТВ-53	53	10,5	0,192	2,2	3,45	0,8

5	ТВ-67	67	10,5	0,230	2,2	4,61	0,8
6	ТВ-76	76	10,5	0,245	1,8	5,23	0,8
7	ТВ-24	24	10,5	0,127	2,6	1,65	0,8
8-9	ТВ-33	33	10,5	0,143	2,6	2,27	0,8
Г10, Г11 – 10,5 кВ							
0	ТВ-24	24	10,5	0,22	2,6	1,65	0,8
1	ТВ-45	45	10,5	0,20	2,4	3,10	0,8
2	ТВ-52	52	10,5	0,21	2,2	3,37	0,85
3	ТВ-87	87	10,5	0,21	2,2	5,32	0,9
4	ТВ-100	100	10,5	0,24	1,8	6,12	0,9
5	ТВ-115	115	10,5	0,12	1,8	7,03	0,9
6	ТВ-87	87	10,5	0,21	2,2	5,320	0,9
7	ТВ-65	65	10,5	0,24	2,3	4,21	0,85
8	ТВ-32	32	10,5	0,17	2,4	2,07	0,85
9	ТВ-40	40	10,5	0,22	2,4	2,59	0,85
Г12, Г13 – 10,5 кВ							
0-3	ТГВ-47	47	10,5	0,22	2,6	3,23	0,8
4-7	ТГВ-56	56	10,5	0,20	2,2	3,85	0,8
8-9	ТГВ-35	35	10,5	0,21	2,7	2,41	0,8

ГИДРОГЕНЕРАТОРЫ Г14 – Г16

<i>Гидрогенераторы Г14, Г15 – 10,5 кВ Г16 – 15,75 кВ Г14, Г15 – 6,3 кВ</i>							
№2 варианта	Тип	$P_{\text{НОМ}}$, МВт	$U_{\text{НОМ}}$ кВ	x_d'' , о.е.	x_d , о.е.	$I_{\text{НОМ}}$, кА	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$
Г14, Г15 – 10,5 кВ							
0	ВГС-45	45	10,5	0,22	1,15	3,10	0,8
1	ВГС-90	90	10,5	0,20	0,97	5,50	0,9
2	ВГС-33	33	10,5	0,21	1,10	2,27	0,8
3	ВГС-55	55	10,5	0,21	1,15	3,56	0,85
4	ВГС-65	65	10,5	0,24	0,90	3,98	0,9
5	ВГС-100	100	10,5	0,12	0,97	6,12	0,9
Г14, Г15 – 6,3 кВ							
6	ВГС-78	78	6,3	0,21	0,85	7,95	0,9
7	ВГС-45	45	6,3	0,24	1,20	4,86	0,85
8	ВГС-54	54	6,3	0,17	1,20	5,83	0,85
9	ВГС-67	67	6,3	0,22	1,05	6,83	0,9
Г16 – 15,75 кВ							
0-1	ВГС-67	67	15,75	0,22	1,05	2,73	0,9
2-3	ВГС-55	55	15,75	0,20	1,15	2,24	0,9
4-5	ВГС-75	75	15,75	0,21	0,85	3,06	0,9
6-9	ВГС-90	90	15,75	0,21	0,97	3,67	0,9

СИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ СД 1, СД 2, СД 3

<i>Синхронные двигатели СД 1 - 6 кВ; СД 2 – 10 кВ; СД 3 – 6 кВ</i> <i>Режим до возникновения переходного процесса – «перевозбуждение»</i>						
№2 варианта	Тип	$P_{\text{НОМ}}$, МВт	$U_{\text{НОМ}}$ кВ	$I_{\text{ПУСК}}$, о.е.	$I_{\text{НОМ}}$, кА	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$
СД 1 - 6 кВ						
0	СДН-10-69-6	10	6	5,4	1,11	0,87
1	СДН-12-84-6	12	6	5,8	1,33	0,87
2	СДН-14-104-6	14	6	7,1	1,55	0,87
3	СДН-16-94-6	16	6	6,8	1,71	0,9

4	СДН-18-90-6	18	6	5,9	1,93	0,9
5	СТМ-20-60-6	20	6	5,4	2,14	0,9
6	СТД-22-45-6	22	6	6,7	2,35	0,9
7	СТД-8-500-6	8	6	10,1	0,88	0,87
8	СТД-16-63-6	16	6	6,3	1,77	0,87
9	СТД-24-80-6	24	6	7,0	2,57	0,9
	СД 2 – 10 кВ					
0	СДН-10-69-10	10	10	5,4	0,66	0,87
1	СДН-12-84-10	12	10	5,8	0,80	0,87
2	СДН-14-104-10	14	10	7,1	0,93	0,87
3-5	СД 2 отсутствует					
6	СДН-22-69-10	22	10	6,7	1,41	0,9
7	СДН-18-84-10	18	10	8,5	1,19	0,87
8	СДН-16-104-10	16	10	6,3	1,06	0,87
9	СД 2 отсутствует					
	СД 3 – 6 кВ					
0	СДН-10-69-6	10	6	5,4	1,11	0,87
1	СДН-12-84-6	12	6	5,8	1,33	0,87
2	СДН-14-104-6	14	6	7,1	1,55	0,87
3-5	СД 3 отсутствует					
6	СДН-22-69-6	22	6	6,7	2,35	0,9
7	СДН-18-84-6	18	6	8,5	2,00	0,87
8	СДН-16-104-6	16	6	6,3	1,77	0,87
9	СД 3 отсутствует					

ЭНЕРГОСИСТЕМА

Системы Реактивности систем: $x_{1C} = x_{2C}$, $x_{0C} = 2 x_{1C}$						
№2 варианта	Система C_1		Система C_2		Система C_3	
	E_c , кВ	$S_{K3}^{(3)}$, МВА	E_c , кВ	$S_{K3}^{(3)}$, МВА	E_c , кВ	$S_{K3}^{(3)}$, МВА
0	115	2700	235	12000	500	15000
1	125	2800	240	10000	515	16000
2	120	2900	240	9000	515	20000
3	120	3200	230	8200	520	25000
4	118	3500	235	7000	520	30000
5	118	4000	230	6500	510	35000

6	117	4500	240	14000	515	40000
7	115	5000	245	5000	515	36000
8	115	5500	245	5500	520	46000
9	115	6000	225	6000	525	55000

ВОЗДУШНЫЕ ЛЭП

ЛЭП-110 кВ (АС-120); $x_1 = 0,425$ Ом/км Взаимная реактивность нулевой последовательности между цепями $x_{0I-II} = 2x_1$	ЛЭП-220 кВ (АС-240); $x_1 = 0,435$ Ом/км Взаимная реактивность нулевой последовательности между цепями $x_{0I-II} = 1,6x_1$
--	---

Одноцепные ВЛ имеют стальной грозозащитный трос; Двухцепные ВЛ выполнены без грозозащитного троса							
№2 варианта	Длина ЛЭП -110 кВ, км				Длина ЛЭП -220 кВ, км		
	Л1	Л2	Л3	Л4	Л1	Л2	Л3, Л4
0	30	35	55	15	55	55	65
1	40	30	40	20	60	60	85
2	45	15	55	12	80	80	80
3	25	35	65	10	90	90	65
4	35	35	50	10	40	40	75
5	45	25	55	15	60	65	70
6	55	35	60	15	70	70	55
7	55	20	40	20	65	55	55
8	30	40	40	40	90	40	70
9	45	65	85	25	70	70	30

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Готман, В.И. Режимы коротких замыканий в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL:

- <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m279.pdf> Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. [Готман, Владимир Иванович](#). Короткие замыкания и несимметричные режимы в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m63.pdf> Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
 3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98 : учебное пособие. — Москва : ЭНАС, 2013. — 152 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104547>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Армеев Д.В., Переходные процессы в электрических системах / Армеев Д.В., Гусев Е.П. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 332 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html> (дата обращения: 19.06.2017). - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке:

<https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Cisco Webex Meetings\$
4. Zoom Zoom.
5. Google Chrome
6. Mathcad 15 Academic Floating
7. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 316	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест Компьютер - 1 шт
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов,	Комплекс контролеров автоматической частотной разгрузки энергосистемы - 2 шт.; Счетчик

	курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 250	электрической энергии Квант - 2 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол лабораторный - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 346	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 46 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / специализация «Электроэнергетические системы и сети» (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень, звание	ФИО
Доцент ОЭЭ	к.т.н., доцент	Н.Л. Бацева

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 01.09.2020 г. № 1/1)

И.о. заведующего кафедрой –
руководителя отделения на правах кафедры,
к.т.н., доцент

 А.С. Ивашутенко

Лист изменений рабочей программы практики:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ
2021/2022 учебный год	1. Обновлен список литературы.	От 11.05.2021 г. № 6/1
2022/2023 учебный год	1. Обновлен список литературы.	От 29.06.2022 г. № 6