

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

Е.И. Луковникова
19 апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.18 Переходные процессы в электроэнергетических системах

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план **b130302_22_ЭЭ.plx**

Направление: **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **9 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Зачет 5, Контрольная работа 5,6, Экзамен 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		6 (3.2)		Итого	
	Неделя		Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	36	36	70	70
Лабораторные	17	17	18	18	35	35
Практические	34	34	36	36	70	70
В том числе инт.	18	18	18	18	36	36
Итого ауд.	85	85	90	90	175	175
Контактная работа	85	85	90	90	175	175
Сам. работа	59	59	36	36	95	95
Часы на контроль			54	54	54	54
Итого	144	144	180	180	324	324

Программу составил(и):
ст. пр., Нефедов А.С. Нефедов

Рабочая программа дисциплины

Переходные процессы в электроэнергетических системах

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
утвержденного приказом ректора от 08.02.2022 протокол № 45.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Энергетики

Протокол от 14.04 2022 г. № 9

Срок действия программы: 2022-2026 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н. Булатов

Председатель МКФ

11 18 апреля 2022 г.

А. Манушкина С.В.

Ответственный за реализацию ОПОП

Булатов Ю.Н.
(подпись)

Булатов Ю.Н.
(ФИО)

Директор библиотеки

Соснина
(подпись)

Сайкина Т.Р.
(ФИО)

№ регистрации 533
(методический отдел)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2023 г. № ____
Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2024 г. № ____
Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2025 г. № ____
Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2026 г. № ____
Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Формирование у обучающихся знаний об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в электроэнергетических системах, физике происходящих явлений при неустановившихся режимах.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.18
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому и производственно-технологическому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.
2.1.2	Электрические машины
2.1.3	Приемники и потребители электрической энергии
2.1.4	Теоретические основы электротехники
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Электрический привод
2.2.2	Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем *
2.2.3	Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий
2.2.4	Надежность электроснабжения
2.2.5	Основы АСУ электроустановок электрических станций и подстанций

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	
Индикатор 1	ОПК - 3.1. Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов
ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	
Индикатор 1	ОПК-4.2. Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока
Индикатор 2	ОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Физико-математические основы исследования переходных процессов в электроэнергетических системах; современные методы анализа и моделирования электрических цепей; режимы и принципы работы электроэнергетических систем, критерии статической и динамической устойчивости.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять соответствующий физико-математический аппарат при моделировании переходных процессов в электроэнергетических системах; составлять схемы замещения и оценивать параметры элементов сложных электроэнергетических систем; применять методы исследования статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками теоретического и экспериментального исследования при решении задач развития электроэнергетических систем; способами преобразования и упрощения схем замещения электрических цепей; навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ для расчета электрических цепей постоянного и переменного тока; навыками оценки параметров электромеханических переходных режимов, выработки организационных и технических мероприятий, направленных на повышение устойчивости электроэнергетических систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	Раздел 1. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах						

1.1	Лек	Основные понятия и определения, виды коротких замыканий, режимы работы нейтралей в электрических сетях	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	1	Лекция пресс-конференция ОПК 2.1, ОПК 3.2
1.2	Лек	Последствия коротких замыканий, цели расчета токов коротких замыканий, понятия о расчетных условиях	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	1	Лекция презентация ОПК 2.1, ОПК 3.2
1.3	Лек	Представление элементов электрических систем в схемах замещения при расчетах переходных процессов	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	1	Лекция презентация ОПК 2.1, ОПК 3.2
1.4	Лек	Синхронные машины, обобщенный вектор трехфазной системы, векторная диаграмма синхронного генератора	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
1.5	Лек	Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.6	Лек	Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, составляющие тока короткого замыкания	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	1	Лекция-презентация ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.7	Лек	Ударный ток, ударный коэффициент, эквивалентная постоянная времени	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	2	Лекция презентация ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.8	Лек	Внезапное короткое замыкание трансформатора, включение холостого трансформатора	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.9	Лек	Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.10	Лек	Системы возбуждения, включение обмотки возбуждения на постоянное напряжение, форсировка возбуждения	5	1	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.11	Пр	Формирование расчетных условий	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.12	Пр	Составление схем замещения	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.13	Пр	Расчет тока короткого замыкания	5	4	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	4	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.14	Пр	Расчет ударного тока	5	4	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.15	Лаб	Расчет параметров элементов электрической системы для определения токов короткого замыкания	5	4	ОПК-3	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	3	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2

1.16	Лаб	Расчет тока короткого замыкания в неразветвленной электрической сети	5	5	ОПК-3	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	3	Работа в малых граппах ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.17	Ср		5	20	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	Раздел 2. Расчет трехфазного короткого замыкания и проверка оборудования						
2.1	Лек	Метод эквивалентной ЭДС, наложения и расчетных кривых	5	3	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.2	Лек	Проверка коммутационных электрических аппаратов и проводников	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.3	Пр	Расчет токов короткого замыкания методом эквивалентной ЭДС	5	4	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.4	Пр	Расчет токов короткого замыкания методом наложения	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.5	Пр	Применение метода расчетных кривых	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.6	Пр	Выполнение проверки коммутационных электрических аппаратов и проводников	5	4	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.7	Лаб	Изучение влияния электродвигателей напряжением выше 1 кВ и комплексной нагрузки на величину тока короткого замыкания	5	4	ОПК-3	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.8	Ср		5	10	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	Раздел 3. Несимметричные переходные процессы						
3.1	Лек	Метод симметричных составляющих	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.2	Лек	Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей, параметры элементов электрической системы для токов обратной и нулевой последовательности	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.3	Лек	Однофазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание на землю	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2

3.4	Лек	Простое замыкание на землю, учет электрической дуги.	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.5	Лек	Алгоритм расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий	5	1	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.6	Лек	Обрыв одной фазы, обрыв двух фаз.	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.7	Пр	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.8	Пр	Оценка параметры схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательности	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.9	Пр	Применение алгоритма расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.10	Ср		5	20	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	Раздел 4. Переходные процессы в системах электроснабжения, распределительных сетях и установках до 1000 В. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания						
4.1	Лек	Основные допущения, параметры элементов сети до 1 кВ, расчет токов короткого замыкания в установках до 1 кВ	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.2	Лек	Оптимизация структуры и параметров сети, стационарное или автоматическое деление сети, токоограничивающие устройства, трансформаторы с расщепленной обмоткой низкого напряжения, оптимизация режима заземления нейтралей в электрических сетях	5	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.3	Пр	Расчет токов короткого замыкания в установках до 1 кВ	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.4	Пр	Исследование методов ограничения токов короткого замыкания	5	2	ОПК-3	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.5	Лаб	Исследование методов ограничения тока короткого замыкания	5	4	ОПК-3	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2

4.6	Ср		5	9	ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	Раздел 5. Основные понятия об электромеханических переходных процессах. Статическая устойчивость						
5.1	Лек	Основные понятия и определения. Допущения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	1	Лекция-прессконференция ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.2	Лек	Характеристика мощности простейшей электрической системы. Физический смысл угла δ . Понятие о статической устойчивости системы.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	2	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.3	Лек	Характеристика мощности явнополюсного генератора. Характеристика мощности генератора с АРВ.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.4	Лек	Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой.	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.5	Лек	Уравнение движения ротора. Метод малых колебаний	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.6	Лек	Критерий Гурвица, Рауса, Михайлова для оценки статической устойчивости. Метод D-разбиения.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.7	Лек	Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Лавина напряжения в узле нагрузки.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.8	Лек	Методические указания по анализу статической устойчивости	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.9	Пр	Критерий Гурвица, Рауса, Михайлова для оценки статической устойчивости. Метод D-разбиения.	6	6	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.10	Лаб	Расчет и построение характеристик активной и реактивной мощностей синхронных генераторов	6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.11	Лаб	Изучение влияния АРВ генераторов различных типов на статическую устойчивость электрических систем	6	6	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.12	Лаб	Определение запаса статической устойчивости узла нагрузки	6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5

5.13	Ср		6	11	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.14	Экзамен		6	20	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	Раздел 6. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем						
6.1	Лек	Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения при анализе динамической устойчивости.	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	Лекция с разбором конкретных ситуаций ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.2	Лек	Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом. Динамическая устойчивость при КЗ на линии.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	1	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.3	Лек	Определение предельного угла отключения короткого замыкания.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	1	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.4	Лек	Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	1	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.5	Лек	Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения. Наброс нагрузки на двигатели.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.6	Пр	Анализ динамической устойчивости простейшей системы при коротком замыкании на линии.	6	8	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.7	Пр	Определение предельного угла отключения короткого замыкания.	6	8	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.8	Пр	Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов. Определение предельного времени отключения короткого замыкания	6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.9	Пр	Определение предельного времени перерыва электроснабжения асинхронных и синхронных двигателей	6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5

6.10	Лаб	Исследование динамической устойчивости при двухфазном коротком замыкании и последующем успешном трехфазном автоматическом повторном включении	6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	4	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.11	Ср		6	10	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.12	Экзамен		6	10	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	Раздел 7. Асинхронные режимы в электроэнергетических системах						
7.1	Лек	Возникновение и общая характеристика асинхронного режима. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.2	Лек	Изменение режимных параметров энергосистемы при асинхронном ходе.	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.3	Лек	Последствия асинхронных режимов. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.4	Ср		6	6	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.5	Экзамен		6	8	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	Раздел 8. Регулирование частоты и перетоков мощности в энергосистемах						
8.1	Лек	Баланс мощности энергосистемы	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
8.2	Лек	Частотные статические характеристики энергосистемы	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
8.3	Лек	Виды регулирования частоты и перетоков мощности	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
8.4	Лек	Требования к качеству регулирования частоты. Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности	6	1	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
8.5	Ср		6	5	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5

8.6	Экзамен		6	8	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	Раздел 9. Мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем						
9.1	Лек	Мероприятия, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости.	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
9.2	Лек	Режимные мероприятия по повышению устойчивости. Повышение устойчивости средствами автоматического противоаварийного управления	6	2	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
9.3	Пр	Анализ мероприятий, основанных на улучшении параметров элементов электрических систем.	6	6	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
9.4	Ср		6	4	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
9.5	Экзамен		6	8	ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Технология дистанционного обучения (получение образовательных услуг без посещения университета, с помощью современных систем телекомму-никации (электронная почта, Интернет и др.))

Традиционная (репродуктивная) технология (преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся)

Технология компьютерного обучения(использование в учебном процессе компьютерных технологий и предоставляемых ими возможностей (электронные библиотеки))

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция-визуализация)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для текущего контроля
(Семестр 5)

1. Основные понятия и определения. Виды коротких замыканий.
2. Режимы работы нейтралей в электрических сетях.
3. Последствия коротких замыканий. Цели расчета токов коротких замыканий.
4. Понятия о расчетных условиях.
5. Синхронные машины. Обобщенный вектор трехфазной системы.
6. Схемы замещения элементов электрической системы.
7. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Составляющие тока короткого замыкания.
8. Ударный ток. Ударный коэффициент.

9. Включение обмотки возбуждение на постоянное напряжение. Форсировка возбуждения.
10. Метод эквивалентной ЭДС.
11. Метод наложения.
12. Метод расчетных кривых. Выбор выключателя по отключающей способности.
13. Проверка коммутационных аппаратов по условиям термической и электродинамической стойкости.
14. Проверка проводников по условию термической стойкости
15. Метод симметричных составляющих.
16. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей, параметры элементов электрической системы для токов обратной и нулевой последовательности.
17. Алгоритм расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий
18. Однофазное короткое замыкание.
19. Двухфазное короткое замыкание.
20. Двухфазное короткое замыкание на землю.
21. Обрыв одной фазы, обрыв двух фаз.
22. Простое замыкание на землю, учет электрической дуги.

(Семестр 6)

1. Основные понятия и определения. Допущения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.
2. Характеристика мощности простейшей электрической системы.
3. Физический смысл угла δ .
4. Анализ статической устойчивости простейшей системы. Критерий устойчивости.
5. Характеристика активной и реактивной мощности явнополюсного генератора.
6. Характеристика активной мощности генератора с АРВ.
7. Метод малых колебаний.
8. Методические указания по анализу статической устойчивости
9. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения при анализе динамической устойчивости.
10. Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом.
11. Динамическая устойчивость при коротком замыкании на линии.
12. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
13. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.
14. Возникновение и общая характеристика асинхронного режима.
15. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим.
16. Изменение режимных параметров энергосистемы при асинхронном ходе.
17. Последствия асинхронных режимов.
18. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.
19. Мероприятия для повышения устойчивости, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем.
20. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости электроэнергетических систем.
21. Режимные мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем. Повышение устойчивости средствами противоаварийного управления.

Лабораторные работы: защита лабораторных работ. Вопросы предусмотрены в источниках методических разработок по лабораторным работам раздела 7 рабочей программы.

6.2. Темы письменных работ

Контрольная работа (Раздел Электромагнитные переходные процессы)

Задание: Освоить методы расчета тока трехфазного короткого замыкания, его составляющих, а также токов несимметричных коротких замыканий.

Исходные данные: техническое задание, включающее в себя схему электрической сети, точку короткого замыкания и параметры элементов электрической сети согласно варианту.

Контрольная работа содержит следующие этапы:

1. Построение схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей
2. Определение параметров схем замещения
3. Приведение схем замещения к простейшему виду
4. Оценка тока трехфазного короткого замыкания и его составляющих
5. Оценка токов несимметричных коротких замыканий

Контрольная работа (Раздел Электромеханические переходные процессы)

Задание: рассчитать предельный угол и время отключения трехфазного короткого замыкания в заданной точке электрической системы.

Исходные данные: техническое задание, включающее в себя схему электрической сети и параметры элементов электрической сети согласно варианту.

- Контрольная работа содержит следующие этапы:
1. Составление схем замещения для нормального, послеаварийного и аварийного режимов
 2. Расчет параметров схем замещения; преобразование схем к простейшему виду
 3. Расчет параметров угловых характеристик мощности для трех режимов
 4. Угловые характеристики мощности
 5. Расчет предельного угла отключения и предельного времени отключения короткого замыкания

6.3. Фонд оценочных средств

Вопросы для зачета (Семестр 5)

Основные сведения об электромагнитных переходных процессах

- 1.1. Основные понятия и определения. Виды коротких замыканий.
- 1.2. Режимы работы нейтрали в электрических сетях.
- 1.3. Последствия коротких замыканий. Цели расчета токов коротких замыканий.
- 1.4. Понятия о расчетных условиях.
- 1.5. Синхронные машины. Обобщенный вектор трехфазной системы.
- 1.6. Векторная диаграмма синхронного генератора.
- 1.7. Схемы замещения элементов электрической системы.
- 1.8. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Составляющие тока короткого замыкания.
- 1.9 Ударный ток. Ударный коэффициент.
- 1.10. Эквивалентная постоянная времени.
- 1.11. Основные уравнения и соотношения для переходного процесса в неподвижных магнитосвязных цепях.
- 1.12. Внезапное короткое замыкание трансформатора. Включение холостого трансформатора.
- 1.13. Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины.
- 1.14. Допущения при анализе переходного процесса синхронной машины. Исходные уравнения переходного процесса синхронной машины. Преобразование уравнений.
- 1.15. Системы возбуждения синхронных машин.
- 1.16. Включение обмотки возбуждения на постоянное напряжение. Форсировка возбуждения.

Расчет трехфазного короткого замыкания и проверка оборудования

- 2.1. Метод эквивалентной ЭДС.
- 2.2. Метод наложения.
- 2.3. Метод расчетных кривых. Выбор выключателя по отключающей способности.
- 2.4. Проверка коммутационных аппаратов по условиям термической и электродинамической стойкости.
- 2.5. Проверка проводников по условию термической стойкости
- 2.6. Проверка шинных конструкций на электродинамическую стойкость

Несимметричные переходные процессы

- 3.1. Метод симметричных составляющих.
- 3.2. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей, параметры элементов электрической системы для токов обратной и нулевой последовательности.
- 3.3. Алгоритм расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий
- 3.4. Однофазное короткое замыкание.
- 3.5. Двухфазное короткое замыкание.
- 3.6. Двухфазное короткое замыкание на землю.
- 3.7. Обрыв одной фазы, обрыв двух фаз.
- 3.8. Простое замыкание на землю, учет электрической дуги.

Переходные процессы в системах электроснабжения, распределительных сетях и установках до 1000 В. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания

- 4.1. Основные допущения, параметры элементов сети до 1 кВ
- 4.2. Параметры элементов сети напряжением до 1 кВ. Расчет токов короткого замыкания в установках до 1 кВ
- 4.3. Ограничение токов КЗ. Оптимизация структуры и параметров сети. Стационарное или автоматическое деление сети. Токоограничивающие устройства.
- 4.4. Ограничение токов КЗ. Трансформаторы с расщепленной обмоткой низкого напряжения. Оптимизация режима заземления нейтрали в электрических сетях.

Вопросы к экзамену (семестр 6)

Основные понятия об электромеханических переходных процессах. Статическая устойчивость

- 1.1. Основные понятия и определения. Допущения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.
- 1.2. Характеристика мощности простейшей электрической системы.
- 1.3. Физический смысл угла δ .
- 1.4. Анализ статической устойчивости простейшей системы. Критерий устойчивости.
- 1.5. Характеристика активной и реактивной мощности явнополюсного генератора.
- 1.6. Характеристика активной мощности генератора с АРВ.
- 1.7. Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой.
- 1.8. Уравнение движения ротора.
- 1.9. Метод малых колебаний.
- 1.10 Критерий Гурвица для оценки статической устойчивости.
- 1.11 Критерий Рауса для оценки статической устойчивости.
- 1.12 Критерий Михайлова для оценки статической устойчивости.

- 1.13. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей.
- 1.14. Лавина напряжения в узле нагрузки.
- 1.15. Методические указания по анализу статической устойчивости
- Динамическая устойчивость электроэнергетических систем
- 2.1. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения при анализе динамической устойчивости.
- 2.2. Определение сопротивления связи с системой при коротких замыканиях
- 2.3. Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом.
- 2.4. Динамическая устойчивость при коротком замыкании на линии.
- 2.5. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
- 2.6. Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов.
- 2.7. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.
- 2.8. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения.
- 2.9. Наброс нагрузки на двигатели
- Асинхронные режимы в электроэнергетических системах
- 3.1. Возникновение и общая характеристика асинхронного режима.
- 3.2. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим.
- 3.3. Изменение режимных параметров энергосистемы при асинхронном ходе.
- 3.4. Последствия асинхронных режимов.
- 3.5. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.
- Регулирование частоты и перетоков мощности в энергосистемах
- 4.1. Баланс активной мощности. Процессы при возникновении аварийных дефицитов мощности
- 4.2. Частотные статические характеристики энергосистемы
- 4.3. Виды регулирования частоты и перетоков мощности
- 4.4. Требования к качеству регулирования частоты. Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности.
- Мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем
- 5.1. Мероприятия для повышения устойчивости, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем.
- 5.2. Дополнительные устройства для повышения устойчивости электроэнергетических систем.
- 5.3. Режимные мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем. Повышение устойчивости средствами противоаварийного управления.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы к зачету.
 Отчет по лабораторным работам.
 Курсовая работа.
 Вопросы к экзамену.
 Контрольная работа.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
ЛП. 1	Крючков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А.	Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: Учеб. пособие для вузов	Москва: Академия, 2005	11	
ЛП. 2	Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П., Пираторов М.В.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2008	80	
ЛП. 3	Ульянов С.А.	Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник	Москва: АРИС, 2010	50	
ЛП. 4	Кобелев А. В.	Режимы работы электроэнергетических систем: учебное пособие	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015	1	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444929

7.1.2. Дополнительная литература					
	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Неклепаев Б.Н.	Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98: нормативный документ	Москва: НЦ ЭНАС, 2002	8	
Л2. 2	Куликов Ю.А.	Переходные процессы в электрических системах: Учебное пособие для вузов	Новосибирск: НГТУ, 2003	5	
Л2. 3	Шабад В.К.	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие	Москва: Академия, 2013	10	
Л2. 4	Пилипенко В. Т.	Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014	1	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330565
7.1.3. Методические разработки					
	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Шакиров В.А.	Электромагнитные переходные процессы: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2012	88	
Л3. 2	Шакиров В.А., Нефедов А.С.	Электромагнитные переходные процессы: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2019	1	http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Шакиров%20В.А.Электромагнитные%20переходные%20процессы.МУ.2019.PDF
Л3. 3	Шакиров В.А., Нефедов А.С.	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2019	1	http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Шакиров%20В.А.Электромеханические%20переходные%20процессы%20в%20электроэнергетических%20системах.МУ.2019.PDF
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"					
Э1	Электронный каталог библиотеки БрГУ		http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID		
Э2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online"		http://biblioclub.ru		
Э3	Электронная библиотека БрГУ		http://ecat.brstu.ru/catalog		
7.3.1 Перечень программного обеспечения					
7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level				
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level				
7.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC				
7.3.1.4	doPDF				
7.3.1.5	КОМПАС-3D V13				
7.3.1.6	«Лаборатория исследования устойчивости электрических систем (Elmech v.1.00)»				
7.3.2 Перечень информационных справочных систем					
7.3.2.1	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»				
7.3.2.2	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система				
7.3.2.3	«Университетская библиотека online»				
7.3.2.4	Электронный каталог библиотеки БрГУ				
7.3.2.5	Электронная библиотека БрГУ				
7.3.2.6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU				
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)					

1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.
1344	Учебная аудитория (дисплейный класс)	1. Учебная мебель. 2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 18. 3. Принтер лазерный HP Laser Pro 400. 4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см). 5. Сканер Canon CanoScan Lide 220.
1344	Учебная аудитория (дисплейный класс)	1. Учебная мебель. 2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 18. 3. Принтер лазерный HP Laser Pro 400. 4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см). 5. Сканер Canon CanoScan Lide 220.
1344	Учебная аудитория (дисплейный класс)	1. Учебная мебель. 2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 18. 3. Принтер лазерный HP Laser Pro 400. 4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см). 5. Сканер Canon CanoScan Lide 220.
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электромагнитные переходные процессы в ЭЭС. Раздел направлен на ознакомление с причинами возникновения и основными физическими свойствами протекания переходных процессов, их последствиями, а также на изучение основных методов исследования электромагнитных переходных процессов, формирование навыков проверки электрических аппаратов и проводников по результатам исследования аварийных переходных режимов в электроэнергетических системах. В процессе изучения рекомендуется на первом этапе обратить внимание на причины возникновения электромагнитных переходных процессов, виды коротких замыканий и режимы работы нейтралей, принципы формирования расчетных условий и основные допущения при анализе электромагнитных переходных процессов.

Электромеханические переходные процессы в ЭЭС. Раздел направлен на формирование знаний о физических явлениях в переходных режимах, методах количественного расчета устойчивости электрических систем, мероприятиях и установках, с помощью которых можно управлять переходными режимами.

В процессе изучения рекомендуется на первом этапе обратить на причины возникновения электромеханических переходных процессов, основные физические процессы при возникновении дефицита или избытка мощности, принципы использования практических критериев статической устойчивости и метода площадей для анализа динамической устойчивости.

В целом изучение дисциплины Переходные процессы в электроэнергетических системах предусматривает: лекции, лабораторные работы, практические занятия, две контрольные работы, экзамен.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения теоретического материала.

В процессе консультации с преподавателем необходимо выяснить все непонятные моменты.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературы.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме (лекции презентации, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.