

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.26 Переходные процессы в электроэнергетических системах**

Закреплена за кафедрой **Электроэнергетики и электротехники**

Учебный план bz130302\_20\_ЭЭ.plx

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **10 ЗЕТ**

Виды контроля на курсах:

Курсовая работа 4, Контрольная работа 4, Экзамен 4

**Распределение часов дисциплины по курсам**

Курс	4		Итого	
	уп	рп		
Вид занятий				
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	8	8	8	8
Практические	16	16	16	16
В том числе инт.	10	10	10	10
Итого ауд.	40	40	40	40
Контактная работа	40	40	40	40
Сам. работа	311	311	311	311
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	360	360	360	360

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 по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) (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 03.02.2020 протокол № 46.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### Электроэнергетики и электротехники

Протокол от 20.04.2020 г. № 8

Срок действия программы: 2020-2024 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Ульянов А.Д.

26.06 2020 г. УН

Ответственный за реализацию ОПОП

Булатов Ю.Н.  
(подпись)

Булатов Ю.Н.  
(ФИО)

Директор библиотеки

Сейтмиш  
(подпись)

Сейтмиш Б.Ф.  
(ФИО)

№ регистрации

1033  
(методический отдел)

**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.26
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
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
2.1.5	Электрические и электронные аппараты
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Надежность электроснабжения
2.2.2	Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем
2.2.3	Электрический привод

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

**ОПК-2: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач**

Индикатор 1	ОПК - 2.1. Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов
-------------	---

**ОПК-3: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин**

Индикатор 1	ОПК - 3.2. Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока
Индикатор 2	ОПК - 3.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
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.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
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.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
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	<b>Раздел 1. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах</b>						

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

1.16	Ср		4	40	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
1.17	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
	Раздел	<b>Раздел 2. Расчет трехфазного короткого замыкания и проверка оборудования</b>						
2.1	Лек	Метод эквивалентной ЭДС, наложения и расчетных кривых	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0,4	Лекция с разбором конкретных ситуаций ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.2	Лек	Проверка коммутационных электрических аппаратов и проводников	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.3	Пр	Расчет токов короткого замыкания методом эквивалентной ЭДС	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.4	Пр	Расчет токов короткого замыкания методом наложения	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.5	Пр	Применение метода расчетных кривых	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.6	Пр	Выполнение проверки коммутационных электрических аппаратов и проводников	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.7	Лаб	Изучение влияния электродвигателей напряжением выше 1 кВ и комплексной нагрузки на величину тока короткого замыкания	4	2	ОПК-2 ОПК-3	Л2.1Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.8	Ср		4	15	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
2.9	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
	Раздел	<b>Раздел 3. Несимметричные переходные процессы</b>						
3.1	Лек	Метод симметричных составляющих	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.2	Лек	Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей, параметры элементов электрической системы для токов обратной и нулевой последовательности	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0,4	Лекция с запланированными ошибками ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.3	Лек	Однофазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание на землю	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0,4	Лекция с разбором конкретных ситуаций ОПК 2.1, ОПК 3.2

3.4	Лек	Простое замыкание на землю, учет электрической дуги.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.5	Лек	Алгоритм расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.6	Лек	Обрыв одной фазы, обрыв двух фаз.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.7	Пр	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.8	Пр	Оценка параметры схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательности	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.9	Пр	Применение алгоритма расчета токов несимметричного короткого замыкания, сравнение токов различных коротких замыканий	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.10	Ср		4	30	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
3.11	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
	Раздел	<b>Раздел 4. Переходные процессы в системах электроснабжения, распределительных сетях и установках до 1000 В. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания</b>						
4.1	Лек	Основные допущения, параметры элементов сети до 1 кВ, расчет токов короткого замыкания в установках до 1 кВ	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
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	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
4.3	Пр	Расчет токов короткого замыкания в установках до 1 кВ	4	0,5	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
4.4	Пр	Исследование методов ограничения токов короткого замыкания	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1Л2.1	0,5	Работа в малых группах  ОПК 2.1, ОПК 3.2

4.5	Ср		4	15	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
4.6	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	ОПК 2.1, ОПК 3.2
	Раздел	<b>Раздел 5. Основные понятия об электромеханических переходных процессах. Статическая устойчивость</b>						
5.1	Лек	Основные понятия и определения. Допущения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,4	Лекция-прессконференция ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.2	Лек	Характеристика мощности простейшей электрической системы. Физический смысл угла $\delta$ . Понятие о статической устойчивости системы.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,4	Компьютерная презентация ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.3	Лек	Характеристика мощности явнополюсного генератора. Характеристика мощности генератора с АРВ.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.4	Лек	Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.5	Лек	Уравнение движения ротора. Метод малых колебаний	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.6	Лек	Критерий Гурвица, Рауса, Михайлова для оценки статической устойчивости. Метод D-разбиения.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.7	Лек	Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Лавина напряжения в узле нагрузки.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.8	Лек	Методические указания по анализу статической устойчивости	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.9	Пр	Критерий Гурвица, Рауса, Михайлова для оценки статической устойчивости. Метод D-разбиения.	4	0,5	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.10	Лаб	Расчет и построение характеристик активной и реактивной мощностей синхронных генераторов	4	2	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	2	Работа в малых группах ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.11	Лаб	Изучение влияния АРВ генераторов различных типов на статическую устойчивость электрических систем	4	2	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.12	Ср		4	90	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
5.13	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5

	Раздел	<b>Раздел 6. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем</b>						
6.1	Лек	Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения при анализе динамической устойчивости.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	Лекция с разбором конкретных ситуаций ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.2	Лек	Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом. Динамическая устойчивость при КЗ на линии.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,4	Компьютерная презентация ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.3	Лек	Определение предельного угла отключения короткого замыкания.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,4	Компьютерная презентация ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.4	Лек	Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,4	Компьютерная презентация ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.5	Пр	Анализ динамической устойчивости простейшей системы при коротком замыкании на линии.	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.6	Пр	Определение предельного угла отключения короткого замыкания.	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	1	Работа в малых группах ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.7	Пр	Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов. Определение предельного времени отключения короткого замыкания	4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,25	Работа в малых группах ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.8	Пр	Определение предельного времени перерыва электроснабжения асинхронных и синхронных двигателей	4	0,5	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0,25	Работа в малых группах ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.9	Ср		4	45	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
6.10	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
	Раздел	<b>Раздел 7. Асинхронные режимы в электроэнергетических системах</b>						
7.1	Лек	Возникновение и общая характеристика асинхронного режима. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5



7.2	Лек	Изменение режимных параметров энергосистемы при асинхронном ходе.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
7.3	Лек	Последствия асинхронных режимов. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
7.4	Ср		4	25	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
7.5	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
	Раздел	<b>Раздел 8. Регулирование частоты и перетоков мощности в энергосистемах</b>						
8.1	Лек	Баланс мощности энергосистемы	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
8.2	Лек	Частотные статические характеристики энергосистемы	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
8.3	Лек	Виды регулирования частоты и перетоков мощности	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
8.4	Ср		4	28	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
8.5	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
	Раздел	<b>Раздел 9. Мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем</b>						
9.1	Лек	Мероприятия, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости.	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
9.2	Лек	Режимные мероприятия по повышению устойчивости. Повышение устойчивости средствами автоматического противоаварийного управления	4	0,4	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
9.3	Пр	Анализ мероприятий, основанных на улучшении параметров элементов электрических систем.	4	0,5	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
9.4	Ср		4	23	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5
9.5	Экзамен		4	1	ОПК-2 ОПК-3	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3	0	ОПК 2.1, ОПК 3.5

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа, лекция – дискуссия, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция – пресс-конференция, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция-консультация, занятия с применением затрудняющих условий, методы группового решения творческих задач, метод развивающейся кооперации)

Образовательные технологии с использованием интерактивных методов обучения (круглый стол (дискуссия, дебаты),

семинар - исследование, семинар «Пресс – антипресс», мозговой штурм (брейнсторм, мозговая атака), деловые, имитационные, операционные и ролевые игры, case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ), мастер класс, дидактические игры)

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)

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для коллоквиумов (Семестр 5)

- 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.
- 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
- 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.
- 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 для коллоквиумов (Семестр 6)

- 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  $\delta$ .
- 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
- 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
- 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.
- 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.
- 5.1. Мероприятия для повышения устойчивости, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем.
- 5.2. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости электроэнергетических систем.
- 5.3. Режимные мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем. Повышение устойчивости средствами противоаварийного управления.

## 6.2. Темы письменных работ

### Семестр 5. Курсовая работа

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

Структура: Каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом следующих разделов:

Построение схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей

Определение параметров схем замещения

Приведение схем замещения к простейшему виду

Оценка тока трехфазного короткого замыкания и его составляющих

Оценка токов несимметричных коротких замыканий

Основная тематика: Расчет токов короткого замыкания и его составляющих

Рекомендуемый объем: Пояснительная записка объемом 25 - 30 страниц должна содержать титульный лист, задание, описание выполняемых действий по каждому разделу и полученные результаты.

Выдача задания, прием и защита КР проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

### Семестр 6. Контрольная работа

Цель: Освоить методику исследования динамической устойчивости простейшей электрической системы при коротком замыкании.

Структура: Каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом следующих разделов:

Построение схем замещения для трех режимов

Определение параметров схем замещения

Приведение схем замещения к простейшему виду

Построение характеристик мощности генератора

Определение предельного угла отключения тока короткого замыкания

Определение предельного времени отключения короткого замыкания

Основная тематика: Определение предельного угла и времени отключения короткого замыкания для сохранения динамической устойчивости

Рекомендуемый объем: Пояснительная записка объемом 15 - 20 страниц должна содержать титульный лист, задание, описание выполняемых действий по каждому разделу и полученные результаты.

Выдача задания, прием и защита контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>6.3. Фонд оценочных средств</b>
Экзаменационные вопросы.
<b>6.4. Перечень видов оценочных средств</b>
Экзаменационные билеты.

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

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Крючков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А.	Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: Учеб. пособие для вузов	Москва: Академия, 2005	11	
Л1. 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	
Л1. 3	Ульянов С.А.	Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник	Москва: АРИС, 2010	50	
Л1. 4	Кобелев А. В.	Режимы работы электроэнергетических систем: учебное пособие	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444929">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444929</a>

#### 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	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=330565">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=330565</a>

#### 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	

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 2	Шакиров В.А., Нефедов А.С.	Электромагнитные переходные процессы: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2019	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Шакиров%20В.А.Электромагнитные%20переходные%20процессы.МУ.2019.PDF">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Шакиров%20В.А.Электромагнитные%20переходные%20процессы.МУ.2019.PDF</a>
Л3. 3	Шакиров В.А., Нефедов А.С.	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2019	1	<a href="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">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</a>

### 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	Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 license No Level
7.3.1.4	Microsoft Imagine Premium для ФЭиА
7.3.1.5	Архиватор 7-Zip
7.3.1.6	Adobe Reader
7.3.1.7	doPDF
7.3.1.8	КОМПАС-3D V13
7.3.1.9	Шакиров В.А., Вальто Е.А., Серов А.В. Лаборатория исследования устойчивости электрических систем (Elmech v.1.00) (программа для ЭВМ)

### 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	Лекционная аудитория	Учебная мебель
1344	Дисплейный класс	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Учебная мебель.</li> <li>2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 18.</li> <li>3. Принтер лазерный HP Laser Pro 400.</li> <li>4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см).</li> <li>5. Сканер Canon CanoScan Lide 220.</li> </ol>

1344	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	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	Лекционная аудитория	Учебная мебель
1218	Лекционная аудитория	Учебная мебель
1218	Лекционная аудитория	Учебная мебель
1218	Лекционная аудитория	Учебная мебель

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

5 семестр. Разделы дисциплины переходных процессов направлены 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.

6 семестр. Разделы дисциплины переходных процессов направлены 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, курсовую и контрольную 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 с разбором конкретных ситуаций, презентации, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.