

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

\_\_\_\_\_ 07 июня \_\_\_\_\_ 20 23 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.15 Переходные процессы в электроэнергетических системах**

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план b130302\_23\_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		18			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	34	34	36	36	70	70
Лабораторные	17	17	18	18	35	35
Практические	17	17	36	36	53	53
В том числе инт.	18	18	18	18	36	36
Итого ауд.	68	68	90	90	158	158
Контактная работа	68	68	90	90	158	158
Сам. работа	40	40	72	72	112	112
Часы на контроль			54	54	54	54
Итого	108	108	216	216	324	324

Программу составил(и):

ст.пр., *Нефедов А.С.* \_\_\_\_\_

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 17.02.2023 № 72.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### **Энергетики**

Протокол от 21.04.2023 г. № 10

Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В. \_\_\_\_\_ 24.04.2023 г. №9

Ответственный за реализацию ОПОП \_\_\_\_\_ Булатов Ю.Н.  
(подпись)

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.  
(подпись)

№ регистрации \_\_\_\_\_ 30  
(методический отдел)

---

---

**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 \_\_\_\_\_

---

---

**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 \_\_\_\_\_

---

---

**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 \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Формирование у обучающихся знаний об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в электроэнергетических системах.
1.2	Освоение основных сведений относительно:
1.3	- процессов, происходящих в электроэнергетических системах при возникновении аварийных режимов;
1.4	- методов расчета токов коротких замыканий при симметричных и несимметричных коротких замыканиях, необходимых при выборе электрооборудования;
1.5	- физики явлений, происходящих при возникновении аварийных режимов;
1.6	- методов анализа и оценки устойчивости электроэнергетических систем.

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.15
<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
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий
2.2.2	Электрический привод
2.2.3	Надежность электроснабжения
2.2.4	Основы АСУ электроустановок электрических станций и подстанций
2.2.5	Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

**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
<b>ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин</b>	
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**

<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; последствия коротких замыканий; анализ физических процессов, происходящих при возникновении аварийных режимов в электроэнергетических системах; методика расчета и анализа токов коротких замыканий симметричных систем	5	15	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	1	Лекция прес-конференция  ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.2	Пр	Методика расчета токов коротких замыканий симметричных систем: Формирование расчетных условий; составление схем замещения	5	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.3	Лаб	Ознакомление с программными средствами расчета токов короткого замыкания электрических систем. Расчет тока короткого замыкания в неразветвленной электрической сети	5	7	ОПК-3 ОПК-4	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	6	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2
1.4	Ср		5	10	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	<b>Раздел 2. Анализ симметричных электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и проверка оборудования</b>						
2.1	Лек	Методы расчета токов короткого замыкания. Проверка и выбор оборудования электроэнергетических систем	5	5	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.2	Пр	Методы расчета токов короткого замыкания. Расчет токов короткого замыкания разветвлённой электроэнергетической системы. Выполнение проверки коммутационных электрических аппаратов и проводников	5	6	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2

2.3	Лаб	Изучение влияния электродвигателей напряжением выше 1 кВ и комплексной нагрузки на величину тока короткого замыкания	5	5	ОПК-3 ОПК-4	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
2.4	Ср		5	10	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	<b>Раздел 3. Несимметричные переходные процессы</b>						
3.1	Лек	Метод симметричных составляющих. Особенности составления схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Методика расчета токов несимметричных коротких замыканий	5	10	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	5	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.2	Пр	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Расчет токов несимметричных коротких замыканий	5	7	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	4	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.2
3.3	Ср		5	10	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	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. Методы ограничения токов короткого замыкания	5	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.2	Лаб	Исследование методов ограничения тока короткого замыкания	5	5	ОПК-3 ОПК-4	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
4.3	Ср		5	10	ОПК-3 ОПК-4	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.2
	Раздел	<b>Раздел 5. Основные понятия об электромеханических переходных процессах.</b>						

5.1	Лек	Основные понятия и определения. Устойчивость электрических систем. Виды режимов работы. Характеристики активной и реактивной мощности синхронных генераторов. Физический смысл угла $\delta$ . Автоматическое регулирование возбуждения синхронных генераторов. Уравнение движения ротора, метод малых колебаний. Методы анализа устойчивости электроэнергетических систем	6	12	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	1	Лекция-прессконференция Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.2	Пр	Применение методов оценки устойчивости электроэнергетических систем	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.3	Лаб	Расчет и построение характеристик активной и реактивной мощностей синхронных генераторов	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	2	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.4	Лаб	Изучение влияния АРВ генераторов различных типов на статическую устойчивость электрических систем	6	6	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.5	Лаб	Определение запаса статической устойчивости узла нагрузки	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.6	Ср		6	30	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
5.7	Экзамен		6	20	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	<b>Раздел 6. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем. Асинхронный режим в ЭЭС.</b>						
6.1	Лек	Понятие динамической устойчивости ЭЭС. Подходы и методы к анализу динамической устойчивости. Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом. Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов. Определение предельного угла и времени отключения КЗ	6	12	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	3	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5

6.2	Лек	Возникновение и общая характеристика асинхронного режима. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим. Изменение режимных параметров при асинхронном ходе. Последствия асинхронного режима	6	8	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	2	Компьютерная презентация ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.3	Пр	Анализ динамической устойчивости простейшей системы при коротком замыкании на линии. Определение предельного угла и времени отключения КЗ	6	28	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	6	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.4	Лаб	Исследование динамической устойчивости при двухфазном коротком замыкании и последующем успешном трехфазном автоматическом повторном включении	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	4	Работа в малых группах ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.5	Ср		6	30	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
6.6	Экзамен		6	22	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
	Раздел	<b>Раздел 7. Повышение устойчивости электроэнергетических систем</b>						
7.1	Лек	Повышение устойчивости ЭЭС при помощи улучшения параметров элементов ЭЭС. Режимные мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС. Дополнительные средства повышения устойчивости ЭЭС	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.2	Пр	Оценка применения методов повышения устойчивости ЭЭС	6	4	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.3	Ср		6	12	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5
7.4	Экзамен		6	12	ОПК-3 ОПК-4	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	0	ОПК 3.1, ОПК 4.5

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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 телекоммуникации (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 нейтрали 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 возбуждения 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  $\delta$ .
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.
- Анализ симметричных электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах 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.

- 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

Динамическая устойчивость электроэнергетических систем. Асинхронный режим в ЭЭС.

- 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
- 2.10. Возникновение и общая характеристика асинхронного режима.
- 2.11. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим.
- 2.12 Изменение режимных параметров энергосистемы при асинхронном ходе.
- 2.13 Последствия асинхронных режимов.
- 2.14 Ресинхронизация и результирующая устойчивость.

Повышение устойчивости электроэнергетических систем

- 3.1. Мероприятия для повышения устойчивости, основанные на улучшении параметров элементов электрических систем.
- 3.2. Дополнительные устройства для повышения уровня устойчивости электроэнергетических систем.
- 3.3. Режимные мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем. Повышение устойчивости средствами противоаварийного управления.

#### 6.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы к зачету, экзаменационные вопросы, отчеты по лабораторным работам, 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
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	

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
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 и 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 и 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	
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>

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронный каталог библиотеки БрГУ	<a href="http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&amp;C21COM=F&amp;I21DBN=BOOK&amp;P21DBN=BOOK&amp;S21CNR=&amp;Z21ID">http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&amp;C21COM=F&amp;I21DBN=BOOK&amp;P21DBN=BOOK&amp;S21CNR=&amp;Z21ID</a>
Э2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online"	<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
Э3	Электронная библиотека БрГУ	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog">http://ecat.brstu.ru/catalog</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	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)»		
<b>7.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>			
7.3.2.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU		
7.3.2.2	Электронная библиотека БрГУ		
7.3.2.3	Электронный каталог библиотеки БрГУ		
7.3.2.4	«Университетская библиотека online»		
7.3.2.5	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система		
7.3.2.6	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»		
<b>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>			
Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лек
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Ср
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Экзамен
A1207	Учебная аудитория (мультимедийный/дисплейный класс)	Основное оборудование: - интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX – 1 шт.; - системный блок CPU 5000/RAM 2Gb/HDD - 14 шт.; - монитор TFT 19 LG1953S-SF – 14шт.; - принтер HP Laser jet P3015d – 1 шт.; - сканер CANOSCAN LIDE220 – 1 шт.; Дополнительно: - маркерная доска – 1 шт. Учебная мебель: - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) – 24/14 шт.; - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.; персональный компьютер i5-2500/H67/4Gb/500Gb – 1 шт. монитор TFT19 Samsung E1920NR – 1 шт.;	Пр
A1207	Учебная аудитория (мультимедийный/дисплейный класс)	Основное оборудование: - интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX – 1 шт.; - системный блок CPU 5000/RAM 2Gb/HDD - 14 шт.; - монитор TFT 19 LG1953S-SF – 14шт.; - принтер HP Laser jet P3015d – 1 шт.; - сканер CANOSCAN LIDE220 – 1 шт.; Дополнительно: - маркерная доска – 1 шт. Учебная мебель: - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) – 24/14 шт.; - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.; персональный компьютер i5-2500/H67/4Gb/500Gb – 1 шт. монитор TFT19 Samsung E1920NR – 1 шт.;	Лаб
1106	Лаборатория электропривода	Основное оборудование: Стенд УАДК.004 РБЭ (упр. асинхр. двигателем) – 2 компл.; Стенд ЭМП1-Н-Р (Эл.машины.Электропривод); Ноутбуки Acer; Ноутбуки Lenovo; Лабораторный стенд «Электрооборудование вентиляторной установки»; Системный блок; Монитор Philips LED 203 V; Лабораторный стенд «Управление насосом»; шкаф управления на базе микроконтроллера Сименс. Дополнительно:	Лек

		Меловая доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 16 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	
1106	Лаборатория электропривода	Основное оборудование: Стенд УАДК.004 РБЭ (упр. асинхр. двигателем) – 2 компл.; Стенд ЭМП1-Н-Р (Эл.машины.Электропривод); Ноутбуки Асег; Ноутбуки Lenovo; Лабораторный стенд «Электрооборудование вентиляторной установки»; Системный блок; Монитор Philips LED 203 V; Лабораторный стенд «Управление насосом»; шкаф управления на базе микроконтроллера Сименс. Дополнительно: Меловая доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 16 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Ср
1106	Лаборатория электропривода	Основное оборудование: Стенд УАДК.004 РБЭ (упр. асинхр. двигателем) – 2 компл.; Стенд ЭМП1-Н-Р (Эл.машины.Электропривод); Ноутбуки Асег; Ноутбуки Lenovo; Лабораторный стенд «Электрооборудование вентиляторной установки»; Системный блок; Монитор Philips LED 203 V; Лабораторный стенд «Управление насосом»; шкаф управления на базе микроконтроллера Сименс. Дополнительно: Меловая доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 16 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Зачёт
1106	Лаборатория электропривода	Основное оборудование: Стенд УАДК.004 РБЭ (упр. асинхр. двигателем) – 2 компл.; Стенд ЭМП1-Н-Р (Эл.машины.Электропривод); Ноутбуки Асег; Ноутбуки Lenovo; Лабораторный стенд «Электрооборудование вентиляторной установки»; Системный блок; Монитор Philips LED 203 V; Лабораторный стенд «Управление насосом»; шкаф управления на базе микроконтроллера Сименс. Дополнительно: Меловая доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 16 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Экзамен
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Зачёт

### 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, зачет и 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.