

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Электрических станций, сетей и систем»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электрических станций, сетей и систем

Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

**«ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Электрические станции

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Снопкова Наталья Юльевна Дата подписания: 02.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Федосов Денис Сергеевич Дата подписания: 04.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-2 Способность к оформлению технической документации на различных стадиях разработки проекта объекта профессиональной деятельности	ПКР-2.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-2.1	Составляет схемы замещения для расчётных электрических схем, выполняет расчёты параметров короткого замыкания и других переходных режимов работы электроэнергетических систем	Знать основы теории электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и их основных элементах; методы расчета токов короткого замыкания электроэнергетических систем; основные мероприятия по ограничению токов короткого замыкания, повышению качества переходных процессов и экономичности мероприятий Уметь производить расчеты токов короткого замыкания в сложных электрических схемах, содержащих несколько источников питания; использовать современные программно-вычислительные комплексы для расчета коротких замыканий в сложных электроэнергетических системах, выбрать мероприятия и обосновать их применение для ограничения токов короткого замыкания, применять актуальную нормативную документацию по выбору мероприятий и уметь обосновать их применение Владеть методами расчета токов короткого замыкания в электроэнергетических системах, применять актуальную нормативную документацию по выбору мероприятий для ограничения токов короткого замыкания и уметь обосновать их

		применение
--	--	------------

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Теоретические основы электротехники», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические машины»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Качество электроэнергии в ЭЭС», «Проектирование и конструирование электрической части станций и подстанций», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия, в том числе:	80	80
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	32	32
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	64	64
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Переходные процессы в простейших цепях	1	6	1, 3	4	1, 2	8	1, 6	20	Письменный опрос

2	Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины	2	2							Письменный опрос
3	Расчет тока в момент внезапного нарушения режима	3	2	2	4	3	6	2, 3, 4	20	Устный опрос
4	Установившийся режим трехфазного короткого замыкания	4	2							Тест
5	Практические методы расчета переходного процесса при трехфазном коротком замыкании	5	4			4, 5	6			Решение задач
6	Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи	6	4			6	2	4, 5	16	Решение задач
7	Переходный процесс при однократной поперечной несимметрии	7	4	4	4	8	6	2	4	Решение задач
8	Сравнение токов различных видов коротких замыканий	8	2							Устный опрос
9	Переходный процесс при однократной продольной несимметрии	9	2	5, 6	4	7	2	2	4	Тест
10	Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В	10	2			9	2			Письменный опрос
11	Основные мероприятия по ограничению токов короткого замыкания, повышение качества переходных	11	2							Письменный опрос

	процессов									
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		32		100	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Переходные процессы в простейших цепях	Введение. Основные виды и особенности переходных процессов, характеристика их протекания и влияние на работу электрической системы и отдельных ее элементов. Причины возникновения электромагнитных переходных процессов. Основные допущения принимаемые при исследовании и в практических расчетах процессов. Переходный процесс в простейших трехфазных цепях.
2	Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины	Основные допущения. Уравнения равновесия ЭДС и падений напряжения в обмотках машины. Потокосцепления обмоток. Переход от переменных в координатах А, В, Ск переменным в координатах, вращающихся с произвольной скоростью, со скоростью ротора, с синхронной скоростью. Уравнения Парка-Горева.
3	Расчет тока в момент внезапного нарушения режима	Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронных генераторов. Определение ЭДС генераторов из векторной диаграммы предшествующего режима. Определение начального тока короткого замыкания. Схемы замещения синхронной машины в продольной и поперечной осях. Характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. Влияние двигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания.
4	Установившийся режим трехфазного короткого замыкания	Спрямление характеристики холостого хода. Расчет установившегося тока трехфазного короткого замыкания при отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Влияние и учет действия АРВ. Понятие о критическом токе и критической реактивности. Расчет установившегося тока короткого замыкания в схеме с несколькими источниками. Влияние нагрузки и ее приближенный учет.
5	Практические методы расчета переходного процесса при трехфазном коротком замыкании	Метод типовых кривых. Его применение для определения токов короткого замыкания в простейшей схеме, содержащей один генератор, и в сложной схеме. Влияние системы возбуждения на характер изменения тока короткого замыкания во времени. Метод спрямленных характеристик.

		Внешние характеристики генераторов при наличии и отсутствии у них регуляторов возбуждения.
6	Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи	Особенности исследования несимметричных переходных процессов. Схемы прямой, обратной, нулевой последовательностей. Сопротивления электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей.
7	Переходный процесс при однократной поперечной несимметрии	Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения.
8	Сравнение токов различных видов коротких замыканий	Характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке. Сравнение токов различных видов коротких замыканий. токи в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю.
9	Переходный процесс при однократной продольной несимметрии	Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для случаев обрыва одной и двух фаз. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Определение напряжений. Векторные диаграммы токов и напряжений. Комплексные схемы замещения при обрыве одной и двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности. Применение принципа наложения.
10	Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В	Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения. Простое замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью и в компенсированных сетях. Векторные диаграммы напряжений и токов. Комплексная схема замещения. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В. Учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов таких установок. Учет сопротивлений контактных соединений.
11	Основные мероприятия по ограничению токов короткого замыкания, повышение качества переходных процессов	Основные мероприятия по ограничению токов короткого замыкания, повышение качества переходных процессов

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование переходного процесса при подключении к сети ненагруженного трансформатора	2
2	Исследование переходного процесса при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	4
3	Исследование влияния автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генератора на ток установившегося режима короткого замыкания	2
4	Исследование режимов при несимметричных коротких замыканиях в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	4
5	Исследование переходного процесса при обрыве фазы в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	2
6	Исследование переходного процесса при обрыве двух фаз в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Составление и преобразование схем замещения электрических систем для расчета токов трехфазного короткого замыкания.	2
2	Системы именованных и относительных единиц. Точное и приближенное приведение элементов ЭЭС к одной ступени напряжения.	6
3	Расчет начального и ударного токов трехфазного короткого замыкания	6
4	Расчет тока трехфазного короткого замыкания методом типовых кривых	4
5	Расчет тока трехфазного короткого замыкания методом расчетных кривых	2
6	Схемы замещения обратной и нулевой последовательностей	2
7	Комплексные схемы замещения для расчета однократной продольной	2
8	Расчет токов и напряжений при однократной продольной несимметрии	6
9	Расчет токов короткого замыкания в системах электроснабжения	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Ведение терминологического словаря	4
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	14
3	Подготовка к практическим занятиям	6
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	16
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8
6	Проработка разделов теоретического материала	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Лекции и практические занятия могут проводиться с применением современных технических средств связи. В ходе проведения лекций и лабораторных работ используются групповые и индивидуальные интерактивные методы обучения: групповая дискуссия, разбор инцидентов из практики, презентация, обсуждение, выполнение практических задач

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Снопкова, Наталья Юльевна. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах / Н. Ю. Снопкова ; Иркут. нац. исслед. техн. ун-т. - Иркутск : ИРНТУ, 2021. - 54 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Снопкова, Наталья Юльевна. Методические указания к лабораторным работам по курсу Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах / Н. Ю. Снопкова ; Иркут. нац. исслед. техн. ун-т. - Иркутск : ИРНТУ, 2021. - 32 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Снопкова, Наталья Юльевна. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах / Н. Ю. Снопкова ; Иркут. нац. исслед. техн. ун-т. - Иркутск : ИРНТУ, 2021. - 54 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

позволяет не только опрашивать и контролировать знания обучающихся, но и сразу же поправлять, повторять и закреплять знания, умения и навыки. Проводится в виде устных

вопросов. Опрос занимает минимум времени, используется на этапах повторения и закрепления темы

Критерии оценивания.

Показывает всестороннее и глубокое знание учебного и нормативного материала (зачитывается). Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах (не зачитывается)

6.1.2 семестр 5 | Тест

Описание процедуры.

Тест из 10–15 вопросов (периодический контроль).
позволяет контролировать знания обучающихся, поправлять, повторять и закреплять знания, умения и навыки. Проводится в виде письменных вопросов/тестов. Опрос занимает минимум времени, используется на этапах повторения и закрепления темы

Критерии оценивания.

Оценка «отлично» — дано 91–100% правильных ответов, «хорошо» — дано 81–90% правильных ответов, «удовлетворительно» — дано 60–80% правильных ответов, «плохо» — дано менее 60% правильных ответов или работа не выполнена

6.1.3 семестр 5 | Решение задач

Описание процедуры.

позволяет контролировать знания обучающихся, поправлять, повторять и закреплять знания, умения и навыки.

Критерии оценивания.

Показывает всестороннее и глубокое знание учебного и нормативного материала (зачитывается). Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах (не зачитывается)

6.1.4 семестр 5 | Письменный опрос

Описание процедуры.

позволяет контролировать знания обучающихся, поправлять, повторять и закреплять знания, умения и навыки. Проводится в виде письменных вопросов/тестов. Опрос занимает минимум времени, используется на этапах повторения и закрепления темы.

Критерии оценивания.

Показывает всестороннее и глубокое знание учебного и нормативного материала (зачитывается). Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах (не зачитывается)

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКР-2.1	Составляет схемы замещения для расчётных электрических схем, выполняет расчёты параметров короткого замыкания и других переходных режимов работы электроэнергетических систем	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование. Выполнение практического задания. Подготовка и защита отчётов по практическим и/или лабораторным работам

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование. Выполнение практического задания.

Пример задания:

Экзаменационный билет

1. Классификация режимов и переходных процессов. Основные определения
2. Токи в фазах при симметричном нарушении режима простейшей 3-х фазной электрической цепи.
3. Граничные условия однофазного КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений в месте возникновения однофазного короткого замыкания
4. Задача

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умеет свободно выполнять	Показывает полное знание учебного материала, успешно выполняет предусмотренные в программе	Показывает знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляется с	Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

<p>задания, предусмотренные программой, усвоивший учебную программу дисциплины и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Показывает усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала</p>	<p>задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Показывает систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.</p>	<p>выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускается возможность погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p>	
---	---	---	--

7 Основная учебная литература

1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов / С. А. Ульянов, 2010. - 518.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Крючков И. П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : [Учеб. пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" и специальностям "Электр. станции", "Электроэнергет. системы и сети", "Электроснабжение", "Автомат. упр. электроэнергет. системами"] / И. П. Крючков, 2000. - 167.

2. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электромагнитные переходные процессы в электрических системах" / Иркут. политехн. ин-т, 1982. - 27.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2008

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Комплект учебно-лабораторного оборудования "Электроэнергетика- Модель одномашин.электр. системы с узлом комплексной нагрузки ЭЭ2-Н-С-К
2. Комплект учебно-лабораторного оборудования "Электроэнергетика- Модель одномашинной электр. системы с асинхронизированным синхронным генератором ЭЭ
3. Комплект учебно-лабораторного оборудования "Электроэнергетика- Модель одномашин. электр. системы с узлом комплексной нагрузки ЭЭ2-Н-С-К
4. Мультимедийный проектор PLC XW-200