



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.В. Лобов
Н.В. Лобов

«*07*» *09* 20*20*г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Переходные процессы в электроэнергетических системах
(наименование)

Форма обучения: очно-заочная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления)

Направленность: Электроснабжение

(наименование образовательной программы)

Пермь 20*20*

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по расчёту и анализу электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических машин и электрических сетей.

Задачи учебной дисциплины

- изучение основных теоретических положений, которые описывают электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электрических машинах и электроэнергетических системах;
- изучение принципов распределения несимметричных токов и напряжений в сети;
- формирование навыков анализа устойчивости электрических систем;
- формирование навыков разработки мероприятий по повышению устойчивости электроэнергетических систем;
- изучение практических методов расчёта различных видов коротких замыканий.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- переходные процессы в электроэнергетических системах и сетях;
- переходные процессы, происходящие в электрических машинах, трансформаторах, электромеханических комплексах и системах.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1 Способность рассчитывать схемы и режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры	ИД-1 ПК-2.1 Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электро-энергетических установок различного назначения. ИД-2 ПК-2.1 Умеет проектировать схемы, электротехнические и электро-энергетические установки. ИД-3 ПК-2.1 Владеет навыками расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок.	Рубежное тестирование. диф. зачет
ПК-2.6 Способен выполнять подготовку технических решений проектов системы электроснабжения	ИД-1 ПК-2.6 Знает правила технологического функционирования электроэнергетических систем; требования системы технического регулирования к системе электроснабжения; методики и правила проведения расчетов для проекта	Рубежное тестирование. диф. зачет

	<p>системы электроснабжения.</p> <p>ИД-2 ПК-2.6 Умеет выбирать необходимые требования к функционированию системы электроснабжения; выбирать методики расчета для проекта системы электроснабжения; определять перечень оборудования для системы электроснабжения.</p> <p>ИД-3 ПК-2.6 Владеет навыками формирования перечня оптимальных технических решений проектной документации системы электроснабжения; выполнения расчетов для проекта системы электроснабжения.</p>	
--	---	--

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	34	34
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	12	12
- лабораторные работы (ЛР)	12	12
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	8	8
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа	-	-
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108
2. Промежуточная аттестация/контактная работа	2/2	2/2
Экзамен	-	-
Дифференцированный зачет/контактная работа	2/2	2/2
Зачет	-	-
Курсовой проект (КП)	-	-
Курсовая работа (КР)	-	-
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Представление элементов электрической сети в переходных процессах.	1	0	2	4

Виды переходных процессов. Общие вопросы исследований переходных процессов в электроэнергетических системах. Представление: трансформатора и автотрансформатора, линии электропередачи, нагрузки, реактора, системы электроснабжения для расчёта переходных процессов.				
Общие сведения о синхронных машинах в переходных процессах.	1	0	0	22
Обобщённый вектор трёхфазной системы. Векторная диаграмма синхронной машины. Постоянные времени синхронной машины. Переходные ЭДС и индуктивное сопротивление синхронной машины. Сверхпереходные ЭДС и индуктивное сопротивление синхронной машины. Уравнения переходного процесса синхронной машины.				
Представление двигателей в переходных процессах.	2	-	0	6
Синхронные и асинхронные двигатели в расчётах переходных процессов. Роль отдельных элементов электрической системы в формировании переходных процессов.				
Симметричные короткие замыкания.	2	4	2	12
Основные допущения, принимаемые при расчётах. Составление схем замещения, расчёт их параметров и преобразование схем замещения. Система относительных единиц. Приближенное приведение параметров схемы замещения. Трёхфазное КЗ в простейшей цепи, питаемой от шин неизменного напряжения. Наибольшее действующее значение полного тока. Эквивалентная постоянная времени. Расчёт начального сверхпереходного и ударного токов КЗ. Трёхфазное КЗ на зажимах генератора без АВР. Трёхфазное КЗ на зажимах генератора с АВР. Установившийся режим КЗ.				
Несимметричные режимы сети.	2	6	2	14
Метод симметричных составляющих. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей и их параметры. Поперечная несимметрия в электрических системах. Однофазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание на землю. Алгоритм расчёта тока несимметричного короткого замыкания. Комплексные схемы замещения. Продольная несимметрия в электрических системах. Обрыв одной фазы. Обрыв двух фаз. Несимметрия от включения сопротивлений. Алгоритм расчёта однократной продольной несимметрии. Распределение напряжений при обрыве одной фазы.				

Переходные процессы в сетях с изолированной нейтралью и в электроустановках до 1 кВ.	2	2	0	14
Замыкание фазы на землю в сети с изолированной нейтралью. Компенсация ёмкостного тока замыкания фазы на землю. Расчёт токов КЗ в установках до 1000 В. Средства ограничения токов КЗ: оптимизация структуры и параметров сети; деление сети; применение токоограничивающих устройств; оптимизация режима заземления нейтралей в электрических сетях. Координация уровней токов КЗ и параметров электрооборудования				
Устойчивость электрических систем.	2	0	2	36
Основные понятия и определения устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе устойчивости. Задачи расчёта устойчивости электрических систем. Анализ статической устойчивости простейшей системы. Анализ статической устойчивости схем: эквивалентный генератор - ЛЭП – шины неизменного напряжения; двустороннего питания нагрузки с постоянным сопротивлением; эквивалентный источник питания - узловая точка сети; питание асинхронной нагрузки от мощной ЭЭС; эквивалентный источник, питающий комплексную нагрузку соизмеримой мощности. Анализ статической устойчивости сложных систем. Метод малых колебаний. Статическая устойчивость нагрузки. Действительный предел мощности. Статическая устойчивость двигателей нагрузки. Нормативные указания по анализу статической устойчивости. Утяжеление исходного режима энергосистемы. . Анализ динамической устойчивости. Анализ динамической устойчивости простейшей системы графическим методом. Предельный угол отключения КЗ. Анализ трёхфазного КЗ графическим методом. Динамическая устойчивость сложных систем. Динамическая устойчивость двигателей нагрузки. Методические и нормативные указания к расчёту динамической устойчивости. Мероприятия по улучшению устойчивости электрических систем. Частные случаи устойчивости. Пуск двигателей. Самозапуск двигателей. Автоматическое повторное включение и автоматическое включение резервного питания асинхронных двигателей во время пуска при применении ёмкостной компенсации в сети. Влияние системы возбуждения синхронного генератора на характер статической и динамической устойчивости при возмущениях.				
ИТОГО	12	12	8	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Составление расчетных схем электрической сети.
2	Составление схем замещения и расчет их параметров. Решение задач по разделу «Симметричные токи короткого замыкания».
3	Составление комплексных схем замещения. Решение задач по разделу «Несимметричные режимы сети».
4	Решение задач по разделу «Устойчивость электрических систем».

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование симметричного трёхфазного короткого замыкания сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности.
2	Исследование симметричного трёхфазного короткого замыкания сети, питающейся от синхронного генератора.
3	Исследование переходного процесса при однофазном кз в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности.
4	Исследование переходного процесса при обрыве одной фазы в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности.
5	Исследование переходного процесса при двухфазном кз в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности.
6	Исследование переходного процесса при двухфазном кз на землю в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им

же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Крючков, И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / И.П. Крючков. – М.: Академия, 2008. – 416с.	2
2	Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. – 11-е изд., перераб и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 701с.	7
3	Хрущев, Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: учебное пособие / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 153с	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И.Кудрин. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 352с.	5
2	Электропитающие системы и электрические сети: учебное пособие / Н.В. Хорошилов, А.В.Пилюгин, Л.В. Хорошилова (и др.). – 2-е изд, перераб. и допол. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 352с.	2
3	Копылов, И.П. Электрические машины: учебник для бакалавров / И.П. Копылов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2015. – 675с	10
2.2. Нормативно-технические издания		
	Не используются.	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используются.	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Не используются.	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы ЭБС	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учеб. для электротехн. и		ЭБД, 6 точек доступа

	энергет. вузов и фак. / С. А. Ульянов .— Изд. 2-е, стер. — Москва : АРИС, 2010 .— 520 с.		
Основная литература	Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Электр. станции", "Электроэнергет. системы и сети", "Электроснабжение", "Релейная защита и автоматизация электроэнергет. систем" направления подгот. дипломир. специалистов "Электроэнергетика" / [И. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др.] ; под ред. И. П. Крюčkова, В. А. Старшинова .— М. : Академия, 2005 .— 416 с. : с.		ЭБД, 6 точек доступа
Дополнительная литература	Руководящие указания по расчету токов, короткого замыкания и выбору электрооборудования : РД 153-34.0-20.527-98 / Рос. АО энергетики и электрификации "ЕЭС России" ; [разраб.: К. И. Неклепаев, И. П. Крючков, В. В. Жуков и др. ; науч. ред. Б. И. Неклепаев] .— 3-е изд. — Москва : ЭНАС, 2008 .— 144 с.:		ЭБД, 6 точек доступа
Дополнительная литература	Ульянов С. А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах : [для электротехн. и энергет. вузов и фил.] / С. А. Ульянов .— Москва : Энергия, 1968 .— 495 с		ЭБД, 6 точек доступа
Дополнительная литература	Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.] .— 9-е изд., стер. — Москва : МЭИ, 2004 .— 964 с		ЭБД, 6 точек доступа

6.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Библиотека электротехника и электроэнергетика;	http :// DjVu библиотеки - Библиотеки по электротехнике и электроэнергетике (narod.ru)
Электронный фонд нормативно-технической документации Техэксперт;	http://docs.cntd.ru

6.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения	Microsoft Office 2007, Лицензия Microsoft Open License №42661567
Система для математических вычислений	SMath Studio in the Cloud, свободная
Программные комплексы RastrWin, RastrKZ.	свободная

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования	Количество единиц
Лекция Практическое занятие Лабораторная работа (ауд. 211)	Рабочее место преподавателя.	1
	Рабочие места обучающихся.	24
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиокolonки.	
	Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.	10
	Доска для написания мелом наглядно-демонстрационный материал. информационные стенды; учебно-наглядные пособия;	1 1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе