



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: Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

(наименование)

Форма обучения: очная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления)

Направленность: Электроснабжение

(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций в области проектирования, расчета и анализа установившихся режимов работы, управления режимами работы электроэнергетических систем.

- Задачи изучения дисциплины:
- **изучение** принципов построения и основ проектирования электроэнергетических систем, методов расчета и анализа установившихся режимов работы таких систем;
- **формирование** умений разработки основных разделов проектов электроэнергетических систем, расчета и анализа установившихся режимов работы, выбора способов и средств управления режимами работы таких систем;

формирование навыков использования справочной и нормативно-методической литературы по разработке основных разделов проектов электроэнергетических систем, работы с программными комплексами по расчету установившихся режимов работы таких систем.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

ПК-2.3. Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования

ПК-2.4. Способность проводить обоснование проектных решений

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- электроэнергетические системы и сети и их компоненты;
- структура и содержание основных разделов проектов электроэнергетических систем;
- методы проектирования конструктивной части воздушных линий электропередачи;
- методы расчета и анализа установившихся режимов электрических сетей;
- принципы и методы регулирования частоты и напряжения в электроэнергетических 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-2.3 Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энерго-эффективные и экологические требования	ИД-1 ПК-2.3 Знает состав, этапы, последовательность и особенности предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования. ИД-2 ПК-2.3 Умеет применять основные подходы и методики, программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в	Рубежное тестирование. Экзамен Курсовой проект

		соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования. ИД-3 ПК-2.3 Владеет навыками использования основных программных и технических средств предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
ПК-2.4 Способность обоснование решений	проводить проектных	ИД-1 ПК-2.4 Знает нормативные требования и основные критерии оценки принимаемых проектных решений; структуру и правила оформления проектных и отчетных документов. ИД-2 ПК-2.4 Умеет формировать обоснованные проектные решения по объектам профессиональной деятельности; оформлять проектные и отчетные документы. ИД-3 ПК-2.4 Владеет навыками публичной защиты проектов и отчетов; проводить доработку проектов и отчетов с учетом высказанных замечаний.

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:	81	81
- лекции (Л)	27	27
- лабораторные работы (ЛР)	36	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	14	14
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа	-	-
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	96	96
2. Промежуточная аттестация/контактная работа	39/11	39/11
Экзамен/контактная работа	36/8	36/8
Дифференцированный зачет	-	-
Зачет	-	-
Курсовой проект (КП)/контактная работа	3/3	3/3

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
Курсовая работа (КР)	-	-
Общая трудоемкость дисциплины	216	216

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
Модуль 1. Основные сведения о РЗА. Токовые защиты систем электроснабжения	10	16	6	25
<p>Тема 1. Виды повреждений в СЭС и требования к РЗА. Повреждения и ненормальные режимы работы системы электроснабжения и ее отдельных элементов. Требования к устройствам релейной защиты и автоматики. Характеристики токов и напряжений в нормальных аварийных режимах распределительных электрических сетей и основных электроприемников.</p> <p>Тема 2. Общие вопросы теории и практики автоматического и автоматизированного управления в электрических системах. Назначение и виды устройств релейной защиты и автоматики в электрических системах</p> <p>Тема 3. Первичные измерительные преобразователи Трансформаторы тока в устройствах релейной защиты обозначение в электрических схемах, маркировка концов обмоток, принцип работы, схема замещения, погрешности, классы точности. Насыщение сердечника ТА при размыкании его вторичной обмотки. Последствия работы ТА с разомкнутой обмоткой. Выбор ТА для устройств РЗ. Схемы соединения ТА и реле. Коэффициент схемы. Трансформатор напряжения (ТН): обозначение в электрических схемах, принцип работы, схема замещения, погрешности. Измерительные и логические реле. Электромеханические реле. Принцип действия и выполнение электромагнитных реле. Характеристики реле. Ток и напряжение срабатывания, ток и напряжение возврата, коэффициент возврата. Принцип действия и выполнение индукционных реле. Магнитоэлектрические, поляризованные и герконовые реле. Полупроводниковые реле тока и напряжения. Реле тока. Дифференциальное реле с торможением. Цифровые реле Источники оперативного тока. Применение основных типов релейной защиты; расчеты и выбор параметров аппаратов.</p> <p>Тема 4. Виды токовых защит Токовые защиты линий с односторонним питанием от междуфазных КЗ. Максимальная токовая защита. Токовая отсечка. Токовая защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени. Типовые схемы измерительных органов токовых защит.</p>				

<p>Принципиальные схемы токовых защит. Токовые защиты с использованием предохранителей с плавкой вставкой и автоматических выключателей.</p> <p>Тема 5. Токовые защиты сетей электроснабжения</p> <p>Токовая защита линий от замыканий на землю в сети с заземленной, изолированной и компенсированной нейтралью.</p> <p>Релейная защита линий с двухсторонним питанием.</p> <p>Токовая направленная защита.</p> <p>Дистанционная защита линии.</p> <p>Сопротивление и время срабатывания ступеней дистанционной защиты, реле направления мощности</p> <p>Схема включения реле направления мощности.</p>				
Модуль 2. Защита элементов сетей электроснабжения	4	12	4	17
<p>Тема 6. Виды дифференциальных токовых защит</p> <p>Продольная дифференциальная токовая защита линии.</p> <p>Поперечная дифференциальная токовая защита сдвоенной линии. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита параллельных линий.</p> <p>Тема 7. Релейная защита трансформаторов. Основные защиты трансформатора (двухступенчатая токовая защита, газовая защита, продольная дифференциальная токовая защита).</p> <p>Резервные защиты трансформатора.</p> <p>Тема 8. Релейная защита электрических двигателей</p> <p>Двухступенчатая токовая защита, продольная дифференциальная токовая защита. Защита двигателей от перегрузки, защита от исчезновения питания, защита двигателей от однофазных и двойных замыканий на землю в цепи статора. Защита синхронного двигателя от асинхронного хода.</p>				
Модуль 3 Автоматизация управления систем электроснабжения	5	6	2	20
<p>Тема 9. Автоматизированное управление состоянием схем питания потребителей. Автоматизированное управление состояниями схем питания потребителей и электроприемников;</p> <p>характеристики и выбор аппаратов автоматического повторного включения, ввода резервного электрооборудования, синхронизации и др.</p> <p>Основные принципы регулирования частоты в электроэнергетических системах.</p> <p>Возможные последствия возникновения дефицита активной мощности в системе.</p> <p>«Лавина» частоты.</p> <p>Регулирующий эффект нагрузки, принципы организации автоматической частотной разгрузки (АЧР).</p> <p>Быстродействующая и медленнодействующая категории АЧР.</p> <p>АПВ после АЧР. Реле частоты, принципиальная схема АЧР.</p> <p>Тема 10. Автоматическое повторное включение</p> <p>Возможности ускорения действия защиты линий при наличии АПВ.</p> <p>Требования к устройствам АПВ. Механическое и электрическое АПВ. АПВ трансформатора. АПВ линий с односторонним питанием.</p>				
Модуль 4. Противоаварийная автоматика подстанций	5	2	2	20

<p>Тема 11. Автоматический ввод резерва Требования к устройствам АВР; одностороннее и двухстороннее АВР. АВР трансформатора. АВР линии.</p> <p>Тема 12. Противоаварийная автоматика силовых трансформаторов Автоматическое отключение трансформатора на подстанции, выполненной по упрощенной схеме. Автоматическая аварийная разгрузка трансформатора. Автоматическое управление режимами трансформатора. Автоматическое регулирование Коэффициента Трансформации понижающего трансформатора.</p> <p>Тема 13. Противоаварийная автоматика синхронных Машин Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин, регулирование возбуждения по возмущающемуся воздействию и по отклонению напряжения от установленного значения. Автоматическое управление конденсаторными батареями.</p>				
Модуль 5. Телемеханизация и диспетчерское управление системами электроснабжения	3	0	0	14
<p>Тема 14. Автоматизация диспетчерского управления системами электроснабжения Основные сведения о телемеханизации и диспетчерском управлении. Телемеханизация как основа автоматизации диспетчерского управления системой электроснабжения. Понятие сообщения, сигнала, помехи, канала связи, информации. Количественная мера информации. Виды телемеханической информации.</p> <p>Тема 15. Передача данных в системах электроснабжения Несущий процесс, виды модуляции, кодо-импульсная модуляция. Помехозащитные коды. Принципы построения и структура кодо-импульсного устройства телемеханики. Примеры современных кодоимпульсных устройств телемеханики ближнего действия.</p>				
ИТОГО по дисциплине	27	36	14	96

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1.	Защита линий в сетях напряжением выше 1 кВ (решение задач)
2.	Защита линий в сетях напряжением до 1 кВ плавкими предохранителями и расцепителями автоматических выключателей (решение задач)
3.	Защита силовых трансформаторов (решение задач)
4.	Защита электродвигателей (решение задач)
5.	Защита электрооборудования от перенапряжений (решение задач)
6.	АВР секционного выключателя
7.	АПВ воздушной ЛЭП

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Моделирование максимально-токовой защиты линии электропередач
2	Моделирование мгновенной токовой отсечки линии электропередач
3	Моделирование максимально-токовой защиты магистральной электрической сети с односторонним питанием
4	Моделирование дифференциальной защиты линии электропередач

5	Моделирование дифференциальной защиты трансформатора
6	Моделирование максимально-токовой защиты электрической цепи с помощью автоматического выключателя
7	Моделирование тепловой защиты электрической цепи с помощью электротеплового реле
8	Автоматическое включение резервного питания нагрузки
9	Автоматическое повторное включение линии электропередачи

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. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
Основная литература		
1	Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник / В.А. Андреев. – М.: Высшая школа, 2008. – 639с.	3
2	Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Норенков. – 4 -е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ, 2009. – 430с	10+ЭБС
3.	Филиппова, Т.А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для академического бакалавриата / Т.А. Филиппова.– М.: Изд-во Юрайт, 2019. –293с.	3
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Кудрявцев, Е.М. Основы автоматизированного проектирования: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е.М. Кудрявцев.–2-е изд., стер.– М.: Изд. центр « Академия»,2013.–304с.	3
2	Полуянович, Н.К. Монтаж, накладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий :учебное пособие /Н.К. Полуянович.–СПб.: Издательство «Лань»,2012.– 400с.	4+ЭБС
3	Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И.Кудрин.–2-е изд.– М.: Издательский центр «Академия», 2012.– 352с.	3
2.2. Периодические издания		
	Производственно- практический журнал « Современная электроника . – ООО « МЕДИАКОЛОР» Архив хранится в библиотеке ЧФ 2016-	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Приказ Минэнерго РФ от 08.07.2002 N 204 "Об утверждении глав Правил устройства электроустановок" (вместе с "Правилами устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1.Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10")	эл
2	Министерство труда и социальной защиты Российской федерации Приказ от 24 июля 2013 года N 328н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 15 ноября 2018 года)	эл
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

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	Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования : учебное пособие / И.П. Норенков. — 4-е, изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2009. — 430 с. — ISBN 978-5-7038-3275-2. — Текст : электронный //	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106527	сеть Интернет /авторизованный
Основная литература	Релейная защита и автоматика электрических систем: учебное пособие / составители А. Н. Козлов [и др.].- 4-е изд., испр. Благовещенск : АмГУ, 2017. — 160 с.	https://e.lanbook.com/book/156460	сеть Интернет /авторизованный

Дополнительная литература	Фролов, Ю.М. Основы электроснабжения : учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-1385-0. — Текст : электронный //	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4544	сеть Интернет /авторизованный
Дополнительная литература	Полуянович, Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие / Н.К. Полуянович. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 396 с. — ISBN 978-5-8114-1201-3. — Текст : электронный //	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/112060 .	сеть Интернет /авторизованный
Периодические издания	Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: научный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2019 гг.	http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/	сеть Интернет /авторизованный
Нормативно-технические издания	Приказ Минэнерго РФ от 08.07.2002 N 204 "Об утверждении глав Правил устройства электроустановок" (вместе с "Правилами устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10")	http://consultant.ru/	Локальная сеть/свободный
Нормативно-технические издания	Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации Приказ от 24 июля 2013 года N 328н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 15 ноября 2018 года)	https://docs.cntd.ru/document/4990373_06	сеть Интернет /свободный
Нормативно-технические издания	Министерство энергетики Российской Федерации Приказ от 19 июня 2003 года N 229 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации	https://docs.cntd.ru/document/901865958	сеть Интернет /свободный
Нормативно-технические издания	Правила устройства электроустановок (ПУЭ)	http://www.consultant.ru/	Локальная сеть/свободный

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/

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

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования	Количество единиц
Лекция (ауд. 212)	Рабочие места обучающихся.	20
	Рабочее место преподавателя.	1
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиокolonки.	1
	Доска для написания мелом	1
Лабораторная работа (ауд. 212)	Рабочее место преподавателя.	1
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиокolonки.	1
	Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.	6
	Доска для написания мелом	1
	- лабораторный стенд «Электроснабжение промышленных предприятий ЭПП-НР» ООО НПП «Учебная техника - профи» г. Челябинск;	1
	- лабораторный стенд «Электроэнергетика–Электроснабжение» ЭЭ1М-Э-С-К (ИПЦ «Учебная техника» г. Челябинск);	1
	Комплект типового лабораторного оборудования "Релейная защита в системах электроснабжения «стенд лабораторный Галсен наглядно-демонстрационный материал. учебно-наглядные пособия;	

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе