



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

« 07 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Электроснабжение, релейная защита и автоматика
(наименование)

Форма обучения: очно-заочная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
(код и наименование направления)

Направленность: Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении и энергетике
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирования комплекса знаний в области релейной защиты и автоматики систем электроснабжения (СЭС), в том числе выполнения и технической реализации устройств релейной защиты и автоматики основных элементов системы электроснабжения.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение теоретических основ релейной защиты и автоматики, методов расчета параметров настройки устройств релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения;
- формирование умения проектировать компоненты систем релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- формирование умения работать над проектами систем релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- формирование навыков использования информационных технологий при проектировании средств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- характеристики токов и напряжений в ненормальных и аварийных режимах распределительных электрических сетей и основных электроприемников;
- основные типы релейных защит;
- расчеты и выбор параметров релейной защиты;
- области автоматизированного управления состояниями схем питания потребителей и электроприемников;
- характеристики и выбор аппаратов автоматического повторного включения, ввода резервного электрооборудования, синхронизации и др.;
- основные сведения о телемеханизации и диспетчерском управлении.

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
ПКО-3. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств.	ИД-1 пко-3 Знает стандартные методы расчета параметров систем автоматизации технологических процессов и производств. ИД-2 пко-3 Умеет стандартные методы расчета параметров систем автоматизации технологических процессов и производств. ИД-3 пко-3 Владет навыками использования современных программных продуктов при разработке систем автоматизации технологических процессов и производств.	Рубежное тестирование. Экзамен
ПК-3.6. Способен разрабатывать	ИД-1 ПК-3.6	Рубежное

<p>средства автоматизации для технологических процессов в области машиностроения и энергетике</p>	<p>Знает применительно к технологическим процессам в машиностроении и энергетике: конструкции и порядок эксплуатации оборудования, реализующего технологические процессы; принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления технологическими процессами; способы и средства текущего контроля и регулирования параметров технологических процессов; методику оценки эффективности функционирования средств и систем автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом.</p> <p>ИД-2 пк-3.6</p> <p>Умеет выполнять действия в области автоматизации технологических процессов и производств: разрабатывать схему автоматизированного управления технологическим процессом; определять способы и средства текущего контроля параметров технологических процессов; определять способы и средства регулирования параметров технологических процессов; проверять эффективность функционирования средств и систем автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом.</p> <p>ИД-3 пк-3.6</p> <p>Владет навыками выполнения трудовых действий в области автоматизации технологических процессов и производств: определения общей схемы системы автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом; выбора средств текущего контроля параметров технологических процессов; выбора средств регулирования параметров технологических процессов; реализации схемы автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом; проверки эффективности</p>	<p>тестирование. Экзамен</p>
---	--	----------------------------------

	реализованной автоматизированного автоматического технологическим процессом.	схемы и управления	
--	---	--------------------------	--

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		9		
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:				
- лекции (Л)			12	12
- лабораторные работы (ЛР)			8	8
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			12	12
- контроль самостоятельной работы (КСР)			4	4
- контрольная работа			-	-
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108		
2. Промежуточная аттестация/контактная работа	36/8	36/8		
Экзамен	36/8	36/8		
Дифференцированный зачет	-	-		
Зачет	-	-		
Курсовой проект (КП)	-	-		
Курсовая работа (КР)	-	-		
Общая трудоемкость дисциплины	180	180		

3. Содержание дисциплины очная форма обучения

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
9-й семестр				
Основные сведения о системах электроснабжения объектов Тема 1. Энергосистема и потребители электрической энергии. Общие сведения об электроэнергетических системах. Электрические параметры электроэнергетических систем. Режимы электроэнергетических систем. Схемы распределения электроэнергии. Управление электроэнергетическими системами Организация взаимоотношений между энергосистемой и потребителями. Структура потребителей и понятие о графиках их электрических нагрузок. Конструктивное	2	0	2	11

<p>выполнение электрических сетей. Схемы электрических соединений в системе внешнего и внутреннего электроснабжения объекта. Основное электрооборудование подстанций, схемы электрических соединений подстанций понижающих подстанций и подстанций глубокого ввода.</p> <p>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.</p> <p>Характеристики токов и напряжений в нормальных аварийных режимах распределительных электрических сетей и основных электроприемников.</p> <p>Тема 2. Вопросы автоматического управления системами электроснабжения</p> <p>Общие вопросы теории и практики автоматического и автоматизированного управления в системах электроснабжения.</p> <p>Назначение и виды устройств релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения.</p>				
<p>Токковые защиты систем электроснабжения</p> <p>Тема 3. Первичные измерительные преобразователи</p> <p>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.</p> <p>Трансформатор напряжения (TV): обозначение в электрических схемах, принцип работы, схема замещения, погрешности.</p> <p>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.</p> <p>Магнитоэлектрические, поляризованные и герконовые реле. Полупроводниковые реле тока и напряжения. Реле тока.</p> <p>Дифференциальное реле с торможением.</p> <p>Цифровые реле</p> <p>Источники оперативного тока. Применение основных типов релейной защиты; расчеты и выбор параметров аппаратов.</p>	2	4	2	26

<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. Принципиальные схемы токовых защит. Токовые защиты с использованием предохранителей с плавкой вставкой и автоматических выключателей.</p> <p>Тема 5. Токовые защиты сетей электроснабжения Токовая защита линий от замыканий н землю в сети с заземленной, изолированной и компенсированной нейтралью. Релейная защита линий с двухсторонним питанием. Токовая направленная защита. Дистанционная защита линии. Сопротивление и время срабатывания ступеней дистанционной защиты, реле направления мощности, «Девяностоградусная» схема включения реле направления мощности.</p>				
<p>Защита элементов сетей электроснабжения Тема 6. Виды дифференциальных токовых защит Продольная дифференциальная токовая защита линии. 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). Резервные защиты трансформатора.</p> <p>Тема 8. Релейная защита электрических двигателей 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>	2	2	4	21
<p>Автоматизация управления систем электроснабжения Тема 9. Автоматизированное управление состоянием схем питания потребителей Области автоматизированного управления состояниями схем питания потребителей и электроприемников; характеристики и выбор аппаратов автоматического повторного включения, ввода резервного электрооборудования,</p>	2	2	2	17

<p>синхронизации и др. Основные принципы регулирования частоты в электроэнергетических системах. Возможные последствия возникновения дефицита активной мощности в системе. «Лавина» частоты. Регулирующий эффект нагрузки, принципы организации автоматической частотной разгрузки (АЧР). Быстродействующая и медленнодействующая категории АЧР. АПВ после АЧР. Реле частоты, принципиальная схема АЧР. Тема 10. Автоматическое повторное включение Возможности ускорения действия защиты линий при наличии АПВ. Требования к устройствам АПВ. Механическое и электрическое АПВ. АПВ трансформатора. АПВ линий с односторонним питанием.</p>				
<p>Противоаварийная автоматика подстанций Тема 11. Автоматический ввод резерва Требования к устройствам АВР; одностороннее и двухстороннее АВР. АВР трансформатора. АВР линии. 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. 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>	2	0	2	15
<p>Телемеханизация и диспетчерское управление системами электроснабжения 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</p>	2	0	0	18

Телемеханической информации. 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 кодо-импульсных устройств телемеханики ближнего действия.				
ИТОГО по 7 семестру	12	8	12	108
ИТОГО по дисциплине	12	8	12	108

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.	АВР секционного выключателя
6.	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 дифференциальной защиты линии электропередач
4.	Автоматическое включение резервного питания нагрузки

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 еамечает 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
1. Основная литература		
1	Фролов, Ю.М. Основы электроснабжения: учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 480с.	3+ЭБС
2	Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник / В.А. Андреев. – М.: Высшая школа, 2008. – 639с.	3
3	Серебряков, А.С. Автоматика [Текст] : учебник и практикум / Серебряков А.С. ; Семенов Д.А. ; Чернов Е.А. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 431 с.	2
4	Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И.Кудрин. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 352с.	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	Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Норенков. – 4 -е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ, 2009. – 430с	7+ЭБС
3	Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий : учеб. пособие для вузов / Э.А. Киреева. - М. : КНОРУС, 2011. - 368 с.	3
4	Правила устройства электроустановок. Вопросы и ответы: учебно-практическое пособие / авт.- сост. С.С. Бодрухина. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2017. – 288с.	2
2.2. Периодические издания		
1	Электро. Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность: научно-технический журнал/ Учредитель ОАО «Электрозавод». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2012-2017 гг.	1
2	Электрооборудование: эксплуатация и ремонт / Учредитель ООО «ИЕДЕПЕНДЕНТ МАСС МЕДИА» - Архив номеров 2018-2019 г	1
3	Информационно-аналитический журнал Электроэнергетика: сегодня, завтра. ООО «Издательский Дом «Деловая Пресса», ИП Левлюх Ю.А. Архив номеров 2019г.	1
4	Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: на-учный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2019 гг.	Эл.
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации Приказ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»	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	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Клочкова, Н. Н. Электрооборудование подстанций : учебное пособие / Н. Н. Клочкова, А. В. Обухова. - 2-е изд. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. - 89 с.	https://www.iprbookshop.ru/91161.html	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	Шлейников, В. Б. Электроснабжение : учебное пособие / В. Б. Шлейников. — Оренбург : ОГУ, 2018. — 100 с.	https://e.lanbook.com/book/159771	сеть Интернет / авторизованный
Дополнительная литература	Боцман, В. В. Электроснабжение : 2019-08-27 / В. В. Боцман. — Белгород : БелГАУ им. В. Я. Горина, 2019. — 144 с.	https://e.lanbook.com/book/123352	сеть Интернет / авторизованный
Дополнительная литература	Белоусов, А. В. Электроснабжение : учебное пособие / А. В. Белоусов, А. В. Сапрыка. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2016. — 155 с.	https://www.iprbookshop.ru/80454.html	сеть Интернет / авторизованный
Дополнительная литература	Ханин, Ю. И. Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения : учебное пособие / Ю. И. Ханин, Р. П. Короткий. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2018. — 124 с. — Текст : электронный //	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/112352	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 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»	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. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
6.4. С Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
О В Офисные приложения	Microsoft Office 2007, Лицензия Microsoft Open License №42661567
Р е Система для математических вычислений	SMath Studio in the Cloud, свободная

М

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

Наименование БД	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/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования	Количество единиц

Лекция Лабораторная работа (ауд. 211)	Рабочее место преподавателя.	1
	Рабочие места обучающихся.	24
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиоклонки.	
	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
