

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

_____ 15 мая _____ 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09 Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план b130302_24_ЭЭ.plx

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **9 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Экзамен 7,8, Курсовой проект 8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.&b><Семестр на курсе>)	7 (4.1)		8 (4.2)		Итого	
Неделя	17		12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	51	51	24	24	75	75
Лабораторные	34	34	24	24	58	58
Практические	17	17	24	24	41	41
В том числе инт.	18	18	18	18	36	36
В том числе в форме практ.подготовки	51	51	48	48	99	99
Итого ауд.	102	102	72	72	174	174
Контактная работа	102	102	72	72	174	174
Сам. работа	42	42	36	36	78	78
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	180	180	144	144	324	324

Программу составил(и):

к.т.н., зав.каф., Булатов Ю. Н. _____

Рабочая программа дисциплины

Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

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 30.01.2024 № 32.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Энергетики

Протокол от 21.03.2024 г. №07

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Председатель МКФ

Латушкина С.В. Протокол №07 от 29.03.2024 г.

Ответственный за реализацию ОПОП _____ Булатов Ю.Н.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

№ регистрации _____ 44
(учебный отдел)

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 _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Формирование знаний о принципах действия, организации и технической реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В.09
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Основы АСУ электроустановок электрических станций и подстанций	
2.1.2	Основы электробезопасности	
2.1.3	Переходные процессы в электроэнергетических системах	
2.1.4	Производственная (эксплуатационная) практика	
2.1.5	Электрические станции и подстанции	
2.1.6	Электроэнергетические системы и сети	
2.1.7	Электрические машины	
2.1.8	Основы теории автоматического управления	
2.1.9	Приемники и потребители электрической энергии	
2.1.10	Теоретические основы электротехники	
2.1.11	Физика	
2.1.12	Электроника	
2.1.13	Общая энергетика	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Эксплуатация и ремонт электрооборудования электрических станций и подстанций	
2.2.2	Монтаж электрооборудования	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Производственная (преддипломная) практика	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-3: Способен осуществлять деятельность в области проектирования, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта кабельных и воздушных линий электропередачи

Индикатор 1	ПК-3.3 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач эксплуатации и проектирования кабельных и воздушных линий электропередачи
-------------	--

ПК-4: Способен планировать и контролировать деятельность в области проектирования, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей

Индикатор 1	ПК-4.2 Демонстрирует знания по эксплуатации оборудования подстанций электрических сетей
-------------	---

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	типы защит и автоматики, их принцип действия для воздушных и кабельных линий электропередачи;
3.1.2	типы защит и автоматики, их принцип действия для электрооборудования подстанций электрических сетей
3.2	Уметь:
3.2.1	рассчитывать уставки срабатывания, выполнять проверку устройств релейной защиты и автоматики воздушных и кабельных линий электропередачи;
3.2.2	рассчитывать уставки срабатывания, выполнять проверку устройств релейной защиты и автоматики электрооборудования подстанций электрических сетей
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками работы с реальными техническими средствами релейной защиты и автоматики воздушных и кабельных линий электропередачи;
3.3.2	навыками работы с реальными техническими средствами релейной защиты и автоматики электрооборудования подстанций электрических сетей

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
-------------	-------------	-----------------------------	----------------	-------	--------------	------------	------------	------------

	Раздел	Раздел 1. Элементы релейной защиты и автоматики						
1.1	Лек	Общее представление о релейной защите	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	2	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
1.2	Лек	Электромеханические реле	7	10	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.3	Лек	Реле с использованием полупроводников	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.4	Лаб	Исследование электромеханических реле	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5 Л2.7 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.5	Лаб	Исследование электронных реле	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5 Л2.8Л3.1	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.6	Лаб	Исследование реле направления мощности	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5 Л2.7 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.7	Пр	Источники оперативного тока	7	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
1.8	Пр	Датчики, применяемые в релейной защите	7	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8	2	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
1.9	Ср		7	30	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
1.10	Экзамен		7	24	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
	Раздел	Раздел 2. Защиты линий и сетей						
2.1	Лек	Токовые защиты	7	9	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	1	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
2.2	Лек	Дифференциальные защиты ЛЭП	7	8	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
2.3	Лек	Дистанционные защиты ЛЭП	7	8	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	1	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
2.4	Лек	Высоочастотные защиты ЛЭП	7	8	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8	2	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
2.5	Лаб	Исследование токовых защит линий электропередачи с односторонним питанием	7	6	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8Л3.1	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
2.6	Лаб	Исследование токовых защит от замыканий на землю	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5 Л2.8	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
2.7	Лаб	Исследование дифференциальной защиты ЛЭП	7	6	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8Л3.1	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2

2.8	Лаб	Исследование дистанционной защиты	7	6	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.8	3	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
2.9	Пр	Решение задач на определение параметров срабатывания ТО линий электропередач	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
2.10	Пр	Решение задач на определение параметров срабатывания МТЗ линий	7	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
2.11	Пр	Решение задач на определение параметров срабатывания дифференциальной защиты ЛЭП	7	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
2.12	Пр	Решение задач на определение параметров срабатывания дистанционных защит с использованием программы Distance	7	3	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.8	3	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
2.13	Ср		7	12	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
2.14	Экзамен		7	12	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
	Раздел	Раздел 3. Защиты машин и аппаратов						
3.1	Лек	Защиты силовых трансформаторов	8	6	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	2	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
3.2	Лек	Защиты электродвигателей	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	2	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
3.3	Лек	Защиты синхронных генераторов	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.8	1	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
3.4	Лек	Защита и автоматика специальных электроустановок	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.5	Лаб	Исследование защит силового трансформатора	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5 Л2.8	2	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.6	Лаб	Исследование токовых защит асинхронного электродвигателя	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5 Л2.8	2	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.7	Лаб	Исследование устройства резервирования отказа релейной защиты и выключателей	8	3	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.8	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.8	Лаб	Защита сборных шин	8	5	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.8	1	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.9	Пр	Выдача задания на курсовой проект. Расчет токов короткого замыкания	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2

3.10	Пр	Расчет параметров срабатывания защит силового трансформатора	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	2	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.11	Пр	Расчет параметров срабатывания защит высоковольтных электродвигателей	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	4	Работа с малой группой ПК-3.3, ПК-4.2
3.12	Пр	Определение уставок срабатывания и выбор защит низковольтных электродвигателей	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.13	Пр	Расчет параметров срабатывания высоковольтных конденсаторных установок	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.14	Пр	Расчет параметров срабатывания защит цеховых трансформаторов	8	4	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.15	КП	Проектирование устройств релейной защиты объектов системы электроснабжения промышленного предприятия	8	15	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.16	Ср		8	20	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
3.17	Экзамен		8	11	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
	Раздел	Раздел 4. Автоматика электроэнергетических систем						
4.1	Лек	Общие сведения по автоматике электроэнергетических систем	8	1	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	1	Лекция-беседа ПК-3.3, ПК-4.2
4.2	Лек	Автоматика повторного включения	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.3	Лек	Автоматика включения резерва	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.4	Лек	Автоматическая частотная разгрузка	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.5	Лек	Автоматика регулирования напряжения	8	1	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.6	Лаб	Автоматика повторного включения	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5 Л2.8Л3.1	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.7	Лаб	Автоматика включения резервного питания	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5 Л2.8Л3.1	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.8	Лаб	Исследование автоматической частотной разгрузки	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2

4.9	Лаб	Автоматическое ограничение снижения напряжения включением устройства продольной емкостной компенсации линии электропередачи	8	2	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.10	Пр	Выбор и расчет уставок АПВ	8	3	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.11	Пр	Выбор и расчет уставок АВР	8	3	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.12	Ср		8	16	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2
4.13	Экзамен		8	10	ПК-4 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.8	0	ПК-3.3, ПК-4.2

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Технология компьютерного обучения(использование в учебном процессе компьютерных технологий и предоставляемых ими возможностей (онлайн-курсы))

Технология дистанционного обучения (получение образовательных услуг без посещения университета, с помощью современных систем телекомму-никации (электронная почта, Интернет и др.))

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)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Контрольные вопросы и задания

Коллоквиум

Раздел 1. Элементы релейной защиты и автоматики

1. Повреждения и ненормальные режимы в электрических сетях.
2. Основные требования к защита от КЗ.
3. Характеристика измерительной и оперативной частей схемы релейной защиты.
4. Типы логических функций и способы их реализации.
5. Способы включения реле на ток и напряжение сети, способы воздействия реле на выключатель.
6. Характеристика источников постоянного и переменного оперативного тока. Классификация реле.
7. Типы магнитных систем электромагнитных реле.
8. Основные свойства и характеристики электромагнитных реле.
9. Особенности конструкции электромагнитного реле, работающего на переменном токе.
10. Особенности конструкции поляризованного реле.
11. Способы изменения быстродействия реле.
12. Принцип действия электроиндукционного реле, область применения.
13. Индукционное реле направления мощности, конструкция, векторная диаграмма, основные свойства.
14. Характеристики реле направления мощности.
15. Конструкция и принцип действия магнитоэлектрических реле.
16. Принцип действия реле направления мощности, построенного на основе сравнения модулей двух напряжений.
17. Работа схемы реле тока (напряжения) на операционных усилителях.
18. Устройство, принцип работы, режимы работы трансформаторов тока, трансреакторов, трансформаторов напряжения.

Раздел 2. Защита линий и сетей

1. Принцип действия токовых защит.
2. Расчет параметров плавких предохранителей.
3. Мгновенные токовые отсечки, расчет параметров, схемы.
4. Токовые отсечки нулевой последовательности, включение реле, настройка.
5. Настройка ТО системы с двухсторонним питанием.
6. Настройка НТО и ТОВ.
7. МТЗ. Принципы обеспечения селективности, настройка, проверка чувствительности.
8. Схемы МТЗ.

9. МТЗ нулевой последовательности. Назначение, параметры настройки.
10. Двух и трехступенчатые защиты, схемы.
11. Способы повышения чувствительности МТЗ.
12. Направленные токовые защиты. Принцип работы, настройка.
13. Включение реле направления мощности. Схемы.
14. Общий принцип дифференциальных защит, виды защит.
15. Продольная дифференциальная защита, токи небаланса,
16. Поперечные дифференциальные защиты, принцип работы, основные свойства, настройка, оценка чувствительности.
17. Схемы дифференциальных защит.
18. Область применения и общий принцип работы дистанционной защиты.
19. Упрощённая измерительная схема и основные органы дистанционной защиты.
20. Оперативная схема дистанционной защиты.
21. Дистанционные органы и их характеристики. Пример схемы дистанционного органа.
22. Принципы подключения дистанционного органа на ток и напряжение сети.
23. Виды высокочастотных защит, область применения, высокочастотная обработка ЛЭП.
24. Принцип действия направленной защиты с высокочастотной блокировкой.
25. Принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты.

Раздел 3. Защита машин и аппаратов

1. Типы защит силовых трансформаторов.
2. Настройка токовых защит трансформаторов.
3. Принцип дифференциальной защиты трансформатора и особенности его реализации.
4. Факторы, учитываемые при настройке дифференциальной защиты трансформатора.
5. Особенности защиты трансформаторов без выключателей на высокой стороне.
6. Защиты низковольтных двигателей, принципы настройки, схемы.
7. Защиты высоковольтных двигателей, настройка, схемы.
8. Особенности защиты синхронных двигателей.
9. Повреждения и ненормальные режимы в синхронных генераторах.
10. Защиты низковольтных генераторов, настройка, схемы.
11. Дифференциальная защита синхронного генератора.
12. МТЗ от сверхтоков генератора, схемы, настройка.
13. Защиты от замыкания на корпус обмоток статора и ротора, защиты от витковых замыканий.
14. Типы защит шин и токопроводов, пример схемы.
15. УРОВ. Назначение, пример схемы.
16. Защиты конденсаторных установок. Расчёт параметров, схемы.
17. Защиты преобразовательных установок. Расчёт параметров, схемы.
18. Защиты печных трансформаторов. Расчёт параметров..

Раздел 4. Автоматика электроэнергетических систем

1. Виды автоматики и её назначение.
2. АПВ. Классификация, назначение.
3. Совместная работа АПВ с релейной защитой.
4. АВР. Общие принципы, классификация.
5. АВР секционного выключателя, работа схемы.
6. Назначение и общие принципы АЧР.
7. Характер изменения частоты при работе АЧР-I и АЧР-II.
8. Работа схемы АЧР-I.
9. Работа схемы АЧР-II.
10. Общие принципы регулирования напряжения силовых трансформаторов.
11. Работа схемы РПН.
12. Работа схемы АРКТ.
13. Работа схемы АРКОН.

6.2. Темы письменных работ

Тема курсового проекта Проектирование устройств релейной защиты объектов системы электроснабжения промышленного предприятия

6.3. Фонд оценочных средств

1. Экзаменационные вопросы

Раздел 1. Элементы релейной защиты и автоматики

1. Повреждения и ненормальные режимы в электрических сетях.
2. Основные требования к защитам от КЗ.
3. Характеристика измерительной и оперативной частей схемы релейной защиты.
4. Типы логических функций и способы их реализации.
5. Способы включения реле на ток и напряжение сети, способы воздействия реле на выключатель.
6. Характеристика источников постоянного и переменного оперативного тока. Классификация реле.
7. Типы магнитных систем электромагнитных реле.
8. Основные свойства и характеристики электромагнитных реле.

9. Особенности конструкции электромагнитного реле, работающего на переменном токе.
10. Особенности конструкции поляризованного реле.
11. Способы изменения быстродействия реле.
12. Принцип действия электроиндукционного реле, область применения.
13. Индукционное реле направления мощности, конструкция, векторная диаграмма, основные свойства.
14. Характеристики реле направления мощности.
15. Конструкция и принцип действия магнитоэлектрических реле.
16. Принцип действия реле направления мощности, построенного на основе сравнения модулей двух напряжений.
17. Работа схемы реле тока (напряжения) на операционных усилителях.
18. Устройство, принцип работы, режимы работы трансформаторов тока, трансреакторов, трансформаторов напряжения.

Раздел 2. Защита линий и сетей

1. Принцип действия токовых защит.
2. Расчет параметров плавких предохранителей.
3. Мгновенные токовые отсечки, расчет параметров, схемы.
4. Токовые отсечки нулевой последовательности, включение реле, настройка.
5. Настройка ТО системы с двухсторонним питанием.
6. Настройка НТО и ТОВ.
7. МТЗ. Принципы обеспечения селективности, настройка, проверка чувствительности.
8. Схемы МТЗ.
9. МТЗ нулевой последовательности. Назначение, параметры настройки.
10. Двух и трехступенчатые защиты, схемы.
11. Способы повышения чувствительности МТЗ.
12. Направленные токовые защиты. Принцип работы, настройка.
13. Включение реле направления мощности. Схемы.
14. Общий принцип дифференциальных защит, виды защит.
15. Продольная дифференциальная защита, токи небаланса,
16. Поперечные дифференциальные защиты, принцип работы, основные свойства, настройка, оценка чувствительности.
17. Схемы дифференциальных защит.
18. Область применения и общий принцип работы дистанционной защиты.
19. Упрощённая измерительная схема и основные органы дистанционной защиты.
20. Оперативная схема дистанционной защиты.
21. Дистанционные органы и их характеристики. Пример схемы дистанционного органа.
22. Принципы подключения дистанционного органа на ток и напряжение сети.
23. Виды высокочастотных защит, область применения, высокочастотная обработка ЛЭП.
24. Принцип действия направленной защиты с высокочастотной блокировкой.
25. Принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты.

Раздел 3. Защита машин и аппаратов

1. Типы защит силовых трансформаторов.
2. Настройка токовых защит трансформаторов.
3. Принцип дифференциальной защиты трансформатора и особенности его реализации.
4. Факторы, учитываемые при настройке дифференциальной защиты трансформатора.
5. Особенности защиты трансформаторов без выключателей на высокой стороне.
6. Защиты низковольтных двигателей, принципы настройки, схемы.
7. Защиты высоковольтных двигателей, настройка, схемы.
8. Особенности защиты синхронных двигателей.
9. Повреждения и ненормальные режимы в синхронных генераторах.
10. Защиты низковольтных генераторов, настройка, схемы.
11. Дифференциальная защита синхронного генератора.
12. МТЗ от сверхтоков генератора, схемы, настройка.
13. Защиты от замыкания на корпус обмоток статора и ротора, защиты от витковых замыканий.
14. Типы защит шин и токопроводов, пример схемы.
15. УРОВ. Назначение, пример схемы.
16. Защиты конденсаторных установок. Расчёт параметров, схемы.
17. Защиты преобразовательных установок. Расчёт параметров, схемы.
18. Защиты печных трансформаторов. Расчёт параметров..

Раздел 4. Автоматика электроэнергетических систем

1. Виды автоматики и её назначение.
2. АПВ. Классификация, назначение.
3. Совместная работа АПВ с релейной защитой.
4. АВР. Общие принципы, классификация.
5. АВР секционного выключателя, работа схемы.
6. Назначение и общие принципы АЧР.
7. Характер изменения частоты при работе АЧР-I и АЧР-II.
8. Работа схемы АЧР-I.
9. Работа схемы АЧР-II.

10. Общие принципы регулирования напряжения силовых трансформаторов.
 11. Работа схемы РПН.
 12. Работа схемы АРКТ.
 13. Работа схемы АРКОН.

2. Банк тестовых заданий: 11 тестовых заданий, 25 вариантов.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы для коллоквиума, экзаменационные вопросы, тестовые задания, курсовой проект.

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	Андреев В.А.	Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов	Москва: Высшая школа, 2006	19	
Л1. 2	Попик В.А., Булатов Ю.Н.	Релейная защита и автоматика: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2014	64	

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Андреев В.А.	Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах: Учеб. пособие для вузов	Москва: Высшая школа, 2008	20	
Л2. 2	Курбацкий В.Г., Попик В.А.	Автоматика электроэнергетических систем: Учебное пособие	Братск: БрГУ, 2004	62	
Л2. 3	Федосеев А.М., Федосеев М.А.	Релейная защита электроэнергетических систем: Учебник для вузов	Москва: Энергоатомиздат, 1992	5	
Л2. 4	Попик В.А., Булатов Ю.Н.	Исследование релейных защит электроэнергетических систем на универсальной модели: лабораторный практикум	Братск: БрГУ, 2010	83	
Л2. 5	Булатов Ю.Н.	Релейная защита и автоматика: лабораторный практикум	Братск: БрГУ, 2014	21	
Л2. 6	Попик В.А., Булатов Ю.Н.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2017	58	
Л2. 7	Булатов Ю.Н., Шуманский Э.К.	Исследование токовых защит на электромеханической элементной базе: лабораторный практикум: учебно-методическое пособие	Братск: БрГУ, 2019	1	http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Булатов%20Ю.Н.Исследование%20токовых%20защит%20на%20электромеханической%20элементной%20базе.Лаб.практикум.2019.PDF
Л2. 8	Ершов Ю. А., Халезина О. П., Малеев А. В., Перехватов Д. П.	Электроэнергетика: релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие	Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012	1	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363895

7.1.3. Методические разработки

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

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
ЛЗ. 1	Булатов Ю.Н., Шуманский Э.К.	Релейная защита и автоматика на основе программируемого контроллера: методические указания к лабораторным работам	Братск: БрГУ, 2023	1	https://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Булатов%20Ю.Н.Релейная%20защита%20и%20автоматика.МУкЛР.2023.pdf

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	КОМПАС-3D V13
7.3.1.5	Программные средства Autodesk
7.3.1.6	«Дистанционная защита (Distance v.1.00)»

7.3.2 Перечень информационных справочных систем

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
1108	Лаборатория релейной защиты	Основное оборудование: Системный блок - 2 шт.; Монитор TFT 17 LG; Монитор Philips LCD; Стенд ЭЭ1-ЗА-С-К (Электроэнергетика) – 1 шт.; Стенд ЭЭ3-РЗАЭС-С-К; Стенд РЗА-СЭС-Р1-С-Р; Стенд РЗАЭС-Н-Р (Релейная защита и автоматика); Стенд РЗАЭС1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Стенд РЗАЭСК1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Ноутбуки HP -2 шт; Стенд ЗЭП1-С-Р (защита П/ст от перенапряжения) – 2 шт; Комплект лабораторного оборудования «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения (Зарница) – 2 компл.; Лабораторные стенды собственной разработки по релейной защите - 2 шт.; Испытательный прибор для электрооборудования PETOM-21 – 2 компл; Интерактивная доска SMART с ноутбуком ASUS. Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 18 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лек
1108	Лаборатория релейной защиты	Основное оборудование: Системный блок - 2 шт.; Монитор TFT 17 LG; Монитор Philips LCD; Стенд ЭЭ1-ЗА-С-К (Электроэнергетика) – 1 шт.; Стенд ЭЭ3-РЗАЭС-С-К; Стенд РЗА-СЭС-Р1-С-Р; Стенд РЗАЭС-Н-Р (Релейная защита и автоматика); Стенд РЗАЭС1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Стенд РЗАЭСК1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Ноутбуки HP -2 шт; Стенд ЗЭП1-С-Р (защита П/ст от перенапряжения) – 2 шт; Комплект лабораторного оборудования «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения (Зарница) – 2 компл.; Лабораторные стенды собственной разработки по релейной защите - 2 шт.; Испытательный прибор для электрооборудования PETOM-21 – 2 компл; Интерактивная доска SMART с ноутбуком ASUS. Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 18 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Пр

1108	Лаборатория релейной защиты	Основное оборудование: Системный блок - 2 шт.; Монитор TFT 17 LG; Монитор Philips LCD; Стенд ЭЭ1-ЗА-С-К (Электроэнергетика) – 1 шт.; Стенд ЭЭ3-РЗАЭС-С-К; Стенд РЗА-СЭС-Р1-С-Р; Стенд РЗАЭС-Н-Р (Релейная защита и автоматика); Стенд РЗАЭС1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Стенд РЗАЭСК1-С-К (Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения на базе микроконтроллера Сименс); Ноутбуки HP -2 шт; Стенд ЗЭП1-С-Р (защита П/ст от перенапряжения) – 2 шт; Комплект лабораторного оборудования «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения (Зарница) – 2 компл.; Лабораторные стенды собственной разработки по релейной защите - 2 шт.; Испытательный прибор для электрооборудования PETOM-21 – 2 компл; Интерактивная доска SMART с ноутбуком ASUS. Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 18 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лаб
2201	читальный зал №1	Комплект мебели (посадочных мест) Стеллажи Комплект мебели (посадочных мест) для библиотекаря Выставочные шкафы ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung) (10шт.); принтер HP Laser Jet P2055D (1шт.)	Ср

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем направлена на изучение теоретических основ, принципов работы и методов настройки устройств релейной защиты и автоматики.

Изучение дисциплины Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем:

- лекции,
- практические занятия,
- лабораторные работы,
- курсовой проект,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Элементы релейной защиты и автоматики» студенты должны уяснить:

- что такое релейная защита;
- какие существуют типы реле;
- какие требования предъявляются к релейной защите;
- устройство и принципы работы различных типов реле.

В ходе освоения раздела 2 «Защита линий и сетей» студенты должны уяснить:

- какие существуют типы защит ЛЭП;
- принцип работы различных типов защит ЛЭП;
- методы расчета уставок защит ЛЭП.

В ходе освоения раздела 3 «Защита машин и аппаратов» студенты должны уяснить:

- принципы работы защит трансформаторов, двигателей и генераторов;
- методы настройки защит трансформаторов, двигателей и генераторов;
- какие существуют устройства релейной защиты и автоматики специальных электроустановок.

В ходе освоения раздела 4 «Автоматика электроэнергетических систем» студенты должны уяснить:

- виды автоматики, применяемые в электроэнергетических системах;
- назначение и классификацию АПВ, АВР и АЧР;
- работу схем АПВ, АВР и АЧР;
- типы и принципы работы автоматики управления напряжения.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется особо обратить внимание на принципы работы и методы настройки различных типов устройств релейной защиты и автоматики.

При подготовке к зачету и экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: основные требования к защита от КЗ; характеристика измерительной и оперативной частей схемы релейной защиты; способы включения реле на ток и напряжение сети; способы воздействия реле на выключатель; характеристика источников постоянного и переменного оперативного тока; типы магнитных систем электромагнитных реле; основные свойства и характеристики электромагнитных реле; особенности конструкции поляризованного реле; принцип действия электроиндукционного реле, область применения; конструкция и принцип действия магнитоэлектрических реле; принцип действия токовых защит; мгновенные токовые отсечки, расчет параметров, схемы; токовые отсечки нулевой последовательности, включение реле, настройка; настройка ТО системы с двухсторонним питанием; настройка НТО и ТОВ; Принципы обеспечения селективности, настройка, проверка чувствительности МТЗ; схемы МТЗ; МТЗ нулевой последовательности; двух и трехступенчатые защиты; направленные токовые защиты; включение реле направления мощности; общий принцип дифференциальных защит, виды защит; продольная дифференциальная защита, токи небаланса; поперечные

дифференциальные защиты, принцип работы, основные свойства, настройка, оценка чувствительности; упрощённая измерительная схема и основные органы дистанционной защиты; оперативная схема дистанционной защиты; виды высокочастотных защит, область применения, высокочастотная обработка ЛЭП; принцип действия направленной защиты с высокочастотной блокировкой; принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты; типы защит силовых трансформаторов; настройка токовых защит трансформаторов; принцип дифференциальной защиты трансформатора и особенности его реализации; факторы, учитываемые при настройке дифференциальной защиты трансформатора; защиты низковольтных двигателей, принципы настройки, схемы; защиты высоковольтных двигателей, настройка, схемы; особенности защиты синхронных двигателей; защиты низковольтных генераторов, настройка, схемы; дифференциальная защита синхронного генератора; МТЗ от сверхтоков генератора, схемы, настройка; защиты от замыкания на корпус обмоток статора и ротора, защиты от витковых замыканий; типы защит шин и токопроводов, пример схемы; УРОВ; защиты конденсаторных установок; защиты преобразовательных установок; защиты печных трансформаторов; виды автоматики и её назначение; классификация и назначение АПВ; совместная работа АПВ с релейной защитой; общие принципы и классификация АВР; АВР секционного выключателя, работа схемы; назначение и общие принципы АЧР; работа схемы АЧР-I; работа схемы АЧР-II; общие принципы регулирования напряжения силовых трансформаторов; работа схемы РПН; работа схемы АРКТ; работа схемы АРКОН.

В процессе проведения практических занятий и лабораторных работ происходит закрепление практических навыков исследования и моделирования систем электроснабжения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения теоретического материала по рекомендации преподавателя.

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.