

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Э.Ю. Майкова
« _____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений

Блока 1 «Дисциплины (модули)»

«Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Направление подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направление (Профиль) – Электроснабжение

Типы задач профессиональной деятельности: – эксплуатационный

Форма обучения – очная и заочная.

Машиностроительный факультет

Кафедра «Электроснабжения и электротехники»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: доц. кафедры ЭС и Э

А.Ю. Русин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭС и Э

« ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

А.Н. Макаров

Согласовано

Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины.

Целью изучения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является получение и закрепление студентами знаний о видах, схемах релейных защит и автоматики различного электрооборудования, методов их расчета, которые позволят им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с обеспечением надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения.

Задачами дисциплины являются:

- **приобретение** понимания вклада устройств релейной защиты и автоматики в обеспечении надежности функционирования, устойчивого развития системы электроснабжения и минимизации рисков, связанных с деятельностью человека в области энергетики;

- **формирование:**

- готовности применения полученных знаний в сфере своей профессиональной деятельности;

- мотивации и способностей для самостоятельного повышения уровня профессиональных знаний.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)». Изучение курса базируется на знаниях по дисциплинам «Теоретические основы электротехники», «Надежность электроснабжения», «Информационно-измерительная техника и электроника», «Переходные процессы в электроэнергетике».

Приобретенные знания используются студентами в последующем при изучении профилирующих курсов направления подготовки бакалавров, при подготовке выпускной квалификационной работы.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- **знать:** принцип действия различных реле и микропроцессорных блоков релейной защиты и автоматики, виды защит и автоматики, методы расчета их параметров, их принципиальные схемы;

- **уметь:** использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики, выполнять расчеты релейной защиты и автоматики линий электропередач, трансформаторов, двигателей, генераторов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ПК-4. Способность участвовать в эксплуатации и обслуживании АСТУ в электрических сетях.

Индикаторы компетенции, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИПК-4.1. Выполняет производственные задачи по эксплуатации автоматизированных систем поддержания нормального режима в электрических сетях.

Показатели оценивания индикатора достижения компетенций:

Знать:

31. Методы расчета релейной защиты электротехнического оборудования.

32. Методы расчета устройств автоматики систем электроснабжения.

Уметь:

У1. Согласовать работу релейной защиты и автоматики систем электроснабжения.

У1. Обеспечить селективность работы релейной защиты.

У2. Обеспечить минимальное время срабатывания защиты и автоматики

У3. Использовать современное диагностическое оборудование релейной защиты и автоматики

Иметь опыт практической подготовки:

ПП1. Эксплуатации систем релейной защиты и автоматики в электрических сетях.

ИПК-4.2. Осуществляет сравнительный анализ эксплуатационных характеристик автоматизированных систем технологического управления в электросетях

Показатели оценивания индикатора достижения компетенций:

Знать:

31. Современные устройства релейной защиты и автоматики.

32. Основные характеристики защит и схем автоматики.

33. Методами расчета релейной защиты электротехнического оборудования и устройств автоматики систем электроснабжения.

Уметь:

У1. Выполнять сравнительный анализ эксплуатационных характеристик устройств релейной защиты и автоматики.

У2. Выбрать оптимальный вариант схемы релейной защиты и автоматики системы электроснабжения.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП1. Проведения сравнительного анализа для выбора схем и оборудования релейной защиты и автоматики.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 1а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	8	288
Аудиторные занятия (всего)		112
В том числе:		
Лекции		56
Практические занятия (ПЗ)		41
Семинары (С)		не предусмотрены
Лабораторный практикум (ЛП)		15
Самостоятельная работа (всего)		104+36(экз.)
В том числе:		
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Курсовой проект		52
Другие виды самостоятельной работы (подготовка к практическим занятиям, презентациям, докладам)		42
Контроль текущий и промежуточный	1	10+36(экз.)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		108
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)		41
Лабораторные работы (ЛР)		15
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		52

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 1б. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	8	288
Аудиторные занятия (всего)		18
В том числе:		
Лекции		8
Практические занятия (ПЗ)		6
Семинары (С)		не предусмотрены

Лабораторный практикум (ЛП)		4
Самостоятельная работа (всего)		257+13(экз.)
В том числе:		
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Курсовой проект		102
Другие виды самостоятельной работы (подготовка к практическим занятиям, презентациям, докладам)		145
Контроль текущий и промежуточный (балльно-рейтинговый, зачет, экзамен)	1	10+13(экз.,зач.)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		112
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)		6
Лабораторные работы (ЛР)		4
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		102

5. Структура и содержание дисциплины.

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. Работа
1	Общие вопросы релейной защиты. Классификация и конструкция реле.	68	14	8	2	26+18 (экз.)
2	Релейная защита линий до и выше 1000 В	92	14	14	6	40+18 (экз.)
3	Релейная защита трансформаторов, шин подстанции генераторов, электродвигателей	67	14	11	2	40
4	Устройства автоматизации систем электроснабжения	61	14	8	5	34
Всего на дисциплину (курс)		288	56	41	15	176 140+36 (экз.)

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2б. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич занятия	Лаб. практи-кум	Сам. Работа
1	Общие вопросы релейной защиты. Классификация и конструкция реле.	69,5	2	2	1	60+4,5 (экз.)
2	Релейная защита линий до и выше 1000 В	70,5	2	1	1	62+4,5 (экз.)
3	Релейная защита трансформаторов, шин подстанции генераторов, электродвигателей	82	2	2	1	75+2 (зач.)
4	Устройства автоматики систем электроснабжения	66	2	1	1	60+2 (зач.)
Всего на дисциплину (курс)		288	8	6	4	270 257+13 (экз., зач.)

5.2 Содержание дисциплины.

МОДУЛЬ 1. «Общие вопросы релейной защиты. Классификация и конструкция реле».

Содержание курса. Рекомендуемая литература. Назначение релейной защиты и автоматизации в системах электроснабжения. Виды повреждений и ненормальных режимов работы элементов систем электроснабжения. Задачи и взаимосвязь релейной защиты и автоматики.

Элементы устройств релейной защиты и автоматики, защита и автоматика линий электропередачи.

Основные требования, предъявляемые к релейной защите и автоматике. Основные, резервные и вспомогательные защиты. Виды селективности. Классификация реле. Изображение реле и схем релейной защиты.

Электромагнитные вторичные реле тока и напряжения косвенного действия. Реле времени. Промежуточные и указательные реле. Элементная база полупроводниковых реле. Индукционные реле. Конструкция и принцип действия полупроводниковых реле. Микропроцессорные блоки защиты. Преимущества и недостатки микропроцессорной защиты, перспективы развития. Структурная схема БМРЗ.

Схемы соединения трансформаторов тока и реле. Коэффициент схемы.

Оперативный ток.

Построение АСУ энергосистемой на базе микропроцессорных блоков релейной защиты.

МОДУЛЬ 2. «Релейная защита линий до и выше 1000 В».

Защита линий до 1000 В.

Плавкие предохранители. Расцепители автоматических выключателей. Электромагнитные, тепловые и полупроводниковые расцепители. Виды защит, реализуемых с помощью расцепителей. Расчет их параметров. Чувствительность и селективность плавких предохранителей и расцепителей. Карта селективности.

Защита линий выше 1000 В.

Токовые защиты линий с односторонним питанием. Токовая отсечка без выдержки времени, токовая отсечка с выдержкой времени, максимальная токовая защита. Принципиальные схемы токовых защит. Способы повышения чувствительности защит. Защита с комбинированным пуском по напряжению. Токовая защита с выдержкой времени, зависимой от третьей гармонической.

Совместное действие токовых защит и устройств автоматики.

Защиты от однофазных замыканий. Токовые защиты нулевой последовательности в сетях с глухозаземленными нейтральными. Защиты от замыкания на землю в сетях с изолированными или заземленными через дугогасящие реакторы нейтральными. Устройство общей неселективной сигнализации от замыкания на землю.

Продольная дифференциальная защита линий. Поперечная дифференциальная защита. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита.

Токовые защиты линий с двухсторонним питанием. Токовые направленные защиты.

Дистанционная защита. Реле сопротивления.

МОДУЛЬ 3. «Релейная защита трансформаторов, генераторов, электродвигателей».

Защита трансформаторов. Газовая защита. Токовая отсечка. Максимальная токовая защита. Защита от коротких замыканий на землю. Дифференциальные защиты: дифференциальная отсечка, дифференциальная токовая защита с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока, дифференциальная токовая защита на основе реле с магнитным торможением. Дифференциальная защита на базе микропроцессорных блоков. Защита от перегрузок. Защита трансформатора плавкими предохранителями.

Защита шин. Дифференциальная защита шин. Логическая защита шин.

Релейная защита синхронных генераторов напряжением выше 1 кв. Токовая отсечка без выдержки времени. Максимальная токовая защита. Минимальная защита напряжения. Продольная дифференциальная защита. Защита от замыканий на землю в обмотке статора. Защита от замыканий между витками одной фазы статора. Защита от внешних коротких замыканий. Защиты от перегрузок и от повышения напряжения.

Защита асинхронных электродвигателей до 1000 В. Защита расцепителями автоматических выключателей и плавкими предохранителями. Токовая отсечка. Защита от перегрузки. Температурная защита. Минимальная защита напряжения.

Защита асинхронных электродвигателей выше 1000 В. Защита от многофазных замыканий: плавкие предохранители, токовая отсечка, продольная дифференциальная защита. Защита от замыканий на землю. Защита от перегрузки. Минимальная защита напряжения.

МОДУЛЬ 4. «Устройства автоматики систем электроснабжения».

Автоматическое повторное включение линий. Автоматическое включение резерва. Устройство резервирование отказов выключателей. Автоматическая частотная разгрузка. Делительная автоматика. Автоматические устройства управления режимами работы трансформаторов.

5.3. Лабораторные работы

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а. Лабораторные работы и их трудоемкость

№ пп	Учебно-образовательный модуль. Цели лабораторного практикума	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в часах
1.	Модуль 1 Цель: Практическое изучение характеристик реле и трансформаторов тока.	Программирование блока микропроцессорной релейной защиты БМРЗ	2
2.	Модуль 2 Цель: Практическое изучение методов расчета и алгоритмов работы релейной защиты линий	Изучение схем соединений трансформаторов тока и обмоток реле	2
		Исследование токовой трехступенчатой защиты радиальной линии	5
3.	Модуль 3 Цель: Изучение характеристик дифференциальной защиты трансформаторов	Исследование реле с быстронасыщающимися трансформатором тока типа РНТ-565	2
4.	Модуль 4 Цель: Ознакомление с работой автоматики систем электроснабжения	Автоматическое включение резерва	2
		Автоматическое повторное включение	2

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б. Лабораторные работы и их трудоемкость

№ пп	Учебно-образовательный модуль. Цели лабораторного практикума	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в часах
1.	Модуль 1 Цель: Практическое изучение характеристик реле и трансформаторов тока.	Программирование блока микропроцессорной релейной защиты БМРЗ	0,5
2.	Модуль 2 Цель: Практическое изучение методов расчета и алгоритмов работы релейной защиты линий	Изучение схем соединений трансформаторов тока и обмоток реле	0,5
		Исследование токовой трехступенчатой защиты радиальной линии	1
3.	Модуль 3 Цель: Изучение характеристик дифференциальной защиты трансформаторов	Исследование реле с быстронасыщающимися трансформатором тока типа РНТ-565	1
4.	Модуль 4 Цель: Ознакомление с работой автоматики систем электроснабжения	Автоматическое включение резерва	0,5
		Автоматическое повторное включение	0,5

5.4. Практические и (или) семинарские занятия.

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4а. Тематика практических занятий и их трудоемкость.

№ пп	Учебно-образовательный модуль.	Тематика практических занятий	Трудоемкость в часах
1.	Модуль 1 Цель: изучение	Изучение конструкции электромеханических реле	4

	конструкции электромеханических, полупроводниковых и микропроцессорных реле	Изучение конструкции полупроводниковых реле, блоков микропроцессорной релейной защиты	4
2.	Модуль 2 Цель: формирование умений расчета релейной защиты линий	Расчет токовой отсечки, токовой отсечки с выдержкой времени и максимальной токовой защита.	6
		Расчет дифференциальных защит линий, направленных защит.	4
		Расчет защиты от коротких замыканий фазы на землю в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.	4
3.	Модуль 3 Цель: формирование умений расчета релейной защиты трансформаторов	Расчет защиты трансформатора	4
		Расчет защиты синхронного генератора	4
		Расчет защиты двигателей	4
4.	Модуль 4 Цель: формирование умений расчета параметров автоматики и согласование ее действий с релейной защитой	Расчет параметров автоматики: автоматического повторного включения, автоматического включения резерва	7

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4б. Тематика практических занятий и их трудоемкость.

№ пп	Учебно-образовательный модуль.	Тематика практических занятий	Трудоемкость в часах
------	--------------------------------	-------------------------------	----------------------

1.	Модуль 1 Цель: изучение конструкции электромеханических, полупроводниковых и микропроцессорных реле	Изучение конструкции электромеханических реле, полупроводниковых реле, блоков микропроцессорной релейной защиты	1
2.	Модуль 2 Цель: формирование умений расчета релейной защиты линий	Расчет токовой отсечки, токовой отсечки с выдержкой времени и максимальной токовой защита.	1
		Расчет дифференциальных защит линий, направленных защит.	1
		Расчет защиты от коротких замыканий фазы на землю в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.	1
3.	Модуль 3 Цель: формирование умений расчета релейной защиты трансформаторов	Расчет защиты трансформатора	1
		Расчет защиты двигателей	0,5
4.	Модуль 4 Цель: формирование умений расчета параметров автоматики и согласование ее действий с релейной защитой	Расчёт параметров автоматики: автоматического повторного включения, автоматического включения резерва	0,5

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости.

6.1. Цели самостоятельной работы.

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы.

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторному практикуму, практическим занятиям, подготовке курсового проекта, к текущему контролю успеваемости, зачету и экзамену.

Содержание самостоятельной работы определяется, во-первых, тематикой подготовки к соответствующим практическим и лабораторным занятиям, во вторых, заданием на курсовой проект, который охватывает большую часть теоретического материала курса.

В рамках дисциплины выполняется 6 лабораторных работ, которые защищаются посредством устного опроса. Максимальная оценка за каждую выполненную лабораторную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех лабораторных работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной работы по уважительной причине студент имеет право выполнить письменный реферат, по согласованной с преподавателем теме по модулю, по которому пропущена лабораторная работа.

Возможная тематическая направленность реферативной работы для каждого учебно-образовательного модуля представлена в следующей таблице:

Таблица . Темы рефератов

№ п/п	Модули	Возможная тематика самостоятельной реферативной работы
1.	Модуль 1	Преимущества и недостатки микропроцессорной релейной защиты
		Сравнительные характеристики электромеханических, полупроводниковых и микропроцессорных реле
2.	Модуль 2	Способы повышения чувствительности защит линий выше 1000 В с односторонним питанием
		Использование различных схем соединения трансформаторов тока и реле в релейной защите
3.	Модуль3	Релейная защита трансформаторов большой мощности
		Релейная защита синхронных генераторов
4.	Модуль 4	Назначение, принцип действия и схемы АПВ и АВР
		Согласование работы схем автоматики в системах электроснабжения

Оценивание в этом случае осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного реферата.

Текущий контроль успеваемости осуществляется с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки текущей успеваемости обучающихся в соответствии с СТО СМК 02.102-2012.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

7.1. Основная литература.

1. Андреев, В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах : учеб. пособие для студ. вузов по спец. "Электроснабжение" / В.А. Андреев. - М. : Высшая школа, 2008. - 252 с. - Библиогр. : с. 248 - 249. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-06-005828-4 : 278 р. 30 к. - (ID=68052-12)

2. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для вузов по спец. "Электроснабжение" напр. подготовки "Электроэнергетика" / В.А. Андреев. - 5-е изд. ; стер. - М. : Высшая школа, 2007. -

639 с. : ил. - Библиогр. : с. 625 - 634. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-06-004826-1 : 378 р. - (ID=68050-78)

3. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для вузов по спец. "Электроснабжение" напр. подготовки "Электроэнергетика" / В.А. Андреев. - 4-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2006. - 639 с. : ил. - Библиогр. : с. 625 - 634. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-06-004826-8 : 356 р. 25 к. - (ID=59513-92)

4. Агафонов, А.И. Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие / А.И. Агафонов, Т.Ю. Бростилова, Н.Б. Джазовский. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - ЭБС IPR BOOKS. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9729-0505-8. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/98355.html>. - (ID=138309-0)

7.2. Дополнительная литература.

1. Ершов, А.М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ : учебное пособие для практических расчетов / А.М. Ершов. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - ЭБС IPR BOOKS. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9729-0511-9. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/98353.html>. - (ID=138310-0)

2. Овчаренко, Н.И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов по направлению подгот. "Электроэнергетика" : учебник для системы подгот., переподгот. и повышения квалификации персонала энергет. компаний, а также для вузов, осуществляющих подгот. энергетиков / Н.И. Овчаренко; под ред. А.Ф. Дьякова. - 3-е изд. ; испр. - М. : МЭИ, 2009. - 475 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-383-00354-1 : 630 р. - (ID=84460-4)

3. Дьяков, А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 140200 "Электроэнергетика" : учеб. пособие для системы подгот., переподгот. и повышения квалификации персонала энергет. компаний, а также для вузов, осуществляющих подгот. энергетиков / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. - 2-е изд. ; стер. - М. : МЭИ, 2010. - 335 с. : ил. + 2 отд. л. схем. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-383-00467-8 : 715 р. - (ID=84462-4)

4. Булычев, А.В. Релейная защита в распределительных электрических сетях : пособие для практических расчетов / А.В. Булычев, А.А. Наволочный. - М. : ЭНАС, 2011. - 206, [1] с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-4248-0006-1 : 260 р. - (ID=88838-4)

5. Юндин, М.А. Токовая защита электроустановок : учебное пособие для бакалавров и магистров по напр. подготовки "Электроэнергетика и электротехника", а также по профилю "Электро-технологии и электрооборудование" напр. подготовки "Агроинженерия" / М.А. Юндин. - 2-е изд. ; испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 279 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-8114-1158-0 : 735 р. 02 к. - (ID=100332-6)

6. Релейная защита и автоматизация : учеб.-метод. пособие для студ. спец. 100400 - "Электроснабжение" для дневного и заоч. фак. / сост. А.Ю. Русин ;

Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2009. - 39 с. : ил. - Библиогр. : с. 39. - Текст : непосредственный. - 19 р. - (ID=80343-63)

7. Релейная защита и автоматизация : учеб.-метод. пособие для студ. спец. 100400 - "Электроснабжение" для дневного и заоч. фак. / сост. А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2009. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/81276>. - (ID=81276-1) .

8. Валиуллин, К. Р. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / К. Р. Валиуллин. — Оренбург : ОГУ, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-7410-2410-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160043> . - (ID=143985-0)

9. Дансюрюн, Д. Х. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / Д. Х. Дансюрюн. — Кызыл : ТувГУ, 2018. — 84 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156176> . - (ID=143986-0)

10. Короткий, Р. П. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / Р. П. Короткий, Ю. И. Ханин. — 2-е изд. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2017]. — Часть 1 — 2017. — 140 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107848> . - (ID=143987-0)

7.3. Методические материалы

1. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : метод. указания к лаб. работам для направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневного и заочного факультетов / составитель А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - 40 с. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/138030>. - (ID=138030-1)

2. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : метод. указания к лаб. работам для направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневного и заочного факультетов / сост. А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - 40 с. - Текст : непосредственный. - 55 р. - (ID=128475-70)

3. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : методические указания к курсовому проекту для студентов дневной и заочной форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / составитель А.Ю. Русин ; Тверской государственный технический университет, Кафедра ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2020. - 19 с. - Текст : непосредственный. - 85 р. - (ID=136664-45)

4. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : методические указания к курсовому проекту для студентов дневной и заочной

форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / составитель А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2020. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/136531>. - (ID=136531-1)

5. Вопросы к экзаменам по дисциплине базовой части профессионального цикла "Релейная защита и автоматика" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Ю. Русин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-ДМ). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/111965>. - (ID=111965-1)

6. Релейная защита и автоматизация : метод. указ. по выполнению курс. работы для студ. спец. 100400 - "Электроснабжение" для дневного и заоч. фак. : в составе учебно-методического комплекса / сост. А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - (УМК-КП). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/73335>. - (ID=73335-1)

7. Релейная защита и автоматизация : метод. указ. по выполнению курс. работы для студ. спец. 100400 - "Электроснабжение" для дневного и заоч. факультетов / сост. А.Ю. Русин ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - 27 с. - Текст : непосредственный. - 13 р. 30 к. - (ID=73299-94)

8. Релейная защита и автоматизация : методические рекомендации к практическим занятиям по курсу "Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения" для студентов специальности 100400 "Электроснабжение" дневного и заочного обучения : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Ю. Русин. - Тверь : ТвГТУ, 2006. - (УМК-П). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/111963>. - (ID=111963-1)

9. Конспект лекций по курсу "Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения" для студентов для направления 650900 "Электроэнергетика" специальности 100400 "Электроснабжение" : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Ю. Русин. - Тверь : ТвГТУ, 2006. - (УМК-Л). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/111962>. - (ID=111962-1)

7.4. Программное и коммуникационное обеспечение

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

1. Ресурсы: <http://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <http://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <http://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <http://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление) : [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М. :Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 р. – (105501-1)

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/111960>

8. Материально-техническое обеспечение.

Занятия проводятся в ТГТУ. Чтение лекций и проведение практических занятий – в учебных аудиториях корпуса «Ц». Лабораторные работы – в специализированной лаборатории Ц 414. Самостоятельная работа – в читальных залах библиотеки и компьютерных классах.

9. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации

9.1. Фонд оценочных средств аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене

1. Особенности СЭС. Виды коротких замыканий. Назначение релейной защиты.

2. Классификация реле. Электромагнитные измерительные реле. Принцип действия. Конструкция

3. Основные требования, предъявляемые к устройствам РЗА. Элементы релейной защиты и автоматики

4. Основные типы вторичных измерительных электромагнитных реле косвенного действия. Логические реле. Реле времени

5. Логические реле. Промежуточные реле. Указательные реле. Герконовые реле

6. Полупроводниковые элементы измерительных органов

7. Индукционные реле

8. Полупроводниковые реле. Логические органы полупроводниковых реле

9. Преимущества и недостатки полупроводниковых измерительных реле. Реле тока РСТ-14

10. Преимущества и недостатки полупроводниковых реле. Реле направления мощности РМ-11

11. Дифференциальные токовые защиты линий. Продольная дифференциальная защита

12. Электротепловые элементы. Плавкие предохранители. Электротепловые реле. Температурные реле

13. Токовая защита с выдержкой времени, зависимой от третьей гармонической

14. Защиты от замыкания на землю в сетях с изолированными или заземленными через дугогасящие реакторы нейтральными. Устройство общей неселективной сигнализации от замыкания на землю

15. Токовые защиты нулевой последовательности в сетях с глухозаземленной нейтралью

16. Токовая защита нулевой последовательности в сетях с изолированной нейтралью

17. Токовая отсечка на линиях с двухсторонним питанием

18. Дифференциальные токовые защиты линий. Продольная дифференциальная защита

19. Токовые направленные защиты. Выдержка времени и ток срабатывания направленной МТЗ. Мертвая зона. Схемы включения реле направления мощности

20. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита. Зона каскадного действия. Расчет тока срабатывания. Комбинированный пуск по напряжению
21. Разработайте схему МТЗ с независимой выдержкой времени на постоянном оперативном токе.
22. Предложите быстродействующую защиту линии выше 1000 В с односторонним питанием без прокладки линий связи. Укажите ее преимущества и недостатки, формулы для расчета параметров защиты
23. Предложите быстродействующую защиту линии выше 1000 В с односторонним питанием, которая защитит всю линию. Укажите ее преимущества и недостатки, формулы для расчета параметров защиты
24. Разработайте схему двухступенчатой токовой защиты с независимой выдержкой времени на переменном оперативном токе. Опишите ее принцип действия
25. Предложите схему защиты для повышения чувствительности МТЗ линии выше 1000 с односторонним питанием. Опишите ее принцип действия
26. Предложите схему МТЗ на выпрямленном оперативном токе. Опишите ее принцип действия
27. Предложите схему ТО и МТЗ с комбинированной выдержкой времени на переменном оперативном токе. Опишите ее принцип действия
28. Разработайте схему ТО и МТЗ без выдержки времени с вторичным реле прямого действия
29. Предложите наиболее оптимальную схему соединения трансформаторов тока и реле для МТЗ линии в сети с изолированной нейтралью. Ответ обоснуйте. Укажите преимущества и недостатки выбранной схемы
30. Предложите источник питания оперативного тока крупной подстанции 330 кВ с большой суммарной мощностью в оперативных цепях. Ответ обосновать
31. Предложите алгоритм совместного действия токовых защит и устройств автоматики, который позволит уменьшить токи КЗ от двух источников питания
32. Разработайте схема направленной МТЗ на переменном оперативном токе. Опишите принцип ее действия
33. Предложите источник питания оперативного тока крупной подстанции 110 кВ с небольшой суммарной мощностью в оперативных цепях. Ответ обосновать
34. Предложите защиту двух последовательных линии с односторонним питанием, которая защищает всю первую линию и резервирует всю следующую линию. Опишите ее преимущество и недостатки, формулы расчета параметров
35. Предложите схему соединения трансформаторов тока и реле для поперечной дифференциальной защиты линий. Ответ обоснуйте
36. Предложите наиболее оптимальную схему соединения трансформаторов тока и реле для защиты от однофазных КЗ в линии 10 кВ. Ответ обоснуйте
37. Предложите схему поперечной дифференциальной токовой защиты
38. Предложите алгоритм совместное действия токовых защит и устройств автоматики, который уменьшить время отключения КЗ на первой отходящей от подстанции линии

39. Предложите схему защиты для повышения чувствительности МТЗ линии выше 1000 с односторонним питанием. Опишите ее принцип действия

40. Разработайте схему ТО и МТЗ с независимой выдержкой времени на постоянном оперативном токе. Опишите ее принцип действия

9.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме зачета.

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

2. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем: по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося и дополнительных контрольных испытаний.

3. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании. Задание выполняется в компьютерном классе путем прохождения компьютерного теста;

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

При ответе на вопросы допускается использование справочными данными, нормативно-правовыми актами, в том числе ГОСТами, методическими указаниями по выполнению практических работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время дополнительного итогового контрольного испытания задание после возвращения студента ему заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного испытания:

Тест содержит вопросы по следующим темам:

1. Основные обозначения элементов схем.
2. Зоны действия защит.
3. Расчет параметров защит и автоматики.
4. Принцип действия схем защит и автоматики.
5. Характеристики релейной защиты и автоматики.
6. Защита трансформаторов малой и средней мощности.
7. Защита трансформаторов большой мощности.
8. Защита электродвигателей.

Общее число вопросов компьютерного теста для дополнительного итогового контрольного испытания – 120 (40 вопросов для категории «знать» и 80 вопросов для категории «уметь»). Каждый вопрос 1 балл.

Продолжительность – 60 минут.

4. Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

Критерии итоговой оценки за зачет:

для категории «знать» (бинарный критерий):

Ниже базового - 10 баллов.

Базовый уровень – 30 баллов и выше.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения –20 баллов.

Наличие умения – 50 баллов и выше.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 80;

«не зачтено» - при сумме баллов менее 80.

9.3. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме курсового проекта.

1. Шкала оценивания курсового проекта – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсового проекта.

Выбор и расчет релейной защиты и автоматики линий электропередачи и электрооборудования в схеме электроснабжения промышленного предприятия:

- защита силовых трансформаторов главной понизительной подстанции (ГПП);

- защита питающей линии от ГПП до цеха;

- защита цеховых трансформаторов;

- защита нестандартного оборудования на стороне 0,4 кв;

- выбор и расчет схемы автоматики.

Каждому обучающемуся выдаётся индивидуальное наименование организации или предприятия. Студент по согласованию с преподавателем может самостоятельно выбрать объект курсового проекта на базе организации или предприятия, на котором проводится практика или научно-исследовательская работа.

Курсовой проект является этапом подготовки к написанию ВКР.

3. Перечень навыков, формируемых в процессе выполнения курсового проекта:

- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей;

- способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования ;

- способность разрабатывать системы контроля и управления объектов профессиональной деятельности.

4. Критерии оценки качества выполнения, как по отдельным разделам курсового проекта, так и работы в целом.

Разделы курсового проекта по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»:

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Релейная защита трансформаторов ГПП	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
2	Релейная защита питающей кабельной или воздушной линии, идущей от ГПП до цеха	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
3	Релейная защита цеховых трансформаторов	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
4	Выбор и расчет автоматики системы электроснабжения	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
5	Выбор схем релейной защиты и автоматики. Изображение схем на листе формата А1	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
	Заключение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

Критерии итоговой оценки за выполнение курсового проекта:

«отлично» – при сумме баллов от 30 до 36;

«хорошо» – при сумме баллов от 23 до 29;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 15 до 22;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 15.

5. Методические материалы, определяющие процедуру выполнения и представления проекта и технологию его оценивания.

Требования и методические указания по структуре, содержанию и выполнению работы, а также критерии оценки, оформлены в качестве отдельно выпущенного документа.

Курсовой проект состоит из титульного листа, содержания, введения, основной части, заключения, списка использованных источников. Текст должен быть структурирован, содержать все результаты расчета, обоснования выбранной релейной защиты и автоматики.

Во введении необходимо отразить актуальность темы исследования, цель и задачи курсового проекта. Объем должен составлять 2-3 страницы.

В основных разделах курсового проекта необходимо отразить:

- выбор защит основного оборудования системы электроснабжения;
- расчет параметров выбранных защит;
- проверку коэффициентов чувствительности защит;
- схемы защит;
- выбор и расчет схемы автоматики;

В заключении необходимо раскрыть особенности отображения в курсовом проекте поставленных задач. Объем должен составлять 2-3 страницы.

Дополнительные процедурные сведения:

а) Студенты выбирают тему для курсового проекта самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение первых двух недель обучения. К середине семестра на проверку представляется общая часть курсового проекта, за две недели до защиты – окончательный вариант.

б) проверку и оценку курсового проекта осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающегося достоинства и недостатки проекта и его оценку. Оценка проставляется в зачётную книжку обучающегося и ведомость для курсового проекта. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя, проводится защита проекта перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

в) защита курсового проекта проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы;

г) работа не подлежит обязательному рецензированию.

В процессе выполнения обучающимся курсового проекта руководитель осуществляет систематическое консультирование.

Оптимальный объем курсового проекта 20-30 страниц машинописного текста (не включая приложения), набранного 12-14 шрифтом через 1.5 интервала на листах формата А4 с одной стороны. Поля должны составлять 20 мм сверху и снизу, 30 мм слева и 15 мм справа. Курсовой проект оформляется согласно ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Источники использованной литературы должны оформляться согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список источников следует составлять в

порядке упоминания их в тексте. Ссылки на источники должны приводиться по тексту в квадратных скобках.

Нумерация страниц курсового проекта должна быть сквозной. Первой страницей является титульный лист, на нем номер страницы не ставится, второй - содержание и т.д. Номер страницы проставляется арабскими цифрами снизу страницы, посередине. Приложения необходимо включать в сквозную нумерацию.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

В учебный процесс внедрена субъект-субъектная педагогическая технология, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечены учебной и научной литературой для выполнения всех видов самостоятельной работы, и учебно-методическим комплексом по дисциплине.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

Приложение

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль - Электроснабжение

Кафедра Электроснабжения и электротехники

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – 0 или 1, или 2 балла:

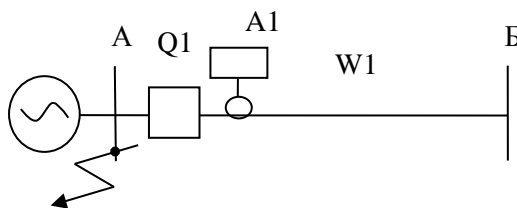
Дифференциальные токовые защиты линий. Продольная дифференциальная защита.

2. Задание для проверки уровня «уметь» – 0 или 1 балл:

Предложить схему МТЗ на постоянном оперативном токе. Нарисовать схему и объяснить принцип действия.

3. Задача для проверки уровня «уметь» – 0 или 2 балла:

Вычислить ток срабатывания и зоны действия токовой отсечки без выдержки времени воздушной линии 110 кВ с односторонним питанием.



К1

Варианты	Длина линии, км	Удельное сопротивление, Ом/км	Ток 3-х фазного КЗ в т. К1, кА	
			Ik макс	Ik мин
1	40	0,4	9	7
2	60	0,4	11	8

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» – при сумме баллов 5;

«хорошо» – при сумме баллов от 3 до 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 2;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 2.

Составитель: к.т.н., доцент кафедры ЭС и Э

А.Ю. Русин

Заведующий кафедрой ЭС и Э, д.т.н., профессор

А.Н. Макаров