

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Программа бакалавриата: Электроэнергетические системы и сети;

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
**(ПРОФИЛЬ 1)**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1. «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть блока:</b>	<b>Формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.В.21</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 6</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр – 16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр – 16 часов</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр – 116 часов</b>
включая: РГР	<b>7 семестр – 20 часов</b>
курсовые проекты (работы)	<b>Учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> зачет с оценкой экзамен защита курсового проекта/работы	<b>2 семестр – 2,5 часа</b>
<b>Контроль:</b> экзамен	<b>2 семестр – 33,5 часа</b>

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

В.Н. Курьянов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** – изучение видов релейной защиты основных элементов электрической части энергосистем.

**Задачами дисциплины являются:**

- изучение основных видов и принципов действия защит элементов электрической части энергосистем;
- приобретение навыков расчета токовых защит различных элементов электроэнергетических систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1.Способен управлять технологическим оборудованием, выбирать серийное и проектировать новое оборудование	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных по заданной тематике, обосновывает выбор технологических решений	<b>знать:</b> – общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем; <b>уметь:</b> – пользоваться графическими и аналитическими методами для согласования защит между собой
	ПК-1.2. Демонстрирует понимание технологических процессов, способов управления оборудованием и их взаимосвязь с задачами эксплуатации	<b>знать:</b> – виды, функциональные схемы и особенности действия релейных защит основных элементов электрической части энергосистем <b>уметь:</b> – рассчитывать уставки основных защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «ТОЭ», «Переходные процессы».

Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								СР	Конт- роль	Содержание самостоятельной работы
				Контактная										
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА					
1	Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	29	7	6	3	8	-	-	-	16	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с. 4-11, с. 12-19; [2] с. 4-8, [7] с.4-14		
2	Токовые защиты	86	7	19	9	6	-	-	-	52	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с.20-38, с. 44-50; [2] с. 6-9, [7] с.15-31		
3	Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем	41	7	7	4	2	-	-	-	28	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с. 62-90; [2] с. 11-28, [8] с. 31-39		
4	Расчетное задание (РГР)	24	7	-	-	-	-	-	-	20	-	Проработка лекционного материала и материалов практик. Согласно графику выполнения РГР.		
5	Экзамен	36	7	-	-	-	-	-	2,5	-	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетам с последующим устным ответом согласно программе экзамена		
	Итого:	216		32	16	16	-	-	2,5	116	33,5			

### 3.2. Краткое содержание разделов. Темы лекций

#### 1. Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем

Назначение релейной защиты. Требования к релейной защите. Изображение схем релейной защиты на чертежах. Элементы защиты. Принципы выполнения устройств РЗ. Источники оперативного тока.

#### 2. Токовые защиты

Принцип действия токовых защит. Принцип действия токовых отсеков. Схемы отсеков. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием. Неселективные отсечки. Отсечки на линиях с двусторонним питанием. Отсечки с выдержкой времени. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени. Защита линий с помощью МТЗ с зависимой выдержкой времени. МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения. Токовая трехступенчатая защита. Токовые защиты нулевой последовательности.

Дистанционные защиты от междуфазных повреждений. Назначение и виды дифференциальных защит. Продольная дифференциальная защита линий. Поперечная дифференциальная защита линий. Дифференциально-фазная высокочастотная защита. Необходимость токовой направленной защиты. Индукционные реле направления мощности. Схема и принцип действия ТНЗ. Схемы включения реле направления мощности.

#### 3. Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем

Виды повреждений трансформаторов. Дифференциальная защита трансформаторов. Меры по выравниванию вторичных токов. Токи небаланса в дифференциальной защите. Токовая защита с пуском по напряжению. Защита трансформаторов от перегрузки.

### 3.3. Темы практических занятий

**ПР 1.** Расчет токов КЗ для выбора РЗ.

**ПР 2.** Расчет номинальных и максимальных токов. Выбор трансформаторов тока.

**ПР 3.** Расчетная проверка трансформаторов тока.

**ПР 4.** Выбор и построение времятоковых характеристик предохранителей.

**ПР 5.** Выбор параметров МТЗ.

**ПР 6.** Выбор времени срабатывания и типа времятоковых характеристик МТЗ.

**ПР 7.** Построение обратозависимых от тока характеристик МТЗ на карте селективности.

**ПР 8.** Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения.

**ПР 9.** Расчет параметров многоступенчатых защит.

**ПР 10.** Графическое изображение зон действия МТЗ.

**ПР 11.** Расчет защит от однофазных коротких замыканий в сетях с изолированной нейтралью.

**ПР 12.** Расчет токовых защит нулевой последовательности в сетях с глухозаземленной нейтралью.

**ПР 13-14.** Расчет токов для дифференциальных защит трансформатора.

**ПР 15-16.** Расчет токовых защит (ТО, МТЗ, МТЗ с пуском по напряжению) трансформатора.

### 3.4. Темы лабораторных работ

**ЛБ 1.** Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ (3 часа).

**ЛБ 2.** Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения (4 часа).

**ЛБ 3.** Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО (3 часа).

**ЛБ 4.** Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит. (2 часа).

**ЛБ 5.** Изучение токовых защит трансформаторов (3 часа).

**ЛБ 6.** Изучение газовой защиты трансформатора (2 часа).

### **3.5. РГР**

**Тема:** Расчет токовых защит участков электроэнергетической системы 110-10 кВ (по вариантам).

**3.6. Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрены.**

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции и индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Формы контроля
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
– общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	ПК-1.1	х	х	х	х	х	отчеты ЛБ № 1, №2, расчетное задание (РГР), экзамен
– виды и принципы действия основных защит линий, силовых трансформаторов	ПК-1.2	-	х	х	х	х	кр с № 1 по №4, ЛБ с № 3 по №6, расчетное задание (РГР), экзамен
<b>Уметь:</b>							
– пользоваться графическими и аналитическими методами для согласования защит между собой	ПК-1.1	-	х	х	х	х	кр с № 2 по №4, расчетное задание (РГР), экзамен
– рассчитывать уставки основных токовых защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем	ПК-1.2	-	х	х	х	х	кр с № 2 по №4, ЛБ с №3 по №5 расчетное задание (РГР), экзамен

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПОДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

– контрольные работы (кр):

**кр №1** Расчет максимальных токовых защит линий

**кр №2** Расчет мгновенной токовой отсечки.

**кр №3** Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения

**кр №4** Расчет дифференциальных защит трансформаторов

– отчеты по лабораторным работам:

**ЛБ 1.** Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ

**ЛБ 2.** Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения

**ЛБ 3.** Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО

**ЛБ 4.** Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит.

**ЛБ 5.** Изучение токовых защит трансформаторов.

**ЛБ 6.** Изучение газовой защиты трансформатора.

– РГР: Расчет токовых защит участков электроэнергетической системы 110-10 кВ (по вариантам).

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

Экзамен.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (модуля) – экзамен.

В приложение к диплому выносится оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Литература:**

1. Релейная защита и автоматика энергосистем : учебное пособие по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника", модуль "Электроэнергетика" / В. В. Кривенков ; ред. А. Ф. Дьяков ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 164 с. – URL: [https://elibrary.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5007](https://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5007) -ISBN978-5-7046-1377-0.

2. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учеб. Пособие по направлению подготовки 140400



- Электроэнергетика и электротехника/ Ю.А. Ершов [и др.]. – Электрон. текстовые дан. - Красноярск: СФУ, 2012. – 68 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363895>
3. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учеб. пособие по направлению подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника / Ю. А. Ершов [и др.]. - Красноярск: СФУ, 2012. - 68 с.
4. Щеглов, А.И. Построение схем релейной защиты [Электронный ресурс]: учеб. Пособие / А.И. – Электрон. текстовые дан. - Новосибирск: НГТУ, 2012. – 90 с. -URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228882>
5. Глазырин, В.Е. Расчет релейной защиты понижающих автотрансформаторов на базе микропроцессорных шкафов : учебное пособие / В.Е. Глазырин, В.А. Давыдов, А.И. Щеглов; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 91 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228829> . – ISBN 978-5-7782-1592-4. – Текст : электронный.
6. Антонов, Д.Б. Цифровые продольные дифференциальные защиты линий электропередач. Принцип работы и выбор параметров срабатывания: учебное пособие для вузов по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" модуль "Электроэнергетика" /Д.Б. Антонов; ред. А.Ф. Дьяков; Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 84 с. –URL: [https://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4999](https://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4999) -ISBN978-5-7046-1376-3
7. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 1: для студентов по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" /О.П. Алексеев, Р.В. Темкина, Б.А. Сафронов; ред. Р.В. Темкина; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М.: Изд-во МЭИ, 2016. – 44 с. – URL: [https://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8646](https://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8646)
8. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 2: для студентов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" /О.П. Алексеев, Р.В. Темкина, Б.А. Сафронов; ред. Р.В. Темкина; Нац. исслед. ун-т "МЭИ".–М.: Изд-во МЭИ, 2017. – 68 с. – URL: [https://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9303](https://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9303)

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Office Word, Excel и PowerPoint.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

Базаданных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебное помещение, оснащено:

- доска маркерная передвижная – 1 шт.;
- персональный компьютер – 1 шт.;
- проектор – 1 шт.;
- экран – 1 шт.;
- столы и стулья на 35 посадочных мест.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой (20 компьютеров), с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Учебная аудитория для проведения занятий практического типа

- доска маркерная передвижная – 1 шт.;
- телевизор – 2 шт.;
- персональные компьютеры со специализированным программным обеспечением – 11 шт.;
- столы и стулья на 24 посадочных места.

# БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- |       |  |
|-------|--|
| КМ-1  | <b>кр №1</b> Расчет максимальных токовых защит линий   |
| КМ-2  | <b>кр №2</b> Расчет мгновенной токовой отсечки.  |
| КМ-3  | <b>кр №3</b> Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения   |
| КМ-4  | <b>кр №4</b> Расчет дифференциальных защит трансформаторов   |
| КМ-5  | Отчет по <b>ЛБ 1</b> . Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ       |
| КМ-6  | Отчет по <b>ЛБ 2</b> . Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения |
| КМ-7  | Отчет по <b>ЛБ 3</b> . Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО.   |
| КМ-8  | Отчет по <b>ЛБ 4</b> . Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит.  |
| КМ-9  | Отчет по <b>ЛБ 5</b> . Изучение токовых защит трансформаторов.   |
| КМ-10 | Отчет по <b>ЛБ 6</b> . Изучение газовой защиты трансформатора.   |
| КМ-11 | Расчетное задание: Расчет токовых защит участков электроэнергетической системы 110-10 кВ (по вариантам)  |

## Вид промежуточной аттестации – экзамен

Трудоемкость дисциплины= 6 з.е.

[illegible]

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Программа бакалавриата: Электроэнергетические системы и сети;**

**Квалификация (степень) выпускника: бакалавр**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.В.21 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотношенных с индикаторами достижения компетенций:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
- общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	ПК-1.1	отчеты ЛБ № 1, №2, расчетное задание (РГР), экзамен
- виды и принципы действия основных защит линий, силовых трансформаторов	ПК-1.2	кр с № 1 по №4, ЛБ с № 3 по №6, расчетное задание (РГР), экзамен
<b>Уметь:</b>		
-рассчитывать уставки основных токовых защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем	ПК-1.1	кр с № 2 по №4, расчетное задание (РГР), экзамен
-пользоваться графическими и аналитическими методами для согласования защит между собой	ПК-1.2	кр с № 2 по №4, ЛБ с №3 по №5 расчетное задание (РГР), экзамен

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### Контрольные работы:

##### кр №1 «Расчет максимальных токовых защит линий»

**Задание:** Для известных токов короткого замыкания в характерных точках расчетной схемы (рис.1), исходя из расположения РЗ на линиях электроснабжения 110 и 10 кВ, необходимо:

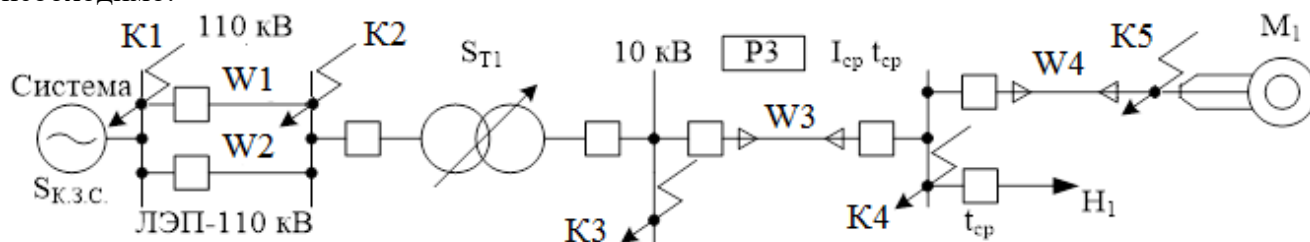


Рис. 1. Участок распределительной сети

- 1) Рассчитать номинальные и максимальные токи, протекающие по отдельным участкам расчетной схемы (рис. 1).
  - 2) Выбрать измерительные трансформаторы тока для релейных защит. Место расположения защит показано на расчетной схеме соответствующими выключателями.
  - 3) Рассчитать МТЗ линий (РЗ-1 установлена в начале линий W1(W2); РЗ-3 установлена в начале линии W3; РЗ-4 установлена в начале линии W4).
- Вид реле: РЗ-4 – электромеханическая с реле РТ-40; РЗ-3 – электромеханическая (для нечетных вариантов – РТ-80; для четных вариантов – РТВ); РЗ-1 – цифровая.

**По результатам СРС выставляется:**

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено 50...79% заданий.

**кр №2 «Расчет мгновенной токовой отсечки»**

Задание:

Рассчитать первые ступени РЗ линий (рис.1: РЗ-1 - ТО - установлена в начале линий W1(W2); РЗ-3 – ТО и НТО - установлена в начале линии W3; РЗ-4 - ТО установлена в начале линии W4). Вид реле: РЗ-4; РЗ-3 – электромеханические с реле РТ-40; РЗ-1 – цифровые.

**По результатам СРС выставляется:**

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено 50...79% заданий.

**кр №3 «Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения»**

Задание:

Рассчитать МТЗ линии W3 с пуском по напряжению (рис.1). Вид реле: электромеханические реле типа РТ-40 и РН-50. Сравнить чувствительность обычной МТЗ и МТЗ с пуском по напряжению.

**По результатам СРС выставляется:**

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено 50...79% заданий.

**кр №4 «Расчет дифференциальных защит трансформаторов»**

Задание:

Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора Т1 и токовую отсечку этого же трансформатора (рис.1).

**По результатам СРС выставляется:**

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено 50...79% заданий.

**Отчеты лабораторных работ (устное собеседование по теме):**

**ЛБ 1.** Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ

**ЛБ 2.** Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения

**ЛБ 3.** Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО

**ЛБ 4.** Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит.

**ЛБ 5.** Изучение токовых защит трансформаторов.

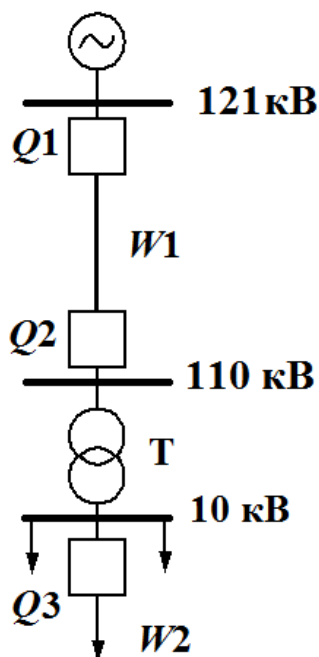
**ЛБ 6.** Изучение газовой защиты трансформатора.

**По результатам собеседования выставляется:**

- 3 балла, если правильно отвечено на 80% и более вопросов.
- 2 балл, если правильно отвечено на 50...79% вопросов.

**Расчетное задание**

**Тема: «Расчет токовых защит участков электроэнергетической системы 110-10 кВ»** (по вариантам)



### I. Выполнить:

Для заданной схемы электроснабжения (воздушной линии электропередач) напряжением 110-10 кВ спроектировать ненаправленные токовые защиты от многофазных и однофазных коротких замыканий (КЗ), а также токовую и дифференциальную защиту трансформатора Т.

### II. Исходные данные для задания:

Параметры силового трансформатора Т: ТМН-6300/115/11.

Схема и группа соединения обмоток – Y-N/Δ-11

W1 – Одноцепная линия без тросов

Длина линии W1 – 40 км

Материал провода ВЛ W1 – А-95

Дополнительная нагрузка на шинах 10 кВ:  $I_{\text{раб. max}} = 150$  А.

Тип токовых реле РЗ 1: I ступень – ТО – ЦЗ, II ступень – ТОВ(НТОВ) – ЦЗ, III ступень – МТЗ – ЦЗ ТЗНП

Тип токовых реле РЗ 2: I ступень – ТО – РТ-40

Тип токовых реле РЗ 3: I, II ступень – ТО – РТМ, III ступень – МТЗ – РТВ

### III. Технология выполнения задания:

1. Рассчитать токи КЗ (трехфазный, двухфазный, однофазный, ударный ток, действующее значение ударного тока), составить сводную ведомость токов КЗ. Точки КЗ и соответствующие им значения токов КЗ в А (трехфазного и двухфазного для линии W2; трехфазного, двухфазного и однофазного для линии W1) нанести на расчетную схему сети.

2. Определить параметры защиты ВЛ W1 110 кВ от многофазных КЗ. Выбрать типы реле, используемых в схеме, рассчитать токи срабатывания ступеней защиты и токи реле; выбрать уставки реле по току и времени, проверить чувствительность защиты. Определить параметры защиты ВЛ W1 110 кВ от однофазных КЗ. Выбрать типы реле, используемых в схеме, рассчитать токи срабатывания ступеней защиты и токи реле; выбрать уставки реле по току и времени, проверить чувствительность защиты. Составить карту селективности, на которой обосновать обеспечение селективности действия всех защит ВЛ W1 110 кВ и ВЛ W2 10 кВ. Выбрать уставки для защиты трансформатора Т 110/10 кВ. Дифференциальная защита трансформатора двухступенчатая (ТО и ДТЗ). Выбрать типы реле, используемых в схеме, рассчитать токи срабатывания ступеней защиты и токи реле; выбрать уставки реле. Определить коэффициенты чувствительности защит.

3. Построить характеристики зависимости токов КЗ от длины линии. Показать зоны действия токовых отсеков. На характеристике зависимости токов КЗ от длины линии указать зоны действия всех ступеней защит. Совместить зависимость токов КЗ от длины линии с зависимостью времени срабатывания защиты от длины линии. Указать время срабатывания и протяженность зон действия защит.

### За выполнение расчетного задания выставляется:

- 30 баллов, если выполнены все требования к написанию и защите расчетного задания: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан верный расчет, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы;
- 21-29 балла – основные требования к расчетному заданию и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в расчетах; отсутствует логическая последовательность в суждениях; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы;
- 20 баллов, если имеются существенные отступления от требований к выполнению расчетного задания, однако все разделы в той или иной мере присутствуют. В

частности: в расчетах допущены фактические ошибки или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

## Промежуточная аттестация

7 семестр

### Экзамен

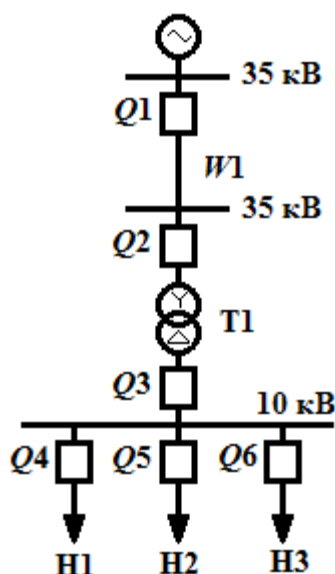
Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и качественную задачу.

Примеры вопросов к экзаменационным билетам:

1. Назначение и виды РЗ электроэнергетических систем
1. Классификация защит электрических сетей
2. Классификация реле (по роду величины, вызывающей срабатывание, по способу подключения к защищаемому объекту, по способу воздействия на коммутационный аппарат, по принципу сравнения электрических величин, по функциональному назначению)
3. Функции РЗ и отказы функционирования.
4. Требования к релейной защите
5. Структурная схема устройств защит и основные алгоритмы функционирования защит
6. Основные режимы сети
7. Особенности выполнения РЗ ЭЭС
8. Трансформаторы тока в устройствах РЗ: основные параметры ТТ
9. Трансформаторы тока в устройствах РЗ: погрешности и классы точности ТТ
10. Расчетная проверка трансформаторов тока: проверка по 1 условию
11. Расчетная проверка трансформаторов тока: проверка по 2 и 3 условию
12. Расчетная проверка трансформаторов тока: способы уменьшения погрешностей
13. Трансформаторы напряжения в схемах РЗ
14. Защита распределительных сетей плавкими предохранителями: основные данные предохранителей
15. Защита распределительных сетей плавкими предохранителями: расчетные времятоковые характеристики предохранителей
16. Защита распределительных сетей плавкими предохранителями: выбор параметров предохранителей
17. Максимальные токовые защиты: принцип действия и обеспечение селективности
18. Максимальные токовые защиты: расчет уставок защиты.
19. Максимальные токовые защиты: схемы МТЗ

Вариант задачи к экзаменационному билету:

1. На трансформаторе Т1 установлена продольная дифференциальная токовая защита.



Параметры трансформатора Т1:

ТМН-2500/35/11 - У/Д-11;

Вид и диапазон регулирования напряжения:

РПН в нейтрали ВН=4 х 2.5%

Ток короткого замыкания за трансформатором НН 10 кВ:

$$I_{к.з.Т1}^{(3)} = 5,1 \text{ кА.}$$

**Требуется: показать методику расчета, записав основные формулы без подстановки числовых значений**

- 1) Определить вторичные токи в плечах защиты. Определить первичный ток небаланса.
- 2) Провести проверку возможности использования дифференциальной отсечки.
- 3) Провести проверку выполнения защиты.



Время подготовки ответа – 60 минут.

**По результатам ответа на экзамене выставляется:**

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.