

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: Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Уровень квалификации: бакалавр

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ
АВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1. «Дисциплины (модули)»
Часть блока:	Формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 6
Часов (всего) по учебному плану:	216
Лекции	7 семестр - 16 часа
Практические занятия	7 семестр – 32 часа
Лабораторные работы	7 семестр – 16 часов
Самостоятельная работа	7 семестр – 116 часов
включая: РГР курсовые проекты (работы)	Учебным планом не предусмотрены Учебным планом не предусмотрены
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой экзамен защита курсового проекта/работы	2 семестр – 2,5 часа
Контроль: экзамен	2 семестр – 33,5 часа

Волжский 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины – изучение основ релейной защиты и автоматики элементов электрической части энергосистем.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных видов и принципов действия защит элементов электрической части энергосистем;
- изучение общих принципов действия противоаварийной автоматики энергосистем;
- приобретение навыков расчета простых токовых защит 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	знать: <ul style="list-style-type: none">– общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем;– общие принципы действия противоаварийной автоматики энергосистем уметь: <ul style="list-style-type: none">– 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	знать: <ul style="list-style-type: none">– виды и особенности действия релейных защит основных элементов электрической части энергосистем;– общие принципы взаимодействия противоаварийной автоматики и релейной защиты энергосистем уметь: <ul style="list-style-type: none">– рассчитывать уставки простых токовых защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профили: Электроэнергетические системы и цифровые технологии).

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								Содержание самостоятельной работы
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	33	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, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем	83	7	6	19	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	Противоаварийная автоматика энергосистем	64	7	4	10	2	-	-	-	48	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с. 54-62; 91-104 [9] с. 122-146
	Экзамен	36	7	-	-	-	-	-	2,5	-	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетам с последующим устным ответом согласно программе экзамена
	Итого:	216		16	32	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, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем

Принцип действия токовых защит. Принцип действия токовых отсечек. Схемы отсечек. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием. Отсечки с выдержкой времени. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени. Токовая трехступенчатая защита.

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. Противоаварийная автоматика энергосистем

Назначение, экономическая эффективность, область применения и классификация АПВ. Основные технические требования к устройствам АПВ. Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты: ускорение действия релейной защиты до и после АПВ. Особенности АПВ шин и трансформаторов.

Назначение АВР, область применения. Требования к устройствам АВР, основные принципы выполнения. Пуск устройств АВР, варианты выполнения пусковых органов, способы обеспечения однократности действия АВР.

Необходимость и способы резервирования действия РЗ и выключателей. Особенности резервирования с помощью УРОВ по сравнению с резервированием РЗ. Принципы выполнения УРОВ.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет токов КЗ для выбора РЗ (2 часа).
2. Расчет номинальных и максимальных токов. Выбор трансформаторов тока (1 час).
3. Выбор параметров МТЗ (2 часа).
4. Выбор времени срабатывания МТЗ. Построение независимых от тока характеристик МТЗ на карте селективности (1 час).
5. Контрольная работа №1 Расчет максимальных токовых защит линий (1 час)
6. Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения (1 час).
7. Расчет ТО и ТОВ (1 час).
8. Контрольная работа №2 Расчет мгновенной токовой отсечки (1 час)
9. Расчет параметров многоступенчатых защит (2 часа).
10. Графическое изображение зон действия МТЗ (2 часа).
11. Контрольная работа №3 Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения (1 час)
12. Расчет токовых дифференциальных защит трансформатора (2 часа).
13. Расчет токовых защит (ТО, МТЗ, МТЗ с пуском по напряжению) трансформатора (3 часа).
14. Контрольная работа №4 Расчет дифференциальных защит трансформаторов (2 часа)
15. Коллоквиум №1 по теме: Виды и особенности работы АПВ (2 часа).
16. Коллоквиум №2 по теме: Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты (2 часа).

17. Коллоквиум № 3 по теме: Совместная работа устройств АВР и релейной защиты (2 часа).
18. Коллоквиум № 4 по теме: Принципы выполнения УРОВ (2 часа).
19. Контрольная работа № 5 Итоговая (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ (3 часа).
2. Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения (4 часа).
3. Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО (3 часа).
4. Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит. (2 часа).
5. Изучение токовых защит трансформаторов (3 часа).
6. Изучение газовой защиты трансформатора (2 часа).

3.5. РГР учебным планом не предусмотрена.

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	экз	
Знать:						
– общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	ПК-1.1	х	х		х	отчеты ЛБ № 1, №2, кр № 5, экзамен
– общие принципы действия противоаварийной автоматики энергосистем	ПК-1.1			х	х	Коллоквиумы с № 1 по № 4, экзамен
– виды и особенности действия релейных защит основных элементов электрической части энергосистем;	ПК-1.2		х	х	х	кр с № 1 по № 5, ЛБ с № 3 по №6, экзамен
– общие принципы взаимодействия противоаварийной автоматики и релейной защиты энергосистем	ПК-1.2			х	х	Коллоквиумы с № 1 по № 4, экзамен
Уметь:						
– пользоваться графическими и аналитическими методами для согласования защит между собой	ПК-1.1		х	х	х	кр с № 2 по №5, экзамен
– рассчитывать уставки простых токовых защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем	ПК-1.2		х	х	х	кр с № 2 по №5, ЛБ с №3 по №5 экзамен
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.4.1)</i>		33	83	64	36	

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

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

– контрольные работы (кр):

№1 Расчет максимальных токовых защит линий

№2 Расчет мгновенной токовой отсечки.

№3 Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения

№4 Расчет дифференциальных защит трансформаторов

№5 Итоговая

– коллоквиумы по темам:

№1 Технологические нарушения, связанные с нарушениями работы РЗА (2 часа).

№2 Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты (2 часа).

№ 3 Совместная работа устройств АВР и релейной защиты (2 часа).

№ 4 Принципы выполнения УРОВ (2 часа).

– отчеты по лабораторным работам:

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

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

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

4. Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит.

5. Изучение токовых защит трансформаторов.

6. Изучение газовой защиты трансформатора.

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

-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 -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
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
9. Хренников, А. Ю. Эксплуатация релейной защиты и автоматики : учебно-методическое пособие : [16+] / А. Ю. Хренников, В. Г. Точилкин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. – 216 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614678> . – Библиогр.: с. 184-187. – ISBN 978-5-4499-2112-3. – DOI 10.23681/614678

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>

Баз данных 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.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории Релейной защиты и автоматики.

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 **кр №1** Расчет максимальных токовых защит линий
- КМ-2 **кр №2** Расчет мгновенной токовой отсечки.
- КМ-3 **кр №3** Расчет МТЗ с комбинированным пуском минимального напряжения
- КМ-4 **кр №4** Расчет дифференциальных защит трансформаторов
- КМ-5 **кр №5** Итоговая контрольная работа
- КМ-6 **Коллоквиум №1** Технологические нарушения, связанные с нарушениями работы РЗА
- КМ-7 **Коллоквиум №2** Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты.
- КМ-8 **Коллоквиум №3** Совместная работа устройств АВР и релейной защиты
- КМ-9 **Коллоквиум №4** Принципы выполнения УРОВ
- КМ-10 Отчет по **ЛБ 1.** Принцип действия, устройство и назначение трансформатора тока. Проверка измерительных трансформаторов тока. Снятие характеристик намагничивания сердечника ТТ
- КМ-11 Отчет по **ЛБ 2.** Устройство и схемы соединения трансформаторов напряжения в релейной защите и измерениях. Принцип действия, устройство, назначение и типы трансформаторов напряжения
- КМ-12 Отчет по **ЛБ 3.** Максимальное реле тока РТ-40. Изучение токовых защит: МТЗ и ТО.
- КМ-13 Отчет по **ЛБ 4.** Изучение конструкции и принципа действия направленных сетевых защит.
- КМ-14 Отчет по **ЛБ 5.** Изучение токовых защит трансформаторов.
- КМ-15 Отчет по **ЛБ 6.** Изучение газовой защиты трансформатора.

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Трудоемкость дисциплины 6 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15	Экзамен
1	Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем						+					+	+					+
2	Токовые защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем		+	+	+	+	+							+	+	+	+	+
3	Противоаварийная автоматика энергосистем						+	+	+	+	+							+
Минимальный балл за КМ			2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	20
Максимальный балл за КМ			3	3	3	3	6	6	6	6	6	3	3	3	3	3	3	40

**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: Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Оценочные материалы по дисциплине

**Б1.В.08 ОСНОВЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ
АВТОМАТИКИ 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, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		
– общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	ПК-1.1	отчеты ЛБ № 1, №2, кр № 5, экзамен
– общие принципы действия противоаварийной автоматики энергосистем	ПК-1.1	Коллоквиумы с № 1 по № 4, экзамен
– виды и особенности действия релейных защит основных элементов электрической части энергосистем;	ПК-1.2	кр с № 1 по № 5, ЛБ с № 3 по №6, экзамен
– общие принципы взаимодействия противоаварийной автоматики и релейной защиты энергосистем	ПК-1.2	Коллоквиумы с № 1 по № 4, экзамен
Уметь:		
– пользоваться графическими и аналитическими методами для согласования защит между собой	ПК-1.1	кр с № 2 по №5, экзамен
– рассчитывать уставки простых токовых защит, устанавливаемых на отдельных элементах электроэнергетических систем	ПК-1.2	кр с № 2 по №5, ЛБ с №3 по №5 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:

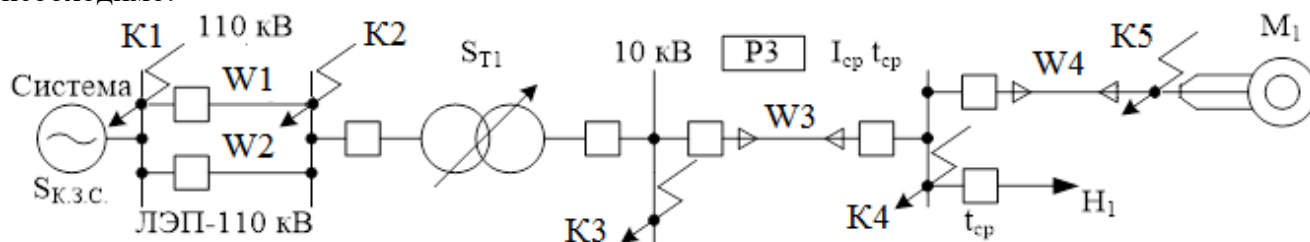


Рис. 1. Участок распределительной сети

- 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.

кр №5 «Итоговая контрольная работа»

Задание 1:

Ответить на вопросы теста по разделу 1 «Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем»:

1. Чем определяется коэффициент чувствительности защиты (в общем случае)?
 - а) соотношением тока к.з. и тока нагрузки;
 - б) отношением тока срабатывания к току к.з.;
 - в) соотношением токов в минимальном и максимальном режимах;
 - г) отношением минимального тока к.з. $I_{K3.min}$ к току срабатывания защиты I_{C3} ;
 - д) отношением максимального тока к.з. $I_{K3.max}$ к току срабатывания защиты I_{C3} .
2. Норматив коэффициента чувствительности МТЗ электролинии:
 - а) $k_{ч} \geq 2$;
 - б) $k_{ч} \geq 1,5$ на защищаемом участке, $k_{ч} \geq 1,2$ на смежном участке;

- c) $k_{\text{ч}} \geq 1,2$ на защищаемом участке, $k_{\text{ч}} \geq 1,5$ на смежном участке;
d) $k_{\text{ч}} \leq 2$;
e) $k_{\text{ч}} \leq 1,5$.
3. С какой целью используется пусковой орган напряжения?
a) для подачи напряжения в случае его снижения;
b) для выполнения основной защиты;
c) для обеспечения самозапуска;
d) для выполнения более чувствительной защиты;
e) для поддержания напряжения.
4. Коэффициент схемы - это...
a) отношение тока в обмотке реле к номинальному току вторичной обмотки трансформатора тока;
b) отношение тока в обмотке реле к номинальному току вторичной обмотки трансформатора напряжения;
c) отношение тока вторичной обмотки трансформатора тока к току в обмотке реле;
d) отношение тока первичной обмотки трансформатора тока к току в обмотке реле;
e) отношение тока в обмотке реле к номинальному току первичной обмотки трансформатора тока.
5. От чего отстраивается ток срабатывания продольной диф. защиты трансформатора?
a) от максимального тока к.з.;
b) от минимального тока к.з.;
c) от тока намагничивания;
d) от тока небаланса;
e) от тока небаланса и тока намагничивания.
6. Назовите элемент схемы РЗ и А:
a) размыкающийся контакт с выдержкой времени на замыкание;
b) размыкающийся контакт с выдержкой времени на размыкание;
c) замыкающийся контакт с выдержкой времени на замыкание;
d) проскальзывающий контакт;
e) замыкающийся контакт с выдержкой времени на размыкание.
7. Защита, сравнивающая для определения места повреждения два или несколько токов -
a) дифференциальная защита;
b) токовая отсечка;
c) дистанционная защита;
d) МТЗ;
e) направленная МТЗ;
8. Ток срабатывания защиты - это...
a) минимальный ток, при котором надежно работает реле;
b) минимальный ток, при котором надежно работает защита;
c) максимальный ток, при котором надежно работает защита;
d) отношение тока в обмотке реле к номинальному току во вторичной обмотке трансформатора тока;
e) отношение минимального тока двухфазного короткого замыкания к току реле.
9. Ток срабатывания реле - это...

- a) минимальный ток, при котором надежно сработает реле;
 - b) максимальный ток, при котором надежно сработает реле;
 - c) отношение тока в обмотке реле к номинальному току во вторичной обмотке трансформатора тока;
 - d) максимальный ток, при котором надежно сработает защита;
 - e) отношение минимального тока двухфазного короткого замыкания к току реле.
10. Чем отличается ток срабатывания защиты от тока срабатывания реле?
- a) значением коэффициента схемы;
 - b) значением коэффициента трансформации трансформатора тока;
 - c) значением коэффициента трансформации трансформатора напряжения;
 - d) пункты *a, b, c*.
 - e) значением коэффициента трансформации трансформатора тока и напряжения.
11. Коэффициент самозапуска учитывает:
- a) уменьшение тока двигателя при самозапуске;
 - b) увеличение тока в двигателе при самозапуске;
 - c) увеличение тока в двигателе при пуске и самозапуске;
 - d) уменьшение тока в двигателе при пуске и самозапуске;
 - e) уменьшение нагрузки электроприемников при самозапуске.
12. Коэффициент схемы соединения вторичных обмоток ТТ в треугольник равен
- a) $\sqrt{3}$
 - b) 1,0
 - c) 1,5
 - d) 2,0
 - e) 0,866
13. Токовые реле во вторичных схемах обозначаются:
- a) РЗ;
 - b) КА ;
 - c) НЗ;
 - d) КV;
 - e) КН.
14. Селективность действия устройств защит релейной защиты – это способность устройства РЗ
- a) надежно реагировать на аварийные режимы для защиты от которых предусмотрена данная защиты и не реагировать на режимы в которых действие этой защиты не предусматривается
 - b) отключать аварийные режимы как можно быстрее
 - c) отключать только поврежденные участки ближайшими коммутационными аппаратами
 - d) передавать информацию о режимах диспетчерскому персоналу
 - e) реагировать на любые виды аварийных и ненормальных режимов отключением поврежденного участка сети
15. Погрешность трансформаторов тока определяется:
- a) коэффициентом трансформации;
 - b) наличием тока намагничивания;
 - c) поворотом вектора первичного тока относительно вторичного;
 - d) разности напряжений первичной и вторичной цепей;

е) частотой первичной сети.

По результатам Задания 1 выставляется:

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

Задание 2:

Ответить на вопросы теста по разделу 3 «Противоаварийная автоматика энергосистем»:

1. Для чего необходимо устройство сетевой автоматики АПВ?
 - а) для восстановления питания потребителей путем подключения резервного питания в случае отключения рабочего;
 - б) для поддержания частоты в системе электроснабжения промышленных предприятий на заданном уровне;
 - в) для быстрого восстановления питания потребителей путем автоматического включения выключателей;
 - г) для предотвращения снижения частоты в системе электроснабжения при возникновении дефицита мощности;
 - д) для подключения отключенных потребителей при возникновении нормального уровня частоты в системе (49,5 - 49,7 Гц).
2. В каких случаях применяют АПВ воздушных линий?
 - а) при отключении любыми видами защит для потребителей 1 категории;
 - б) для потребителей 1 и 2 категории при отключении любыми видами защит;
 - в) при отключении любыми видами защит, кроме газовой и дифференциальной;
 - г) при отключении защитой от коротких замыканий и для открытых распределительных пунктов;
 - д) для осуществления пуска, самозапуска, автоматического отключения, когда наряду с ответственными механизмами отключаются неответственные механизмы.
3. В каких случаях применяют АВР трансформатора?
 - а) при отключении питания и исчезновении напряжения;
 - б) при отключении любыми видами защит;
 - в) при отключении любыми видами защит, кроме газовой и дифференциальной;
 - г) при исчезновении напряжения;
 - д) при отключении защитой от коротких замыканий и для открытых распределительных пунктов.
4. Какие бывают АПВ?
 - а) постоянного и переменного тока;
 - б) прямые и косвенные;
 - в) механические и электрические;
 - г) индукционные и электромагнитные;
 - д) однофазные и трехфазные.
5. С какими схемами должны согласованно работать схемы АВР?
 - а) со схемами АПВ и АРВ;
 - б) со схемами АРВ и Ч АПВ;
 - в) со схемами АПВ и АЧР;
 - г) со схемами АЧР и Ч АПВ;
 - д) со схемами АПВ, АРВ, ЧАПВ.
6. Какие контролирующие элементы используют в схемах АВР?:

- a) реле тока;
 - b) реле мощности;
 - c) реле времени;
 - d) реле напряжения;
 - e) сигнальное реле.
7. Для чего необходимо устройство сетевой автоматики АВР?
- a) для восстановления питания потребителей путем подключения резервного питания в случае отключения рабочего;
 - b) для поддержания частоты в системе электроснабжения промышленных предприятий на заданном уровне;
 - c) для изменения напряжения и тока возбуждения при изменении режима работы генератора;
 - d) для предотвращения снижения частоты в системе электроснабжения при возникновении дефицита мощности;
 - e) для подключения отключенных потребителей при возникновении нормального уровня частоты в системе (49,5-49,7 Гц);
8. В каких случаях применяется АПВ шин?
- a) при отключении любыми видами защит для потребителей 1 категории;
 - b) для потребителей 1 и 2 категории при отключении любыми видами защит;
 - c) при отключении любыми видами защит, кроме газовой и дифференциальной;
 - d) при отключении защитой от коротких замыканий и для открытых распределительных пунктов;
 - e) для осуществления пуска, самозапуска, автоматического отключения, когда наряду с ответственными механизмами отключаются неответственные механизмы.
9. Каковы требования к АПВ?
- a) они не должны действовать при срабатывании газовой и дифференциальной защиты;
 - b) они должны быть блокировки от многократного действия;
 - c) не должны срабатывать при отключении высоковольтного выключателя;
 - d) пункты а, b, c;
 - e) пункты а, c.
10. Успешность АПВ определяется
- a) классом напряжения;
 - b) предшествующей нагрузкой линии;
 - c) деионизацией воздушного промежутка после снятия напряжения;
 - d) временем суток.
 - e) режимом нейтрали линии.
11. На линиях с двухсторонним питанием устанавливается:
- a) АПНУ;
 - b) однофазное АПВ;
 - c) РПН;
 - d) АПВ с улавливанием синхронизма;
 - e) ПБВ.
12. АВР запускается по сигналу
- a) снижения частоты;

- b) увеличения тока нагрузки;
- c) исчезновения напряжения на шинах;
- d) дежурного персонала;
- e) увеличения напряжения на шинах.

13. Действие АВР должно быть

- a) однократным;
- b) двухкратным;
- c) трехкратным;
- d) четырехкратным;
- e) с задаваемой кратностью действия.

14. ЧАПВ – это устройства АПВ, дополненные реле частоты и предназначены для

- a) восстановления баланса активной мощности;
- b) отключения потребителей 3 категории после снижения частоты;
- c) автоматического отключения потребителей при снижении напряжения сети;
- d) автоматического включения потребителей после восстановления частоты
- e) восстановления баланса реактивной мощности

15. Для потребителей второй категории для повышения надежности электроснабжения должны устанавливаться:

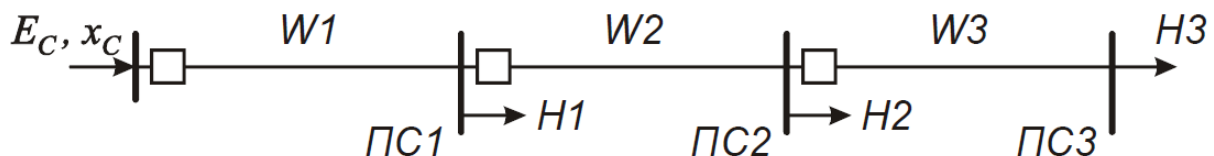
- a) устройства АПВ;
- b) устройства АВР;
- c) устройства АЧР;
- d) не менее трех источников питания;
- e) деревянные опоры на ВЛ.

По результатам Задания 2 выставляется:

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

Задание 3:

- 1) Рассчитать номинальные и максимальные токи, протекающие по отдельным участкам расчетной схемы одного класса напряжения (рис.1).
- 2) Выбрать измерительные трансформаторы тока для релейных защит. Место расположения защит показано на расчетной схеме соответствующими выключателями.
- 3) Рассчитать МТЗ линий.
- 4) Построить карту селективности.



По результатам Задания 3 выставляется:

- 2 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий.
- 1 балл, 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.

Промежуточная аттестация

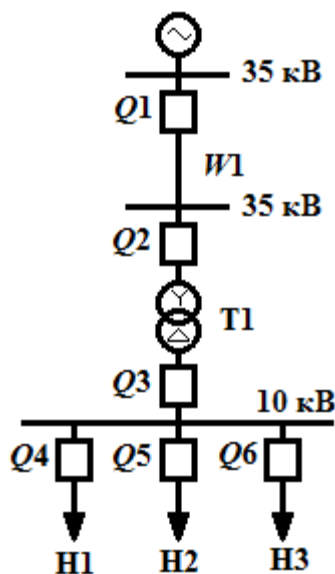
7 семестр

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: $I_{к.з.Т1}^{(3)} = 5,1$ 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.