

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

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Цифровые системы релейной защиты и автоматики

Уровень образования: бакалавр

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЗА (ПРОФИЛЬ 2)

Блок	Блок 1. «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.14
Трудоемкость в зачетных единицах	6 семестр - 3
Часов (всего) по учебному плану	108
Лекции	6 семестр – 16 часов
Практические занятия	6 семестр – 16 часов
Лабораторные работы	Учебным планом не предусмотрены
Самостоятельная работа	6 семестр – 58 часов
включая: РГР	Учебным планом не предусмотрены
Промежуточная аттестация: Зачет с оценкой	6 семестр – 0,3 часа
Контроль: Зачет с оценкой	6 семестр – 17,7 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Заведующий кафедрой Энергетики
(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 Цифровые системы релейной защиты и автоматики

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики
(название кафедры)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины – изучение теоретических основ релейной защиты основных элементов электрической части энергосистем.

Задачами дисциплины являются:

- изучение общих принципов выполнения релейной защиты электроэнергетических систем;
- изучение режимов заземления нейтралей ЭЭС и их особенностей для работы релейной защиты;
- изучение распределения токов и напряжений в нормальных и аварийных режимах электрических сетей;
- изучение особенностей измерительных преобразователей и их влияния на работу релейной защиты.

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;– режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности– виды повреждений и ненормальных режимов, учитываемые при выполнении релейной защиты ЭЭС уметь: <ul style="list-style-type: none">– анализировать режимы заземления нейтралей ЭЭС для определения характерных видов повреждений и ненормальных режимов;
	ПК-1.2. Демонстрирует понимание технологических процессов, способов управления оборудованием и их взаимосвязь с задачами эксплуатации	знать: <ul style="list-style-type: none">– виды, функциональные схемы и особенности действия измерительных преобразователей релейных защит уметь: <ul style="list-style-type: none">– рассчитывать токи и напряжения на отдельных элементах электроэнергетических систем при различных видах повреждений для реализации релейной защиты на них

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 3 зачетных единицы, 108 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	10	6	3	2	-	-	-	-	5	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [6] гл. 1. стр.6-9;		
2	Режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности	15	6	3	2	-	-	-	-	10	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [2] гл. 1. стр.6-9;		
3	Виды повреждений и ненормальных режимов, учитываемые при выполнении релейной защиты ЭЭС	33	6	2	8	-	-	-	-	23	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с.4-11; [6] гл. 2.4. стр.30-33; гл. 2.3. стр.25-29; [6] гл. 2.8. стр.57-66		
4	Первичные измерительные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения в устройствах релейной защиты	32	6	8	4	-	-	-	-	20	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [4] с.4-17; [2] с.4-8		
5	Зачет с оценкой	18	6	-	-	-	-	-	0,3	-	17,7	Оценка по зачету выставляется на основании баллов, полученных в результате освоения дисциплины в модуле		
	Итого:	108	6	16	16	-	-	-	0,3	58	17,7			

3.2 Краткое содержание разделов

3.2.1. 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. Режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности

Способы заземления нейтралей ЭЭС. Критерии выбора режима работы нейтралей. Электрическая сеть с изолированной нейтралью. Электрическая сеть с резистивным заземлением нейтрали. Электрическая сеть с компенсированной нейтралью.

3. Виды повреждений и ненормальных режимов, учитываемые при выполнении релейной защиты ЭЭС

Междуфазные короткие замыкания в одной точке. Короткие замыкания на землю в системе с глухозаземленной нейтралью. Соотношения токов при трансформаторных, автотрансформаторных связях в сетях. Однофазные замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Ненормальные режимы работы.

4. Первичные измерительные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения в устройствах релейной защиты

Измерительные трансформаторы тока. Параметры, влияющие на погрешности трансформаторов тока. Требования к точности работы трансформаторов тока, питающих РЗ. Фильтры симметричных составляющих токов. Схемы соединения трансформаторов тока и цепей тока защиты. Измерительные трансформаторы напряжения. Погрешности трансформаторов напряжения. Схемы соединения трансформаторов напряжения. Повреждения в цепях трансформаторов напряжения и контроль за их исправностью. Фильтры напряжения обратной и нулевой последовательности.

3.2.2. Темы практических занятий

ПР 1-2. Режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности.

ПР 3. Расчет и построение векторных диаграмм при трехфазных КЗ в различных точках ЭЭС.

ПР 4. Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ в различных точках ЭЭС.

ПР 5-6. Расчет и построение векторных диаграмм при однофазных КЗ в различных точках ЭЭС.

ПР 7-8. Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ на землю в различных точках ЭЭС.

ПР 9-10. Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через силовые трансформаторы.

ПР 11-14. Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через преобразовательные трансформаторы.

ПР 15-16. Защита рефератов.

3.2.3. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

3.2.4. РГР учебным планом не предусмотрены

3.2.5. Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрены.

3.4. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Формы контроля
		1	2	3	4	5	
Знать:							
–общие принципы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	ПК-1.1	x	-	-	-	x	Тест №1 реферат, зачет
– режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности	ПК-1.1	-	x	-	-	x	Тест №2 реферат, зачет
– виды повреждений и ненормальных режимов, учитываемые при выполнении релейной защиты ЭЭС	ПК-1.1	-	-	x	-	x	СРС №1...6 реферат, зачет
– виды, функциональные схемы и особенности действия измерительных преобразователей релейных защит	ПК-1.2	-	-	-	x	x	Тест №3, 4 реферат, зачет
Уметь:							
– анализировать режимы заземления нейтралей ЭЭС для определения характерных видов повреждений и ненормальных режимов;	ПК-1.1	-	x	-	-	x	СРС №1...6 реферат, зачет
– рассчитывать токи и напряжения на отдельных элементах электроэнергетических систем при различных видах повреждений для реализации релейной защиты на них	ПК-1.2	-	-	x	-	x	СРС №1...6 реферат, зачет
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		10	15	32	33	18	

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

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

– тесты:

№1 Классификация реле и РЗ. Основные понятия и определения

№2 Режимы заземления нейтралей

№3 Устройство, принцип действия и особенности работы ТТ в РЗ

№4 Устройство, принцип действия и особенности работы ТН в РЗ

– самостоятельные работы:

СРС 1. Расчет и построение векторных диаграмм при трехфазных КЗ в различных точках ЭЭС.

СРС 2. Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ в различных точках ЭЭС.

СРС 3. Расчет и построение векторных диаграмм при однофазных КЗ в различных точках ЭЭС.

СРС 4. Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ на землю в различных точках ЭЭС.

СРС 5. Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через силовые трансформаторы.

СРС 6. Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через преобразовательные трансформаторы.

– рефераты

Примерные темы рефератов:

1. Аккумуляторные батареи, применяемые в схемах оперативного тока подстанций напряжением 110–220 кВ: современные типы отечественного и зарубежного производства; характеристики; режимы работы (разряд-заряд).

2. Трансформаторы напряжения 6 и 10 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

3. Антирезонансные трансформаторы напряжения 6–10–35 кВ. Проблемы, вызвавшие их разработку. Типы исполнения, особенности работы. Сопоставление с обычными типами ТН.

4. Трансформаторы напряжения 35 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

5. Трансформаторы напряжения 110 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

6. Трансформаторы тока напряжением до 1 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение.

7. Трансформаторы тока напряжением 6–10–35 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Классы точности. Отдельно стоящие и встроенные в выключатели и трансформаторы.

8. Трансформаторы тока напряжением 110 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Классы точности. Отдельно стоящие и встроенные в выключатели и трансформаторы.

9. Трансформатор (пояс) Роговского. Принцип работы, конструктивное исполнение, области применения.

10. Трансформаторы тока нулевой последовательности для электрических сетей напряжением 6–10 кВ. Принцип работы, конструктивное исполнение, области применения.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

Зачет с оценкой.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании баллов, полученных в результате освоения дисциплины в модуле.

В приложение к диплому выносится оценка за 6 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://elib.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. Примеры расчета релейной защиты : учебное пособие : [16+] / В. А. Давыдов, А. А. Осинцев, А. И. Щеглов, А. С. Трофимов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 92 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575265> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3783-4. – Текст : электронный.
6. Булычев А.В. Релейная защита в распределительных электрических сетях [Электронный ресурс]: пособие для практ. расчетов / А.В. Булычев, А.А. Наволочный. – Электрон. текстов. дан.– М.: ЭНАС, 2011. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38555
7. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания: РД153-34.0-20.527-98. – М.: НЦ ЭНАС, 2013. - 152 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38586

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.пф>

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

Теоретические основы РЗиА

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 «Классификация реле и РЗ. Основные понятия и определения»
 КМ-2 Тест №2 «Режимы заземления нейтралей»
 КМ-3 Тест №3 «Устройство, принцип действия и особенности работы ТТ в РЗ»
 КМ-4 Тест №4 «Устройство, принцип действия и особенности работы ТН в РЗ»
 КМ-5 СРС 1. «Расчет и построение векторных диаграмм при трехфазных КЗ в различных точках ЭЭС»
 КМ-6 СРС 2. «Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ в различных точках ЭЭС»
 КМ-7 СРС 3. «Расчет и построение векторных диаграмм при однофазных КЗ в различных точках ЭЭС»
 КМ-8 СРС 4. «Расчет и построение векторных диаграмм при двухфазных КЗ на землю в различных точках ЭЭС»
 КМ-9 СРС 5. «Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через силовые трансформаторы»
 КМ-10 СРС 6. «Расчет и построение векторных диаграмм при трансформации токов и напряжений через преобразовательные трансформаторы»
 КМ-11 Реферат и зачет

Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой

Трудоемкость дисциплины= 3 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
1	Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	+											
2	Режимы заземления нейтралей ЭЭС и их особенности		+										
3	Виды повреждений и ненормальных режимов, учитываемые при выполнении релейной защиты ЭЭС						+	+	+	+	+	+	
4	Первичные измерительные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения в устройствах релейной защиты				+	+							+
	Вес КМ, мин. баллы:		3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	20
	Вес КМ, макс. баллы:		4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	40