

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**АЛГОРИТМЫ РЗА И ИХ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 57,4 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>2 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b>	
<b>Отчет</b>	
<b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>
	<b>всего - 0,6 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Колобродов Е.Н.
	Идентификатор	R3746fd8c-KolobrodovYN-d93f0e3}

Е.Н. Колобродов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение аппаратной платформы и алгоритмического обеспечения микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики (МПРЗА); изучение систем релейной защиты и автоматики, выполненных на основе МПРЗА

### Задачи дисциплины

- – формирование представления обучающихся о разнообразных видах МПРЗА, структур, выполненных на их основе систем релейной защиты и автоматики, а также их основных характеристик;
- – приобретение навыка работы с технической и проектной документацией по МПРЗА;;
- – обучение методам критической оценки существующих устройств МПРЗА и систем релейной защиты и автоматики, их сравнительного анализа;;
- – обучение методам проектирования систем релейной защиты и автоматики с использованием МПРЗА..

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 руководить разработкой микропроцессорных устройств релейной защиты	ИД-3ПК-1 Способен реализовывать алгоритмы релейной защиты	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- – методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;;</li><li>- – методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности;;</li><li>- – эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники.;</li><li>- – современные достижения науки и техники в области профессиональной деятельности.;</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- – использовать иностранный язык в профессиональной сфере;;</li><li>- – применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений.;</li><li>- – формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;;</li><li>- – применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы.;</li></ul>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах	7.7	2	4	-	-	-	-	-	-	-	3.7	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к прохождению тестированию №1</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического материала (2 часа) [1] с. 5-40; [2] с. 135-143</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 11-16</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе №1</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического и практического материала, подготовка к выполнению лабораторной работы (6 часов) [2] с. 118-120, с. 143-182</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к прохождению тестированию №2</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 17-80</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе №2</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p>	
1.1	Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах	7.7		4	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7		-
2	Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов	30		8	6	8	-	-	-	-	2	-	6		-
2.1	Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов	30		8	6	8	-	-	-	-	2	-	6		-
3	Особенности реализации алгоритмов РЗА	18		4	2	8	-	-	-	-	2	-	2		-
3.1	Особенности	18	4	2	8	-	-	-	-	2	-	2	-		

	реализации алгоритмов РЗА												теоретического и практического материала, подготовка к выполнению лабораторной работы (2 часа) [2] с. 239-253 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 434-456 [3], стр. 183-205 [4], стр. 149-158
4	Система ввода аналоговых сигналов	8	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к прохождению тестирования №3
4.1	Система ввода аналоговых сигналов	8	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе №3 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического и практического материала, подготовка к выполнению лабораторной работы (2 часа) [2] с. 128-135 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 81-104
5	Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит	28	12	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического и практического материала. подготовка к выполнению лабораторной работы (10 часов) [1] с. 409-449, с. 533-545, с. 567-571 <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе №4 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 105-155
5.1	Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит	28	12	6	-	-	-	-	-	-	10	-	

	Зачет с оценкой	36.0		-	-	-	-	18	-	-	0.3	-	17.7	
	Курсовой проект (КП)	16.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	16	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>0.6</b>	<b>39.7</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>18</b>		<b>4</b>	<b>0.6</b>		<b>57.4</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах

#### 1.1. Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах

Обобщенная структурная схема микропроцессорного терминала релейной защиты и автоматики (МПРЗА). Система связи с объектом управления, каналы ввода аналоговых и дискретных сигналов. Представление выборок мгновенных значений электрических величин двоичными кодами. Особенности функционирования микропроцессорных систем реального времени, требования к аппаратуре и программному обеспечению систем реального времени.. Обобщенная форма записи алгоритмов релейной защиты и автоматики при их реализации в МПРЗА. Последовательность обработки информации в алгоритмах: формирование сравниваемых величин, выполнение операций сравнения, логические функции, расширение операций Булевой алгебры. Особенности представления алгоритмов в МПРЗА по сравнению с аналоговыми реализациями. Реализация операций интегрирования и дифференцирования по выборкам мгновенных значений, погрешности реализации операций. Реализация сложных функциональных зависимостей, возможности и ограничения использования рядов Тейлора и таблиц функций..

### 2. Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов

#### 2.1. Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов

Общая структура алгоритмов измерительных органов. Назначение алгоритмов предварительной обработки входных сигналов и их состав.. Представление синусоидальных величин в виде ортогональных составляющих. Алгоритмы ортогонализации синусоидальных величин: алгоритмы двух выборок, алгоритмы на основе операций интегрирования и дифференцирования. Влияние аддитивных гармонических помех, частотные характеристики алгоритмов. Область использования алгоритмов.. Цифровая частотная фильтрация. Передаточная функция нерекурсивного фильтра и ее свойства. Методы устранения влияния периодичности частотной характеристики фильтра на погрешности. Алгоритм Фурье, как разновидность частотного фильтра, его частотные характеристики. Быстрое преобразование Фурье, возможности его использования в алгоритмах измерительных органов. Оптимизация записи алгоритма Фурье.. Алгоритмы идентификации принужденной составляющей входного сигнала на основе моделей сигнала.. Алгоритмы выделения симметричных слагаемых электрических величин по ортогональным составляющим входных сигналов и по выборкам мгновенных значений. Их сопоставление и область использования.. Понятие об аварийных составляющих электрических величин, преимущества их использования в алгоритмах релейной защиты по сравнению с полными фазными величинами. Алгоритмы фильтров аварийных составляющих. Небаланс фильтров аварийных составляющих при отклонениях частоты сети и асинхронных режимах. Методы снижения величины небаланса.. Алгоритмы измерительных органов с одной подведенной величиной на примере реле тока. Варианты алгоритмов на основе использования выборок мгновенных значений, их свойства и возможности применения. Алгоритм на основе использования ортогональных составляющих, особенности записи алгоритма, минимизирующего затраты машинного времени при его реализации.. Алгоритм реле сопротивления. Методика реализации сложных характеристик срабатывания реле сопротивления в комплексной плоскости сопротивлений. Примеры реализации реле сопротивления с характеристиками срабатывания в виде окружности и полигональными характеристиками.. Алгоритмы реле направления мощности на основе непосредственного расчета угла между векторами тока и напряжения, а также на основе расчета векторного произведения векторов тока и напряжения. Сравнение алгоритмов, области их использования.. Алгоритмы измерительных органов дистанционного

типа, включающие модель защищаемого объекта, на примере защиты линии электропередачи..

### 3. Особенности реализации алгоритмов РЗА

#### 3.1. Особенности реализации алгоритмов РЗА

Погрешности цифровой реализации алгоритмов измерительных органов, их источники. Минимизация арифметических погрешностей в процессе счета. Влияние погрешностей цифрового представления аналоговых величин. Проблема синхронизации выборок мгновенных значений двух и более входных величин и пути ее решения. Влияние скользящего окна Фурье на расчет ортогональных значений величин в переходных режимах.. Структура алгоритмического обеспечения многофункционального комплекса релейной защиты и автоматики в составе терминала МПРЗА. Алгоритмы контроля состояния защищаемого объекта и алгоритмы локализации повреждений на объекте, их состав и режимы работы. Варианты организации выполнения алгоритмов в реальном масштабе времени..

### 4. Система ввода аналоговых сигналов

#### 4.1. Система ввода аналоговых сигналов

Характеристика аналоговых сигналов, их состав при реализации алгоритмов РЗА различных электроэнергетических объектов. Требования к точности представления сигналов выборками мгновенных значений.. Структурная схема каналов ввода аналоговых сигналов, назначение элементов. Режимы работы системы ввода: программный ввод, ввод по прерыванию, канал прямого доступа в память, периодический и эпизодический ввод сигналов.. Выбор шага дискретизации и уровня квантования аналого-цифрового преобразования. Кратность входных сигналов и расчет разрядности АЦП. Возможность восстановления сигнала по его выборкам. Влияние дискретизации на спектральную плотность сигнала, эффект «маскировки» спектра. Применение теоремы Котельникова для выбора шага дискретизации. Методы снижения погрешности при восстановлении сигнала по его выборкам..

### 5. Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит

#### 5.1. Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит

Типовой состав алгоритмов релейной защиты и автоматики в МПРЗА, примеры ведущих фирм, выпускающих МПРЗА. Принципы формирования системы релейной защиты и автоматики электроэнергетического объекта на микропроцессорных терминалах. Выбор числа и типа терминалов при построении законченной системы релейной защиты и автоматики сложного объекта.. Проявление отказов элементов терминала на выполнение функций релейной защиты и автоматики, схема влияния отказа и сбоя элемента на выполняемую функцию. Методы повышения надежности на этапе проектирования системы РЗА и в процессе эксплуатации. Варианты структурного резервирования системы, построенной на основе МПРЗА. Свойства структурного резервирования терминалов по логическим схемам И, ИЛИ и мажоритарного резервирования. Возможности мажоритарного резервирования по алгоритму выборочной медианы, реализация алгоритма в мультипроцессорной вычислительной системе.. Возможности и эффективность включения МПРЗА в качестве нижнего уровня АСУ ТП. Каналы связи, требования к каналам, варианты выполнения. Протоколы обмена, проблемы и их решения. Обеспечение совместимости

работы терминалов различных фирм-изготовителей. Стандарт 61850: назначение, возможности, варианты построения систем на базе стандарта 61850.. Примеры формирования системы релейной защиты и автоматики различных объектов.. Обзор ведущих фирм, выпускающих МПРЗА, характеристика основных типов терминалов. Проблемные вопросы использования типовых терминалов: полнота функций релейной защиты и автоматики, особенности алгоритмов функционирования защит, заложенных в терминалы иностранного производства, наличие рекомендаций по проектированию систем РЗ и А на базе выпускаемых терминалов, их полнота и обоснованность.. Варианты выполнения основных защит ВЛ на базе МПРЗА. Особенности алгоритмов функционирования защит с абсолютной селективностью. Контроль времени задержки в передаче сигнала по каналу связи и его учет в алгоритмах защит. Состав пусковых органов защит с абсолютной селективностью, использование аварийных составляющих электрических величин в пусковых органах. Выполнение органа манипуляции ДФЗ с адаптивными характеристиками. Интегральный принцип сравнения фаз в ДФЗ. Методы устранения «мертвых» зон органа направления мощности в фильтровых направленных защитах.. Варианты выполнения резервных защит ВЛ на базе МПРЗА. Эффективность увеличения числа ступеней в защитах с относительной селективностью, назначение дополнительных ступеней. Характеристики срабатывания реле сопротивления дистанционных защит в комплексной плоскости сопротивлений, их отличия от аналоговых защит. Особенности расчета уставок для реле сопротивления со сложными характеристиками срабатывания. Алгоритмы пусковых органов блокировки от качаний дистанционных защит, контролирующие аварийные составляющие тока, а также скорость изменения вектора сопротивления. Логической части блокировок. Принципы блокировки дистанционной защиты при потере цепей напряжения, дополнение дистанционных защит ступенями ненаправленных токовых защит и логика их ввода в работу.. Особенности алгоритмов дифференциальных защит трансформаторов. Вариант выполнения дифференциальной защиты от КЗ на землю. Тормозные характеристики срабатывания дифференциальных защит, эффективность ввода дополнительного участка тормозной характеристик и ее расчет. Варианты формирования тока торможения, их сравнительный анализ. Методы цифрового выравнивания токов циркуляции в плечах защиты.. Типы резервных защит трансформаторов в составе МПРЗА. Характеристики срабатывания реле сопротивления дистанционных защит, их особенности в варианте применения для защит трансформаторов. Типовой вариант распределения ступеней дистанционных и токовых защит с учетом их направленности, расчет уставок срабатывания отдельных ступеней. Взаимодействие терминалов, установленных на разных сторонах защищаемого автотрансформатора.. Состав терминалов релейной защиты от внутренних и внешних КЗ генератора и блока генератор-трансформатор. Особенности алгоритмов функционирования защит, реализованных в МПРЗА на примере терминалов различных фирм.. Лицевая панель терминала релейной защиты и автоматики, состав элементов лицевой панели и их функции. Понятие о конфигурировании терминалов релейной защиты и автоматики, состав решаемых задач. Возможности конфигурирования с лицевой панели, а также с использованием подключенных к терминалу персональных компьютеров или через систему АСУ. Варианты формирования логической части защиты: терминалы с «жесткой» логикой, а также свободно программируемая логика, их сопоставление. Специальное программное обеспечение, предназначенное для конфигурирования терминалов, основные функциональные модули.. Нормативная документация, регламентирующая эксплуатацию МПРЗА, процедуры обслуживания. Сервисные функции в составе терминала: сигнализация, измерение параметров, регистрация аварийных процессов, цифровое осциллографирование, накопительная информация. Журналы событий и цифровые осциллограммы. Программное обеспечение, предназначенное для просмотра и анализа аварийных процессов. Самодиагностика терминала, ее общие принципы и возможности..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Исследование фильтра RMS;
2. Исследование фильтра Фурье;
3. Исследование фильтра симметричных составляющих;
4. Исследование ДЗТ;
5. Исследование РНМ;
6. Исследование РС.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Тестирование реализованного алгоритма РЗА;
2. Реализация алгоритмов РЗА на базе Фильтра Фурье и измерительных органов микропроцессорных защит;
3. Алгоритмы измерительных органов микропроцессорных защит: реле тока, реле сопротивления, реле направления мощности;
4. Алгоритмы предварительной обработки информации: фильтры симметричных составляющих, фильтра аварийных составляющих, алгоритм Фурье.

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах"
2. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов"
3. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Особенности реализации алгоритмов РЗА"
4. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Система ввода аналоговых сигналов"
5. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 2 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Программная реализация функции АЛАР терминала фирмы АВВ по стандарту МЭК 61850
- Реализация и исследование способов непрерывного спектрального анализа

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1	2 - 8	9 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	40	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
---------------	--------------------------

1	Теоретическая часть
2	Практическая часть

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
– современные достижения науки и техники в области профессиональной деятельности;	ИД-3ПК-1	+	+	+	+	+	Отчет/Защита практической работы №1. Исследование характеристик основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики
– эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники.	ИД-3ПК-1		+	+		+	Отчет/Защита практической работы №2. Исследование вопроса обеспечения подстройки по частоте основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики
– методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности;	ИД-3ПК-1	+	+	+		+	Отчет/Защита практической работы №3. Исследование вопросов реализации основных пусковых органов устройств релейной защиты и автоматики
– методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;	ИД-3ПК-1			+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1. Программирование токовой защиты
<b>Уметь:</b>							
– применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;	ИД-3ПК-1		+	+	+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1. Программирование токовой защиты
– формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;	ИД-3ПК-1		+	+		+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3. Программирование дистанционной защиты
– применять методы анализа вариантов,	ИД-3ПК-1		+	+	+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы

разработки и поиска компромиссных решений.							№4. Программирование автоматики ликвидации асинхронного режима
– использовать иностранный язык в профессиональной сфере;	ИД-3ПК-1					+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2. Программирование дифференциальной защиты

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **2 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Защита практической работы №1. Исследование характеристик основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики (Отчет)
2. Защита практической работы №2. Исследование вопроса обеспечения подстройки по частоте основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики (Отчет)
3. Защита практической работы №3. Исследование вопросов реализации основных пусковых органов устройств релейной защиты и автоматики (Отчет)

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Защита лабораторной работы №1. Программирование токовой защиты (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2. Программирование дифференциальной защиты (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3. Программирование дистанционной защиты (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4. Программирование автоматики ликвидации асинхронного режима (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

###### *Курсовой проект (КП) (Семестр №2)*

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

###### *Зачет с оценкой (Семестр №2)*

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

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Федосеев, А. М. Релейная защита электрических систем : Учебник для вузов по специальности "Автоматизация производства и распределения электроэнергии" / А. М. Федосеев . – М. : Энергия, 1976 . – 560 с.;
2. Циглер, Г. Цифровая дистанционная защита принципы и применение : пер. с англ. / Г. Циглер . – М. : Энергоиздат, 2005 . – 322 с. - ISBN 5-9807300-9-5 .;

3. Н. В. Чернобровов- "Релейная защита", (4-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Энергия", Москва, 1971 - (624 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599593>;

4. Дьяков А. Ф., Овчаренко Н. И.- "Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем", (2-е), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (336 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72351](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72351).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

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

10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

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

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для самостоятельной работы	Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-108, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
	Д-106, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-103/1, Помещение каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
	Д-210, Помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
	Д-208, Помещение кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютер персональный
	Д-211, Помещение кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютер персональный, принтер
	г-101в-3, Рабочее помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-103/2, Склад кафедры РЗиАЭ	компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Алгоритмы РЗА и их программная реализация

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 Защита практической работы №1. Исследование характеристик основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики (Отчет)
- КМ-2 Защита практической работы №2. Исследование вопроса обеспечения подстройки по частоте основных фильтров, применяемых в устройствах релейной защиты и автоматики (Отчет)
- КМ-3 Защита практической работы №3. Исследование вопросов реализации основных пусковых органов устройств релейной защиты и автоматики (Отчет)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №1. Программирование токовой защиты (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №2. Программирование дифференциальной защиты (Лабораторная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №3. Программирование дистанционной защиты (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы №4. Программирование автоматики ликвидации асинхронного режима (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	13	14	18
1	Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах								
1.1	Общие принципы реализации функций РЗА в микропроцессорных терминалах		+		+				
2	Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов								
2.1	Алгоритмы предварительной обработки информации. Алгоритмы измерительных органов		+	+	+	+		+	+
3	Особенности реализации алгоритмов РЗА								
3.1	Особенности реализации алгоритмов РЗА		+	+	+	+		+	+
4	Система ввода аналоговых сигналов								
4.1	Система ввода аналоговых сигналов		+			+			+

5	Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит							
5.1	Построение систем микропроцессорных защит. Особенности алгоритмов микропроцессорных защит. Вопросы эксплуатации микропроцессорных защит	+	+	+		+	+	
Вес КМ, %:		10	15	15	15	15	15	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Алгоритмы РЗА и их программная реализация

(название дисциплины)

**2 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Получение задания
- КМ-2 Выполнена 1 часть КП
- КМ-3 Выполнена 2 часть КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	1	8	16
1	Теоретическая часть		+		
2	Практическая часть			+	+
Вес КМ, %:			10	40	50