Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Атомная энергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Направления подготовки
«13.03.02. Электроэнергетика и электротехника»

Основная профессиональная образовательная программа
«Электроснабжение»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Балаково

Цель освоения учебной дисциплины

Цель преподавания дисциплины: формирование знаний в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем (РЗиАЭС), приобретение студентами навыков расчета и проектирования цепей РЗиАЭС, изучение методов и технических средств РЗиАЭС в соответствии с основной образовательной программой «Электроснабжение» (направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника), обеспечивающее бакалавру возможность осуществлять профессиональную деятельность согласно требованиям профессиональных стандартов (16.147. «Специалист по проектированию систем электроснабжения объектов капитального строительства»; 20.041 «Работник по оперативно-технологическому управлению в электрических сетях»).

Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам для изучения курса «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»: «Теоретические основы электротехники», «Основы электроэнергетики» («Передача и распределение электрической энергии»), «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электрические машины», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для освоения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» необходимы знания, умения и владение материалом по предшествующим дисциплинам в соответствии с требованиями освоения следующих компетенций:

«Теоретические основы электротехники»,

«Основы электроэнергетики» («Передача и распределение электрической энергии») ,

«Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»,

«Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»,

«Электрические машины»,

«Электрические станции и подстанции» ,

«Электроэнергетические системы и сети» .

Трудовые функции профессиональных стандартов, которые сможет частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

- B/02.6. Разработка текстовой и графической частей проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства.
- E/01.6. Организация и контроль выполнения функций по оперативно-технологическому управлению.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраи-	З-УК-6 Знать: Основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении

	вать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.	всей жизни У-УК-6 Уметь: Эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения. В-УК-6 Владеть: Методами управления собственным временем; технологиями приобретения. использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни.

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования ; проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	ПК-1 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования	З-ПК-1 Знать: методы разработки технической документации и нормативную базу для составления информационных обзоров, рецензий, отзывов, заключений на техническую документацию У-ПК-1 Уметь: осуществлять взаимодействие с проектными, конструкторскими организациями и организациями изготовителями электро-технического оборудования, выполнять анализ проектной документации В-ПК-1 Владеть: навыками использования типовых проектов и анализ применимости указанного в проекте электро-технического оборудования для объекта профессиональной деятельности
Участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования ; проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	ПК-2 Способен проводить обоснование проектных решений	З-ПК-2 Знать: нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы работы объектов профессиональной деятельности, допустимые перегрузки по току и температурам; технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования У-ПК-2 Уметь: оперативно принимать и реализовывать решения (в рамках должностных обязанностей); производить анализ проектной документации и выдавать замечания и предложения В-ПК-2 Владеть: навыками обоснования принятых решений на основании требований

			нормативной документации
Организация, обеспечение заданных диспетчерских графиков и соблюдение надежности и экономичности режимов работы	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	ПК-6 Способен осуществлять изменение схем соединений сети и управлять режимами работ электрооборудования в нормальных и аварийных режимах	З-ПК-6 Знать: порядок производства оперативных переключений и ведения оперативных переговоров; ликвидации технологических нарушений в электрической части; характерные неисправности и повреждения ЭТО, способы их предупреждения, определения и устранения У-ПК-6 Уметь: осуществлять оперативные переговоры и оформлять оперативную документацию; контролировать режимы работы турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов, а также производить изменения в схемах электрических соединений объекта профессиональной деятельности В-ПК-6 Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/ цели	**Создание условий, обеспечивающих**	**Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин**	**Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность**
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения **(В18)**	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	1.Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях
Профессиональное воспитание	- формирование навыков коммуникации, командной работы	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков комму-	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие

	и лидерства **(В20)**; - формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности **(В22)**	никации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
Профессиональное воспитание	– формирование профессиональной ответственности в области исследования, проектирования, конструирования и эксплуатации теплотехнического и(лил) электротехнического оборудования **(В28);** – формирование творческого инженер-	1. Использование для формирования чувства личной ответственности в области исследования, проектирования, конструирования и эксплуатации теплотехнического и(лил) электротехнического оборудования воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Проектирование и оптимизация установок по снабжению энергоносителями/ Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий/Проектирование систем электроснабжения городов; Алгоритмизация и моделиро-	1. Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности 2. Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills.

	ного мышления и стремления к постоянному самосовершенствованию в сфере интеграции новых технологий и модернизации существующих энергоресурсов **(В29).**	вание в теплоэнергетике и теплотехнологии/ Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике; Обследование и испытание теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий/ Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем. Электрические станции и подстанции; Электроэнергетические системы и сети; Электроснабжение; Основы проектирования электрооборудования; Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. Нагнетатели и тепловые двигатели Котельные установки и парогенераторы Проектирование и оптимизация установок по снабжению энергоносителями Энергетические системы обеспечения жизнедеятельности предприятий Физико-химические основы теплоэнергетических и теплотехнологических процессов Физико-химические основы подготовки рабочих тел и теплоносителей в теплоэнергетике и теплотехнологиях Энергоиспользование в высокотемпературных технологиях Основы инженерного проектирования и системы автоматизированного проектирования теплоэнергетических установок 2. Развитие навыков творческого мышления путем содействия и поддержки участия студентов в научно-практических мероприятиях внутривузовского регионального и/или всероссийского уровня по электро- и(или) теплоэнергетике.	3. Участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях; 4. Участие в деятельности студенческого научного общества

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часов.

Календарный план

№ Раздела	№ Темы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
1	1	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты.	20	2			18	Т1	25
	2	Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Токовая отсечка. Максимальная токовая защита. Токовая трехступенчатая защита	64/3	4/2	4	4/1	52		
2	3	Дифференциальные защиты.	62	4	2	4/1	52	Т2	25
	4	Дистанционная защита							
	5	Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем. Автоматика электроэнергетических систем.	70/3	2	4	2/2	62		
Вид промежуточной аттестации			**216/6**	**12/2**	**10**	**10/4**	**184**	**Э**	**50**

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
Э	Экзамен

Содержание лекционного курса

Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Лекция 1. Основные понятия и определения. Принципы построения систем релейной защиты и автоматики. Что такое противоаварийная автоматика и релейная защита? Основные понятия, термины и определения, характеризующие свойства систем релейной защиты. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики. Основные виды повреждений в электроэнерге-	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]

тических системах. Измерительные преобразователи в цепях релейной защиты. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов и обмоток реле. Коэффициент схемы.		
Лекция 2. Токовые защиты. Общие сведения. Токовая отсечка Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Токовая отсечка. Зона действия. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой времени срабатывания. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой. Способы обеспечения селективной работы. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе. Чувствительность максимальной токовой защиты. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой времени срабатывания.	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Лекция 3. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой. Способы обеспечения селективной работы защит с зависимой от тока характеристикой срабатывания. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания. Токовая трехступенчатая защита. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит. Токовая направленная защита. Назначение. Реле направления мощности. Схема и выбор параметров срабатывания максимальной токовой направленной защиты. Максимальная токовая направленная защита. Токовая направленная отсечка.	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Лекция 4. Дифференциальные защиты. Назначение. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Ток небаланса. Выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты.	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Лекция 5. Дистанционная защита. Применение. Зоны действия. Схема трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе. Выбор сопротивления срабатывания и оценка чувствительности дистанционной защиты.	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Лекция 6. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ). Газовая защита. Токовая отсечка, максимальная токовая защита. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора. Выбор параметров срабатывания. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит. Защиты линий электропередачи (требования ПУЭ). Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 35 кВ и 110-220 кВ. Защиты электродвигателей (требования ПУЭ). Виды защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]

напряжением выше 1 кВ. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины. Автоматизация электроэнергетических систем. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Выбор параметров срабатывания. Автоматическое включение резервного питания. Выбор параметров срабатывания. Автоматическая частотная разгрузка		

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	**Всего часов**	**Учебно-методическое обеспечение**
1	**2**	**3**
Тема 1. Токовая трехступенчатая защита Расчет трехступенчатой токовой защиты от многофазных коротких замыканий (КЗ) в сети с односторонним питанием. Разработка разнесенных схем защит.	4	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Тема 2. Дифференциальная защита сборных шин. Дистанционная защита линий электропередачи. Расчет дифференциальной защиты шин. Определение параметров дистанционной защиты ЛЭП.	4	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Тема 3. Дифференциальная защита трансформаторов. Расчет дифференциальной защиты трансформаторов.	2	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]

Перечень лабораторных работ

Темы лабораторных работ. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	**Всего часов**	**Учебно-методическое обеспечение**
1	**2**	**3**
Максимальная токовая защита линии электропередачи с независимой выдержкой времени / токовая отсечка линии электропередачи	4	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10] ИР [11-15] ИОС [16]
Продольная дифференциальная защита линии электропередачи	2	
Дифференциальная защита силового трансформатора	4	

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	**Всего часов**	**Учебно-методическое обеспечение**
1	**2**	**3**
Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания. Особенности расчета токов короткого замыкания для релейной защиты. Однофазные замыкания в сетях с глухо заземлённой и изолированной	18	ОИ [1-3] ДИ [4-8] ПИ [9,10]

нейтралью. Расчет токов коротких замыкания. Измерительные преобразователи в цепях релейной защиты. Соотношения токов и напряжений при коротких замыканиях в линии и за трансформаторами со схемами соединений Y/Δ-11 и Δ/Y-11. Схемы соединения измерительных трансформаторов. Коэффициент схемы. Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты. Конструкция и маркировка выводов. Схемы замещения и векторные диаграммы. Погрешности трансформаторов. Источники оперативного тока. Классификация и маркировка реле. Особенности соединения обмоток трансформаторов тока, напряжения и реле		ИР [11-15] ИОС [16]
Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Токовая отсечка. Зона действия. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой времени срабатывания. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой. Способы обеспечения селективной работы. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе. Чувствительность максимальной токовой защиты. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой времени срабатывания. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой. Способы обеспечения селективной работы защит с зависимой от тока характеристикой срабатывания. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания. Расчет уставок максимальных токовых защит (МТЗ) в сети с односторонним питанием. Расчет уставок максимальных токовых защит (МТЗ) в сети с односторонним питанием. Проверка чувствительности МТЗ. Выбор схем защит. Токовая трехступенчатая защита. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит. Токовая направленная защита. Назначение. Реле направления мощности. Схема и выбор параметров срабатывания максимальной токовой направленной защиты. Максимальная токовая направленная защита. Токовая направленная отсечка. Расчет токовых направленных защит от многофазных КЗ в радиальной сети с двухсторонним питанием Токовые защиты ЛЭП, сборных шин. Методика расчета и область применения. Методика построения принципиальных схем защит.	52	
Дифференциальные продольная и поперечная защита. Методика расчета и область применения. Методика построения принципиальных схем защит. Дистанционная защита. Методика расчета и область применения. Методика построения принципиальных схем защит.	52	

Защиты генераторов, трансформаторов, электродвигателей, шин станций и подстанций. Методика расчета. Методика построения принципиальных схем защит. Автоматика прекращения асинхронного режима. Автоматика нормальных режимов электроэнергетических систем. Резервирование действия релейной защиты и выключателей. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ). Газовая защита. Токовая отсечка, максимальная токовая защита. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора. Выбор параметров срабатывания. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит. Защиты линий электропередачи (требования ПУЭ). Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 35 кВ и 110-220 кВ. Расчет защит параллельных линий. Защиты электродвигателей (требования ПУЭ). Виды защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит. Расчет параметров защиты электродвигателей. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины. Расчет параметров защиты генераторов. Автоматизация электроэнергетических систем. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Выбор параметров срабатывания. Автоматическое включение резервного питания. Выбор параметров срабатывания. Автоматическая частотная разгрузка	62	

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

Курсовая работа

Курсовая работа выполняется на общую тему: «Проектирование релейной защиты участка электрической сети» с вариацией заданий преподавателем.

Задание на курсовую работу: разработать защиту участка электрической сети, состоящего из нескольких линий электропередачи и трансформаторных подстанций. Исходными данными служат однолинейные электрические схемы; основные параметры линий электропередачи, трансформаторов, электрических нагрузок и их собственных защит.

Алгоритм выполнения:

1. Тщательно изучить конфигурацию электрической сети, продумать варианты питания групп потребителей в нормальных и послеаварийных режимах работы электрической сети, предложить алгоритмы работы автоматических устройств для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в критических ситуациях. Глубина проработки данного вопроса в значительной степени определяет принимаемые далее решения.

2. Составить схемы замещения участка сети в различных режимах его работы, определить рабочие токи и выбрать сечения проводов линий электропередачи, рассчитать параметры схем замещения.

3. Рассчитать токи короткого замыкания для максимального режима работы заданного участка электрической сети. Для выбора типов и уставок защит, а также для проверки их чувствительности, необходимо знать значения токов в местах установки защит в нормальных эксплуатационных режимах и при коротких замыканиях (КЗ) в расчетных точках. Значения токов КЗ, соответствующие максимальному режиму, необходимы для выбора уставок защит, а значения токов КЗ в минимальном режиме рассматриваемой сети – для проверки чувствительности защит.

4. Руководствуясь нормативными документами и учебной литературой выбрать типы защит, устанавливаемых на электроустановках в соответствии с заданием.

5. Провести расчет уставок защит; оценить чувствительность защит; составить их полные электрические принципиальные схемы.

6. Провести проверочные расчеты нагрузок измерительных трансформаторов тока и напряжения и, в случае необходимости, откорректировать принятые ранее решения.

7. Заключительным этапом проектирования является оформление пояснительной записки и графической части работы.

Оформление курсовой работы.

В объем выполняемой курсовой работы входит пояснительная записка со схемами защиты и автоматики (в соответствии с заданием) в пределах 25-35 страниц.

Пояснительная записка представляет собой текстовую часть курсовой работы, оформленную в виде переплетенной брошюры.

Пояснительная записка начинается титульным листом, на котором указывается тема курсовой работы, фамилии и подписи руководителя и исполнителя. За титульным листом следует задание с исходными данными, оглавление, введение, основное содержание работы, заключение, список используемой литературы.

Схемы релейных защит и автоматики, а также однолинейные электрические схемы выполняются как в пояснительной записке, так и на отдельном листе (листах) формата А1-А3 с соблюдением действующих ГОСТов.

График выполнения курсовой работы

Срок выполнения по неделям учебного семестра	Выполненная работа по проекту
1	Выдача заданий
2	Анализ конфигурации участка электрической сети
4	Составление схемы замещения участка сети в различных режимах его работы, определение рабочих токов и выбор сечений проводов линий электропередач, расчёт параметров схем замещения
5	Расчёт токов короткого замыкания для различных режимов работы заданного участка электрической сети
7	Выбор типов защит, устанавливаемых на объектах защищаемой электрической сети.
10	Расчет уставок защит; оценка чувствительности защит
11	Проверочные расчеты нагрузок измерительных трансформаторов тока и напряжения
12	Черновой вариант полных электрических принципиальных и оперативных схем защит
14	Чистовой вариант полных электрических принципиальных и оперативных схем защит
15	Проверка расчётно-пояснительной записки
16	Защита курсовой работы

Образовательные технологии

В соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

1) разбор конкретных ситуаций при решении задач по контрольным заданиям;

2) разбор конкретных ситуаций при проведении лекционных занятий;

3) внеаудиторную работу в рамках текущих внеаудиторных консультаций с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебных курсов могут быть предусмотрены встречи с представителями компаний, университетов, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине Б1.Б.17 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»:

1) самостоятельная работа студентов с использованием информационной справочной системы ИОС;

2) активная работа с современными пакетами прикладных программ для обработки результатов экспериментальных данных и в системе автоматизированного проектирования (АСКОН Компас 3D) для разработки схем цепей релейной защиты.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		краткие ответы на вопросы, письменно
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспече-	З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6;	устный опрос в форме собеседования; Тест – 1, письменно

	ния селективной работы токовых защит. Токовая отсечка. Максимальная токовая защита. Токовая трехступенчатая защита.		
3	Дифференциальные защиты. Дистанционная защита. Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем. Автоматика электроэнергетических систем.	З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6;	устный опрос в форме собеседования; Тест – 2, письменно
Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6;	Вопросы к экзамену (устно)

В качестве оценочного средства текущего контроля используются *устный опрос.*

В качестве оценочного средства аттестации раздела используются *тесты.*

Для промежуточной аттестации предусмотрены *экзаменационные вопросы.*

По итогам обучения выставляется *экзамен.*

Вопросы входного контроля

1. Какие существуют виды повреждений в электроэнергетических системах?
2. Какие существуют режимы работы электроэнергетических систем?
3. Что такое короткое замыкание?
4. Какие виды коротких замыканий существуют?
5. Чем отличаются несимметричные короткие замыкания от симметричного?
6. Чем отличается поперечная не симметрия от продольной?
7. Какое воздействие оказывает ток короткого замыкания на токоведущие элементы и проводники?
8. Что такое ударный ток и от чего зависит его величина?
9. Какие существуют практические методы расчета токов короткого замыкания?
10. От каких параметров и каким образом в случае короткого замыкания в электроэнергетической системе зависит величина тока короткого замыкания?

Вопросы текущего контроля

1. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики.
2. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах.
3. Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания.
4. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты.
5. Однофазные замыкания в сетях с глухо заземлённой и изолированной нейтралью.
6. Векторные диаграммы и расчет токов.
7. Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты.
8. Конструкция и маркировка выводов трансформаторов тока.
9. Схемы замещения и векторные диаграммы трансформаторов тока.
10. Погрешности трансформаторов тока.
11. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле.
12. Коэффициент схемы как фактор, влияющий на чувствительность защиты.
13. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит.
14. Способы обеспечения селективной работы токовых защит.

15. Токовая отсечка. Зона действия.

16. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе.

17. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек.

18. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой. Способы обеспечения селективной работы.

19. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе.

20. Чувствительность максимальной токовой защиты.

21. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит.

22. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой.

23. Способы обеспечения селективной работы защит с зависимой от тока характеристикой срабатывания.

24. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания.

25. Токовая трехступенчатая защита.

26. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты.

27. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты.

28. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит.

29. Токовая направленная защита. Назначение.

30. Реле направления мощности.

31. Схема и выбор параметров срабатывания максимальной токовой направленной защиты.

32. Токовая направленная отсечка.

33. Дистанционная защита. Зоны действия.

34. Схема трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе.

35. Выбор сопротивления срабатывания и оценка чувствительности дистанционной защиты.

36. Дифференциальные защиты. Назначение.

37. Принцип действия продольной дифференциальной защиты.

38. Выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты.

39. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ).

40. Газовая защита.

41. Токовая отсечка, максимальная токовая защита.

42. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора.

43. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит.

44. Защиты линий электропередачи (требования ПУЭ).

45. Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 35 кВ и 110-220 кВ.

46. Защиты электродвигателей (требования ПУЭ).

47. Виды защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ.

48. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ.

49. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины.

50. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Выбор параметров срабатывания.

51. Автоматическое включение резервного питания. Выбор параметров срабатывания.

52. Автоматическая частотная разгрузка.

Тестовые задания

Тест - 1 Общие сведения о релейной защите. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для релейной защиты. Токовые защиты

1. Каково основное назначение релейной защиты?

а) выявление повреждения и действие на отключение выключателей для отделения поврежденного электроэнергетического объекта.

б) выявление утяжеленного режима работы и выдача информации о нем – действие на сигнал.

в) выявление повреждения и выдача информации о нем – действие на сигнал.

г) выявление утяжеленного режима работы и действие на отключение выключателей для отделения поврежденного электроэнергетического объекта.

2. Выберите пункт, соответствующий описанию требования *селективности*, предъявляемого к релейной защите?

а) релейная защита должна определять поврежденный элемент и подавать команду на локализацию (отключение) этого элемента выключателями, ближайшими к источнику питания.

б) релейная защита должна определять поврежденный элемент и подавать команду на локализацию (отключение) источника питания.

в) релейная защита должна определять поврежденный элемент и подавать команду на локализацию (отключение) этого элемента выключателями, ближайшими к месту повреждения.

г) релейная защита должна определять поврежденный элемент и подавать команду на локализацию (отключение) этого элемента выключателями, ближайшими к электро-приемникам.

3. Какие защиты называются относительно селективными?

а) это защиты, которые по принципу действия реагируют на повреждения только на защищаемом элементе, т.е. имеют ограниченную защищаемую зону, и при этом имеют наибольшую из всех защит выдержку времени.

б) это защиты, которые по принципу действия реагируют на повреждения только на защищаемом элементе, т.е. имеют ограниченную защищаемую зону, и не требуют при этом выдержки времени, так как при КЗ на «чужих» участках они не приходят в действие.

в) защиты, селективность действия которых обеспечивается ступенчатым выбором параметров срабатывания защит нескольких элементов по отношению к защите смежного элемента (например, выдержек времени).

г) защиты, селективность действия которых обеспечивается плавным выбором параметров срабатывания защит нескольких элементов по отношению к защите ближайшей к источнику питания (например, выдержек времени).

4. Какова верная структурную схему релейной защиты? На рисунке обозначены:

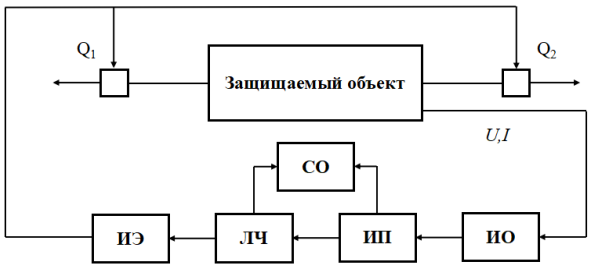
ИП - измерительный преобразователь;

ИО - измерительный орган;

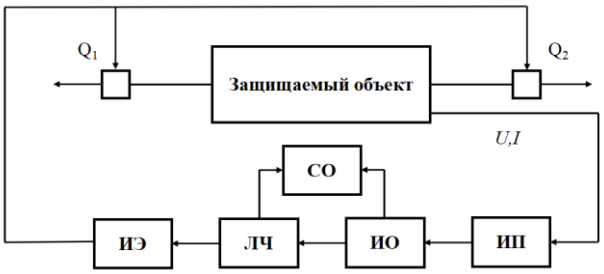
ЛЧ - логическая часть;

СО - сигнальный орган;

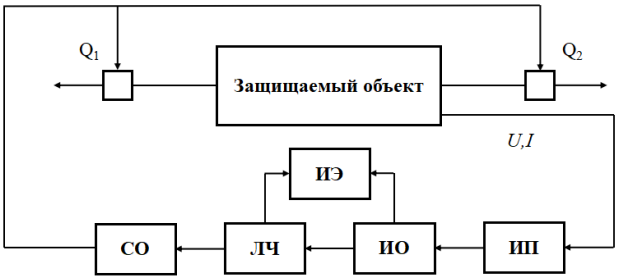
ИЭ - исполнительные элементы.



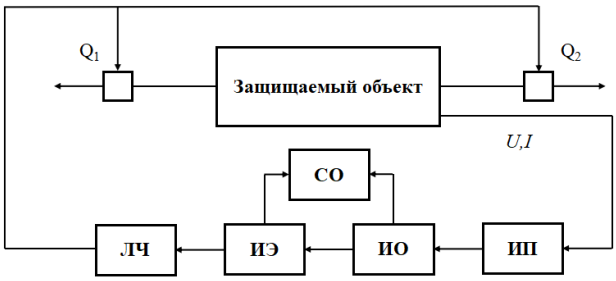
а)



б)



в)



г)

5. Что называется номинальным коэффициентом трансформации трансформатора тока?

а) отношение вторичного к первичному номинальных токов $n_{тт} = \frac{I_{2\,ном}}{I_{1\,ном}}$.

б) отношение первичного ко вторичному номинальных напряжений $n_{тт} = \frac{U_{1\,ном}}{U_{2\,ном}}$.

в) отношение вторичного к первичному номинальных напряжений $n_{тт} = \frac{U_{2\,ном}}{U_{1\,ном}}$.

г) отношение первичного ко вторичному номинальных токов $n_{тт} = \frac{I_{1\,ном}}{I_{2\,ном}}$.

6. Что называется номинальным коэффициентом трансформации трансформатора напряжения?

а) отношение чисел витков обмоток $n_{тн} = \frac{w_1}{w_2}$,

где w_1 - число витков первичной обмотки; w_2 - число витков вторичной обмотки.

б) отношение первичного ко вторичному номинальных напряжений $n_{тн} = \frac{U_{1\,ном}}{U_{2\,ном}}$.

в) отношение вторичного к первичному номинальных напряжений $n_{тн} = \frac{U_{2\,ном}}{U_{1\,ном}}$.

г) отношение первичного ко вторичному номинальных токов $n_{тт} = \frac{I_{1\,ном}}{I_{2\,ном}}$.

7. Что называется коэффициентом возврата реле?

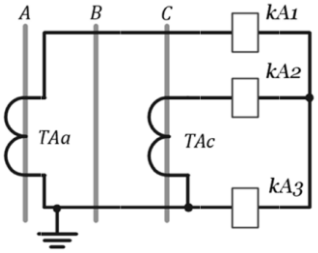
а) Отношение тока срабатывания $I_{ср}$ к току возврата реле $I_{вр}$, $k_в = \frac{I_{ср}}{I_{вр}}$.

б) Отношение суммы минимальной I_{cpmin} и максимальной I_{cpmax} уставок тока срабатывания к току возврата реле $I_{вр}$, $k_в = \dfrac{I_{ср\ min} + I_{ср\ max}}{I_{вр}}$.

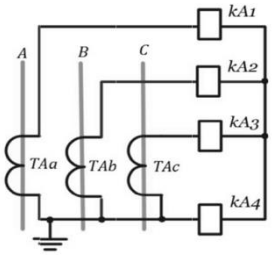
в) Отношение разницы максимальной I_{cpmax} и минимальной I_{cpmin} уставок тока срабатывания к току возврата реле $I_{вр}$, $k_в = \dfrac{I_{ср\ max} - I_{ср\ min}}{I_{вр}}$.

г) Отношение тока возврата реле $I_{вр}$ к току срабатывания $I_{ср}$, $k_в = \dfrac{I_{вр}}{I_{ср}}$.

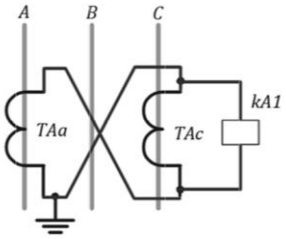
8. Выберите схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока с обмотками реле, позволяющую выполнить токовую защиту от замыканий на землю в сетях с глухо заземлённой нейтралью.



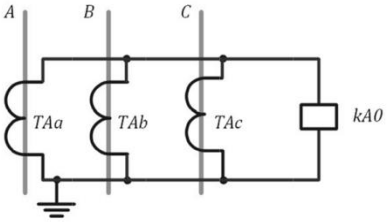
а)



б)



в)



г)

а) вариант а).

б) вариант б).

в) вариант в).

г) вариант г).

9. Какой формулой определяется ток срабатывания реле максимальной токовой защиты линии?

а) $I_{ср} = \dfrac{k_н \cdot k_{сз} \cdot k_{сх}}{k_в \cdot n_{тт}} \cdot I_{раб\ max}$.

б) $I_{ср} = \dfrac{k_в \cdot n_{тт}}{k_н \cdot k_{сз} \cdot k_{сх}} \cdot I_{раб\ max}$.

в) $I_{ср} = \dfrac{k_н \cdot k_{сз} \cdot k_{сх}}{k_в \cdot n_{тт} \cdot I_{раб\ max}}$.

г) $I_{ср} = \dfrac{k_н \cdot k_{сз} \cdot k_{сх} \cdot n_{тт}}{k_в} \cdot I_{раб\ max}$.

где $k_н$ - коэффициент надежности; $k_{сз}$ - коэффициент само запуска нагрузки;

$k_{сх}$ - коэффициент схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока с обмотками реле;

$k_в$ - коэффициент возврата реле; $n_{тт}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока;

$I_{раб\ max}$ - максимальный рабочий ток в линии.

10. Для обеспечения правильной работы максимальной токовой защиты время срабатывания защиты, наиболее удаленной от источника питания, принимается?

а) равным 0 с.

б) максимальным.

в) минимальным.

г) равным 5 с.

11. Чувствительность защиты оценивается значением коэффициента чувствительности. По какой формуле определяется значение коэффициента чувствительности $k_ч$?

а) $k_ч = \frac{I^{(2)}_{кз\ min}}{I_{сз}}$.

б) $k_ч = \frac{I_{сз}}{I^{(2)}_{кз\ min}}$.

в) $k_ч = \frac{5\,A}{I_{сз}}$.

г) $k_ч = \frac{I_{сз}}{5\,A}$.

где $I^{(2)}_{кз\ min}$ - минимальное значение тока короткого замыкания;

$I_{сз}$ - ток срабатывания защиты.

12. Чем обеспечивается селективность действия токовой отсечки?

а) выбором уставок времени срабатывания защиты.

б) выбором уставок тока срабатывания защиты.

в) выбором уставок сопротивления срабатывания защиты.

г) выбором уставок напряжения срабатывания защиты.

13. В каких случаях необходимо применять максимальную токовую защиту с пуском по напряжению? Выберите один вариант ответа.

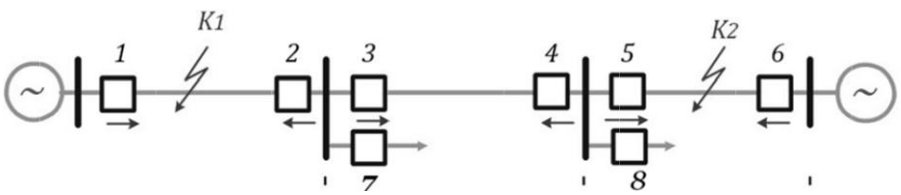
а) для повышения чувствительности работы токовых защит в кольцевых сетях с односторонним и радиальных сетях с двусторонним питанием.

б) для повышения чувствительности работы токовых защит в сетях с односторонним питанием.

в) для повышения чувствительности работы токовых защит во всех конфигурациях сетей, подверженных частым технологическим перегрузкам.

г) только в сетях, характеризующихся частыми перенапряжениями.

14. Как осуществляется выбор выдержек времени срабатывания максимальных токовых направленных защит?



а) по ступенчатому принципу от энергосистемы большей мощности к энергосистеме меньшей мощности.

б) по ступенчатому принципу от энергосистемы меньшей мощности к энергосистеме большей мощности.

в) по встречно-ступенчатому принципу.

г) время выдержки срабатывания защиты задается для защит всех участков одинаковым.

15. Какие основные требования предъявляются к релейной защите? Выберите несколько вариантов ответа:

а) Селективность.

б) Быстродействие.

в) Чувствительность.

г) Надежность.

д) Резервирование.

е) Возможность повторного срабатывания.

ж) Длительный срок службы.

з) Унифицированность.

и) Точность определения электрических величин.

16. Каково основное назначение измерительных преобразователей цепей релейной защиты?

а) изолировать цепи высокого напряжения от вторичных цепей защиты и преобразовывать входные величины в величины, удобные для измерений.

б) преобразовывать входные величины в величины, удобные для измерений .

в) изолировать цепи высокого напряжения от вторичных цепей защиты.

г) измерение входных величин и их преобразование (усиление) с целью передачи на другие элементы защиты.

17. Согласно нормативным требованиям, погрешность трансформаторов тока в цепях релейной защиты не должна превышать ..... (выберите соответствующий вариант)

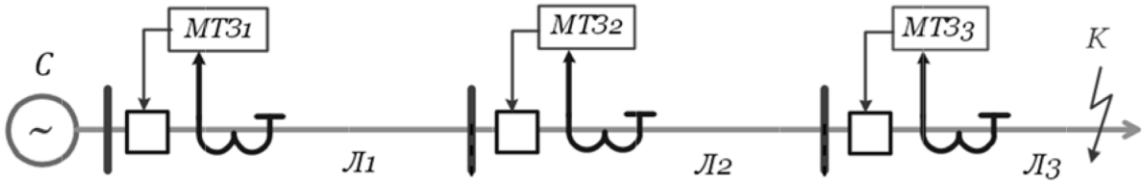
а) 0,5%.

б) 1%.

в) 5%.

г) 10%.

18. Чем обеспечивается требование селективности максимальных токовых защит для представленной схемы?



а) Уставками по току срабатывания защиты от минимальной ($МТЗ_3$) до максимальной ($МТЗ_1$).

б) Уставками по времени срабатывания защиты от минимальной ($МТЗ_3$) до максимальной ($МТЗ_1$).

в) Уставками по току срабатывания защиты от минимальной ($МТЗ_1$) до максимальной ($МТЗ_3$).

г) Уставками по времени срабатывания защиты от минимальной ($МТЗ_1$) до максимальной ($МТЗ_3$).

19. Как определяется коэффициент схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока с обмотками реле?

а) отношение тока в обмотке реле $I_{рф}$ к току на вторичных обмотках трансформатора тока I_{2mm}, $k_{сх} = \frac{I_{рф}}{I_{2mm}}$.

б) отношение тока на вторичных обмотках трансформатора тока I_{2mm} к току в обмотке реле $I_{рф}$, $k_{сх} = \frac{I_{2mm}}{I_{рф}}$.

в) отношение тока в обмотке реле $I_{рф}$ к току на первичных обмотках трансформатора тока I_{1mm}, $k_{сх} = \frac{I_{рф}}{I_{1mm}}$.

г) отношение тока на первичных обмотках трансформатора тока I_{1mm} к току в обмотке реле $I_{рф}$, $k_{сх} = \frac{I_{1mm}}{I_{рф}}$.

20. В каких случаях необходимо применять токовые направленные защиты?

а) для обеспечения селективности действия токовых защит в кольцевых сетях с односторонним и радиальных сетях с двусторонним питанием.

б) для обеспечения селективности действия токовых защит в сетях с односторонним питанием, подверженных частым технологическим перегрузкам.

в) для обеспечения селективности действия токовых защит во всех сетях с односторонним питанием.

г) для обеспечения повышенной чувствительности работы токовых защит во всех конфигурациях сетей.

Тест- 2 Дифференциальная и дистанционная защита, защита трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматическое повторное включение на линиях электропередачи, автоматическое включение резервного питания, автоматическая частотная разгрузка

1. На чем основан принцип действия дистанционной защиты? Выберите один вариант ответа.

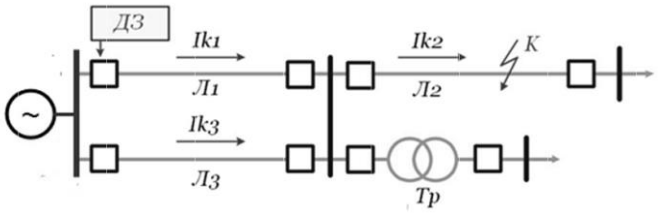
а) на контроле изменения рабочих максимальных токов на защищаемом участке.

б) на контроле изменения напряжения на защищаемом участке.

в) на контроле изменения сопротивления защищаемого участка.

г) на контроле токов короткого замыкания на защищаемом участке.

2. Как определяется первичное сопротивление срабатывания первой ступени дистанционной защиты?



а) $z_{сз} = k_н \cdot z_л$.

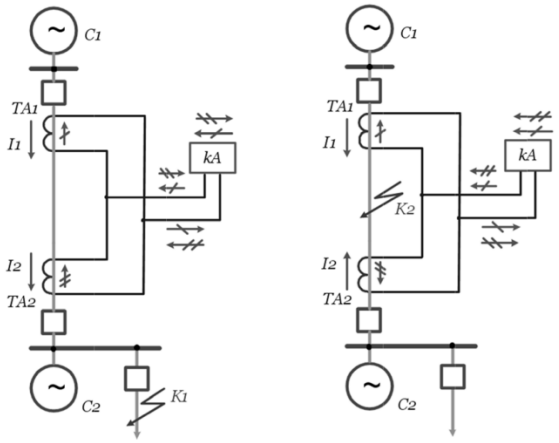
б) $z_{сз} = k_н \cdot \left(z_{л1} + \frac{k_н}{k_{ток}} \cdot z_{л2} \right)$.

в) $z_{сз} \le \frac{U_{\min} \cdot \sin \phi_{нагр.расч}}{\sqrt{3} \cdot I_{н\max} \cdot k_н \cdot k_в \cdot \sin \phi_{мч}}$.

г) $z_{сз} = k_н \cdot \left(z_{л1} + \frac{z_T}{k_{ток}} \right)$.

где $k_н$ - коэффициент надежности, учитывающий погрешности трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, реле сопротивления и погрешности расчета; $z_л$ - сопротивление защищаемой линии; $z_{л1}$ - сопротивление защищаемой линии; $z_{л2}$ - сопротивление смежной линии; $k_{ток}$ - коэффициент токораспределения, учитывающий отношение тока короткого замыкания в месте установки защиты к току в линии, с защитой которой проводится согласование;
z_T - сопротивление трансформатора; $U_{\min}$ - минимальное рабочее напряжение на шинах подстанции; $I_{\max}$ - максимальный ток нагрузки; $k_в$ - коэффициент возврата реле; $\varphi_{нагр\ расч}$ - расчетный угол нагрузки; $\varphi_{мч}$ - угол максимальной чувствительности реле.

3. В каком из представленных случаев ток в реле КА дифференциальной продольной защиты будет равен примерно 0?



а) б)

а) вариант а).

б) вариант б).

в) в обоих случаях.

г) ни в одном из представленных.

4. На чем основан принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты?

а) на сравнении величин токов по концам защищаемой линии.

б) на сравнении направлений токов по концам защищаемой линии.

в) на сравнении напряжения по концам защищаемой линии.

г) на сравнении фаз токов по концам защищаемой линии.

5. Какие факторы необходимо учесть при при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты?

а) защита должна работать от броска тока намагничивания в момент включения ненагруженного силового трансформатора под напряжение.

б) защита не должна работать от броска тока намагничивания в момент включения ненагруженного силового трансформатора под напряжение.

в) защита не должна работать от максимально возможного тока небаланса в режиме внешнего замыкания.

г) защита должна работать от максимально возможного тока небаланса в режиме внешнего замыкания.

6. Какие используются типы защиты генераторов от внутренних повреждений? Выберите несколько вариантов.

а) поперечная дифференциальная защита.

б) продольная дифференциальная защита.

в) защита от замыканий на землю.

г) максимальная токовая защита с блокировкой по напряжению.

д) двухступенчатая токовая защита обратной последовательности.

е) четырехступенчатая токовая защита обратной последовательности и дистанционная защита.

7. Какие должны быть учтены возможные повреждения при выполнении защит трансформаторов и автотрансформаторов ?

а) многофазные замыкания в обмотках и на выводах трансформаторов;

б) однофазные замыкания в обмотках и на выводах трансформаторов;

в) витковые замыкания в обмотках трансформаторов;

г) внешние короткие замыкания;

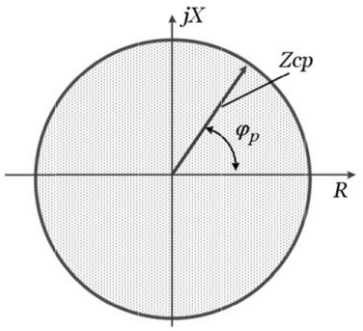
д) перегрузка трансформатора;

е) понижение уровня масла или отключения принудительной системы охлаждения;

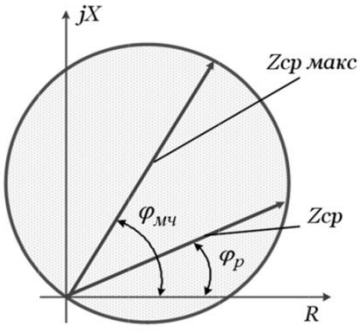
ж) «пожар» стали магнит провода.

з) ни один из представленных.

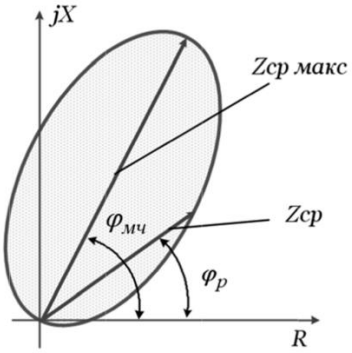
8. Выберите из предложенных характеристик реле сопротивления ту, которая соответствует реле, которое не работает при направлении тока из линии к шинам и используется для направленной защиты?



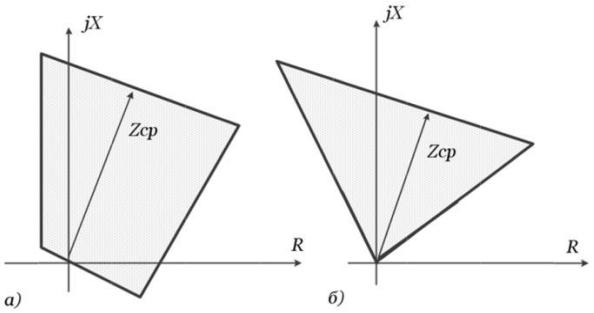
а)



б)



в)



г)

а) вариант а).

б) вариант б).

в) вариант в).

г) вариант г).

9. По какому выражению производится пересчет первичного сопротивления срабатывания защиты на сопротивление срабатывания реле?

а) $z_{ср} = z_{сз} \cdot \frac{n_{тн}}{n_{тт}}$.

б) $z_{ср} = z_{сз} \cdot n_{тт} \cdot n_{тн}$.

в) $z_{ср} = z_{сз} \cdot \frac{n_{тт}}{n_{тн}}$.

г) $z_{ср} = \frac{z_{сз}}{n_{тт} \cdot n_{тн}}$.

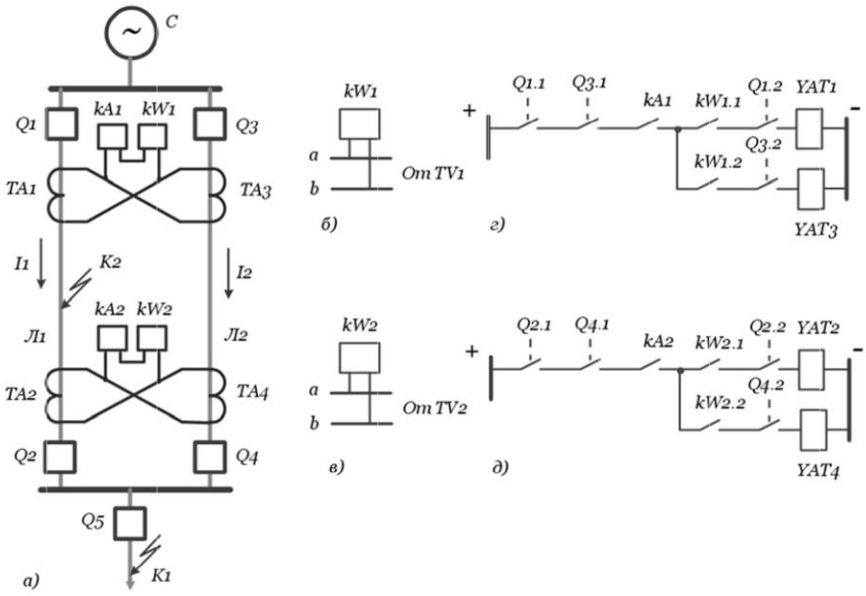
где $z_{ср}$ - сопротивление срабатывания реле;

$z_{сз}$ - первичное сопротивление срабатывания защиты;

$n_{тт}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока;

$n_{тн}$ - коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

10. Какой вид релейной защиты представлен на схеме?



а) продольная дифференциальная токовая защита.
б) поперечная дифференциальная токовая защита.
в) дифференциально-фазная высокочастотная защита.

Вопросы к экзамену

1. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики.
2. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах.
3. Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания.
4. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты.
5. Однофазные замыкания в сетях с глухо заземлённой и изолированной нейтралью.
6. Векторные диаграммы и расчет токов.
7. Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты.
8. Конструкция и маркировка выводов трансформаторов тока.
9. Схемы замещения и векторные диаграммы трансформаторов тока.
10. Погрешности трансформаторов тока.
11. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле.

12. Коэффициент схемы как фактор, влияющий на чувствительность защиты.

13. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит.

14. Способы обеспечения селективной работы токовых защит.

15. Токовая отсечка. Зона действия.

16. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе.

17. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек.

18. Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой. Способы обеспечения селективной работы.

19. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе.

20. Чувствительность максимальной токовой защиты.

21. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит.

22. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой.

23. Способы обеспечения селективной работы защит с зависимой от тока характеристикой срабатывания.

24. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания.

25. Токовая трехступенчатая защита.

26. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты.

27. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты.

28. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит.

29. Токовая направленная защита. Назначение.

30. Реле направления мощности.

31. Схема и выбор параметров срабатывания максимальной токовой направленной защиты.

32. Токовая направленная отсечка.

33. Дистанционная защита. Зоны действия.

34. Схема трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе.

35. Выбор сопротивления срабатывания и оценка чувствительности дистанционной защиты.

36. Дифференциальные защиты. Назначение.

37. Принцип действия продольной дифференциальной защиты.

38. Выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты.

39. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ).

40. Газовая защита.

41. Токовая отсечка, максимальная токовая защита.

42. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора.

43. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит.

44. Защиты линий электропередачи (требования ПУЭ).

45. Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 35 кВ и 110-220 кВ.

46. Защиты электродвигателей (требования ПУЭ).

47. Виды защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ.

48. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ.

49. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины.

50. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Выбор параметров срабатывания.

51. Автоматическое включение резервного питания. Выбор параметров срабатывания.

52. Автоматическая частотная разгрузка.

Шкалы оценки образовательных достижений

Раздел 1. Общие сведения о релейной защите. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для релейной защиты. Токовые защиты

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка экзамена** (стандартная)	**Требования к знаниям**
22-25	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “отлично”, показал глубокие и прочные знания основных видов повреждений в электроэнергетических системах, особенностей расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, токовых защит. Знает понятие и назначение противоаварийной автоматики и релейной защиты. Основные понятия, термины и определения, характеризующие свойства систем релейной защиты. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для релейной защиты. Конструкцию, параметры, маркировку выводов, схемы замещения и векторные диаграммы трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты. Погрешности трансформаторов тока. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле. Коэффициент схемы. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Умеет выполнять расчет токов короткого замыкания для релейной защиты, осуществлять выбор трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, выбирать схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, выполнять расчет токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбирать параметры срабатывания токовых защит, осуществлять выбор реле для цепей защиты, разрабатывать цепи токовой защиты. Владеет методиками расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, выбора трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, схем соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, расчета токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбора параметров срабатывания токовых защит, реле для цепей защиты, навыками построения цепей токовой защиты.
18-21	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “хорошо”, показал хорошие знания основных видов повреждений в электроэнергетических системах, особенностей расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, токовых защит. Знает понятие и назначение противоаварийной автоматики и релейной защиты. Основные понятия, термины и определения, характеризующие свойства систем релейной защиты. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов

		короткого замыкания для релейной защиты. Конструкцию, параметры, маркировку выводов, схемы замещения и векторные диаграммы трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты. Погрешности трансформаторов тока. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле. Коэффициент схемы. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Умеет выполнять расчет токов короткого замыкания для релейной защиты, осуществлять выбор трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, выбирать схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, выполнять расчет токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбирать параметры срабатывания токовых защит, осуществлять выбор реле для цепей защиты, разрабатывать цепи токовой защиты. Владеет методиками расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты, выбора трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, схем соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, расчета токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбора параметров срабатывания токовых защит, реле для цепей защиты, навыками построения цепей токовой защиты.
15-18	*«удовлетво-рительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “удовлетворительно”, показал удовлетворительные знания основных видов повреждений в электроэнергетических системах, особенностей расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, токовых защит. Умеет удовлетворительно выполнять расчет токов короткого замыкания для релейной защиты, осуществлять выбор трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, выбирать схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, выполнять расчет токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбирать параметры срабатывания токовых защит, осуществлять выбор реле для цепей защиты, разрабатывать цепи токовой защиты. Удовлетворительно владеет методиками расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, выбора трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, схем соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, расчета токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбора параметров срабатывания токовых защит, реле для цепей защиты, навыками построения цепей токовой защиты
менее 15	*«неудовле-творительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “неудовлетворительно”, не показал знаний основных видов повреждений в электроэнергетических системах, особенностей расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, токовых защит. Не умеет выполнять расчет токов короткого замыкания для релейной защиты, осуществлять выбор трансформаторов тока и напряжения для релейной

		защиты, выбирать схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, выполнять расчет токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбирать параметры срабатывания токовых защит, осуществлять выбор реле для цепей защиты, разрабатывать цепи токовой защиты. Не владеет методиками расчета токов короткого замыкания для релейной защиты, выбора трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты, схем соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, расчета токовых защит (токовая отсечка, максимальная токовая защита, токовая трехступенчатая защита, токовая направленная защита), выбора параметров срабатывания токовых защит, реле для цепей защиты, навыками построения цепей токовой защиты

Тест- 1 Общие сведения о релейной защите. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для релейной защиты. Токовые защиты

Оценка	Количество верно данных ответов
5 (отлично)	19-20
4 (хорошо)	15-18
3 (удовлетворительно)	12-14
2 (неудовлетворительно)	Менее 12

Раздел 2 Дифференциальная и дистанционная защита, защита трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматическое повторное включение на линиях электропередачи, автоматическое включение резервного питания, автоматическая частотная разгрузка

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка экзамена** (стандартная)	**Требования к знаниям**
22-25	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “отлично”, показал глубокие и прочные знания дифференциальной и дистанционной защит, защиты трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматического повторного включения на линиях электропередачи, автоматического включения резервного питания, автоматической частотной разгрузки. Знает дифференциальные защиты. Назначение. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Дистанционную защиту. Зоны действия. Схему трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защиты линий электропередачи, защиты электродвигателей (требования ПУЭ). Схемы защит. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Автоматическое включение резервного питания. Автоматическая частотная разгрузка. Умеет выполнять выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты. Определять сопротивления срабатывания и проводить оценку чувствитель-

		ности дистанционной защиты. Осуществлять выбор параметров срабатывания и проверку чувствительности защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей. Выполнять выбор параметров срабатывания автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания. Владеет методиками выбора параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты, дистанционной защиты, защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей, автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания, проведения оценки чувствительности защит.
18-21	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “хорошо”, показал хорошие знания дифференциальной и дистанционной защит, защиты трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматического повторного включения на линиях электропередачи, автоматического включения резервного питания, автоматической частотной разгрузки. Знает дифференциальные защиты. Назначение. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Дистанционную защиту. Зоны действия. Схему трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защиты линий электропередачи, защиты электродвигателей (требования ПУЭ). Схемы защит. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Автоматическое включение резервного питания. Автоматическая частотная разгрузка. Умеет выполнять выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты. Определять сопротивления срабатывания и проводить оценку чувствительности дистанционной защиты. Осуществлять выбор параметров срабатывания и проверку чувствительности защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей. Выполнять выбор параметров срабатывания автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания. Владеет методиками выбора параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты, дистанционной защиты, защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей, автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания, проведения оценки чувствительности защит.
15-18	*«удовлетворительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “удовлетворительно”, показал удовлетворительные знания дифференциальной и дистанционной защит, защиты трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов,

		автоматического повторного включения на линиях электропередачи, автоматического включения резервного питания, автоматической частотной разгрузки. Умеет удовлетворительно выполнять выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты. Определять сопротивления срабатывания и проводить оценку чувствительности дистанционной защиты. Осуществлять выбор параметров срабатывания и проверку чувствительности защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей. Выполнять выбор параметров срабатывания автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания. Удовлетворительно владеет методиками выбора параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты, дистанционной защиты, защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей, автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания, проведения оценки чувствительности защит.
менее 15	*«неудовле-творительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку “неудовлетворительно”, не показал знаний дифференциальной и дистанционной защит, защиты трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматического повторного включения на линиях электропередачи, автоматического включения резервного питания, автоматической частотной разгрузки. Не умеет выполнять выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты. Определять сопротивления срабатывания и проводить оценку чувствительности дистанционной защиты. Осуществлять выбор параметров срабатывания и проверку чувствительности защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей. Выполнять выбор параметров срабатывания автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания. Не владеет методиками выбора параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты, дистанционной защиты, защит, устанавливаемых на трансформаторах для выявления внутренних повреждений, защит линий электропередачи, защиты электродвигателей, автоматического повторного включения, автоматического включения резервного питания, проведения оценки чувствительности защит.

Тест- 2 Дифференциальная и дистанционная защита, защита трансформаторов, линий электропередачи, электродвигателей, генераторов, автоматическое повторное включение на линиях электропередачи, автоматическое включение резервного питания, автоматическая частотная разгрузка

Оценка	Количество верно данных ответов
5 (отлично)	9-10
4 (хорошо)	7-8
3 (удовлетворительно)	6

2 (неудовлетворительно)	Менее 6

Критерии оценивания курсовой работы

Оценка по 100-бальной системе	**Оценка курсовой работы** (стандартная)	**Требования к знаниям**
1	**2**	**3**
90-100	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко знает материал курсовой работы, обосновывает принятые решения установки того или иного вида релейной защиты и автоматики. Свободно отвечает на поставленные вопросы, как практического характера, так и теоретического из вопросов аттестации разделов курса. В ответах правильно обосновывает принятые решения. Содержание курсовой работы полностью соответствует заданию. Расчеты выполнены без ошибок, графический материал выполнен в соответствии с ГОСТ.
75-89	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он допускает неточности непринципиального характера (например, ошибка обозначения на схеме элементов электроэнергетической сети). Также если студент выполнял курсовую работу с отставанием от графика по неуважительной причине.
60-74	*«удовлетвритительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, не усвоил особенностей расчета релейной защиты элементов электроэнергетической сети и разработки принципиальных и оперативных схем защиты. Допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении методики выполнения расчетов и проектирования.
0-59	*«неудовлетворительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части курсовой работы, допускает существенные ошибки, самостоятельность выполнения курсовой работы не подтверждается. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по дисциплине.

Форма оценивания ответа студента на экзамене
по дисциплине «Б1.Б.17 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка экзамена** (стандартная)	**Требования к знаниям**
44-50	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он показал глубокие и прочные знания в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, принципов действия защит, выбора параметров срабатывания защит, построения принципиальных и оперативных схем защит. Знает виды релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, назначение и область применения. Умеет выполнять выбор параметров срабатывания релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, проводить оценку чувствительности релейной защиты, читать и составлять

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка экзамена** (стандартная)	**Требования к знаниям**
		принципиальные и оперативные схемы защиты, осуществлять выбор элементов защиты. Владеет методиками выбора параметров срабатывания, проведения оценки чувствительности релейной защиты, навыками построения и чтения принципиальных и оперативных схем защиты, терминологией в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной литературы
37-43	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он показал хорошие знания в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, принципов действия защит, выбора параметров срабатывания защит, построения принципиальных и оперативных схем защит. Знает виды релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, назначение и область применения. Умеет выполнять выбор параметров срабатывания релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, проводить оценку чувствительности релейной защиты, читать и составлять принципиальные и оперативные схемы защиты, осуществлять выбор элементов защиты. Владеет методиками выбора параметров срабатывания, проведения оценки чувствительности релейной защиты, навыками построения и чтения принципиальных и оперативных схем защиты, терминологией в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем. При этом не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.
30-36	*«удовлетворительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он показал удовлетворительные знания в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, принципов действия защит, выбора параметров срабатывания защит, построения принципиальных и оперативных схем защит. Умеет удовлетворительно выполнять выбор параметров срабатывания релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, проводить оценку чувствительности релейной защиты, читать и составлять принципиальные и оперативные схемы защиты, осуществлять выбор элементов защиты. Удовлетворительно владеет методиками выбора параметров срабатывания, проведения оценки чувствительности релейной защиты, навыками построения и чтения принципиальных и оперативных схем защиты, терминологией в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем. При этом не усвоил всех деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала.
менее 30	*«неудовлетворительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не показал знаний в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, принципов действия защит, выбора

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка экзамена** (стандартная)	**Требования к знаниям**
		параметров срабатывания защит, построения принципиальных и оперативных схем защит. Не умеет выполнять выбор параметров срабатывания релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, проводить оценку чувствительности релейной защиты, читать и составлять принципиальные и оперативные схемы защиты, осуществлять выбор элементов защиты. Не владеет методиками выбора параметров срабатывания, проведения оценки чувствительности релейной защиты, навыками построения и чтения принципиальных и оперативных схем защиты, терминологией в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов за разделы и зачет	**Оценка ECTS**
90-100	A
85-89	B
75-84	C
65 - 74	D
60 - 64	E
Менее 60	F

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература

1. Релейная защита электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Андреев [и др.] ; сост. М.В. Андреев, Н.Ю. Рубан, А.А. Суворов, А.С. Гусев, А.О. Сулайманов. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2018. — 167 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/113201. — Загл. с экрана.

2. Релейная защита электрических сетей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Щеглов А.И. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226531.html

3. Релейная защита в задачах и упражнениях : сборник задач [Электронный ресурс] / Танфильев О.В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227514.html

Дополнительная литература

4. Юндин М. А. Токовая защита электроустановок: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. [Электронный ресурс] / М.А. Юндин – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с. – ISBN 978–5–8114–1158–0

5. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова; под общ. ред. Г.В. Коробова. - Москва: Лань", 2014. - 186 с. - ISBN 978-5-8114-1164-1

6. Дрозд, В.В. под ред. Релейная защита и автоматика в электрических сетях [Электронный ресурс] / В.В. под ред. Дрозд. - Москва : Энергия, 2012. - 632 с. - ISBN 978-5-904098-21-6
7. Гуревич, В. И. Устройства электропитания релейной защиты: проблемы и решения [Электронный ресурс] / В. И. Гуревич. - Москва : «Инфра-Инженерия», 2013. - 288 с. - ISBN 978-5-9729-0057-2
8. Правила устройства электроустановок / М-во энергетики РФ. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 980 с.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ
9. Промышленная энергетика
10. Известия Российской академии наук. Энергетика

Интернет-ресурсы
11. https://biti.mephi.ru
12. https://library.e.abb.com/public/b4fb4ec9b484c5afc12579200031c156/Spac810_Catalogue.pdf
13. http://www.rzia.ru
14. http://www.proektant.org/index.php?board=441.0
15. http://rzalab.narod.ru

Источники ИОС
16. https://ios.biti.mephi.ru.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием. Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях, оснащенных необходимым оборудованием.

В распоряжении обучающихся студентов имеются электронно-библиотечные системы.

Учебно-методические рекомендации для студентов

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для эффективного освоения дисциплины студентам необходимо проявлять наибольшую активность во время аудиторных занятий, следовать указаниям ведущего преподавателя, выполнять самостоятельную работу в объеме, установленном рабочей программой дисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и позволяют сформировать систематизированные основы знаний по дисциплине, позволяют раскрыть наиболее сложные, основополагающие вопросы.

В ходе лекционных занятий надлежит конспектировать наиболее важные положения изучаемой темы, а по окончании занятия задавать вопросы, вызывающие затруднения с усвоением рассматриваемой темы. Рекомендуется перед следующим лекционным занятием повторить материал рассмотренной темы, изучить современную литературу, выполнить самостоятельную работу в заданном объеме.

Практические занятия по дисциплине позволяют проверить усвоение теоретического материала, формировать практические навыки и умения под руководством преподавателя, углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практи-

ческих работ. Для успешного выполнения практических заданий и освоения дисциплины перед каждым практическим занятием необходимо выучить теоретический материал соответствующей темы, используя как конспект лекций, так и рекомендуемую литературу. По результатам выполнения практической работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Лабораторные занятия представляют собой в большей степени самостоятельности выполнение лабораторных работ, углубляют и закрепляют теоретические знания. На этих занятиях осваиваются навыки экспериментальных способов анализа действительности, формируются умения работать с приборами и современным оборудованием. Лабораторное занятие проводится в составе академической группы с разделением на подгруппы. Для успешного выполнения лабораторных работ и освоения дисциплины следует знать теоретический материал соответствующей темы, четко следовать методике выполнения лабораторных работ, выданной преподавателем. По результатам выполнения лабораторной работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Самостоятельная работа подразумевает под собой проработку теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы по той или иной теме, последующий отчет по результатам самостоятельной работы в форме, установленной преподавателем.

Средством информационной поддержки организации самостоятельной работы студентов в рамках учебной дисциплины являются информационно-образовательная среда (ИОС), электронно-библиотечные системы, доступные БИТИ НИЯУ МИФИ, абонемент и периодика.

Для выполнения самостоятельной работы студенту нужен либо домашний компьютер с доступом в интернет, либо компьютерный класс ВЦ.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в ИОС.

Курсовая работа выполняется на тему: «Проектирование релейной защиты участка электрической сети» с вариацией заданий преподавателем.

Задание на курсовую работу: разработать защиту участка электрической сети, состоящего из нескольких линий электропередач и трансформаторных подстанций. Исходными данными служат однолинейные электрические схемы; основные параметры линий электропередач, трансформаторов, электрических нагрузок и их собственных защит.

Алгоритм выполнения курсовой работы:

1. Тщательно изучить конфигурацию электрической сети, продумать варианты питания групп потребителей в нормальных и послеаварийных режимах работы электрической сети, предложить алгоритмы работы автоматических устройств для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в критических ситуациях. Глубина проработки данного вопроса в значительной степени определяет принимаемые далее решения.

2. Составить схемы замещения участка сети в различных режимах его работы, определить рабочие токи и выбрать сечения проводов линий электропередачи, рассчитать параметры схем замещения.

3. Рассчитать токи короткого замыкания для максимального режима работы энергосистемы. Для выбора типов и уставок защит, а также для проверки их чувствительности, необходимо знать значения токов в местах установки защит в нормальных эксплуатационных режимах и при коротких замыканиях (КЗ) в расчетных точках. Значения токов КЗ, соответствующие максимальному режиму, необходимы для выбора уставок защит, а значения токов КЗ в минимальном режиме рассматриваемой сети – для проверки чувствительности защит.

4. Руководствуясь нормативными документами и учебной литературой выбрать типы защит, устанавливаемых на объектах защищаемой электрической сети.

5. Провести расчет уставок и согласование характеристик отдельных защит между собой; оценить эффективность защит; составить их полные электрические принципиальные схемы.

6. Провести проверочные расчеты нагрузок измерительных трансформаторов тока и напряжения и, в случае необходимости, откорректировать принятые ранее решения.

7. Заключительным этапом проектирования является оформление пояснительной записки и графической части работы.

В объем выполняемой курсовой работы входит пояснительная записка со схемами защиты и автоматики в пределах 25-35 страниц.

Пояснительная записка представляет собой текстовую часть курсовой работы, оформленную в виде переплетенной брошюры.

Пояснительная записка начинается титульным листом, на котором указывается тема курсовой работы, фамилии и подписи руководителя и исполнителя. За титульным листом следует задание с исходными данными, оглавление, введение, основное содержание работы, заключение, список используемой литературы.

Схемы релейных защит и автоматики, а также однолинейные электрические схемы выполняются как в пояснительной записке, так и на отдельном листе (листах) формата А1-А3 с соблюдением действующих ГОСТов.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

В результате освоения дисциплины студенты сдают курсовую работу и экзамен.

Методические рекомендации для преподавателей

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в процессе подготовки бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника», ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывать содержание учебных вопросов необходимо с акцентированием внимания студентов на практическом применении рассматриваемых видов защит и автоматики в электроэнергетических системах, а также современных устройствах защиты и автоматики.

В ходе изложения лекционного материала следует приводить наиболее яркие и запоминающиеся примеры, задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать перечень задач, подлежащих решению во время практического занятия. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке к занятию, выполнению домашних заданий. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения, количество решаемых задач.

Целесообразно в ходе решения задач задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения глубины знаний по рассматриваемой теме. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку ответов каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

При подготовке к лабораторному занятию преподавателю необходимо ознакомиться с новейшими научными разработками, периодической печатью по тематике занятия для того, чтобы подчеркнуть важность изучаемых вопросов в области релейной защиты и автоматики, обозначить необходимость знания и понимания основополагающих теоретических вопросов, как базиса для последующих научных разработок и успешного освоения квалификации бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника». В начале занятия необходимо четко обозначить цель, требования к выполнению лабораторных работ, содержание отчета по лабораторной работе. По результатам выполнения лабораторных работ целесообразно задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью повышения глубины знаний по рассматриваемой теме. Вопросы необходимо построить таким образом, чтобы их содержание отражало наибольшим образом практическое применение рассматриваемых видов защит и автоматики с необходимостью теоретического обоснования. В конце занятия преподаватель должен ответить на вопросы студентов, обозначить наиболее важные выводы по тематике проводимого занятия.

После каждого лекционного, практического и лабораторного занятия необходимо сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Курсовая работа выполняется на тему: «Проектирование релейной защиты участка электрической сети» с вариацией заданий преподавателем.

Задание на курсовую работу: разработать защиту участка электрической сети, состоящего из нескольких линий электропередач и трансформаторных подстанций. Исходными данными служат однолинейные электрические схемы; основные параметры линий электропередач, трансформаторов, электрических нагрузок и их собственных защит.

Необходимо довести до обучающихся следующий алгоритм выполнения курсовой работы:

1. Тщательно изучить конфигурацию электрической сети, продумать варианты питания групп потребителей в нормальных и послеаварийных режимах работы электрической сети, предложить алгоритмы работы автоматических устройств для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в критических ситуациях. Глубина проработки данного вопроса в значительной степени определяет принимаемые далее решения.

2. Составить схемы замещения участка сети в различных режимах его работы, определить рабочие токи и выбрать сечения проводов линий электропередачи, рассчитать параметры схем замещения.

3. Рассчитать токи короткого замыкания для максимального режима работы энергосистемы. Для выбора типов и уставок защит, а также для проверки их чувствительности, необходимо знать значения токов в местах установки защит в нормальных эксплуатационных режимах и при коротких замыканиях (КЗ) в расчетных точках. Значения токов КЗ, соответствующие максимальному режиму, необходимы для выбора уставок защит, а значения токов КЗ в минимальном режиме рассматриваемой сети – для проверки чувствительности защит.

4. Руководствуясь нормативными документами и учебной литературой выбрать типы защит, устанавливаемых на объектах защищаемой электрической сети.

5. Провести расчет уставок и согласование характеристик отдельных защит между собой; оценить эффективность защит; составить их полные электрические принципиальные схемы.

6. Провести проверочные расчеты нагрузок измерительных трансформаторов тока и напряжения и, в случае необходимости, откорректировать принятые ранее решения.

7. Заключительным этапом проектирования является оформление пояснительной записки и графической части работы.

В объем выполняемой курсовой работы входит пояснительная записка со схемами защиты и автоматики в пределах 25-35 страниц.

Пояснительная записка представляет собой текстовую часть курсовой работы, оформленную в виде переплетенной брошюры.

Пояснительная записка начинается титульным листом, на котором указывается тема курсовой работы, фамилии и подписи руководителя и исполнителя. За титульным листом следует задание с исходными данными, оглавление, введение, основное содержание работы, заключение, список используемой литературы.

Схемы релейных защит и автоматики, а также однолинейные электрические схемы выполняются как в пояснительной записке, так и на отдельном листе (листах) формата А1-А3 с соблюдением действующих ГОСТов.

В результате освоения дисциплины студенты сдают курсовую работу и экзамен.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника.

Рабочую программу составил доцент Щеголев С.С.

Рецензент: доцент Рогова М.В.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Председатель учебно-методической комиссии профессор Кобзев Р.А.