

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по учебной работе _____ Г.Ю. Нагорная

« 28 » 03



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Уровень образовательной программы _____ бакалавриат _____

Направление подготовки _____ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника _____

Направленность (профиль) _____ Электроснабжение _____

Форма обучения _____ очная (заочная) _____

Срок освоения ОП _____ 4 года (4 года 9 месяцев) _____

Институт _____ Инженерный _____

Кафедра разработчик РПД _____ Электроснабжение _____

Выпускающая кафедра _____ Электроснабжение _____

Начальник _____
учебно-методического управления _____ Семенова Л.У.

Директор института _____ Клинецвич Р.И.

Заведующий выпускающей кафедрой _____ Джендубаев А.-З.Р.

Черкесск, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	5
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы	7
4.2 Содержание дисциплины.....	7
4.2.1 Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля	7
4.2.2 Лекционный курс.....	8
4.2.3 Лабораторный практикум.....	11
4.2.4 Практические занятия	12
4.3 Самостоятельная работа обучающегося.....	13
5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	16
5.1 Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям	16
5.2 Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям	17
5.3 Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям.....	18
5.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	19
6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	24
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7.1 Перечень основной и дополнительной литературы.....	25
7.2 Методические материалы	25
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение	26
Информационные технологии.....	26
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	28
8.1 Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий	28
8.2 Требования оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся.....	28
8.3 Требования специализированному оборудованию	28
9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	29
Приложение 1.....	30
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	31
Приложение 2. Аннотация рабочей программы.....	67

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины “Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем” являются:

- изучение принципов построения защиты электроэнергетических объектов от токов короткого замыкания, сверхтоков, различных ненормальных режимов;
- расчет и выбор уставок устройств релейной защиты и автоматики;
- выбор типовых систем релейной защиты объектов электроэнергетических сетей;
- изучение принципов работы и настройки цифровых и аналоговых реле защиты;
- разработка предложений по совершенствованию защиты электроэнергетических объектов промышленных предприятий;
- разработка предложений по повышению устойчивости функционирования устройств релейной защиты.

При этом задачами дисциплины являются:

- сформировать у обучающихся способность к анализу работы релейной защиты в электроэнергетических системах;
- научить обучающихся рассчитывать и выбирать релейную защиту в различных схемах электроснабжения.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1 Дисциплина “Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем” относится к базовой части Блока 1 Дисциплины (модули), имеет тесную связь с другими дисциплинами.

- Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий;
- Электрические станции и подстанции;
- Электробезопасность.

2.2 В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Теоретические основы электротехники	Преддипломная практика
2	Электротехническое и конструкционное материаловедение	Государственная итоговая аттестация
3	Электроэнергетические системы и сети	
4	Электроника	
5	Метрология	
6	Моделирование электротехнических устройств	
7	Коммутационные аппараты	
8	Электрические аппараты	

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции, обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки (специальности) и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП.

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1	ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<p>Знать: Современное программное обеспечение, законы и методы накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основы функционирования локальных и глобальных сетей Шифр З (ОПК-1)-4</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, предоставлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Шифр У (ОПК-1)-4</p> <p>Владеть: Навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Шифр В (ОПК-1)-4</p>
2	ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	<p>Знать: Знать устройство принцип действия, индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности измерения на индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности. Шифр З (ОПК-6)-4</p> <p>Уметь: Осуществлять и проводить измерения на индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности измерения на индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности. Шифр У (ОПК-6)-4</p>

			<p>Владеть: Навыками для осуществления и проведения измерений на индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности измерения на индукционных, современных цифровых, аналоговых измерительных приборах для измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности</p> <p>Шифр В (ОПК-6)-4</p>
2	ПК-1	Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	<p>Знать: Методологию разработки плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике Шифр: З (ПК-1)-4</p> <p>Уметь: Формулировать задачи и вопросы для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике Шифр: У (ПК-1)-4</p> <p>Владеть: Методикой проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-1)-4</p>
3	ПК-2	Способность обрабатывать результаты измерений	<p>Знать: Методы теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии Шифр: З (ПК-2)-4</p> <p>Уметь: Составлять план проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике и осуществлять обработку результатов экспериментов Шифр: У (ПК-2)-4</p> <p>Владеть: Навыками по составлению плана проведения исследования и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-2)-4</p>
5	ПК-4	Способность проводить обоснование проектных решений	<p>Знать: Основные технические и технико-экономические показатели, применяемые для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики Шифр: З (ПК-4)-4</p> <p>Уметь: Обосновывать принятие конкретного технического решения Шифр: У (ПК-4)-4</p> <p>Владеть: Практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-4)-4</p>
6	ПК-5	Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	<p>Знать: Основные законы теории электрических цепей релейной защиты и автоматики Шифр: З (ПК-5)-4</p> <p>Уметь: Определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики Шифр: У (ПК-5)-4</p> <p>Владеть: Навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-5)-4</p>

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		№ 7	№ 8
		часов	часов
1	2	3	4
Аудиторная контактная работа (всего)	108	70	38
В том числе:	-	-	-
Лекции (Л)	28	14	12
Практические занятия (ПЗ)	54	42	12
Лабораторные работы (ЛР)	26	14	12
Внеаудиторная контактная работа	4,5	2	2,5
В том числе:	4,5	2	2,5
индивидуальные и групповые консультации			
Самостоятельная работа обучающегося (СРО)** (всего)	67	36	31
Расчетно-графические работы (РГР)	12	6	6
Курсовая работа (КР)	8		8
Подготовка к лабораторным занятиям (ЛЗ)	16	10	8
Подготовка к занятиям (ПЗ)	23	16	7
Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	8	4	4
Промежуточная аттестация	Экзамен (Э)	(Э)72	(Э)36
	в том числе:		
	Прием экз., час.	1	0,5
	Консультация, час	4	2
	СРО, час	67	33,5
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	252	144
	зач. ед.	7	4

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестаций
			Л	ЛР	ПЗ	СРО	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр 7								

1	7	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты	4	4	4	4	16	входной контроль (устный опрос)
2		Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	2	4	10	8	24	текущий контроль (контрольный опрос)
3		Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	2	2	10	8	22	текущий контроль (контрольный опрос)
4		Дифференциальные токовые защиты	4	4	10	8	26	текущий контроль (контрольный опрос, РГР)
5		Дистанционные защиты	2	-	8	8	18	текущий контроль (контрольный опрос, РГР)
6		Внеаудиторная контактная работа	-	-	-	-	2	индивидуальные и групповые консультации
7		Промежуточная аттестация					36	Экзамен
		Итого 7 семестр		14	14	42	36	144
Семестр 8								
1	8	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	4	6	4	10	24	входной контроль (устный опрос)
2		Автоматизация систем электроснабжения промышленных предприятий	4	6	2	8	20	текущий контроль (контрольный опрос)
3		Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	2	-	4	8	16	текущий контроль (контрольный опрос)
4		Защита и автоматика специальных установок	2	-	2	5	9	текущий контроль (контрольный опрос, РГР).
5		Внеаудиторная контактная работа	-	-	-	-	2,5	индивидуальные и групповые консультации
6		Промежуточная аттестация					36	Экзамен
7								
		Итого 8 семестр		12	12	12	31	108
	Всего		28	26	54	67	252	

4.2.2 Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции				Всего часов

1	2	3	4	5
Семестр 7				
1	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты	Введение. Вторичные реле тока и напряжения косвенного действия. Промежуточные реле.	Назначение релейной защиты в системах электроснабжения (СЭС). Виды повреждений, выявляемых релейной защитой. Конструкция и область применения вторичных реле тока и напряжения. Промежуточные реле, назначение, конструкция, виды, область применения промежуточных реле.	2
		Аналоговые измерительные реле. Автоматические выключатели. Предохранители напряжением до и выше 1 кВ. Цифровые реле максимальной токовой защиты	Конструкция, назначение и область применения аналоговых измерительных реле. Принцип работы, виды, конструкция и область применения автоматических выключателей. Принцип работы, виды, конструкция и область применения предохранителей напряжение до и выше 1 кВ. Виды и область применения цифровых реле максимальной токовой защиты.	2
2	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	Защита электрических сетей напряжение до 1 кВ автоматическими выключателями. Защита электрических сетей напряжение до 1 кВ плавкими предохранителями.	Принцип действия токовых защит. Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ с помощью автоматических выключателей. Достоинства и недостатки применения автоматических выключателей в схема МТЗ. Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ с помощью предохранителей. Достоинства и недостатки применения предохранителей в схема МТЗ.	2
3	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	Основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты. Токовая отсечка. Максимальная токовая защита. Согласование защитных характеристик максимальных токовых защит.	Требования, предъявляемые к релейной защите: селективность, чувствительность, быстродействие, надежность, резервирование. Ток срабатывания токовых реле. МТЗ с выдержкой времени. Отличие токовой отсечки от МТЗ. Ток срабатывания отсечки. Время действия отсечки. Основные принципы согласования защитных характеристик максимальных токовых защит.	2
4	Дифференциальные токовые защиты	Дифференциальный принцип защиты элементов систем электроснабжения. Дифференциальная защита понижающих трансформаторов.	Назначение и виды дифференциальной защиты. Принцип действия дифференциальной защиты. Продольная дифференциальная защита, Поперечная дифференциальная защита. Мертвая зона защиты. Оценка продольной и поперечной дифференциальной защиты. Виды повреждений трансформаторов и типы используемых защит.	2
		Дифференциаль-	Виды повреждений асинхронных двигателей и ти-	2

		ная защита крупных асинхронных электродвигателей. Дифференциальная защита синхронных генераторов.	пы используемых защит. Особенности дифференциальных защит асинхронных электродвигателей. Виды повреждений синхронных генераторов и типы используемых защит. Особенности дифференциальных защит синхронных генераторов.	
5	Дистанционные защиты	Принцип построения дистанционных защит. Дистанционная защита линий электропередачи.	Принцип работы дистанционной защиты (ДЗ). Орган, определяющий расстояние до места КЗ. Реле сопротивления. Выдержка времени ДЗ. Выбор уставок ДЗ.	2
Итого 7 семестр				14
Семестр 8				
1	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	Автоматика и телемеханика систем электроснабжения	Назначение устройств автоматики и телемеханики в СЭС. Три группы устройств автоматики и телемеханики. Область применения устройств автоматики и телемеханики.	2
		Автоматическое включение резерва (АВР), виды АВР Автоматической повторное включение (АПВ) в системах электроснабжения	Основные требования к схемам АВР. АВР на подстанциях. Выбор уставок АВР. Классификация АПВ. Требования к устройствам АПВ. Время действия устройства АПВ. АПВ однократного действия. АПВ многократного действия.	2
2	Автоматизация систем электроснабжения промышленных предприятий	Использование АПВ и АВР в системах электроснабжения	АВР резервных линий. АВР собственных нужд подстанций и электростанций. АВР секционных выключателей на подстанции.	2
		Автоматическая частотная нагрузка (АЧР)	Назначение и область применения АЧР. «Лавина частоты» и «лавина напряжения» в СЭС. Выбор уставок АЧР.	2
		Особенности работы АЧР на подстанциях синхронными электродвигателями	Аварийные режимы и противоаварийная автоматика на подстанциях с СД. Особенности выполнения срелевой защиты на подстанциях с СД. Автоматика и защита на подстанциях с синхронными электродвигателями, оборудованными устройствами плавного пуска.	1
3	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	Принцип выполнения противоаварийной автоматики Делительные за-	Принцип работы делительной защиты. Назначение делительных защит. Делительная защита от потери питания узла с синхронной нагрузкой. Делительная защита минимального напряжения для отключения СД.	1

		щиты		
		Противоаварийная автоматика на малых электростанциях	Размещение и особенности выполнения устройств защиты и противоаварийной автоматики на малых электростанциях.	2
4	Защита и автоматика специальных установок	Защита и автоматика конденсаторных установок	Защита от многофазных КЗ. Защита от перегрузок. Защита от повышенного напряжения.	2
Итого 8 семестр				12
Всего				26

4.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты	Моделирование МТЗ линии электропередачи	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	4
2	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	Моделирование мгновенной токовой отсечки линии электропередачи	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	4
3	Принцип построения максимальной токовой защиты	Моделирование МТЗ радиальной электрической сети с односторонним питанием	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	2

	сетей выше 1 кВ			
4	Дифференциальные токовые защиты	Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	4
Итого 7 семестр				14
Семестр 8				
1	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	Автоматическое включение резервного питания нагрузки	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	6
2	Автоматизация систем электроснабжения промышленных предприятий	Автоматическое повторное включение линии электропередачи	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	6
Итого 8 семестр				12
Всего				26

4.2.4 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	Защита плавкими предохранителями	Требования к плавким предохранителям, их чувствительность и селективность. Выбор номинальных токов плавких вставок. Технические параметры предохранителей ПН2, НПН2, ПР2	4
		Защита расцепителями автоматических выключателей	Требования к автоматическим выключателям. Выбор номинальных токов автоматических выключателей и расцепителей. Технические параметры расцепителей автоматических выключателей А3100, А3700, ВА5000.	4
		Защита предохранителями и расцепителями автоматических выключателей и предохранителей.	Основные принципы согласования предохранителей и автоматических выключателей. Обеспечение селективности.	2
2	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей вы-	Токовые защиты от междофазных коротких замыканий	Выбор тока срабатывания максимальных токовых защит в заданной схеме. Проверка чувствительности защит при дальнем и ближнем резервировании.	4
		Токовые защиты от замыкания на землю в се-	Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты в заданной схеме с использо-	4

	ше 1 кВ	тах с изолированной нейтралью	ванием реле РТ-40.	
		Токовые направленные защиты	Выбор выдержки времени максимальных токовых направленных защит с независимой выдержкой времени в заданной схеме.	
3	Дифференциальные токовые защиты	Дифференциальная защита трансформатора	Сравнение двухрелейной и трехрелейной продольной дифференциальной защиты трансформатора.	4
			Расчет дифференциальной токовой отсечки трансформатора.	4
		Дифференциальная защита электродвигателей	Расчет продольной дифференциальной защиты двигателя.	2
4	Дистанционные защиты	Максимальная токовая направленная защита	Расчет максимальной и минимальной длины линии, защищаемую токовой отсечкой.	4
			Выбор выдержки времени максимальной токовой направленной защиты линии с двусторонним питанием.	2
Итого 7 семестр				42
Семестр 8				
1	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	Автоматическое повторное включение	Выбор и расчет трехфазного АПВ линии с двусторонним питанием	4
2	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	Устройства резервирования при отказе выключателя	Расчет устройства резервирования при отказе выключателя	2
3	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	Автоматический ввод резервного питания	Расчет уставок АВР. Реле однократного действия	4
4	Защита и автоматика специальных установок	Автоматическая частотная разгрузка	Расчет уставок АЧР	2
Итого 8 семестр				12
Всего				54

4.3 Самостоятельная работа обучающегося

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1	Современная	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к	2

	и классическая элементные базы устройств релейной защиты		выполнению разделов расчетно-графической работы.	
		1.2	Самостоятельное изучение материала по теме: «Конструкция электромагнитного реле». Самостоятельное изучение материала по теме: «Конструкцию индукционного реле на примере реле типа РТ-81».	2
2	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	2.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	4
		2.2	Выполнение задания по теме: «Современные виды предохранителей и автоматических выключателей». Выполнение задания по теме практического занятия: «Выбор номинальных токов автоматических выключателей». Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям.	4
3	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	3.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	2
		3.2	Самостоятельное изучение материала по теме: «Токовая направленная защита». Самостоятельное изучение материала по теме: «Токовая направленная защита нулевой последовательности». Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям.	6
4	Дифференциальные токовые защиты	4.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	2
		4.2	Самостоятельное изучение материала по теме: «Особенности реле дифференциальной защита ДЗТ-11». Выполнение задания по теме «Расчет и выбор номинальных токов плавких предохранителей». Самостоятельное изучение материала по теме: «Особенности реле дифференциальной защиты РСТ-15». Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям.	6
5	Дистанционные защиты	5.1	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	4
		5.2	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачками). Работа с электронными источниками.	4
Итого 7 семестр				36

Семестр 8

1	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов курсовой работы.	6
		1.2	Самостоятельное изучение материала по теме: «Экономическая эффективность систем автоматизации электроснабжения. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению разделов курсовой работы.	4
2	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	2.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов курсовой работы. Подготовка к практическим занятиям.	7
3	Противоаварийная автома-	3.1	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению разделов курсовой работы.	4

	тика систем электроснабжения	3.2	Самостоятельное изучение материала по теме: «Согласование действия устройств АВР, АПВ, АЧР».	4
4	Защита и автоматика специальных установок	4.1	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению разделов курсовой работы. Самостоятельное изучение материала по теме: «Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по напряжению сети и по току нагрузки». Выполнение задание по теме: «Расчет релейной защиты ЛЭП 10 кВ от КЗ и ненормальных режимов работы».	4
		4.2	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачками). Работа с электронными источниками.	5
Итого 8 семестр				34
Всего				70

5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1 Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться уже на самой лекции. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал - это необходимое условие для его понимания, но обучающемуся недостаточно только слушать лекцию. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов.

Однако, как бы внимательно обучающийся не слушал лекцию, большая часть информации вскоре после восприятия будет забыта. Поэтому необходимым условием является конспектирование лекции. Таким образом, на лекции обучающийся должен совместить два момента внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. При этом лекция не должна превращаться в урок-диктант. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию, конспектируйте только самое важное. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками.

Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам.

При конспектировании лекции необходимо обращать внимание обучающихся на ряд правил:

- Вести конспект необходимо в отдельной тетради, т. к. разрозненные листы, как правило, всегда теряются.
- Записи осуществлять максимально чётко и ясно, что бы в дальнейшем не возникла необходимость в «расшифровке» собственных записей.
- Увеличить скорость письма до 120 букв в минуту.
- При записи конспектов оставлять поля, для последующих пометок, в тексте выделять темы, разделы, ключевые моменты.
- В конспекте по возможности применять сокращения слов и условные знаки.

После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. От того насколько эффективно обучающийся это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать.

Перед каждой последующей лекцией рекомендуется просмотреть материал по предыдущей лекции. Опыт показывает, что предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

5.2 Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям

Подготовка к лабораторным занятиям и практикумам носит различный характер, как по содержанию, так и по сложности исполнения. Проведение задач энергетического обследования предполагает хорошее знание конструкции, принципа работы измерительных приборов, их возможностей, умение вносить своевременные поправки для получения более точных результатов, а также методики обработки результатов.

Многие лабораторные занятия требуют большой исследовательской работы, изучения дополнительной научной и специальной технической литературы. Прежде чем приступить к выполнению такой работы, обучающемуся необходимо ознакомиться обстоятельно с содержанием задания, уяснить его, оценить с точки зрения восприятия и запоминания все составляющие его компоненты. Это очень важно, так как при проработке соответствующего материала по конспекту лекции или по рекомендованной литературе могут встретиться определения, факты, пояснения, которые не относятся непосредственно к заданию. Обучающийся должен хорошо знать и понимать содержание задания, чтобы быстро оценить и отобрать нужное из читаемого. Далее, в соответствии со списком рекомендованной литературы, необходимо отыскать материал к данному заданию по всем пособиям.

Весь подобранный материал нужно хотя бы один раз прочитать или внимательно просмотреть полностью. По ходу чтения помечаются те места, в которых содержится ответ на вопрос, сформулированный в задании. Читая литературу по теме, обучающийся должен мысленно спрашивать себя, на какой вопрос задания отвечает тот или иной абзац прорабатываемого пособия. После того, как материал для ответов подобран, желательно хотя бы мысленно, а лучше всего устно или же письменно, ответить на все вопросы. В случае, если обнаружится пробел в знаниях, необходимо вновь обратиться к литературным источникам и проработать соответствующий раздел. Только после того, как преподаватель убедится, что обучающийся хорошо знает необходимый теоретический материал, что его ответы достаточно аргументированы и доказательны, можно считать обучающегося подготовленным к выполнению лабораторных работ.

Перед началом работы обучающийся должен ответить на контрольные вопросы преподавателя. При неудовлетворительных ответах обучающийся не допускается к проведению лабораторной работы. Однако он должен оставаться в лаборатории и повторно готовиться к ответу на контрольные вопросы. При успешной повторной сдаче, если до конца занятия остается достаточное количество времени, преподаватель может допустить обучающегося к выполнению работы, в противном случае обучающийся выполняет работу в дополнительное время.

При проведении измерений необходимо осознавать цель работы, точность, с которой нужно вести измерения, представлять себе правильно ли протекает эксперимент.

Лабораторная работа считается выполненной только в том случае, когда отчет по ней принят. Рекомендуется составлять отчет сразу после проведения работы, это позволит сократить трудозатраты на ее оформление и защиту.

Защита лабораторных работ должна происходить, как правило, в часы, отведенные на лабораторные занятия. Обучающийся может быть допущен к следующей лабораторной работе только в том случае, если у него не защищено не более двух предыдущих работ.

5.3 Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

В процессе подготовки и проведения практических занятий обучающийся закрепляют полученные ранее теоретические знания, приобретают навыки их практического применения, опыт рациональной организации учебной работы, готовятся к сдаче зачёта, зачета с оценкой.

В начале семестра обучающийся получают сводную информацию о формах проведения занятий и формах контроля знаний. Тогда же обучающегося предоставляется список тем лекционных и практических заданий, а также тематика рефератов. Каждое практическое занятие по соответствующей тематике теоретического курса состоит из вопросов для подготовки, на основе которых проводится устный опрос каждого обучающегося. Также после изучения каждого раздела обучающийся для закрепления пройденного материала:

- решают тесты, контрольные задачи;
- защищают реферативные работы по дополнительным материалам курса.

Поскольку активность обучающегося на практических занятиях является предметом внутрисеместрового контроля его продвижения в освоении курса, подготовка к таким занятиям требует от обучающегося ответственного отношения.

При подготовке к занятию обучающийся в первую очередь должны использовать материал лекций и соответствующих литературных источников. Самоконтроль качества подготовки к каждому занятию обучающийся осуществляют, проверяя свои знания и отвечая на вопросы для самопроверки по соответствующей теме.

Входной контроль осуществляется преподавателем в виде проверки и актуализации знаний обучающихся по соответствующей теме. Входной контроль осуществляется преподавателем проверкой качества и полноты выполнения задания.

Типовой план практических занятий:

- 1 Изложение преподавателем темы занятия, его целей и задач.
- 2 Выдача преподавателем задания обучающегося, необходимые пояснения.
- 3 Выполнения задания обучающегося под наблюдением преподавателя. Обсуждение результатов. Резюме преподавателя.
- 4 Общее подведение итогов занятия преподавателем и выдача домашнего задания.

Обучающийся при подготовке к практическому занятию может консультироваться с преподавателем и получать от него наводящие разъяснения.

5.4 Методические указания к курсовой работе

Курсовая работа является квалификационной работой студента и подводит итоги теоретической и практической подготовки студента по изучаемой дисциплине. При подготовке курсовой работы обучающийся должен показать свои способности и возможности по решению реальных проблем, используя полученные в процессе обучения знания. Методические указания позволяют обеспечить единство требований, предъявляемых к содержанию, качеству и оформлению курсового проекта.

Курсовая работа являются заключительным этапом изучения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». При его выполнении используются все знания, полученные обучающимися в ходе обучения; закрепляются навыки оформления результатов учебно-исследовательской работы; выявляются умения четко формулировать, и аргументировано обосновывать предложения и рекомендации по выбранной теме.

Выполнение курсовой работы предполагает консультационную помощь со стороны преподавателя.

В ходе выполнения курсовой работы обучающийся должен показать, в какой мере он овладел теоретическими знаниями и практическими навыками, в какой степени научился ставить научно-исследовательские проблемы, делать выводы и обобщать полученные результаты.

Подготовка курсовой работы имеет целью:

- закрепление навыков научного исследования
- овладение методикой исследования;
- углубление теоретических знаний в применении к конкретному исследованию по дисциплине "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем"

5.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме дисциплины обучающегося предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

При выполнении самостоятельной работы обучающегося следует:

- руководствоваться графиком проведения самостоятельной работы;
- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы.
- использовать при подготовке соответствующих нормативных документов СевКавГГТА (при утверждении таковых);
- при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

При выполнении самостоятельной работы по дисциплине обучающегося необходимо использовать основную и дополнительную литературу по дисциплине.

Темы и вопросы для самостоятельного изучения

1. Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания.
2. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты.
3. Однофазные замыкания в сетях с глухозаземленной и изолированной нейтралью.
4. Векторные диаграммы и расчет токов.
5. Конструкция и маркировка выводов трансформаторов тока.
6. Схемы замещения и векторные диаграммы трансформаторов тока.
11. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле.
12. Коэффициент схемы как фактор, влияющий на чувствительность защиты.
13. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе.

14. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек.
15. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе.
16. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит.
17. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания.
18. Токовая трехступенчатая защита.
19. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты.
20. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты.
21. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит.
22. Реле направления мощности.
23. Токовая направленная отсечка.
24. Схема трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе.
25. Выбор сопротивления срабатывания и оценка чувствительности дистанционной защиты. Выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты.
26. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ).
27. Газовая защита.
28. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит.
29. Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 35 кВ и 110-220 кВ.
30. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ.
31. Защиты генераторов. Особенности защит генераторов, работающих в блоке с трансформатором, и генераторов, работающих на сборные шины.

Контрольные вопросы для защиты практических задач

1. Газовая защита.
2. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит.
3. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит.
4. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания.
5. Газовая защита
6. Методы расчета токов короткого замыкания
7. Схемы включения трансформаторов напряжения, их погрешности, понятие коэффициента схемы.
8. Релейная защита трансформаторов. Понятие и виды.
9. Особенности релейной защиты высоковольтных электродвигателей.
10. Особенности релейной защиты низковольтных электродвигателей.
11. Характеристики плавких предохранителей, электротепловых и температурных реле
12. Виды повреждений, назначение и выполнение защиты сетей напряжением до 1 кВ.
13. Понятие АВР
14. Защиты от замыкания на землю, реагирующие на токи и напряжения нулевой последовательности установившегося режима.
15. Токовая отсечка. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.

Контрольные вопросы (самоконтроль)

7 Семестр

1. Назначение релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
2. Элементы и функциональные части релейной защиты и автоматики
3. Функции релейной защиты и автоматики и основные требования, предъявляемые к этим устройствам
4. Основные принципы действия релейной защиты и автоматики
5. Классификация реле.
6. Токовая отсечка. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
7. Максимальная токовая защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
8. Вторая ступень токовой защиты - токовая отсечка с выдержкой времени.
9. Токовая направленная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
10. Схемы включения реле направления мощности.
11. Принцип действия, основные органы и выбор параметров токовой направленной защиты и токовой направленной защиты нулевой последовательности.
12. Дистанционная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
13. Схемы и выбор параметров срабатывания дистанционной защиты.
14. Токовая ступенчатая защита, ее составляющие. Пример.
15. Назначение и виды дифференциальных защит.
16. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле РНТ-565.
17. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле ДЗТ-11.
18. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле РСТ-15.
19. Особенности и принцип действия полупроводниковых реле тока (на примере РСТ-80АВ)
20. Особенности и принцип действия индукционных реле тока (на примере РТ-80)
21. Особенности и принцип действия электромагнитных реле тока (на примере РТ-40)
22. Устройства автоматической частотной разгрузки. Принцип действия и основные требования.
23. Устройства автоматического повторного включения. Принцип действия и основные требования.
24. Устройства автоматического включения резерва. Принцип действия и основные требования.
25. Принцип действия и основные требования к автоматическим регуляторам возбуждения синхронных генераторов.
26. Регулирование напряжения и реактивной мощности в системах электроснабжения устройствами автоматического регулирования возбуждения.
27. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики.
28. Схемы включения трансформаторов тока, их погрешности, понятие коэффициента схемы.
29. Схемы включения трансформаторов напряжения, их погрешности, понятие коэффициента схемы.

30. Релейная защита трансформаторов. Понятие и виды.
31. Особенности релейной защиты высоковольтных электродвигателей.
32. Особенности релейной защиты низковольтных электродвигателей.
33. Насыщающиеся трансформаторы тока
34. Характеристики плавких предохранителей, электротепловых и температурных реле
35. Конструкции плавких предохранителей, электротепловых и температурных реле
36. Управляемые предохранители.
37. Жидкометаллические самовосстанавливающиеся предохранители.
38. Совместное действие токовой защиты и устройств автоматического повторного включения и автоматического включения резерва.
39. Принципы расчета защитных характеристик автоматических выключателей (серии А, ВА, «Электрон»)
40. Защиты от замыкания на землю, реагирующие на токи и напряжения нулевой последовательности установившегося режима.
41. Устройства системной противоаварийной автоматики.
42. Виды повреждений, назначение и выполнение защиты сетей напряжением до 1 кВ.
43. Устройства защитного отключения.
44. Защита и автоматика конденсаторных установок.
45. Особенности защиты и автоматики трансформаторов электропечных установок.
46. Особенности защиты и автоматики полупроводниковых преобразовательных агрегатов.
47. Защита и автоматика шин.
48. Особенности защиты генераторов напряжением до 1 кВ.
49. Особенности защиты генераторов напряжением выше 1 кВ.

8 семестр

1. Организация управления системой электроснабжения.
2. Экономическая эффективность систем автоматизации электроснабжения.
3. Элементы функциональные части и органы устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения .
4. Понятие АПВ.
5. АПВ линий.
6. Автоматическое повторное включение трансформаторов.
7. АПВ сборных шин;
8. АПВ электродвигателей напряжением ниже 1000 В.
9. АПВ асинхронных двигателей напряжением выше 1000 В.
10. АВР резервной линии; Автоматическое включение резервного трансформатора
11. Принципы построения АЧР.
12. Частотное АПВ.
13. Согласование действия устройств АВР, АПВ, АЧР.
14. Применение автоматической разгрузки по току.
15. Отклонения напряжения и его влияние на работу ЭП.
16. Причины возникновения отклонения напряжения сети.
17. Методы регулирования напряжения.
18. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по напряжению сети и по току нагрузки.
19. Регулирование мощности конденсаторных батарей по направлению реактивной мощности.

20. Регулирование мощности конденсаторных батарей по времени суток.
21. Регулирование мощности конденсаторных батарей по углу φ между напряжением сети и током нагрузки.
22. Регулирование мощности конденсаторных батарей по нескольким величинам.
23. Автоматическое управление статическими компенсаторами реактивной мощности.
24. Характерные режимы работы компенсированной сети.
25. Принципы построения и функциональные схемы систем автоматической компенсации емкостных токов.
26. Назначение и виды устройств телемеханики.
27. Принципы управления подстанциями.
28. Сигнализация и каналы связи.
29. Современные устройства телемеханики.
30. Назначение АСУ.
31. Принципы построения и структура АСУЭ.
32. Автоматические устройства управления режимами работы трансформаторов. Регистрация электрических процессов.

6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов
1	2	3	4	
1	7	Лекция «Аналоговые измерительные реле»	Лекция-визуализация.	2
2		Практическое занятие «Защита расцепителями автоматических выключателей».	Семинар-решение задач и упражнений на самостоятельность мышления.	2
3		Лекция «Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ автоматическими выключателями.»	Лекция-визуализация.	2
4		Практическое семинарское занятие «Токовые защиты от междуфазных коротких замыканий».	Семинар-решение задач и упражнений на самостоятельность мышления.	2
5		Лекция «Дифференциальный принцип защиты элементов систем электроснабжения.»	Лекция-визуализация.	2
6		Практическое занятие «Дифференциальная защита электродвигателей».	Семинар-решение задач и упражнений на самостоятельность мышления.	2
7		Лекция «Принцип построения дистанционных защит. Дистанционная защита линий электропередачи»	Лекция-визуализация.	2
		Итого 7 семестр		14
1	8	Лекция «Автоматика и телемеханика систем электроснабжения».	Лекция-визуализация.	2
2		Лекция «Использование АПВ и АВР в системах электроснабжения».	Лекция-визуализация.	2
3		Лекция «Принцип выполнения противоаварийной автоматики. Делительные защиты»	Лекция-визуализация.	2
4		Практическое занятие «Устройства резервирования при отказе выключателя»	Семинар-решение задач и упражнений на самостоятельность мышления.	4
5		Лекция «Защита и автоматика конденсаторных установок»	Лекция-визуализация.	2
		Итого 8 семестр		12
		Всего		26

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

2. Богданов, А.В. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Богданов, А.В. Бондарев. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 82 с. — 8-987-903550-43-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69913.html>
3. Соловьев, А.Л. Релейная защита городских электрических сетей 6 и 10 кВ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Л. Соловьев, М.А. Шабад. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Политехника, 2016. — 176 с. — 978-5-7325-1100-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59516.html>

Дополнительная литература:

1. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст]: учеб. пособие.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1991.- 496 с.
2. Гельфанд, Я.С. Релейная защита распределительных сетей [Текст]: учеб. пособие.- 2-е изд, перераб. и доп./ Я.С. Гельфанд- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 368 с.
3. Гуревич, В.И. Микропроцессорные реле защиты [Электронный ресурс]: устройство, проблемы, перспективы/ В.И. Гуревич. — Электрон. текстовые данные. — М.: Инфра-Инженерия, 2013. — 336 с. — 978-5-9729-0043-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13541.html>
4. Гуревич, В.И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения [Электронный ресурс]: настольная книга электротехника/ В.И. Гуревич. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. — 688 с. — 978-5-91359-086-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20929.html>
5. Дрозд, В.В. Релейная защита и автоматика в электрических сетях [Электронный ресурс]/. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, Альвис, 2012. — 632 с. — 978-5-904098-21-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22702.html>
6. Щеглов, А.И. Построение схем релейной защиты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Щеглов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 90 с. — 978-5-7782-1938-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45137.html>

7.2 Методические материалы

1. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: практикум для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Л.В.Черноусова. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018.-20 с.
2. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебно-методические рекомендации по выполнению курсовой работы для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Л.В.Черноусова. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018.-25 с.
- 3.Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебно-методические

рекомендации к самостоятельной работе для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Л.В.Черноусова. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018.-16 с.

4.Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: практикум для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Л.В.Черноусова. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018.-45 с.

5.Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебно-методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Л.В.Черноусова. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018.-21 с.

<http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам;

<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
Microsoft Azure Dev Tools for Teaching 1. Windows 7, 8, 8.1, 10 2. Visual Studio 2008, 2010, 2013, 2019 5. Visio 2007, 2010, 2013 6. Project 2008, 2010, 2013 7. Access 2007, 2010, 2013 и т. д.	Идентификатор подписчика: 1203743421 Срок действия: 30.06.2022 (продление подписки)
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Серийный № 8DVG-V96F-H8S7-NRBC Срок действия: с 20.10.2022 до 22.10.2023
Консультант Плюс	Договор № 272-186/С-23-01 от 20.12.2022 г.
Цифровой образовательный ресурс IPRsmart	Лицензионный договор №10423/23П от 30.06.2023 г. Срок действия: с 01.07.2023 до 01.07.2024
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

Информационные технологии

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

Лицензионное программное обеспечение:

ОС MS Windows XP, Windows 7 Professional - подписка Microsoft Imagine Premium.

Идентификатор подписчика: 1203743421. Статус: активно до 01.07.2020 г.:

MS Office 2013 (Open License: 61743639 от 02.04.2013. Статус: лицензия бессрочная).

Свободное программное обеспечение:

7zip, Foxit Reader, WinDjView, LibreOffice 3.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования

(выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС MS Windows XP, Windows 7 Professional - подписка Microsoft Imagine Premium.

Идентификатор подписчика: 1203743421. Статус: активно до 01.07.2020 г.:

MS Office 2013 (Open License: 61743639 от 02.04.2013. Статус: лицензия бессрочная).

Свободное программное обеспечение:

7zip, Foxit Reader, WinDjView, LibreOffice 3.

Учебная бесплатные версия:

Electronics Work Bench

3. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр:

Отдел обслуживания печатными изданиями.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС MS Windows 7 Professional (Open License: 61031505 от 16.10.2012. Статус: лицензия бессрочная)

MS Office 2010 (Open License: 61743639 от 02.04.2013 г. Статус: лицензия бессрочная);

Dr.Web Enterprise Security Suite(Антивирус) от 24.09.2018г. с/н: WH6Q-K21J-Q65V-1EL6.

Статус: активно до 26.09.2019 г.

Отдел обслуживания электронными изданиями.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС MS Windows Server 2008 R2 Standart (Open License: 64563149 от 24.12.2014г.);

ОС MS Windows 7 Professional (Open License: 61031505 от 16.10.2012. Статус: лицензия бессрочная)

ОС MS Windows XP Professional (Open License: 63143487 от 26.02.2014.

Статус: лицензия бессрочная)

MS Office 2010 (Open License: 61743639 от 02.04.2013 г. Статус: лицензия бессрочная);

Dr.Web Enterprise Security Suite(Антивирус) от 24.09.2018г. с/н: WH6Q-K21J-Q65V-1EL6.

Статус: активно до 26.09.2019 г.

Информационно-библиографический отдел.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС MS Windows Server 2008 R2 Standart (Open License: 64563149 от 24.12.2014г.);

MS Office 2010 (Open License: 61743639 от 02.04.2013 г. Статус: лицензия бессрочная);

Dr.Web Enterprise Security Suite(Антивирус) от 24.09.2018г. с/н: WH6Q-K21J-Q65V-1EL6.

Статус: активно до 26.09.2019 г.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:
 - набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: проектор, экран, ноутбук;
 - специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, доска ученическая, тумба кафедры.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:
 - технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: переносной проектор, переносной настенный экран, ноутбук, системный блок, монитор, плоттер, МФУ;
 - специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, стол компьютерный, доска ученическая.

3. Помещение для самостоятельной работы.
Библиотечно-издательский центр.
Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийное оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.
Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.
Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

8.2 Требования оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.
2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

8.3 Требования специализированному оборудованию

Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории:
Проектор Optoma X316 DLP(Full 3D) XGA(1024*768) 3200 ANSI Lm 2000 : 1, Composite RCA в комплекте настенный экран Screen Media Economy – 180*180 см Matte White 1:1 с Ноутбуком Aser Packard Bell TE 69 KB-65204 G 1 T Mnsk 15.6 “ a6-5200/4GB/1 Tb/DVD-RW/WiFi/ BT/ Cam/Win8.- 1 шт.
Лабораторное оборудование:
-Стенд для учебной лаборатории
«Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» РЗАСЭСК1-С-К(в комплекте с Ноутбуком Lenovo G 50).- 1 шт.
Учебно-наглядные пособия -
(Распределительный пункт подстанции , трансформаторы тока, шины, автоматические выключо-

чатели, разъединители, разрядники, защитное, измерительное и коммутационное оборудование подстанции.)

Специализированная мебель:

Стол ученический – 9 шт.

Стул ученический - 22 шт.

Стол преподавателя – 3 шт.

Стул-кресло мягкий преподавателя- 1 шт.

Стул мягкий преподавателя – 2 шт.

Сейф- 1 шт.

Книжный шкаф-1 шт.

10-дверный железный шкаф – 1 шт.

Блок силовой 380/220- 1 шт.

Учебно-наглядные пособия -

Жалюзи вертикальные-3шт.

9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического разви-

тия и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая ака-
демия»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
«__» _____ 20__ г.,
протокол № ____

Зав. кафедрой _____ (подпись)
Джендубаев А.З.Р.(ФИО)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Релейная защита и автоматизация электроэнергети-
ческих систем

Уровень основной образовательной программы

бакалавриат

Направление подготовки (специальность)

13.03.02. Электроэнергетика и элек-
тротехника

Направленность (профиль)

Электроснабжение

Форма обучения очная

Институт (факультет)

Строительства и электроэнергетики

Кафедра

Электроснабжение

Разработчик:

Старший преподаватель кафедры
«Электроснабжения»

М.Б. Муртазов

Черкесск 2023 г.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

1 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК-6	Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности
ПК-1	Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике
ПК-2	Способность обрабатывать результаты измерений
ПК-4	Способность проводить обоснование проектных решений
ПК-5	Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности

2 Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающегося дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающегося необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающегося.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)					
	ОПК-1	ОПК-6	ПК-1	ПК-2	ПК-4	ПК-5
Семестр 7						
Раздел 1. Тема 1. Введение. Вторичные реле тока и напряжения косвенного действия. Промежуточные реле.	+				+	+
Раздел 1. Тема 2. Аналоговые измерительные реле. Автоматические выключатели. Предохранители напряжением до и выше 1 кВ. Цифровые реле максимальной токовой защиты	+	+	+	+		+
Раздел 2. Тема 1. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ автоматическими выключателями. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ плавкими предохранителями.		+	+	+	+	
Раздел 3. Тема 1. Основные требо-		+	+	+		

вания, предъявляемые к устройствам релейной защиты. Токовая отсечка. Максимальная токовая защита. Согласование защитных характеристик максимальных токовых защит.						
Раздел 4. Тема 1. Дифференциальный принцип защиты элементов систем электроснабжения. Дифференциальная защита понижающих трансформаторов.		+	+	+	+	
Раздел 4. Тема 2. Дифференциальная защита крупных асинхронных электродвигателей. Дифференциальная защита синхронных генераторов.	+	+			+	
Раздел 5. Тема 1. Принцип построения дистанционных защит. Дистанционная защита линий электропередачи.		+	+	+	+	
Семестр 8						
Раздел 1. Тема 1. Автоматика и телемеханика систем электроснабжения	+				+	
Раздел 1. Тема 2. Автоматическое включения резерва (АВР), виды АВР Автоматическое повторное включение (АПВ) в системах электроснабжения	+	+	+	+	+	
Раздел 2. Тема 1. Использование АПВ и АВР в системах электроснабжения		+	+	+	+	
Раздел 2. Тема 2. Автоматическая частотная нагрузка (АЧР)	+				+	+
Раздел 2. Тема 3. Особенности работы АЧР на подстанциях с синхронными электродвигателями					+	+
Раздел 3. Тема 1. Принцип выполнения противоаварийной автоматики Делительные защиты	+	+	+	+	+	
Раздел 3. Тема 2. Противоаварийная автоматика на малых электростанциях			+	+	+	
Раздел 4. Тема 1. Защита и автоматика конденсаторных установок	+	+			+	+

3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

ОПК-1 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологии

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p>Знать: Современное программное обеспечение, законы и методы накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основы функционирования локальных и глобальных сетей Шифр З (ОПК-1)-9</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, предоставлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий Шифр У (ОПК-1)-9</p> <p>Владеть: Навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Шифр В (ОПК-1)-9</p>	<p>Не знает современное программное обеспечение, законы и методы накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основы функционирования локальных и глобальных сетей Не умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, предоставлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий Не владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p>	<p>Демонстрирует частичные знания современного программного обеспечения, законов и методов накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основ функционирования локальных и глобальных сетей При выполнении поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных и предоставлении информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий допускает существенные ошибки. Владеет отдельными навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p>	<p>Демонстрирует знания современного программного обеспечения, законов и методов накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основ функционирования локальных и глобальных сетей При выполнении поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных и предоставлении информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий допускает несущественные ошибки. Владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p>	<p>Демонстрирует отличные знания современного программного обеспечения, законов и методов накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основ функционирования локальных и глобальных сетей При выполнении поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных и предоставлении информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий не допускает ошибки. Владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий в полном объеме.</p>	Устный опрос, РГР тестирование	Экзамен

ПК-1 Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p>Знать: Методологию разработки плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике Шифр: З (ПК-1)-4</p> <p>Уметь: Формулировать задачи и вопросы для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике Шифр: У (ПК-1)-4</p> <p>Владеть: Методикой проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-1)-4</p>	<p>Допускает существенные ошибки при разработке плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике. Не знает задачи и вопросы для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике. Не владеет методикой проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует частичные знания при разработке плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике. При составлении задач и вопросов для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике допускает существенные ошибки. Владеет отдельными методами проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует знания при разработке плана экспериментальных исследований, но допускает ошибки при их проведении и анализе в релейной защите и автоматике. Не в полной мере демонстрирует умения в составлении задач и вопросов для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике. Владеет методами проведения экспериментальных исследований, но допускает ошибки при оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует знания и способности при разработке плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике. Знает задачи и вопросы для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике. Владеет методикой проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Устный опрос, РГР тестирование</p>	<p>Экзамен</p>

ПК-2 Способность обрабатывать результаты измерений

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p>Знать: Методы теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии Шифр: З (ПК-2)-4</p> <p>Уметь: Составлять план проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике и осуществлять обработку результатов экспериментов Шифр: У (ПК-2)-4</p> <p>Владеть: Навыками по составлению плана проведения исследований и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-2)-4</p>	<p>Не знает методы теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии. Не умеет составлять план проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике и осуществлять обработку результатов экспериментов. Не владеет навыками по составлению плана проведения исследований и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует частичные знания методов теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии. При составлении плана проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике допускает существенные ошибки. Владеет отдельными навыками по составлению плана проведения исследований и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует знания методов теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, но не владеет основами математической статистики, теории вероятностей, метрологии. Демонстрирует умение в составлении плана проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике, но не в полной мере осуществляет обработку результатов экспериментов. Владеет навыками по составлению плана проведения исследований, но допускает ошибки при обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Демонстрирует знания о методах теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии. Готов и умеет составлять план проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике и осуществлять обработку результатов экспериментов. Демонстрирует владение навыками по составлению плана проведения исследований и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике</p>	<p>Устный опрос, РГР тестирование</p>	<p>Экзамен</p>

ПК-4 Способность проводить обоснование проектных решений

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p>Знать: Основные технические и технико-экономические показатели, применяемые для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики Шифр: З (ПК-4)-4</p> <p>Уметь: Обосновывать принятие конкретного технического решения Шифр: У (ПК-4)-4</p> <p>Владеть: Практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-4)-4</p>	<p>Не знает основные технические и технико-экономические показатели, применяемые для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики. Не умеет обосновывать принятие конкретного технического решения. Не владеет практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики.</p>	<p>Демонстрирует частичные знания об основных технических и технико-экономических показателях, применяемых для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики. При проведении обоснования принятия конкретного технического решения допускает существенные ошибки. Частично владеет практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики.</p>	<p>Демонстрирует знания об основных технических показателях, но допускает ошибки в технико-экономических показателях, применяемых для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики. При проведении обоснования принятия конкретного технического решения допускает несущественные ошибки. Владеет практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики.</p>	<p>Демонстрирует знания об основных технических и технико-экономических показателях, применяемых для обоснования технических решений в области релейной защиты и автоматики. При проведении обоснования принятия конкретного технического решения не допускает ошибки. Владеет практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики.</p>	<p>Устный опрос, РГР тестирование</p>	<p>Экзамен</p>

ПК-5 Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p>Знать: Основные законы теории электрических цепей релейной защиты и автоматики Шифр: З (ПК-5)-4</p> <p>Уметь: Определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики Шифр: У (ПК-5)-4</p> <p>Владеть: Навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-5)-4</p>	<p>Не знает основные законы теории электрических цепей релейной защиты и автоматики. Не умеет определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики. Не владеет навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики</p>	<p>Демонстрирует частичные знания законов теории электрических цепей релейной защиты и автоматики. Умеет определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики, но допускает существенные ошибки. Владеет отдельными навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики</p>	<p>Демонстрирует знания законов теории электрических цепей релейной защиты и автоматики, но допускает несущественные ошибки. Умеет определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики, но допускает несущественные ошибки. Владеет навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики</p>	<p>Знает основные законы теории электрических цепей релейной защиты и автоматики. Умеет определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики. Владеет навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики</p>	<p>Текущий контроль</p> <p>Устный опрос, РГР тестирование</p>	<p>Промежуточная аттестация</p> <p>Экзамен</p>

4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра Электроснабжение

по дисциплине Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Комплект задания для расчетно-графической работы

Семестр 7

1. Проектирование релейной защиты и автоматики участка сети 10 кВ промышленного предприятия

Рассмотрим наиболее простой случай, когда требуется спроектировать релейную защиту и автоматику на участке сети промышленного предприятия. Схема рассматриваемого участка приведена на рисунке 2.1.

На рисунке 1.1 показано, что к шинам центрального распределительного пункта (ЦРП) через высоковольтный выключатель Q1 подключается кабельная линия (фидер), выполненная кабелем ААБ 3х50. Длина кабельной линии 0,5 км. От кабельной линии получает питание понижающий цеховой трансформатор Т, типа ТМГ-1000/10 со схемой соединения обмоток Δ/Ун-11. Присоединение трансформатора к линии – глухое. Со стороны 0,38 кВ трансформатора установлен вводной автоматический выключатель типа «Электрон». Трансформатор Т может работать в режиме резервирования нагрузки соседней секции II (которая условно показана штриховой линией), при этом параллельная работа двух трансформаторов секций I и II исключается.

Для использования схемы рисунке 2.1 в качестве расчётной наносим на неё такие данные как сопротивление системы, удельные сопротивления кабельной линии, напряжение КЗ и потери КЗ цехового трансформатора. При помощи этих данных вычисляем максимальные и минимальные токи КЗ в характерных точках сети, величины этих токов также наносим на схему, в числителе приводим величину наибольшего тока трёхфазного КЗ, а в знаменателе величину наименьшего тока двухфазного КЗ. Токи КЗ приводим к напряжению 10 кВ, при этом рассчитывается периодическая составляющая тока КЗ в момент времени $t=0с$.

Расчёт токов междуфазных коротких замыканий. Вначале определим сопротивления (приведённые к 10 кВ) элементов схемы замещения, которая вследствие её элементарности не приводится.

Трансформатор Т. Активное сопротивление:

$$r_T = \frac{P_K U_{НОМ.Т}^2}{S_{НОМ.Т}^2} = \frac{12000 \cdot 10,5^2}{1000^2} = 1,32 \text{ Ом,}$$

здесь P_K - потери КЗ трансформатора в Вт, $S_{НОМ.Т}$ - номинальная полная мощность в кВА, и $U_{НОМ.Т}$ – наибольшее рабочее напряжение трансформатора соответствующее среднему напряжению источника питания для расчёта токов КЗ, кВ.

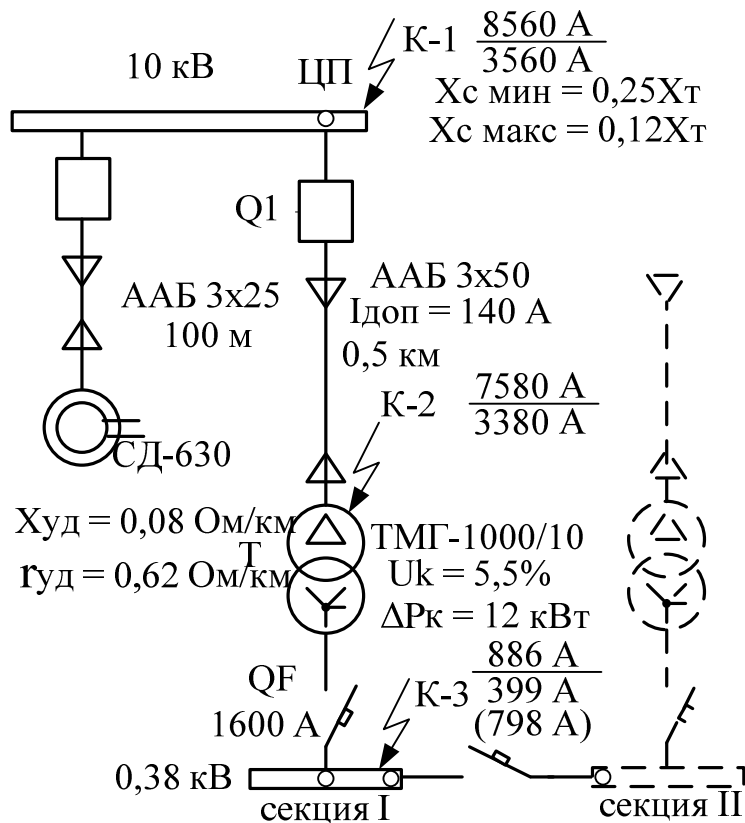


Рисунок 1.1 - Схема участка сети промышленного предприятия

Индуктивное сопротивление:

$$X_T = \sqrt{U_K^2 - \left(\frac{100P_K}{S_{НОМ.Т}}\right)^2} \cdot \frac{10 U_{НОМ.Т}^2}{S_{НОМ.Т}} = \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 12}{1000}\right)^2} \cdot \frac{10 \cdot 10,5^2}{1000} = 5,9 \text{ Ом,}$$

здесь U_K -напряжение КЗ в %, P_K -потери КЗ, но уже в кВт.

Сопротивления кабельной линии:

$$X_{кл} = X_{уд} \cdot l = 0,08 \cdot 0,5 = 0,04 \text{ Ом,}$$

$$R_{кл} = R_{уд} \cdot l = 0,62 \cdot 0,5 = 0,31 \text{ Ом,}$$

где $X_{уд}$ и $R_{уд}$ -удельное индуктивное и активное сопротивления (Ом/км) кабельной линии.

Индуктивное сопротивление системы в минимальном и максимальном режимах, заданное в долях от индуктивного сопротивления понижающего трансформатора:

$$X_{с.мин} = 0,25X_T = 0,25 \cdot 5,9 = 1,48 \text{ Ом,}$$

$$X_{с.макс} = 0,12X_T = 0,12 \cdot 5,9 = 0,71 \text{ Ом.}$$

Максимальный ток трёхфазного КЗ в точке К-1:

$$I_{к1макс}^{(3)} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma к1макс}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,71} = 8,5 \text{ кА,}$$

здесь $Z_{\Sigma к1макс} = X_{с.макс} = 0,71 \text{ Ом.}$

Минимальный ток двухфазного КЗ в точке К-1:

$$I_{к1мин}^{(2)} = \frac{U_{ср}}{2 \cdot Z_{\Sigma к1мин}} = \frac{10,5}{2 \cdot 1,48} = 3,55 \text{ кА,}$$

здесь $Z_{\Sigma к1мин} = X_{с.мин} = 1,48 \text{ Ом.}$

Аналогично находятся токи междуфазных КЗ в точках К-2 и К-3.

Максимальный ток трёхфазного КЗ в точке К-2:

$$I_{к2\max}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma к2\max}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,8} = 7,58 \text{ кА},$$

$$\text{где } \dot{Z}_{\Sigma к2\max} = r_{\text{кл}} + jx_{\text{кл}} + jx_{\text{с.макс}} = 0,31 + j0,04 + j0,71 = 0,31 + j0,75 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma к2\max} = \sqrt{0,31^2 + 0,75^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

Минимальный ток двухфазного КЗ в точке К-2:

$$I_{к2\min}^{(2)} = \frac{U_{\text{ср}}}{2 \cdot Z_{\Sigma к2\min}} = \frac{10,5}{2 \cdot 1,55} = 3,38 \text{ кА},$$

$$\text{где } \dot{Z}_{\Sigma к2\min} = r_{\text{кл}} + jx_{\text{кл}} + jx_{\text{с.мин}} = 0,31 + j0,04 + j1,48 = 0,31 + j1,52 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma к2\min} = \sqrt{0,31^2 + 1,52^2} = 1,55 \text{ Ом}.$$

Максимальный ток трёхфазного КЗ в точке К-3, приведённый к стороне 10 кВ:

$$I_{к3\max}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma к3\max}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 6,85} = 0,885 \text{ кА},$$

$$\dot{Z}_{\Sigma к3\max} = r_{\text{кл}} + jx_{\text{кл}} + r_{\text{т}} + jx_{\text{т}} + jx_{\text{с.макс}} = 0,31 + j0,04 + 1,32 + j5,9 + j0,71 = 1,63 + j6,65 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma к3\max} = \sqrt{1,63^2 + 6,65^2} = 6,85 \text{ Ом}.$$

Минимальный ток двухфазного КЗ в точке К-3, приведённый к стороне 10 кВ. В двух фазах:

$$I_{к3\min}^{(2)} = \frac{U_{\text{ср}}}{2\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma к3\min}} = \frac{10,5}{2\sqrt{3} \cdot 7,6} = 0,399 \text{ кА}.$$

В одной фазе:

$$I_{к3\min}^{(2)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma к3\min}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 7,6} = 0,798 \text{ кА},$$

$$\dot{Z}_{\Sigma к3\min} = r_{\text{кл}} + jx_{\text{кл}} + r_{\text{т}} + jx_{\text{т}} + jx_{\text{с.мин}} = 0,31 + j0,04 + 1,32 + j5,9 + j1,48 = 1,63 + j7,42 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma к3\min} = \sqrt{1,63^2 + 7,42^2} = 7,6 \text{ Ом}.$$

Учёт подпитки места КЗ синхронных и асинхронных двигателей

Синхронные двигатели.

Начальный сверхпереходный ток от синхронного двигателя определяется по формуле:

$$I_{\text{с.д}}^{//} = \frac{E_{*н.д}^{//}}{\sqrt{(x_{*н.д}^{//} + x_{*вн})^2 + r_{*вн}^2}} \cdot I_{н.д},$$

где внешние сопротивления $x_{*вн}$ и $r_{*вн}$ приведены к номинальной мощности двигателя; приведение производится по формуле:

$$x_{*вн} = x_{вн} \cdot \frac{S_{нд}}{U_{\text{ср}}^2};$$

$$r_{*вн} = r_{вн} \cdot \frac{S_{нд}}{U_{\text{ср}}^2},$$

где $x_{вн}$ и $r_{вн}$ - в Омах; $S_{нд}$ - номинальная мощность двигателя, МВА; U_{cp} - среднее номинальное напряжение электрической ступени, кВ.

Значения $E_{*нд}^{//}$ принимаются равными:

- для недозвужденного синхронного двигателя 0.9;
- для перевозвужденного синхронного двигателя 1.1.

Начальный сверхпереходный ток от синхронного двигателя 630 кВт, где $x_{*нд}^{//} = 0,15$,
 $x_{*вн} = 1,81$, $r_{*вн} = 0,075$ [4]

$$I_{с.д}^{//} = \frac{1,1}{\sqrt{(0,15 + 1,81)^2 + 0,075^2}} \cdot 42,72 = 23,9 \text{ А}$$

$$I_{ном сд} = \frac{P_{ном сд}}{\sqrt{3} U_{ном} \cos \varphi \eta} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,946} = 42,72 \text{ А}$$

Максимальный ток короткого замыкания в точке К1 $I_{к1макс}^{(3)} = 8500 \text{ А}$,
 $8500 \text{ А} \gg 42,72 \text{ А}$, следовательно, подпитку СД можно не учитывать.

Асинхронные двигатели

Подпитка от асинхронных двигателей учитывается только при их суммарной мощности $S_{нс} > 1000 \text{ кВт}$ и если они находятся в непосредственной близости от места КЗ, причём влияние асинхронных двигателей учитывается только в ударном токе КЗ, поскольку ток КЗ от асинхронных двигателей затухает весьма быстро (в течение периодов). Следовательно, в нашем расчете подпитку от АД не учитываем.

Выбор схемы соединения измерительных трансформаторов тока (ТТ), и конкретного типа защитного устройства.

Принимаем к установке микропроцессорное реле защиты «Орион-РТЗ», так как целесообразным является использование функции АПВ, которая заложена в алгоритм этого устройства. Устройство «Орион-РТЗ» подключается к выключателю по схеме дешунтирования реле тока мгновенного действия (РТМ), установленного в приводе выключателя. Схема соединения трансформаторов тока (ТТ) – неполная звезда с трансформаторами тока в фазах А и С рисунок 2.2. Коэффициент трансформации ТТ принимаем с запасом равным 200/5. Аварийное отключение выключателя Q1 осуществляется по средствам дешунтирования реле РТМ при помощи устройства «Орион-РТЗ», схема также приведена на рисунке 1.2.

Устройство защиты располагается в непосредственной близости от выключателя поэтому в расчётах, в соответствии общепринятой проектной практикой, можно принять сопротивление контрольного кабеля от ТТ до устройства защиты равным 0,05 Ом.

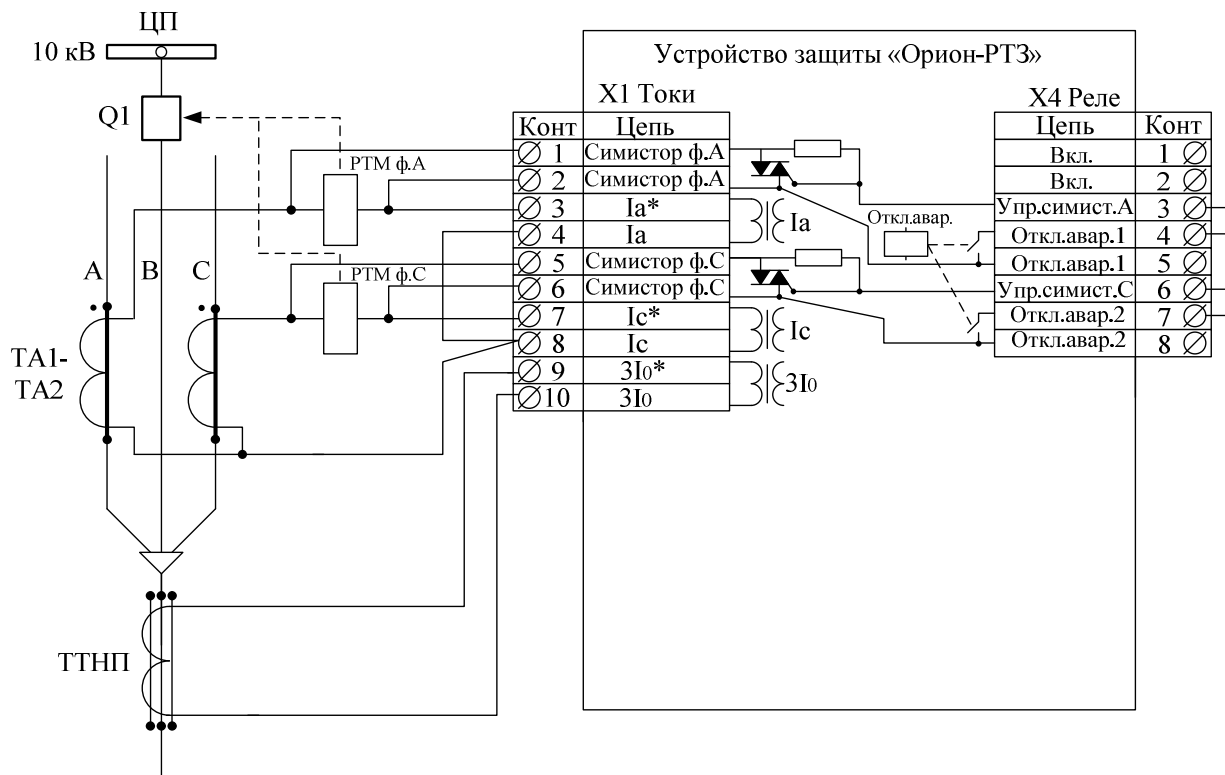


Рисунок 2.2 - Схема включения измерительных трансформаторов тока и цепей аварийного отключения высоковольтного выключателя от устройства защиты «Орион-РТЗ»

2. Расчёт уставок релейной защиты от междуфазных КЗ.

Ток срабатывания токовой отсечки. По условию отстройки от трёхфазного КЗ за трансформатором в максимальном режиме работы энергосистемы:

$$I_{с.о.} \geq k_{отс} I_{кз\max}^{(3)} = 1,15 \cdot 885 = 1018 \text{ A},$$

$k_{отс} = 1,15$ – коэффициент отстройки токовой отсечки цифровых защит (для аналоговых защит $k_{н} = 1,25$).

По условию отстройки от броска намагничивающего тока защищаемого трансформатора:

$$I_{с.о.} \geq k_{н} I_{б.т.н.} = 1,15 \cdot 8 \cdot 58 = 534 \text{ A},$$

где $I_{б.т.н.} = 8 \cdot I_{ном.т}$ – действующее значение броска тока намагничивания, А.

Принимаем большее значение $I_{с.о.} = 1018 \text{ A}$. Чувствительность токовой отсечки в месте её установки к минимальным двухфазным КЗ:

$$k_{с.о.мин}^{(2)} = \frac{I_{кл\min}^{(2)}}{I_{с.о.}} = \frac{3550}{1018} = 3,5 > 2,$$

чувствительность отсечки обеспечена.

В алгоритм действия защиты подлежит вводу значение тока срабатывания отсечки во вторичной величине, т.е.

$$I_{с.о.р.орион} = \frac{k_{сх} I_{с.о.}}{n_{тт}} = \frac{1 \cdot 1018}{200/5} = 25,45 \text{ A},$$

где $k_{сх} = 1$ – коэффициент схемы для соединения трансформаторов тока (ТТ) в полную или

неполную звезду (при соединении ТТ в треугольник или на разность токов двух фаз $k_{сх} = \sqrt{3}$); $n_{ТТ} = 200/5$ – номинальный коэффициент трансформации измерительных ТТ. Время срабатывания ступени отсечки, для уменьшения размеров возможных повреждений защищаемого оборудования, принимаем равным $t_{с.о.} = 0,05$ с. Блокировку отсечки по второй гармонике не используем, так как ток её срабатывания выбран значительно большим, чем наибольший возможный бросок тока намагничивания.

Ток срабатывания ступени МТЗ. По условию отстройки от наибольшего рабочего тока защищаемого присоединения:

$$I_{с.з.} \geq \frac{k_{отс} k_{сзп}}{k_{в}} I_{ном.т} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,9} 58 = 177 \text{ А,}$$

здесь $k_{отс} = 1,1$ - коэффициент отстройки ступени МТЗ цифровых защит (для аналоговых защит $k_{отс} = 1,25$); $k_{сзп} = 2,5$ - коэффициент самозапуска питаемой от трансформатора нагрузки; $k_{в} = 0,9$ - коэффициент возврата устройства «Орион-РТЗ».

По условию отстройки от наибольшего рабочего тока присоединения в режиме резервирования секции II:

$$I_{с.з.} \geq k_{отс} (k_{сзп} k_{з} I_{ном.т} + k_{з} I_{ном.т}) = 1,1(2,5 \cdot 0,7 \cdot 58 + 0,7 \cdot 58) = 156 \text{ А,}$$

где $k_{з} = 0,7$ - номинальный коэффициент загрузки трансформатора защищаемого присоединения.

Для облегчения согласования защиты «Орион-РТЗ» со стороны 10 кВ с защитой 0,4 кВ в виде автоматического вводного выключателя, в данном случае целесообразно отстроить ток срабатывания ступени МТЗ от тока срабатывания отсечки автоматического выключателя 0,4 кВ. Ток срабатывания отсечки автомата, приведённый к стороне 10 кВ, равен:

$$I_{с.о.авт.} = \frac{3 I_{ном.авт.}}{k_{т}} = \frac{3 \cdot 1600}{25} = 192 \text{ А,}$$

где $I_{ном.авт.} = 1600 \text{ А}$ - номинальный ток вводного автоматического выключателя; $k_{т}$ - коэффициент трансформации защищаемого силового трансформатора.

Тогда ток срабатывания ступени МТЗ по условию отстройки от ступени отсечки автоматического выключателя:

$$I_{с.з.} \geq k_{отс} I_{с.о.авт.} = 1,1 \cdot 192 = 211 \text{ А}$$

Окончательно принимаем большее значение $I_{с.з.} = 211 \text{ А}$. Чтобы МТЗ защищала от перегрузки и измерительные ТТ, следует выбрать ТТ с большим коэффициентом трансформации, поэтому были приняты ТТ типа ТПЛ 200/5.

В устройство защиты вводим ток срабатывания ступени МТЗ равный:

$$I_{с.мтз.р.орион} = \frac{k_{сх} I_{с.з.}}{n_{ТТ}} = \frac{1 \cdot 211}{200/5} = 5,28 \text{ А.}$$

Проверим чувствительность ступени МТЗ реле «Орион-РТЗ» к двухфазным КЗ на стороне 0,4 кВ в минимальном режиме:

$$k_{мин}^{(2)} = \frac{I_{кзмин}^{(2)}}{I_{с.з.}} = \frac{399}{211} = 1,9 \approx 2.$$

Таким образом, чувствительность МТЗ реле «Орион-РТЗ» достаточна в случае возникновения самого неблагоприятного случая КЗ (при однофазном КЗ на землю со стороны 0,4 кВ ток КЗ со стороны 10 кВ будет выше, чем при двухфазном КЗ, в связи с тем, что схема соединения обмоток трансформатора $\Delta/Y-n-11$).

Рассчитаем ток срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ).

Собственный ёмкостный ток защищаемого фидера равен:

$$I_{с.фид.} = I_{с.уд.} l = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ А,}$$

где $I_{с.уд.}$ -удельный ёмкостный ток (А) для кабелей 10 кВ сечением 50 мм², определяется по справочным данным, l -длина кабельной линии, км.

Ток срабатывания защиты от ОЗЗ:

$$I_{с.з.озз} \geq k_n k_{бр} I_{с.фид.} = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,96 \text{ А,}$$

здесь $k_n = 1,2$ -коэффициент надёжности; $k_{бр} = 2$ -коэффициент броска ёмкостного тока при использовании цифровых защит.

В реле вводим значение тока срабатывания от ОЗЗ:

$$I_{с.з.озз \text{ орион}} = \frac{I_{с.з.озз}}{n_{ТТП}} = \frac{0,96}{30} = 0,032 \text{ А,}$$

где $n_{ТТП}$ -номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности (ТТП).

Проверка измерительных трансформаторов тока на 10% полную погрешность. Проверим измерительные трансформаторы тока на полную 10% погрешность. Расчётная нагрузка на трансформаторы тока в случае трёхфазного КЗ в сети 10 кВ составит:

$$Z_{н.расч.} = \sqrt{3}r_{пр} + z_{р.орион} + r_{пер} = \sqrt{3} \cdot 0,05 + 0,4 + 0,1 = 0,59 \text{ Ом,}$$

здесь $r_{пр} = 0,05 \text{ Ом}$ -сопротивление контрольных кабелей; $z_{р.орион} = 0,4 \text{ Ом}$ -сопротивление входных токовых цепей реле «Орион-РТЗ» с цепями дешунтирования, $r_{пер} = 0,1 \text{ Ом}$ -переходное сопротивление контактов и т.д.

В случае двухфазного КЗ расчётная нагрузка на ТТ увеличится и составит:

$$Z_{н.расч.} = 2r_{пр} + z_{р.орион} + r_{пер} = 2 \cdot 0,05 + 0,4 + 0,1 = 0,6 \text{ Ом.}$$

Наибольшее допустимое сопротивление вторичных цепей трансформаторов тока при предельной кратности тока равной

$$k_{10} = \frac{1,1I_{с.з.}}{I_{номТТ}} = \frac{1,1 \cdot 1018}{200} = 5,6, \text{ составляет}$$

$Z_{доп} \approx 1,8 \text{ Ом}$ (определяется из справочных данных по кривым предельной кратности). Так как $Z_{н.расч.} < Z_{доп}$, то ТТ работают с полной погрешностью менее 10%.

В режиме дешунтирования $Z_{н.расч.}$ увеличивается на величину сопротивления реле РТМ, однако сопротивление этого реле в целом не превышает 1 Ом, поэтому $Z_{н.расч.} < Z_{доп}$, и трансформаторы тока работают с погрешностью не более 10%.

Проверка защищаемого оборудования на термическую стойкость. Минимально допустимое сечение кабельной линии оп условию термической стойкости:

$$S_{мин} = \frac{I_{к1макс}^{(3)} \sqrt{t_{с.о.} + t_{выкл.}}}{C_{тер}} = \frac{8500 \sqrt{0,05 + 0,1}}{90} = 36,6 \text{ мм}^2,$$

где $t_{с.о.}$ -время срабатывания отсечки реле «Орион-РТЗ»; $t_{выкл.}$ -время срабатывания реле РТМ и высоковольтного выключателя; $C_{тер} = 90 \frac{\text{А} \cdot \text{с}^{0,5}}{\text{мм}^2}$ специальный параметр, характеризующий термическую стойкость кабелей с алюминиевыми жилами напряжением до 10 кВ включительно.

Так как минимальное расчётное сечение кабельной линии по термической стойкости меньше реального сечения кабеля $36,6 < 50$ (ААБ 3х50), то термическая стойкость кабеля обеспечивается при наиболее тяжёлых повреждениях.

Проверим защищаемый трансформатор на термическую стойкость в случае трёхфазного КЗ на его выводах и отказе вводного выключателя со стороны 0,4 кВ. Для масляных трансформаторов с медными и алюминиевыми обмотками допустимая продолжительность прохождения тока КЗ не должна превышать величину:

$$t_{доп} < \frac{1500}{k^2}, \quad (1.2)$$

где k –кратность тока КЗ по отношению к номинальному току трансформатора, но при

этом в соответствии с требованиями технической эксплуатации для трансформаторов 10(6) кВ длительность КЗ не должна превышать в самом тяжёлом случае 4 с.

$$\text{В нашем случае } t_{\text{доп}} \frac{1500}{\left(I_{\text{кз макс}}^{(2)} / I_{\text{ном.т}}\right)^2} = \frac{1500}{(885/58)^2} = 6,4 \text{ с.}$$

следовательно, термическая стойкость силового трансформатора также обеспечена при таких повреждениях.

Длительно допустимый ток кабеля ААБ 3х50 равен $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$, при этом принятый ток срабатывания МТЗ $I_{\text{с.з.}} = 211 \text{ А}$, таким образом $I_{\text{доп}} < I_{\text{с.з.}}$ и не обеспечивается защита кабеля от перегрузки ступенью МТЗ, в случае отказа выключателя 0,4 кВ. Аналогично не обеспечивается защита от перегрузки и силового трансформатора. Поэтому целесообразно ввести в действия ещё одну ступень МТЗ с действием на сигнал.

Ток срабатывания защиты от перегрузки:

$$I_{\text{с.з. пер.}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{ном.т}} = \frac{1,1}{0,9} 58 = 71 \text{ А.}$$

В реле вводим значение тока срабатывания от перегрузки:

$$I_{\text{с. пер. р. орион}} = \frac{k_{\text{сх}} I_{\text{с.з.}}}{n_{\text{тт}}} = \frac{1 \cdot 71}{200/5} = 1,8 \text{ А.}$$

Выдержка времени ступени от перегрузки $t_{\text{пер}} = 8 \text{ с}$, в соответствии с практикой эксплуатации.

Таким образом, теперь обеспечена защита от перегрузки, как кабельной линии, так и силового трансформатора.

Определение необходимости использования устройств противоаварийной автоматики (АПВ, АВР, АЧР). Необходимость использования тех или иных устройств противоаварийной автоматики диктуется категорией надёжности предприятия, а также нормативными документами по электроэнергетике. Так в соответствии с ПУЭ устройствами АПВ оборудуются все одиночные трансформаторы мощностью более 1МВА.

В нашем случае рассматривается двухтрансформаторная цеховая подстанция с трансформаторами по 1 МВА. Использование АПВ целесообразно только в случае действия ступени МТЗ в зоне резервирования в сети 0,4 кВ. Поэтому в алгоритм реле «Орион-РТЗ» закладываем функцию АПВ при срабатывании ступени МТЗ. При работе отсечки АПВ не работает, чтобы не увеличивать разрушения в сети 10 кВ. АПВ задаём однократным. Также считаем, что от защищаемого трансформатора не питаются синхронные двигатели. Время срабатывания АПВ определяется несколькими условиями. По условию готовности привода выключателя к включению:

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.п.}} + t_{\text{зап}} = 0,2 + 0,5 = 0,7 \text{ с,}$$

где $t_{\text{г.п.}}$ - время готовности привода выключателя, определяется по техническим данным привода и обычно находится в диапазоне от 0,1 до 0,2 с., $t_{\text{зап}} = 0,5 \text{ с.}$ - время запаса.

По условию готовности выключателя:

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.в.}} - t_{\text{в.в.}} + t_{\text{зап}} = 0,7 - 0,06 + 0,5 = 1,14 \text{ с,}$$

здесь $t_{\text{г.в.}}$ - время готовности выключателя, которое в зависимости от типа выключателя находится в пределах от 0,2 до 2с., $t_{\text{в.в.}}$ - время включения выключателя, которое находится по техническим данным на выключатель.

По условию деионизации дуги в месте КЗ:

$$t_{\text{АПВ}} = t_{\text{д}} + t_{\text{зап}} = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ с,}$$

где $t_{\text{д}}$ - время деионизации среды в месте КЗ, его значение зависит от метеорологических условий, времени протекания и значения тока КЗ, ориентировочно для сетей напряжением до 35 кВ $t_{\text{д}} = 0,1 \text{ с}$, для сетей 110 кВ $t_{\text{д}} = 0,17 \text{ с}$.

В случае использования на подстанции в качестве источника оперативного тока конденсаторных батарей выдержка времени АПВ должна быть больше времени $t_{\text{зар}}$, необходимого

для заряда конденсаторов, разрядившихся при отключении КЗ,

$$t_{АПВ} = t_{зар} + t_{зап}.$$

Окончательно для нашего случая устанавливаем время срабатывания АПВ $t_{АПВ} = 1,2$.

Считаем, что питаемые от нашей подстанции потребители относятся ко второй категории надёжности, поэтому допустимо ручное включение резервного источника питания. В случае использования автоматического включения резерва (АВР), его уставки следует согласовывать с временем действия АПВ.

Уставки АЧР задаются энергосистемой, и в данном случае нами не рассматриваются.

Семестр 8.

3.Разработка релейной защиты высоковольтных асинхронных двигателей

3.1 Постановка задачи

Требуется разработать релейную защиту асинхронного двигателя напряжением 10 кВ с короткозамкнутым ротором. Двигатель подключён к одной из секций 10 кВ центрального распределительного пункта промпредприятия. Расчётная схема приведена на рисунке 3.1. Электропитание предприятия осуществляется от главной понижающей подстанции (ГПП). На ГПП установлен понижающий трансформатор 115/10,5 кВ с номинальной полной мощностью $S_{Т,ном} = 16 \text{ МВА}$ и напряжением короткого замыкания $u_k = 10,5\%$. Питание от трансформатора Т главной понижающей подстанции (ГПП) подаётся на шины 10 кВ центрального распределительного пункта (ЦРП). К шинам 10 кВ ЦРП по средствам кабельной линии КЛ2 и высоковольтного выключателя Q4 подключен высоковольтный асинхронный двигатель М с короткозамкнутым ротором. Требуется разработать релейную защиту этого двигателя вместе со схемой подключения реле, проверить её надёжность, подобрать коэффициент трансформации трансформаторов тока. Защиту выполнить на цифровом отечественном терминале «Сириус-21-Л».

Таблица 3.1 - Характеристики АД

Тип двигателя	$P_{ном}$, кВт	КПД, η %	$\cos\varphi$	$k_{пуск}$	$S_{Т,ном}$, МВА	$x_{с мин}$	L кЛ2, м
А-500ХК-4У3	315	93,2	0,87	6,0	16	$0,1x_T$	100

Прим.: сопротивление системы $x_{с мин}$, в долях от сопротивления трансформатора Т, приведено для минимального режима её работы

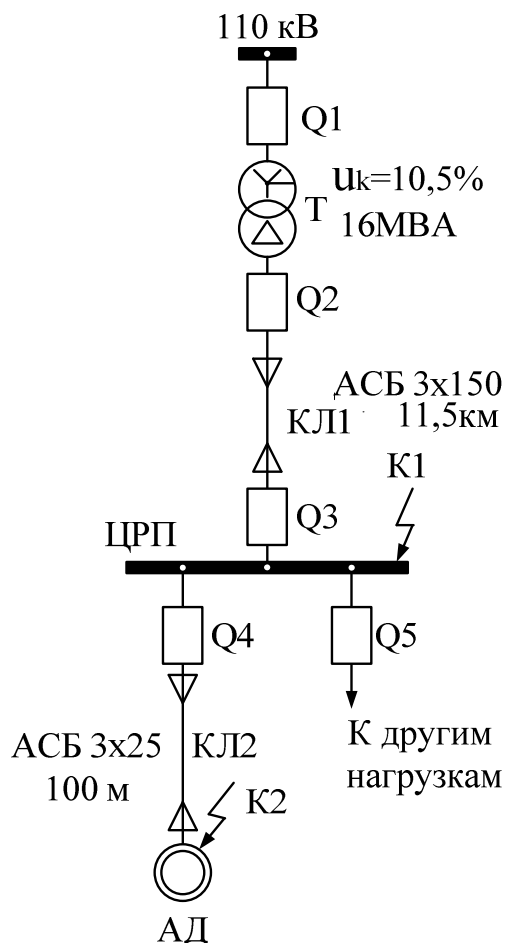


Рисунок 3.1 - Расчётная схема участка сети промышленного предприятия

3.2 Расчёт токов междуфазных коротких замыканий

Для оценки чувствительности защиты требуется знать минимальные токи двухфазных КЗ в месте установки защиты на выключателе Q4 в точке K1, и на выводах защищаемого асинхронного двигателя (АД) в точке K2. Таким образом, получаем элементарную схему замещения, приведенную на рисунке 3.2.

Индуктивное сопротивление трансформатора Т подстанции глубокого ввода, приведённое к 10 кВ составит:

$$X_T = \frac{u_K(\%) \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{100 S_{T \text{ ном}}} = \frac{10,5 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 16} = 0,72 \text{ Ом.}$$

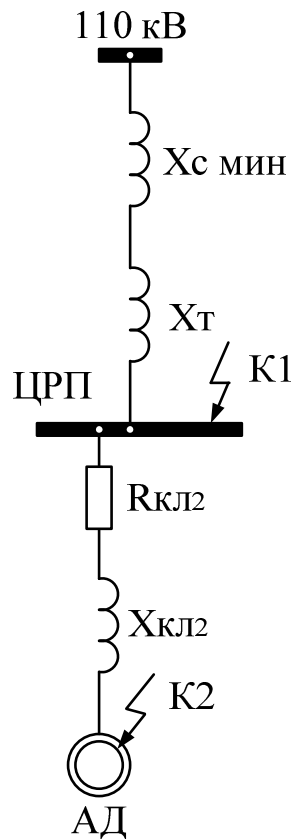


Рисунок 3.2. Схема замещения участка сети промышленного предприятия

Тогда сопротивление питающей энергосистемы в минимальном режиме

$$X_{c \text{ мин}} = 0,1X_T = 0,072 \text{ Ом.}$$

Активное и индуктивное сопротивления кабельной линии КЛ1 находим по её удельным справочным данным, согласно которым для кабеля АСБ с жилами сечением 150 мм^2 , $r_{уд} = 0,2 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ и $x_{уд} = 0,079 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$. Тогда общее сопротивление кабельной линии КЛ1 длиной 11500 м (11,5 км) составит:

$$z_{кл1} = (r_{уд} + jx_{уд})l_{кл1} = (0,2 + j0,079)11,5 = 2,3 + j0,91 \text{ Ом.}$$

Активное и индуктивное сопротивления кабельной линии КЛ2 находим по её удельным справочным данным, согласно которым для кабеля АСБ с жилами сечением 25 мм^2 , $r_{уд} = 1,17 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ и $x_{уд} = 0,099 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$. Тогда общее сопротивление кабельной линии КЛ2 длиной 100 м (0,1 км) составит:

$$z_{кл2} = (r_{уд} + jx_{уд})l_{кл2} = (1,17 + j0,099)0,1 = 0,117 + j0,0099 \text{ Ом.}$$

Суммарное сопротивление до точки короткого замыкания К1 равно:

$$z_{к1} = X_{c \text{ мин}} + X_T + r_{уд1} + jx_{уд1} = j0,072 + j0,72 + 2,3 + j0,91 = 2,3 + j1,702 \text{ Ом.}$$

$$z_{к1} = \sqrt{2,3^2 + 1,702^2} = 2,860 \text{ Ом}$$

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К1 в момент времени $t = 0$ с, равна

$$I_{к1 t=0}^{(3)} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}z_{к1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,86} = 1,83 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного КЗ составит $I_{к1 t=0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 1,83 = 1,58 \text{ кА.}$

Определим токи двух- и трёхфазных КЗ в точке К2 на выводах асинхронного двигателя. Суммарное сопротивление до точки К2 равно:

$$\begin{aligned}
 Z_{K2} &= r_{KЛ1} + r_{KЛ2} + x_{СМИН} + X_T + X_{KЛ2} + X_{KЛ1} = \\
 &= 0,117 + j0,072 + j0,72 + j0,0099 + 2,3 + j1,702 = \\
 &= 2,42 + j1,71 \text{ Ом.}
 \end{aligned}$$

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К2 в момент времени $t = 0$ с, равна

$$I_{K2 t=0}^{(3)} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2,42^2 + 1,71^2}} = 2,05 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного КЗ составит $I_{K2 t=0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 2,05 = 1,775 \text{ кА.}$

3.3 Расчёт токовой отсечки без выдержки времени

Токовая отсечка без выдержки времени служит для защиты асинхронного двигателя от тяжёлых междуфазных КЗ на его выводах в клеммной коробке, или в обмотке статора. Ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от броска пускового тока двигателя и определяется по выражению:

$$I_{с.о.} \geq I_{бр.пуск} = k_{апер} k_{пуск} I_{ном.дв.} = 1,8 \cdot 6 \cdot 21,36 = 231 \text{ А,}$$

где номинальный ток двигателя

$$I_{ном.АД} = \frac{P_{ном.АД}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos\varphi \eta} = \frac{315}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,87 \cdot 0,932} = 21,36 \text{ А.}$$

Измерительные трансформаторы тока (ТТ) соединяем по схеме «неполная звезда», коэффициент трансформации ТТ выбираем 150/5. Тогда величина вторичного тока срабатывания отсечки, которая будет вводиться в алгоритм работы защиты составит:

$$I_{с.о.Сириус} = \frac{k_{сх} I_{с.о.}}{k_{ТТ}} = \frac{1 \cdot 231}{150/5} = 7,7 \text{ А,}$$

здесь $k_{сх} = 1$ - для схемы соединения трансформаторов тока в «неполную звезду», $k_{ТТ}$ - коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Проверим чувствительность токовой отсечки к двухфазным КЗ в начале КЛ2 т.е. в месте установки защиты:

$$k_{\checkmark}^{(2)} = \frac{1580}{231} = 6,84 \gg 2,$$

и на выводах асинхронного двигателя:

$$k_{\checkmark}^{(2)} = \frac{1775}{231} = 7,7 \gg 2.$$

Видно, что отсечка надёжно защищает АД от тяжёлых междуфазных КЗ, так как $k_{\checkmark}^{(2)}$ значительно выше 2.

3.4. Расчёт тока срабатывания отсечки с выдержкой времени

Отсечку без выдержки резервирует вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени 0,1 с. Данная ступень может в некоторых случаях обеспечить эффективную защиту двигателя и от заклинивания ротора. Небольшое замедление вводится в защиту для отстройки от броска пускового тока. Ток срабатывания второй ступени находится по формуле

$$I_{с.о.2} = \frac{1,2k_{пуск}}{k_{в}} I_{ном.АД} = \frac{1,2 \cdot 6}{0,93} 21,36 = 165 \text{ А,}$$

$k_{в} = 0,93$ – коэффициент возврата реле «Сириус-21-Л».

Значение вторичного тока, которое вводится в программу работы реле,

$$I_{с.о.Сириус} = \frac{k_{сх} I_{с.о.2}}{k_{ТТ}} = \frac{1 \cdot 165}{150/5} = 5,5 \text{ А.}$$

3.5 Расчёт тока срабатывания защиты от симметричных перегрузок

Защита от значительных симметричных перегрузок является наиболее важной, т.к. при работе двигателя возможны частые перегрузки по самым разным причинам. Защита от таких перегрузок обеспечивается при помощи третьей ступени, имеющей нормально-инверсную характеристику, описываемую уравнением:

$$t_{с.з.Сириус} = \frac{0,14 T_{уст}}{(I_*^{0,02} - 1)'} ,$$

где $I_* = \frac{I}{I_{уст}}$ - кратность тока в защите (тока перегрузки), $T_{уст}$ - временной коэффициент, с, подлежащий вычислению.

Чтобы вычислить $T_{уст}$ следует помнить, что согласно ГОСТ Р 52776-2007, все двигатели мощностью выше 0,55 кВт должны выдерживать в течение двух минут ток $1,5 I_{ном АД}$. Следовательно, для определения $T_{уст}$ используем выражение

$$T_{уст} = \frac{t_{с.з.Сириус} (I_*^{0,02} - 1)}{0,14}, \quad (3.1)$$

в которое подставляем следующие значения $I_* = \frac{1,5 I_{ном АД}}{I_{с.з.з}} = \frac{1,5 \cdot 21,36}{24,8} = 1,29$, и требуемое значение времени срабатывания защиты $t_{с.з.Сириус} = 100$ с. Т.е. мы отключим наш двигатель при перегрузке 1,5 несколько раньше 2 мин, чем позволяет ГОСТ Р 52776-2007. Получаем:

$$T_{уст} = \frac{100 (1,29^{0,02} - 1)}{0,14} = 3,65 \text{ с.}$$

Первичный ток срабатывания от значительных перегрузок находим по формуле:

$$I_{с.з.з} = \frac{1,08}{k_B} I_{ном АД} = \frac{1,08}{0,93} 21,36 = 24,8 \text{ А.}$$

$k_B = 0,93$ – коэффициент возврата реле «Сириус-21-Л».

Значение вторичного тока, которое вводится в программу работы реле,

$$I_{с.р.Сириус} = \frac{k_{сх} I_{с.з.з}}{k_{ТТ}} = \frac{1 \cdot 24,8}{150/5} = 0,83 \text{ А.}$$

3.6 Расчёт тока срабатывания защиты от небольших перегрузок

Для защиты от небольших перегрузок служит четвёртая ступень, имеющая независимую характеристику. Защита действует с выдержкой времени, превышающей время пуска двигателя, на сигнал.

Первичный ток срабатывания четвёртой ступени защиты:

$$I_{с.з.4} = \frac{1,05}{k_B} I_{ном АД} = \frac{1,05}{0,93} 21,36 = 24,11 \text{ А.}$$

Значение вторичного тока, которое вводится в программу работы реле,

$$I_{с.р.Сириус} = \frac{k_{сх} I_{с.з.4}}{k_{ТТ}} = \frac{1 \cdot 24,11}{150/5} = 0,8 \text{ А.}$$

Время срабатывания защиты:

$$t_{с.з.} = 1,2 t_{пуск} = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ с.}$$

3.7 Расчёт уставок защиты асинхронного двигателя от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ)

Для защиты от ОЗЗ используем ток нулевой последовательности основной частоты. Ток срабатывания защиты находим по выражению:

$$I_{з10} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} k_{бр} (I_{емк.АД} + I_{емк.КЛ2}) = \frac{1,2}{0,93} 2(0,011 + 0,065) = 0,196 \text{ А}$$

где $I_{емк.АД} \approx 0,03 S_{АД} = 0,03 \frac{P_{ном(МВА)}}{\cos \varphi} = 0,03 \frac{0,315}{0,87} = 0,011 \text{ А}$,

$$I_{\text{смк.КЛ2}} = I_{\text{уд.КЛ2}} l = 0,65 \cdot 0,1 = 0,065 \text{ А,}$$

$I_{\text{уд.КЛ2}} = 0,65 \text{ А/км}$ –находится из справочных данных, l (км) – длина кабельной линии КЛ2.

В реле вводится величина тока срабатывания защиты от ОЗЗ равная

$$I_{\text{з10 с.р.}} = \frac{I_{\text{з10}}}{k_{\text{ттип}}} = \frac{0,196}{30} = 0,0065 \text{ А,}$$

здесь $k_{\text{ттип}} = 30$ –коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности.

Выдержка времени защиты от ОЗЗ задаётся равной 0,1 с.

Чувствительность защиты от ОЗЗ проверяется во время наладки.

3.8 Построение защитной характеристики реле «Сириус-21-Л» и схема его подключения

Используя выше проведённые расчёты и формулу (1.1), строим защитную характеристику, согласно которой будет работать защита двигателя. Формула (1.1) используется для построения нормально-инверсной защитной характеристики третьей ступени. Для её построения выражаем время срабатывания защиты $t_{\text{с.з.Сириус}}$:

$$t_{\text{с.з.Сириус}} = \frac{0,14 T_{\text{уст}}}{(I_*^{0,02} - 1)}. \quad (3.2)$$

Далее, задаваясь кратностью тока в реле I_* , рассчитываем время срабатывания защиты $t_{\text{с.з.Сириус}}$ по формуле (3.2). По полученным данным строим характеристику третьей ступени защиты (рисунок 3.3).

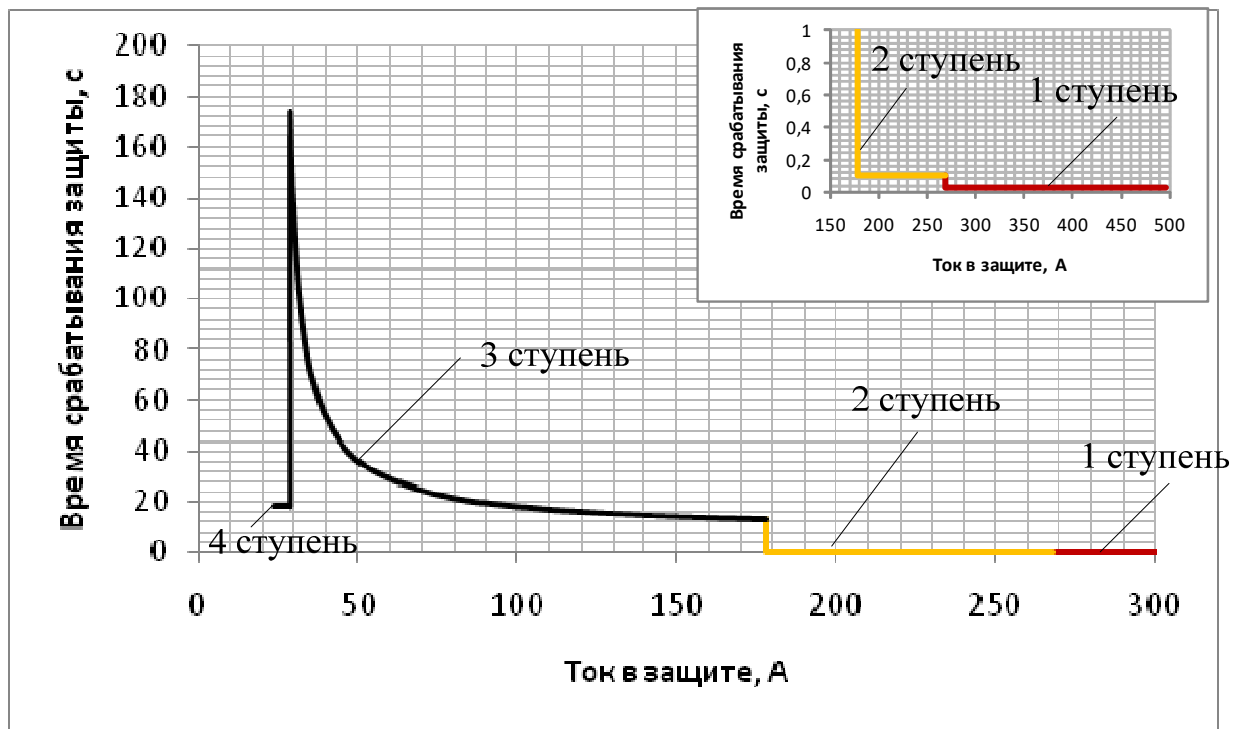


Рисунок 3.3 - Полученная защитная характеристика реле «Сириус-21-Л»

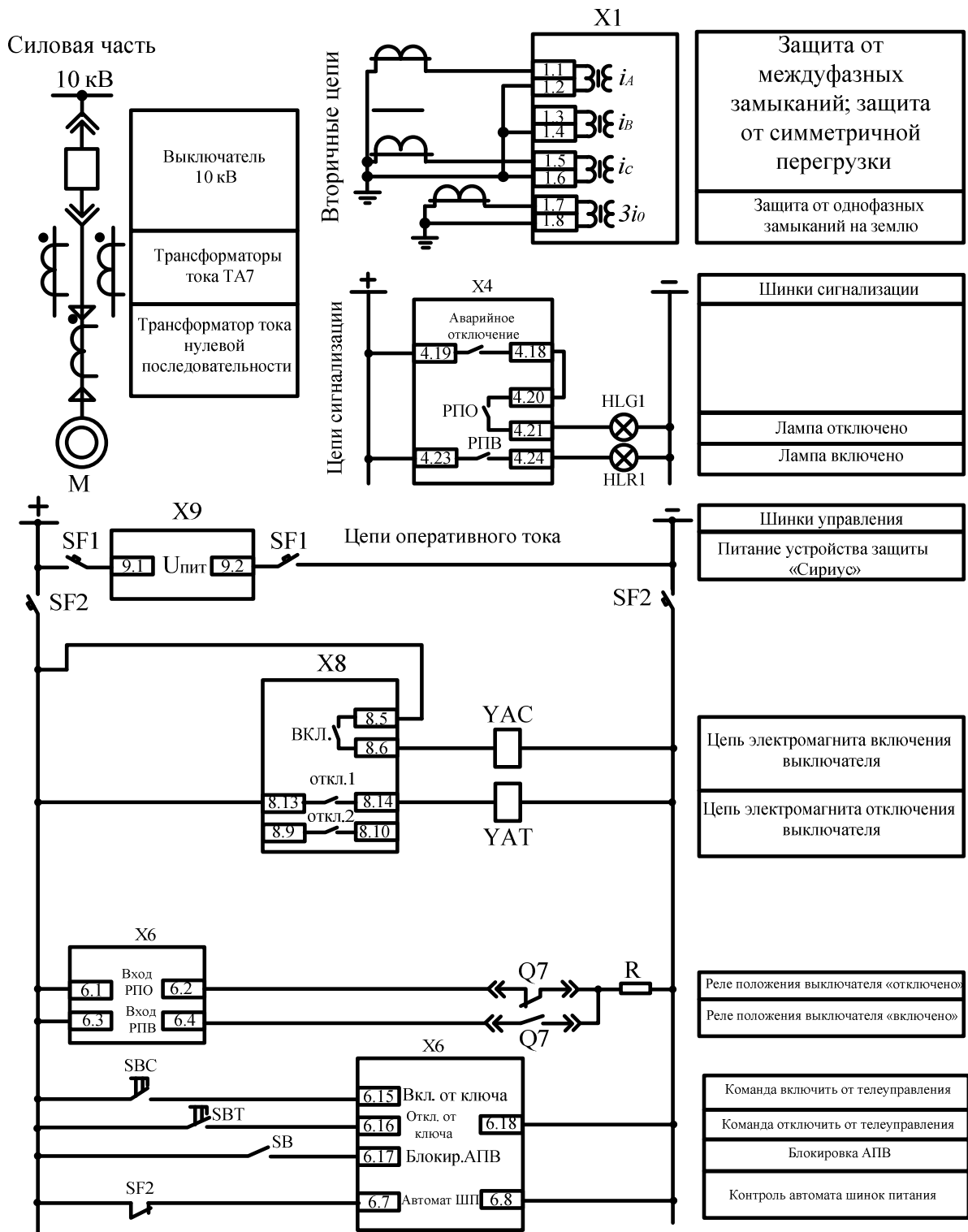


Рисунок 3.4 - Схема подключения цифрового реле «Сириус-21-Л»

Оформление вопросов к экзамену

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра «Электроснабжение»

Вопросы к экзамену

7 Семестр

1. Назначение релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
2. Элементы и функциональные части релейной защиты и автоматики
3. Функции релейной защиты и автоматики и основные требования, предъявляемые к этим устройствам
4. Основные принципы действия релейной защиты и автоматики
5. Классификация реле.
6. Токовая отсечка. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
7. Максимальная токовая защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
8. Вторая ступень токовой защиты - токовая отсечка с выдержкой времени.
9. Токовая направленная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
10. Схемы включения реле направления мощности.
11. Принцип действия, основные органы и выбор параметров токовой направленной защиты и токовой направленной защиты нулевой последовательности.
12. Дистанционная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.
13. Схемы и выбор параметров срабатывания дистанционной защиты.
14. Токовая ступенчатая защита, ее составляющие. Пример.
15. Назначение и виды дифференциальных защит.
16. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле РНТ-565.
17. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле ДЗТ-11.
18. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов на примере реле РСТ-15.
19. Особенности и принцип действия полупроводниковых реле тока (на примере РСТ-80АВ)
20. Особенности и принцип действия индукционных реле тока (на примере РТ-80)
21. Особенности и принцип действия электромагнитных реле тока (на примере РТ-40)
22. Устройства автоматической частотной разгрузки. Принцип действия и основные требования.
23. Устройства автоматического повторного включения. Принцип действия и основные требования.
24. Устройства автоматического включения резерва. Принцип действия и основные требования.
25. Принцип действия и основные требования к автоматическим регуляторам возбуждения синхронных генераторов.

26. Регулирование напряжения и реактивной мощности в системах электроснабжения устройствами автоматического регулирования возбуждения.
27. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики.
28. Схемы включения трансформаторов тока, их погрешности, понятие коэффициента схемы.
29. Схемы включения трансформаторов напряжения, их погрешности, понятие коэффициента схемы.
30. Релейная защита трансформаторов. Понятие и виды.
31. Особенности релейной защиты высоковольтных электродвигателей.
32. Особенности релейной защиты низковольтных электродвигателей.
33. Насыщающиеся трансформаторы тока
34. Характеристики плавких предохранителей, электротепловых и температурных реле
35. Конструкции плавких предохранителей, электротепловых и температурных реле
36. Управляемые предохранители.
37. Жидкометаллические самовосстанавливающиеся предохранители.
38. Совместное действие токовой защиты и устройств автоматического повторного включения и автоматического включения резерва.
39. Принципы расчета защитных характеристик автоматических выключателей (серии А, ВА, «Электрон»)
40. Защиты от замыкания на землю, реагирующие на токи и напряжения нулевой последовательности установившегося режима.
41. Устройства системной противоаварийной автоматики.
42. Виды повреждений, назначение и выполнение защиты сетей напряжением до 1 кВ.
43. Устройства защитного отключения.
44. Защита и автоматика конденсаторных установок.
45. Особенности защиты и автоматики трансформаторов электропечных установок.
46. Особенности защиты и автоматики полупроводниковых преобразовательных агрегатов.
47. Защита и автоматика шин.
48. Особенности защиты генераторов напряжением до 1 кВ.
49. Особенности защиты генераторов напряжением выше 1 кВ.

8 семестр

1. Экономическая эффективность систем автоматизации электроснабжения.
2. Элементы функциональные части и органы устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения .
3. Понятие АПВ.
4. АПВ линий.
5. Автоматическое повторное включение трансформаторов.
6. АПВ сборных шин;
7. АПВ электродвигателей напряжением ниже 1000 В.
8. АПВ асинхронных двигателей напряжением выше 1000 В.
9. АВР резервной линии; Автоматическое включение резервного трансформатора
10. Принципы построения АЧР.
11. Частотное АПВ.
12. Согласование действия устройств АВР, АПВ, АЧР.
13. Применение автоматической разгрузки по току.

14. Отклонения напряжения и его влияние на работу ЭП.
15. Причины возникновения отклонения напряжения сети.
16. Методы регулирования напряжения.
17. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по напряжению сети и по току нагрузки.
18. Регулирование мощности конденсаторных батарей по направлению реактивной мощности.
19. Регулирование мощности конденсаторных батарей по времени суток.
20. Регулирование мощности конденсаторных батарей по углу φ между напряжением сети и током нагрузки.
21. Регулирование мощности конденсаторных батарей по нескольким величинам.
22. Автоматическое управление статическими компенсаторами реактивной мощности.
23. Характерные режимы работы компенсированной сети.
24. Принципы построения и функциональные схемы систем автоматической компенсации емкостных токов.
25. Назначение и виды устройств телемеханики.
26. Принципы управления подстанциями.
27. Сигнализация и каналы связи.
28. Современные устройства телемеханики.
29. Назначение АСУ.
30. Принципы построения и структура АСУЭ.
31. Автоматические устройства управления режимами работы трансформаторов. Регистрация электрических процессов.

Критерии оценки экзамена:

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся если он:

- показал глубокие и полные знания рабочего материала;
- полностью понимает сущность и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений при ответах на вопросы;
- активно и творчески работал на семинарах;
- выполнил все формы учебной работы с высокими результатами.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся если он:

- показал хорошие знания рабочего материала;
- достаточно хорошо понимает сущность и взаимосвязи рассматриваемых процессов;
- дает правильные ответы на некоторые вопросы при дополнительных (наводящих) вопросах;
- активно и творчески работал на семинарах;
- выполнил все формы учебной работы с положительными оценками.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший в целом достаточное (удовлетворительное) знание учебного материала, технической документации, нормативной правовой информации, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой,

рекомендованной кафедрой.

Оценки «неудовлетворительно» выставляется обучающегося, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы обучающихся, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда обучающийся не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что обучающийся не может дальше продолжать обучение по дисциплине «Энергосбережение» или приступать к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Преподаватель

Муртазов М.Б.

Образец экзаменационного билета для промежуточной аттестации
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра «Электроснабжение»

20__-20__ учебный год

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
для обучающихся направления подготовки (специальности) 13.03.02 Электроснабжение

1. Сформулировать назначение релейной защиты в системах электроснабжения.
2. Объяснить назначение реле напряжения. Привести примеры основных типов реле напряжения, применяемых в системах электроснабжения.
3. Рассчитать и выбрать автоматический выключатель для асинхронного двигателя со следующими данными:
Тип - А80А6, $P_n = 0,75$ кВт, $I_n/I_n = 4$, $\cos \varphi = 0,7$, $n_s = 71$.
Автоматический выключатель устанавливается в закрытом шкафу.

Зав. кафедрой

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра Электроснабжение

по дисциплине Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Тесты для текущей аттестации

7 семестр

№ п/п	Вопросы	Ответы		
Раздел 1				
1	Назначение релейной защиты и автоматики?	1. Повышение надежности. 2. Экономичность. 3. Безопасность обслуживания.	ПК-5	
2	Ненормальные режимы электроустановок?	1. Загрязнение окружающей среды. 2. Недокомплектация оборудования. 3. Короткое замыкание, перегрузка.		ПК-5
3	Измерительные реле?	1.РП-25 2.РТ-40 3.ПП-67		
4	Промежуточные реле?	1.РП-25 2.РТ-40 3.ПП-67	ОПК-6	
5	Полупроводниковое реле (элементы)?	1. Транзистор. 2. Возвратная пружина. 3. Короткозамкнутый виток.		ОПК-1
6	Элементы индукционного реле?	1. Транзистор. 2. Червяк. 3. Стальной вращающийся диск.		

Раздел 2			
1	Автомат «Электрон» (элементы)?	1. Биметалл.	ПК-4
		2. Триггер.	
		3. Якорь.	
2	Измерительный элемент автомата «Электрон»	1. Биметалл.	ПК-4
		2. Триггер.	
		3. Якорь.	
3	Состав плавкого предохранителя?	1. Патрон.	ОПК-1
		2. Микровыключатель.	
		3. Инертный газ.	
4	Выбор плавкой вставки предохранителя к двигателю?	1. $I_{в.с.н.} = I_{н.дв.}$	ПК-2
		2. $I_{в.с.н.} = I_{н.дв.} \cdot K_{тяж.}$	
		3. $I_{в.с.н.} = K_n I_{н.} / K_{тяж.}$	
5	Выбор автоматического выключателя? ПК-6	1. $I_{рас.} \geq I_{раб.макс.}$	ПК-2
		2. $I_{рас.} = 2I_{ном.}$	
		3. $I_{рас.} \geq I_{ном.} / 2$	
Раздел 3			
1	Элементы трансформатора тока?	1. Стальной сердечник.	ПК-4
		2. Электромагнит.	
		3. Медный сердечник.	
2	Элементы трансформатора напряжения?	1. Многовитковые обмотки.	ПК-4
		2. Маловитковые обмотки.	
		3. Разрядник.	
3	Режим работы трансформатора тока?	1. Холостой ход.	ОПК-1
		2. Короткое замыкание.	
		3. Подключение к амперметру.	

4	Виды токовых защит?	1. МТЗ.	ПК-2
		2. АВР.	
		3. АПВ.	
5	Расчет тока срабатывания МТЗ?	1. $I_{ср.} = I_{ном.}$	ПК-2
		2. $I_{ср.} = K_n I_{к.з.}$	
		3. $I_{ср.} = \frac{K_n \cdot K_{с.з.}}{K_{\epsilon}} \cdot I_{раб..макс.}$	
6	Измерительный орган МТЗ?	1. РТ	ПК-1
		2. РП	
		3. РБМ	
7	Измерительный орган Т.О. (токовой отсечки)?	1. РТ-40.	ПК-1
		2. РВ-274.	
		3. Реле указательное.	
8	Расчет тока срабатывания токовой отсечки?	1. $I_{ср.} = I_{ном.}$	ОПК-1
		2. $I_{ср.} = K_n I_{к.з.}$	
		3. $I_{ср.} = \frac{K_n \cdot K_{с.з.}}{K_{\epsilon}} \cdot I_{раб..макс.}$	
9	Недостатки токовой отсечки?	1. Быстрота срабатывания.	ПК-4
		2. Медленное срабатывание.	
		3. Малая зона защиты.	
10	Недостатки максимальной токовой защиты?	1. Быстрота срабатывания.	ПК-4
		2. Медленное срабатывание.	
		3. Малая зона защиты.	
Раздел 4			
1	Дифференциальная защита (элементы)?	1. Насыщающийся трансформатор.	ПК-5
		2. Реле времени.	
		3. Реле минимального напряжения.	
2	Отстройка дифференциальной защиты от токов небаланса?	1. Изменением напряжения.	ПК-5
		2. Выдержкой времени.	
		3. Насыщением промежуточного трансформатора.	
3	Какова величина тока намагничивания силового трансформатора?	1. Номинальный ток трансформатора.	ОПК-1
		2. Меньше номинального тока.	
		3. Больше номинального тока.	

Раздел 5			
1	Параметр, измеряемый дистанционной защитой?	1. Сопротивление.	ОПК-6
		2. Ток.	
		3. Напряжение.	
2	Состав направленной токовой защиты?	1. Реле РНТ.	ОПК-3
		2. Реле РПВ-358.	
		3. Реле РБМ.	
3	Защиты для кольцевых сетей?	1. Защита с реле РНТ.	ПК-6
		2. Защита с реле ДЗТ-11.	
		3. Направленная защита.	
4	В каких осях строится карта селективности?	1. Ток- время.	ОПК-6
		2. Напряжение – время.	
		3. Напряжение – ток.	
5	Допустимая токовая погрешность измерительного трансформатора тока в релейной защите?	1. 10%.	ОПК-6
		2. 5%.	
		3. 70%.	
6	Опасность неполнофазного режима?	1. Сгорание обмотки.	ПК-5
		2. Отказ защиты.	
		3. Увеличение скорости.	

№ п/п	Вопросы	Ответы		
Раздел 1				
1	Что относится к системной автоматике?	1. МТЗ. 2. ТО. 3. АВР.	ПК-5	
2	Назначение телемеханики?	1. Отключение к. з. 2. Повторное включение. 3. Дистанционное управление.		ПК-4
3	Количество фаз, охватываемых трансформатором тока нулевой последовательности?	1. Одна. 2. Две. 3. Три.		
4	Способы уплотнения каналов телемеханики?	1. Частотный. 2. Количеством проводов. 3. Дифференциальный.	ОПК-1	
5	Как установить уставку РТ-40?	1. Регулировкой резистора. 2. Натяжением пружины. 3. Регулированием зазора.		ПК-2
Раздел 2				
1	Время срабатывания АПВ?	1. $t=0$. 2. $t>0$. 3. $t=\infty$.	ПК-1	

2	Назначение АПВ?	1. Ввод резерва.	ПК-4
		2. Отключение повреждения.	
		3. Восстановление питания.	
3	Пуск АПВ?	1. Повышение напряжения.	ПК-4
		2. Понижение напряжения.	
		3. Отключение выключателя.	
4	На что воздействует реле РТ-40?	1. На промышленное реле.	ПК-5
		2. На привод выключателя.	
		3. На сигнал.	
5	На что воздействует реле РТМ?	1. На промышленное реле.	ПК-5
		2. На привод выключателя.	
		3. На сигнал.	

Раздел 3			
1	Назначение АВР?	1. Ввод резерва.	ПК-5
		2. Отключение к. з.	
		3. Ввод резерва.	
2	Реле для выполнения АПВ?	1. РПВ – 358.	ОПК-1
		2. ДЗТ – 21.	
		3. РТ – 80.	
3	Условие повышения частоты в энергосистеме?	1. $P_{Г} > P_{Н}$.	ОПК-6
		2. $P_{Г} > P_{Н}$.	
		3. $P_{Г} = P_{Н}$	
4	Параметр, измеряемый устройством частотной разгрузки?	1. Ток.	ПК-2
		2. Напряжение.	
		3. Частота.	

4.1 Критерии оценивания тестирования

При проведении аттестации в форме тестирования:

- все верные ответы принимаются за 100 %;
- при ответе на пятьдесят (50%) и более процентов тестовых вопросов обучающемуся ста-

вится оценка «зачтено»;

- при ответе на менее чем пятьдесят (50%) процентов тестовых вопросов обучающемуся ставится оценка «незачтено».

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

Промежуточная аттестация по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» проходит в устной форме. При проведении промежуточной аттестации (экзамен) для оценивания результатов освоения дисциплины используются следующие оценки:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;

5.1 Критерии оценивания качества ответа (экзамен)

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся если он: показал глубокие и полные знания рабочего материала; полностью понимает сущность и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений при ответах на вопросы; активно и творчески работал на семинарах; выполнил все формы учебной работы с высокими результатами.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся если он: показал хорошие знания рабочего материала; достаточно хорошо понимает сущность и взаимосвязи рассматриваемых процессов; дает правильные ответы на некоторые вопросы при дополнительных (наводящих) вопросах; активно и творчески работал на семинарах; выполнил все формы учебной работы с положительными оценками.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший в целом достаточное (удовлетворительное) знание учебного материала, технической документации, нормативной правовой информации, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной кафедрой.

Оценки «неудовлетворительно» выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы обучающихся, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда обучающийся не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что обучающийся не может дальше продолжать обучение по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» или приступать к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

5.2 Критерии оценивания тестирования

При проведении аттестации в форме тестирования:

- все верные ответы принимаются за 100 %;
- при ответе на пятьдесят (50%) и более процентов тестовых вопросов обучающемуся ставится оценка «зачтено»;
- при ответе на менее чем пятьдесят (50%) процентов тестовых вопросов обучающемуся ставится оценка «незачтено»

5.3 Критерии оценки курсового проекта

Результаты защиты курсовой работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Курсовая работа оценивается членами комиссии в день защиты. Оценки объявляются комиссией в тот же день.

Оценка «Отлично» выставляется за курсовую работу, которая имеет грамотно изложенную теоретическую часть, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, имеющими практическую значимость. Произведенные расчеты выполнены правильно и в полном объеме. Работа выполнена в установ-

ленный срок, грамотным языком. Оформление соответствует действующим стандартам, сопровождается достаточным объемом табличного материала и графического материала, имеет положительный отзыв руководителя.

При защите курсовой работы обучающийся показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными проекта, вносит обоснованные предложения, а во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.), дает четкие и аргументированные ответы на вопросы, заданные членами комиссии.

Оценка «Хорошо» выставляется за курсовую работу, которая имеет грамотно изложенную теоретическую главу, проведен достаточно подробный анализ, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако анализ источников неполный, выводы недостаточно аргументированы, в структуре и содержании работы есть отдельные погрешности, не имеющие принципиального характера. Работа имеет положительный отзыв руководителя. При защите курсовой работы обучающийся показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.) или раздаточный материал, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «Удовлетворительно» выставляется за курсовую работу, которая имеет теоретическую часть, базируется на практическом материале, однако просматривается непоследовательность изложения материала, анализ источников подменен библиографическим обзором, документальная основа работы представлена недостаточно. Проведенное исследование содержит поверхностный анализ, выводы неконкретны, рекомендации слабо аргументированы, в оформлении работы имеются погрешности, сроки выполнения работы нарушены. В отзыве руководителя имеются замечания по содержанию работы. При защите курсовой работы обучающийся проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы.

Оценка «Неудовлетворительно» выставляется за курсовую работу, которая не соответствует заявленной теме, не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. Выводы не соответствуют изложенному материалу или отсутствуют. В отзыве руководителя имеются критические замечания. При защите курсовой работы обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. При защите не используются наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.).

Приложение 2. Аннотация рабочей программы

Дисциплина (Модуль)	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Реализуемые компетенции	<p>ОПК-1 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p> <p>ОПК-6 Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1 Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике</p> <p>ПК-2 Способность обрабатывать результаты измерений</p> <p>ПК-4 Способность проводить обоснование проектных решений</p> <p>ПК-5 Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности</p>
Результаты освоения дисциплины (модуля)	<p>Знать: Современное программное обеспечение, законы и методы накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютерных технологий, основы функционирования локальных и глобальных сетей</p> <p>Шифр 3 (ОПК-1)-4</p> <p>Методологию разработки плана экспериментальных исследований, их проведения и анализа в релейной защите и автоматике</p> <p>Шифр: 3 (ПК-1)-4</p> <p>Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности</p> <p>Шифр 3 (ОПК-6) -4</p> <p>Методы теории планирования эксперимента в релейной защите и автоматике, математической статистики, теории вероятностей, метрологии</p> <p>Шифр: 3 (ПК-2)-4</p> <p>Требования, предъявляемые стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами к проектированию устройств релейной защиты и автоматики; известные конструкции устройств релейной защиты и автоматики, их достоинства и недостатки</p> <p>Основные законы теории электрических цепей релейной защиты и автоматики</p> <p>Шифр: 3 (ПК-5)-4</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электропитания из различных источников и баз данных, предоставлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p> <p>Шифр У (ОПК-1)-4</p>

	<p>проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности Шифр У (ОПК-6) -4</p> <p>Формулировать задачи и вопросы для проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике Шифр: У (ПК-1)-4</p> <p>Составлять план проведения экспериментальных исследований в релейной защите и автоматике и осуществлять обработку результатов экспериментов Шифр: У (ПК-2)-4</p> <p>Обосновывать принятие конкретного технического решения Шифр: У (ПК-4)-4</p> <p>Определять состав оборудования для релейной защиты и автоматики Шифр: У (ПК-5)-4</p> <p>Владеть: Навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации об устройствах релейной защиты и автоматики систем электроснабжения из различных источников и баз данных, навыками предоставления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Шифр В (ОПК-1)-4</p> <p>Владеть навыками измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности Шифр В (ОПК-6) -4</p> <p>Методикой проведения экспериментальных исследований и оптимизации научно-практических результатов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-1)-4</p> <p>Навыками по составлению плана проведения исследования и обработке результатов экспериментов в релейной защите и автоматике Шифр: В (ПК-2)-4</p> <p>Практическими навыками составления технико-экономического обоснования проектов в области релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-4)-4</p> <p>Навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств релейной защиты и автоматики Шифр: В (ПК-5)-4</p>
Трудоемкость, з.е./час	7/252
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	1. Экзамен, 7, 8 семестр;