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

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной работе _____ Г.Ю. Нагорная
«27» 03 2026 г.

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 (5 лет)

Институт Инженерный

Кафедра разработчик РПД Электроснабжение

Выпускающая кафедра Электроснабжение

Начальник
учебно-методического управления _____ Семенова Л.У.

Директор института _____ Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой _____ Шпак О.В.

Черкесск, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 3
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4
3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ 4
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 6
4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы 6
Очная форма обучения 6
4.2 Содержание дисциплины 7
4.2.1 Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля 7
Очная форма обучения 7
Заочная форма обучения 8
4.2.2 Лекционный курс 9
4.2.3 Лабораторный практикум 11
4.2.4 Практические занятия 12
4.3 Самостоятельная работа обучающегося 13
Очная форма обучения 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 16
5.3 Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям 17
5.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся 18
6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 24
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 25
7.1 Перечень основной и дополнительной литературы 25
Методические материалы ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
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 30
8.3 Требования специализированному оборудованию 30
9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ 30
Приложение 1. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 31
Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем 31
Приложение 2. 71

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.

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

Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1.Теоретические основы электротехники 2.Электрические машины 3.Электроэнергетические системы и сети 4.Электрические аппараты 5.Электроника 6.Инженерные расчеты в электротехнике	1.Преддипломная практика 2.Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции, обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки 13.03.02 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	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности.

2	ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	ОПК-6.1 Демонстрирует знание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации ОПК-6.2 Выбирает средства измерений, проводит измерения электрических и неэлектрических величин ОПК-6.3 Обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность
	ПК-1	Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам темы	ПК-1.2. Выполняет эксперименты и оформляет результаты исследований ПК-1.3. Подготавливает элементы документации, проектов, планов и программ проведения отдельных этапов исследовательских работ
	ПК-2	Способен подготовить проект систем электроснабжения объектов капитального строительства	ПК-2.1. Выполняет оформление отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения ПК-2.2. Выполняет оформление технического задания на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства ПК-2.3. Выполняет оформление комплектов проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства ПК-2.4. Осуществляет разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства
	ПК-4	Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи	ПК-4.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи ПК-4.2. Способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи
	ПК-5	Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи	ПК-5.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи ПК-5.2. Техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры	
			№ 7 часов	№ 8 часов
1		2	3	4
Аудиторная контактная работа (всего)		**106**	**70**	**36**
В том числе:		-	-	-
Лекции (Л)		26	14	12
Практические занятия (ПЗ)		54	42	12
Лабораторные работы (ЛР)		26	14	12
Внеаудиторная контактная работа		**4**	**2**	**2**
В том числе: индивидуальные и групповые консультации		4	2	2
Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)**		**70**	**36**	**34**
Расчетно-графические работы (РГР)		8	2	6
Работа с видеолекциями и презентациями		8	4	4
Подготовка к лабораторным занятиям (ЛЗ)		20	10	10
Подготовка к занятиям (ПЗ)		26	16	10
Подготовка к промежуточному контролю (ППК)		8	4	4
Промежуточная аттестация	**Экзамен (Э) в том числе:**	**(Э)72**	**(Э)36**	**(Э)36**
	Прием экз., час.	1	0,5	0,5
	Консультация, час	4	2	2
	СРО, час	67	33,5	33,5
ИТОГО: Общая трудоемкость	**часов**	**252**	**144**	**108**
	зач. ед.	**7**	**4**	**3**

Заочная форма обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры	
			№ 8 часов	№ 9 часов
1		2	3	4
Аудиторная контактная работа (всего)		**40**	**16**	**24**
В том числе:		-	-	-
Лекции (Л)		14	6	8
Практические занятия (ПЗ)		12	4	8
Лабораторные работы (ЛР)		14	6	8
Внеаудиторная контактная работа		**2**	**1**	**1**
В том числе: индивидуальные и групповые консультации		2	1	1
Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)**		**192**	**46**	**146**
Контрольная работа (К)		44	10	34
Работа с видеолекциями и презентациями		22	6	16
Подготовка к лабораторным занятиям (ЛЗ)		50	10	40
Подготовка к занятиям (ПЗ)		56	16	40
Подготовка к промежуточному контролю (ППК)		20	4	16
Промежуточная аттестация	**Экзамен (Э) в том числе:**	**(Э)18**	**(Э)9**	**(Э)9**
	Прием экз., час.	1	0,5	0,5
	СРО, час	17	8,5	8,5
ИТОГО: Общая трудоемкость	**часов**	**252**	**72**	**180**
	зач. ед.	**7**	**2**	**5**

4.2 Содержание дисциплины

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

Очная форма обучения

№ 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), тестирование
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), тестирование
3		Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	2	-	4	8	16	текущий контроль (контрольный опрос), тестирование
4		Защита и автоматика специальных установок	2	-	2	8	9	текущий контроль (контрольный опрос, РГР).
5		Внеаудиторная контактная работа	-	-	-	-	2	индивидуальные и групповые консультации
6		Промежуточная атте-					36	Экзамен

7		стация						
		Итого 8 семестр	**12**	**12**	**12**	**34**	**108**	
		Всего	**26**	**26**	**54**	**70**	**252**	

Заочная форма обучения

№ 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 8								
8	8	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ	2	2		10	14	входной контроль (устный опрос, контрольная работа)
9		Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	2	2	2	18	24	текущий контроль (контрольный опрос, контрольная работа)
10		Дифференциальные токовые защиты Дистанционные защиты	2	2	2	18	24	текущий контроль (контрольный опрос, контрольная работа)
11		Внеаудиторная контактная работа	-	-	-	-	1	индивидуальные и групповые консультации
12		Промежуточная аттестация					9	Экзамен
		Итого 8 семестр	**6**	**6**	**4**	**46**	**72**	
Семестр 9								
8	9	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	2	4	2	44	52	входной контроль (устный опрос)
9		Автоматизация систем электроснабжения промышленных предприятий	2	4	2	44	52	текущий контроль (контрольный опрос)
10		Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	2		2	24	28	текущий контроль (контрольный опрос)
11		Защита и автоматика специальных установок	2		2	34	38	текущий контроль (контрольный опрос).
12		Внеаудиторная контактная работа	-	-	-	-	1	индивидуальные и групповые консультации
13		Промежуточная атте-					9	Экзамен

14		стация						
		Итого 9 семестр	**8**	**8**	**8**	**146**	**180**	
		Всего	**14**	**14**	**12**	**192**	**252**	

4.2.2 Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	ОФО	ЗФО
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Семестр 7 ОФО, Семестр 8 ЗФО					
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	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 недоставки применения автоматических выключателей в схема МТЗ. Принцип построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ с помощью предохранителей. Достоинства и недоставки 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	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	2
		Дифференциальная защита крупных асинхронных электродвигателей. Дифференциальная защита синхронных генераторов.	Виды повреждений асинхронных двигателей и типы используемых защит. Особенности дифференциальных защит асинхронных электродвигателей. Виды повреждений синхронных генераторов и типы используемых защит. Особенности дифференциальных защит синхронных генераторов.	2	
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 8 семестр			**14**	**6**
Семестр 8 ОФО, семестр 9 ЗФО					
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	2
		Автоматическое включения 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. Врем 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	2
		Автоматическая частотная нагрузка (АЧР)	Назначение и область применения АЧР. «Лавина частоты» и «лавина напряжения» в СЭС. Выбор уставок АЧР.	1	
		Особенности работы АЧР на подстанциях с синхронными электродвигателями	Аварийные режимы и противоаварийная автоматика на подстанциях с СД. Особенности выполнения релейной защиты на подстанциях с СД. Автоматика и зашита на подстанциях с синхронными электродвигателями, оборудованными устройствами плавного пуска .	1	

3	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	Принцип выполнения противоаварийной автоматики Делительные защиты	Принцип работы делительной защиты. Назначение делительных защит. Делительная защита от потери питания узла с синхронной нагрузкой. Делительная защита минимального напряжения для отключения СД.	2	2
		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	2
	Итого 8семестр ОФО, 9 семестр ЗФО			**14**	**8**
	Всего			**28**	**14**

4.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	ОФО	ЗФО
1	2	3	4	5	6
Семестр 7 ОФО, семестр 8 ЗФО					
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
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	2
3	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	Моделирование МТЗ радиальной электрической сети с односторонним питанием	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	2	-
4	Дифференциальные токовые защиты	Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи	Повторение теоретического материала. Сборка схемы на лабораторном стенде. Снятие необходимых показаний. Оформление лабораторной работы.	4	2
Итого				**14**	**6**
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	4
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	4
Итого 8 семестр ОФО, 9 семестр ЗФО				**12**	**8**
Всего				**26**	**14**

4.2.4 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	ОФО	ЗФО
1	2	3	4	5	
Семестр 7 ОФО, 8 семестр ЗФО					
1	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты 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	1
		Защита расцепителями автоматических выключателей	Требования к автоматическим выключателям. Выбор номинальных токов автоматических выключателей и расцепителей. Технические параметры расцепителей автоматических выключателей А3100, А3700, ВА5000.	4	1
		Защита предохранителями и расцепителями автоматических выключателей и предохранителей.	Основные принципы согласования предохранителей и автоматических выключателей. Обеспечение селективности.	2	-
2 2	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	Токовые защиты от междуфазных коротких замыканий	Выбор тока срабатывания максимальных токовых защит в заданной схеме. Проверка чувствительности защит при дальнем и ближнем резервировании.	4	1
		Токовые защиты от замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью	Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты в заданной схеме с использованием реле РТ-40.	4	1
		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	1
			Расчет дифференциальной токовой отсечки трансформатора.	4	1
		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 7,8 семестр			**42**	**6**
Семестр 8 ОФО, 9 ЗФО					
1 3	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	Автоматическое повторное включение	Выбор и расчет трехфазного АПВ линии с двусторонним питанием	4	2

2	Автоматизация систем электроснабжения промышленных предприятий	Устройства резервирования при отказе выключателя	Расчет устройства резервирования при отказе выключателя	2	2
3	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	Автоматический ввод резервного питания	Расчет уставок АВР. Реле однократного действия	4	2
4	Защита и автоматика специальных установок	Автоматическая частотная разгрузка	Расчет уставок АЧР	2	2
Итого 8,9 семестр				**12**	**8**
Всего				**54**	**14**

4.3 Самостоятельная работа обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	1
		1.2	Просмотр видеолекций	1
		1.3	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.	2
		2.2	Просмотр видеолекций	2
		2.3	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	Просмотр видеолекций	2
		3.3	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.	4
4	Дифференциальные токовые защиты	4.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	2
		4.2	Просмотр видеолекций	2

		4.3	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.	4
5	Дистанционные защиты	5.1	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению разделов расчетно-графической работы.	4
		5.2	Просмотр видеолекций	2
		5.3	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачниками). Работа с электронными источниками.	2
	Итого 7 семестр			**36**
Семестр 8				
1	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	4
		1.2	Просмотр видеолекций	2
		1.3	Самостоятельное изучение материала по теме: «Экономическая эффективность систем автоматизации электроснабжения. Подготовка к практическим занятиям.	4
2	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	2.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы. Подготовка к практическим занятиям. Просмотр видеолекций	8
3	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	3.1	Подготовка к практическим занятиям.	2
		3.2	Просмотр видеолекций	2
		3.3	Самостоятельное изучение материала по теме: «Согласование действия устройств АВР, АПВ, АЧР».	4
4	Защита и автоматика специальных установок	4.1	Подготовка к практическим занятиям. 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».	2
		4.2	Просмотр видеолекций	2
		4.3	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачниками). Работа с электронными источниками.	4
	Итого 8 семестр			**34**
	Всего			**70**

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 8				
6	Современная и классическая элементные базы устройств релейной защиты Принцип	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	4
		1.2	Просмотр видеолекций	2
		1.3	Подготовка к выполнению разделов контрольной работы.	4

	построения максимальной токовой защиты сетей до 1 кВ			
7	Принцип построения максимальной токовой защиты сетей выше 1 кВ	2.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	4
		2.2	Просмотр видеолекций	2
		2.3	Подготовка к выполнению разделов контрольной работы	4
		2.4	Подготовка к практическим занятиям.	8
8	Дифференциальные токовые защиты. Дистанционные защиты	3.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	2
		3.2	Подготовка к выполнению разделов контрольной работы	6
		3.3	Просмотр видеолекций	2
		3.4	Подготовка к практическим занятиям.	4
		3.5	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачниками). Работа с электронными источниками.	4
	Итого 8 семестр			**46**
Семестр 9				
5	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	1.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	18
		1.2	Подготовка выполнению разделов контрольной работы	14
		1.3	Просмотр видеолекций	2
		1.4	Подготовка к практическим занятиям.	10
6	Автоматизация систем электроснабжения городов и поселков	2.1	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	18
		2.2	Подготовка выполнению разделов контрольной работы	14
		2.3	Просмотр видеолекций	2
		2.4	Подготовка к практическим занятиям.	10
7	Противоаварийная автоматика систем электроснабжения	3.1	Подготовка выполнению разделов контрольной работы.	12
		3.2	Просмотр видеолекций	2
		3.3	Подготовка к практическим занятиям.	10
8	Защита и автоматика специальных установок	4.1	Подготовка к выполнению разделов контрольной работы	12
		4.2	Подготовка к практическим занятиям.	10
		4.3	Просмотр видеолекций	2
		4.4	Подготовка к промежуточной аттестации. Работа с книжными источниками (учебниками, задачниками). Работа с электронными источниками.	10
	Итого 9 семестр			**146**
	Всего			**192**

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 студенту 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 возникала 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 обучающиеся 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 обучающиеся получают сводную информацию о формах проведения

занятий и формах контроля знаний. Тогда же обучающимся 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 обучающиеся для закрепления пройденного материала:

- решают тесты, контрольные задачи;
- защищают реферативные работы по дополнительным материалом 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 обучающиеся в первую очередь должны использовать материал лекций и соответствующих литературных источников. Самоконтроль качества подготовки к каждому занятию обучающиеся осуществляют, проверяя свои знания и отвечая на вопросы дл 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 знаний:

1 Изложение преподавателем темы занятия, его целей и задач.
2 Выдача преподавателем задания обучающимся, необходимые пояснения.
3 Выполнения задания обучающимися 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 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 обучающимся 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 обучающимся 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 обучающимся необходимо использовать основную и дополнительную литературу по дисциплине.

Работа с литературными источниками и интернет - ресурсами

В процессе изучения дисциплины студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебными пособиями и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

1. Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться;

2. Перечень должен быть систематизированным (что необходимо для практических занятий, экзаменов).

3. Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге

4. Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

5. При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками, которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

6. Все прочитанные книги, учебные пособия и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Составление конспекта

При составлении конспекта необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Подготовка к тестированию

Как и любая другая форма подготовки к контролю знаний, тестирование имеет ряд особенностей, знание которых помогает успешно выполнить тест. Можно дать следующие методические рекомендации:

Прежде всего, следует внимательно изучить структуру теста, оценить объем времени, выделяемого на данный тест, увидеть, какого типа задания в нем содержатся. Это поможет настроиться на работу.

Лучше начинать отвечать на те вопросы, в правильности решения которых нет сомнений, не останавливаясь пока на тех, которые могут вызвать долгие раздумья. Это позволит успокоиться и сосредоточиться на выполнении более трудных вопросов.

Очень важно всегда внимательно читать задания до конца, не пытаясь понять условия «по первым словам» или выполнив подобные задания в предыдущих тестированиях. Такая спешка нередко приводит к досадным ошибкам в самых легких вопросах.

Если Вы не знаете ответа на вопрос или не уверены в правильности, следует пропустить его и отметить, чтобы потом к нему вернуться.

Психологи также советуют думать только о текущем задании. Как правило, задания в тестах не связаны друг с другом непосредственно, поэтому необходимо концентрироваться на данном вопросе и находить решения, подходящие именно к нему. Кроме того, выполнение этой рекомендации даст еще один психологический эффект – позволит забыть о неудаче в ответе на предыдущий вопрос, если таковая имела место.

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 за-

щит.

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 (самоконтроль)

7 Семестр ОФО, 8 семестр ЗФО

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.
50.

8Семестр ОФО, 9 семестр ЗФО

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	7,8	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 напряжение до 1 кВ автоматическими выключателями.»	Дистанционные, телекоммуникационные, мультимедийные технологии.	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.»	Дистанционные, телекоммуникационные, мультимедийные технологии.	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 7,8 семестр		**14**
1	8,9	Лекция «Автоматика и телемеханика систем электроснабжения».	Лекция-визуализация.	2
2		Лекция «Использование АПВ и АВР в системах электроснабжения».	Дистанционные, телекоммуникационные, мультимедийные технологии.	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»	Дистанционные, телекоммуникационные, мультимедийные технологии.	4
		Итого 8,9 семестр		**14**
		Всего		**28**

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Горемыкин, С. А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : практикум / С. А. Горемыкин, Н. В. Ситников. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 71 с. — ISBN 978-5-7731-0933-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/111504/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Гуревич, В. И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения : настольная книга электротехника / В. И. Гуревич. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2021. — 688 с. — ISBN 978-5-91359-225-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/141918/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : практикум / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 94 с. — ISBN 978-5-4497-3868-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/145169/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебно-методическое пособие / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 57 с. — ISBN 978-5-4497-3867-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/145171/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие (лабораторный практикум) / составители В. А. Мамаев [и др.]. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2019. — 197 с. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/92743/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Булычев, А. В. Релейная защита в распределительных электрических сетях : пособие для практических расчетов / А. В. Булычев, А. А. Наволочный. — Москва : ЭНАС, 2017. — 206 с. — ISBN 978-5-4248-0006-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/76939/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Векторные диаграммы в схемах релейной защиты и автоматики / составители Ф. Д. Кузнецов, под редакцией Б. А. Алексеев. — Москва : ЭНАС, 2017. — 62 с. — ISBN 978-5-4248-0127-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT :

[сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/76131/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Богданов, А. В. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах : учебное пособие / А. В. Богданов, А. В. Бондарев. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 82 с. — ISBN 8-987-903550-43-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/69913/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Гуревич, В. И. Устройства электропитания релейной защиты. Проблемы и решения : учебно-практическое пособие / В. И. Гуревич. — Москва : Инфра-Инженерия, 2013. — 288 с. — ISBN 978-5-9729-0057-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/13561/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Всережимное математическое моделирование релейной защиты электроэнергетических систем : монография / М. В. Андреев, Н. Ю. Рубан, И. С. Гордиенко [и др.]. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 176 с. — ISBN 978-5-4387-0712-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/83996/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Релейная защита электроэнергетических систем. Принципы выполнения защит. Защиты линий электропередач : учебное пособие / О. Н. Шелушенина, И. И. Добросотских, С. Н. Синельникова, А. С. Ведерников. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 237 с. — ISBN 978-5-7964-1797-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/90906/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 215 с. — ISBN 978-5-4497-3869-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/145170/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
8. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / Л. Г. Мигунова, А. И. Земцов, Е. М. Шишков, А. В. Гофман. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 205 с. — ISBN 978-5-7964-2120-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/111415/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
9. Бирюлин, В. И. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 164 с. — ISBN 978-5-9729-1037-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/123839/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10. Куксин, А. В. Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 200 с. — ISBN 978-5-9729-2388-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT :

[сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/155960/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
11. Агафонов, А. И. Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие / А. И. Агафонов, Т. Ю. Бростилова, Н. Б. Джазовский. — 3-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 300 с. — ISBN 978-5-9729-2212-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/154779/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
12. Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / М. В. Андреев, Н. Ю. Рубан, А. А. Суворов [и др.]. — Томск : Томский политехнический университет, 2018. — 167 с. — ISBN 978-5-4387-0796-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/98969/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
13. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 215 с. — ISBN 978-5-4497-3869-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/145170/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
14. Куксин, А. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебно-методическое пособие / А. В. Куксин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 57 с. — ISBN 978-5-4497-3867-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа IPR CMAPT : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/books/145171/details . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2 Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети интернет

1. https://ro-edu.ru/ Федеральный портал «Российское образование»
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ) https://rusneb.ru/ Национальная электронная библиотека (НЭБ) — федеральная государственная информационная система
3. Лекториум https://www.lektorium.tv/ Образовательная платформа с видеолекциями, онлайн-курсами и дополнительными образовательными материалами.
4. eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/ Научная электронная библиотека и информационно-аналитическая система, обеспечивающая поиск российских научных публикаци

7.3 Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный договор № 100164437126100227 Срок действия: с 28.10.2026 до 30.11.2027
Консультант Плюс	Договор № 7 от 15.01.2026 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 14172/26ПК от 24.06.2026 г. Срок действия: с 01.07.2026 г. по 30.06.2027 г.
ЛИРА	Сублицензионный договор № 2066/А от 21.01.2014 г.
MATLAB	Гос. контракт

	№ 037910000311400018 от 16 мая 2014 г.
Кодекс	Лицензионное соглашение № 5/4072 от 29.03.2026 г.
Бесплатное ПО	
LibreOffice, МойОфис, Visual Studio Community, Sumatra PDF, 7-Zip, Adobe Acrobat Reader, МТС Линк, 1С: Предприятие Учебная версия, Lazarus, Firebird, IBE Expert, VBA, MySQL, Virtual box, Visual Studio Code, Интерпретатор Python, Cisco Packet Tracer, Notepad++, StarUML – унифицированный язык моделирования, PostgreSQL, Blender 3D, ArchiCAD.Учебная версия, Simulink, Electronics Workbench, Компас 3d/.Учебная версия, Project, STDU Viewer, МКБ-10, Графический векторный редактор Inkscape, Графический редактор Krita, Программа для чертежей и 3d – Компас, Nanocad	

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

13.03.02	Электроэнергетика и электротехника направленность (профиль) «Электроснабжение»	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Ауд. № 321 а	Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: Проектор – 1 шт. Экран настенный рулонный– 1 шт. Компьютер в сборе + монитор – 1 шт. Колонки – 2 шт. Специализированная мебель: Доска магнитно-маркерная, алюминиевая – 1 шт. Стол ученический – 21шт. Стул ученический - 42 шт. Стол компьютерный угловой преподавателя – 1шт. Стол компьютерный преподавателя – 1 шт. Стул преподавателя мягкий – 1шт. Кафедра – 1 шт. Тумбочка- 1 шт. Стенд для ватманов - 2 шт. Платяной шкаф -1 шт. Жалюзи вертикальные-3 шт.
			Ауд.336 Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Ауд. № 336 Лаборатория релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем. .	Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: Проектор в комплекте настенный экран с ноутбуком- 1 шт. Лабораторное оборудование: **1-** Стенд для учебной лаборатории «Электрические станции и подстанции» (в комплекте с персональным компьютером: процессор, монитор, клавиатура, мышь -1 шт. **2-** Стенд для учебной лаборатории «Основы электроники»– 1 шт. **3-**Стенд для учебной лаборатории

				«Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» (в комплекте с ноутбуком).- 1 шт. Учебно-наглядные пособия - (Распределительный пункт подстанции, трансформаторы тока, шины, автоматические выключатели, разъединители, разрядники, защитное, измерительное и коммутационное оборудование подстанции.) Специализированная мебель: Стол ученический – 10 шт. Стул ученический - 20 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.
		Помещение для самостоятельной работы	Библиотечно-издательский центр Отдел обслуживания печатными изданиями Ауд. №1	Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: Экран настенный – 1 шт. Проектор – 1 шт. Ноутбук – 1 шт. Рабочие столы на 1 место – 21 шт. Стулья – 55 шт.
			Библиотечно-издательский центр Отдел обслуживания электронными изданиями Ауд. №9	Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: Интерактивная система - 1 шт. Монитор – 21 шт. Сетевой терминал Office Station -18 шт. Персональный компьютер -3 шт. МФУ – 2 шт. Принтер– 1 шт. Специализированная мебель: рабочие столы на 1 место – 24 шт. стулья – 24 шт.
			Библиотечно-издательский центр Информационно-библиографический	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспе-

			отдел Ауд.№8	чением доступа в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО «СКГА»: Персональный компьютер – 1шт. Сканер – 1шт. Специализированная мебель: Рабочие столы на 1 место - 6 шт. Стулья - 6 шт.

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

Нет

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 развития 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. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

(наименование дисциплины)

1 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ОПК-1	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности
ПК-1	Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам темы
ПК-2	Способен подготовить проект систем электроснабжения объектов капитального строительства
ПК-4	Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи
ПК-5	Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи

2 Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

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

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 7,8						
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 напряжение до 1 кВ автоматическими выключателями. Защита электрических сетей напряжение до 1 кВ плавкими предохранителями.		+	+	+	+	+
Раздел 3. Тема 1. Основные требования, 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 8,9						
Раздел 1. Тема 1. Автоматика и телемеханика систем электроснабжения	+	+	+	+		
Раздел 1. Тема 2. Автоматическое включения резерва (АВР), виды АВР Автоматической 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	+	+	+	+		

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

ОПК-1 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач 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
ОПК-1.2 Умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности.	Не умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности.	Частично умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности.	Умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности, но допускает несущественные ошибки	В полной мере умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности.	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа	Экзамен

ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам 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
ОПК-6.1 Демонстрирует знание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации	Не знает основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации	Демонстрирует частичные знание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации	Демонстрирует хорошие знание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации	Раскрывает полное содержание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа	Экзамен
ОПК-6.2 Выбирает средства измерений, проводит измерения электрических и неэлектрических величин	Не готов и не умеет выбирать средства измерений, проводить измерения электрических и неэлектрических величин	Частично готов и умеет выбирать средства измерений, проводить измерения электрических и неэлектрических величин	Готов и умеет выбирать средства измерений, проводить измерения электрических и неэлектрических величин с несущественными ошибками	В полной мере готов и умеет выбирать средства измерений, проводить измерения электрических и неэлектрических величин		
ОПК-6.3 Обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Не умеет обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность	Частично умеет обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность	Умеет обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность, но допускает несущественные ошибки	В полной мере готов и умеет обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность		

ПК-1 Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам темы

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
ПК-1.1. Осуществляет работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Не умеет осуществлять работы по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследований по релейной защите и автоматике	Частично умеет осуществлять работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований по релейной защите и автоматике	Умеет осуществлять работы по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследований по релейной защите и автоматике, но допускает небольшие неточности.	Умеет в полном объеме осуществлять работы по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследований по релейной защите и автоматике.	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа Тестирование	Экзамен
ПК-1.2. Выполняет эксперименты и оформляет результаты исследований	Не умеет выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований устройств релейной защиты и автоматики	Частично умеет выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований устройств релейной защиты и автоматики	Умеет выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований устройств релейной защиты и автоматики, но допускает несущественные ошибки	Умеет выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований устройств релейной защиты и автоматики в полном объеме		

ПК-2 Способен подготовить проект систем электроснабжения объектов капитального строительства

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
ПК-2.1. Выполняет оформление отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Не умеет выполнять оформление отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Демонстрирует частичные знания в оформлении отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Демонстрирует знания в оформлении отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	Умеет выполнять полное оформление отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа	Экзамен
ПК-2.2. Выполняет оформление технического задания на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Не умеет оформить техническое задание на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Частично умеет оформить техническое задание на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Умеет оформить техническое задание на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства , но допускает несущественные ошибки.	Готов и умеет в полном объеме оформить техническое задание на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства		
ПК-2.3. Выполняет оформление комплектов проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Не умеет оформить комплекты проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Частично умеет оформить комплекты проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Демонстрирует хорошие знания в части оформления проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства	Раскрывает полные знания в части оформления проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства		
ПК-2.4. Осуществляет разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства	Не умеет осуществлять разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства	Частично умеет осуществлять разработку проектной и рабочей простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства	Умеет осуществлять разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства но допускает несущественные ошибки	Умеет в полном объеме осуществлять разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства		

ПК-4 Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи

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
ПК-4.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи	Не способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи	Частично способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи	Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи с несущественными ошибками	В полном объеме способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа Тестирование	Экзамен
ПК-4.2. Способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи	Не способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи	Частично способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи	Способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи, но допускает несущественные ошибки	В полном объеме способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи		

ПК-5 Способен осуществлять планирование и ведение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи

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
ПК-5.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи	Не умеет и не способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи	Частично умеет и способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи	Умеет и способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи, но допускает несущественные ошибки.	В полном объеме умеет и способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи	ОФО: Устный опрос, РГР Тестирование ЗФО: Устный опрос, Контрольная работа	Экзамен
ПК-5.2.Техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи	Не знает и не умеет выполнять техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи	Частично знает и умеет выполнять техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи	Знает и умеет выполнять техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи	В полном объеме знает и умеет выполнять техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи		

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

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра Электроснабжение

20____ - 20_____ учебный год

по дисциплине дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Комплект задания для расчетно-графической работы

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/Yн-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:

$$r_т = \frac{P_к U^2_{ном.т}}{S^2_{ном.т}} = \frac{12000 \cdot 10{,}5^2}{1000^2} = 1{,}32 \text{ Ом},$$

здесь $P_к$ -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.

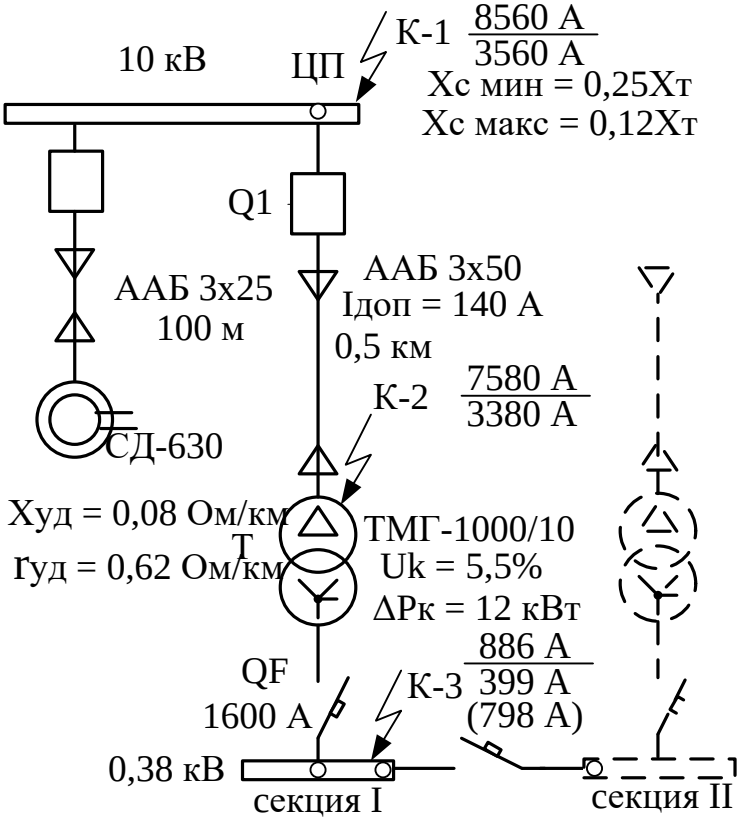


Рисунок 1.1 - Схема участка сети промышленного предприятия

Индуктивное сопротивление:

$$x_т = \sqrt{u_к^2 - \left(\frac{100P_к}{S_{ном.т}}\right)^2} \cdot \frac{10\,U_{ном.т}^2}{S_{ном.т}} = \sqrt{5{,}5^2 - \left(\frac{100 \cdot 12}{1000}\right)^2} \cdot \frac{10 \cdot 10{,}5^2}{1000} = 5{,}9\ Ом,$$

здесь $u_к$ -напряжение КЗ в %, $P_к$ -потери КЗ, но уже в кВт.

Сопротивления кабельной линии:

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

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

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:

$$x_{с.мин} = 0{,}25x_т = 0{,}25 \cdot 5{,}9 = 1{,}48\ Ом,$$

$$x_{с.макс} = 0{,}12x_т = 0{,}12 \cdot 5{,}9 = 0{,}71\ Ом.$$

Максимальный ток трёхфазного КЗ в точке К-1:

$$I_{к1макс}^{(3)} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}Z_{Σк1макс}} = \frac{10{,}5}{\sqrt{3} \cdot 0{,}71} = 8{,}5\ кА,$$

здесь $Z_{Σк1макс} = x_{с.макс} = 0{,}71\ Ом.$

Минимальный ток двухфазного КЗ в точке К-1:

$$I_{к1мин}^{(2)} = \frac{U_{ср}}{2 \cdot Z_{Σк1мин}} = \frac{10{,}5}{2 \cdot 1{,}48} = 3{,}55\ кА,$$

здесь $\dot{Z}_{Σк1мин} = x_{с.мин} = 1{,}48\ Ом.$

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

Максимальный ток трёхфазного КЗ в точке К-2:

$$I^{(3)}_{к2макс} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}Z_{Σк2макс}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\cdot 0,8} = 7,58\ кА,$$

где $\dot{Z}_{Σк2макс} = r_{кл} + jx_{кл} + jx_{с.макс} = 0,31 + j0,04 + j0,71 = 0,31 + j0,75$ Ом,

$Z_{Σк2макс} = \sqrt{0,31^2 + 0,75^2} = 0,8$ Ом.

Минимальный ток двухфазного КЗ в точке К-2:

$$I^{(2)}_{к2мин} = \frac{U_{ср}}{2\cdot Z_{Σк2мин}} = \frac{10,5}{2\cdot 1,55} = 3,38\ кА,$$

где $\dot{Z}_{Σк2мин} = r_{кл} + jx_{кл} + jx_{с.мин} = 0,31 + j0,04 + j1,48 = 0,31 + j1,52$ Ом,

$Z_{Σк2мин} = \sqrt{0,31^2 + 1,52^2} = 1,55$ Ом.

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

$$I^{(3)}_{к3макс} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}Z_{Σк3макс}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\cdot 6,85} = 0,885\ кА,$$

$\dot{Z}_{Σк3макс} = r_{кл} + jx_{кл} + r_т + jx_т + jx_{с.макс} = 0,31 + j0,04 + 1,32 + j5,9 + j0,71 = 1,63 + j6,65$ Ом,

$Z_{Σк3макс} = \sqrt{1,63^2 + 6,65^2} = 6,85$ Ом.

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

$$I^{(2)}_{к3мин} = \frac{U_{ср}}{2\sqrt{3}\cdot Z_{Σк3мин}} = \frac{10,5}{2\sqrt{3}\cdot 7,6} = 0,399\ кА.$$

В одной фазе:

$$I^{(2)}_{к3мин} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}\cdot Z_{Σк3мин}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\cdot 7,6} = 0,798\ кА,$$

$\dot{Z}_{Σк3мин} = r_{кл} + jx_{кл} + r_т + jx_т + jx_{с.мин} = 0,31 + j0,04 + 1,32 + j5,9 + j1,48 = 1,63 + j7,42$ Ом,

$Z_{Σк2мин} = \sqrt{1,63^2 + 7,42^2} = 7,6$ Ом.

Учёт подпитки места КЗ синхронных и асинхронных двигателей

Синхронные двигатели.

Начальный сверхпереходный ток от синхронного двигателя определяется по формуле:

$$I^{//}_{с.д} = \frac{E^{//}_{*н.d}}{\sqrt{(x^{//}_{*н.d} + x_{*вн})^2 + r^2_{*вн}}}\cdot I_{н.д},$$

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

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

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

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

Значения $E''_{*н.d}$ принимаются равными:

- для недовозбужденного синхронного двигателя 0.9;
- для перевозбужденного синхронного двигателя 1.1.

Начальный сверхпереходный ток от синхронного двигателя 630 кВт, где $x''_{*н.d} = 0{,}15$, $x_{*вн} = 1{,}81$, $r_{*вн} = 0{,}075$ [4]

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

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

Максимальный ток короткого замыкания в точке К1 $I^{(3)}_{к1макс}$ =8500 А,

8500А >>42,72А, следовательно, подпитку СД можно не учитывать.

Асинхронные двигатели

Подпитка от асинхронных двигателей учитывается только при их суммарной мощности $S_{нΣ} > 1000$ 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.

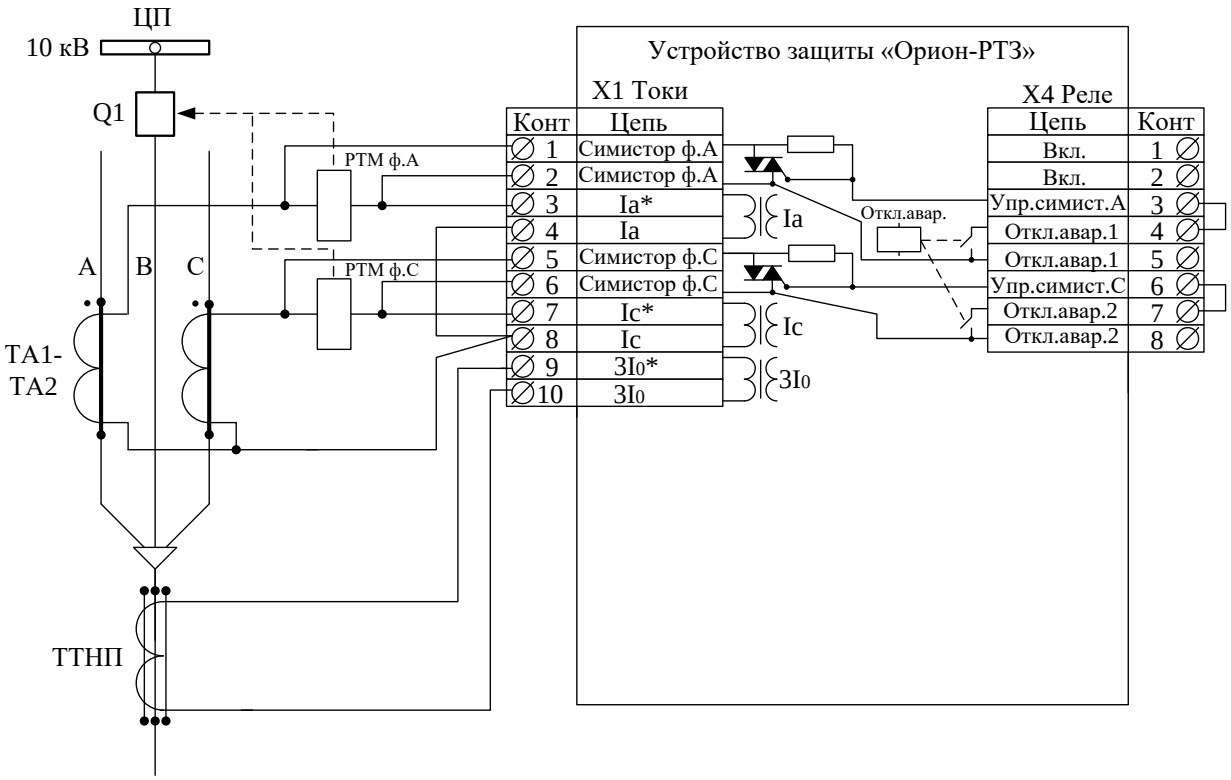


Рисунок 2.2 - Схема включения измерительных трансформаторов тока и цепей аварийного отключения высоковольтного выключателя от устройства защиты «Орион-РТЗ»

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:

$$I_{с.о.} \geq k_{отс} I^{(3)}_{кЗмакс} = 1{,}15 \cdot 885 = 1018\ А,$$

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

По условию отстройки от броска намагничивающего тока защищаемого трансформатора:

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

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

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

$$k^{(2)}_{с.о.мин} = \frac{I^{(2)}_{к1мин}}{I_{с.о.}} = \frac{3550}{1018} = 3{,}5 > 2,$$

чувствительность отсечки обеспечена.

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

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

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:

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

где $I_{ном.авт.} = 1600$ 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 $I_{с.з.} = 211$ 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 Δ/Y-н-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 мм^2, определяется по справочным данным, l -длина кабельной линии, км.

Ток срабатывания защиты от ОЗЗ:

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

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

В реле вводим значение тока срабатывания от ОЗЗ:

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

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

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:

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

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

В случае двухфазного КЗ расчётная нагрузка на ТТ увеличится и составит: $z_{н.расч.} = 2r_{пр} + z_{р.орион} + r_{пер} = 2 \cdot 0{,}05 + 0{,}4 + 0{,}1 = 0{,}6\ Ом.$

Наибольшее допустимое сопротивление вторичных цепей трансформаторов тока при предельной кратности тока равной $k_{10} = \frac{1{,}1 I_{с.о.}}{I_{ном.ТТ}} = \frac{1{,}1 \cdot 1018}{200} = 5{,}6$, составляет $z_{доп} \approx 1{,}8\ Ом$ (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:

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

где $t_{с.о.}$ -время срабатывания отсечки реле «Орион-РТЗ»; $t_{выкл.}$ -время срабатывания реле РТМ и высоковольтного выключателя; $C_{тер} = 90 \frac{А \cdot с^{0{,}5}}{мм^2}$ 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.

В нашем случае $t_{доп} \frac{1500}{\left(I^{(3)}_{кзмакс}/I_{ном.т}\right)^2} = \frac{1500}{(885/58)^2} = 6{,}4\ с.$

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

Длительно допустимый ток кабеля ААБ 3х50 равен $I_{доп} = 140\ А$, при этом принятый ток срабатывания МТЗ $I_{с.з.} = 211\ А$, таким образом $I_{доп} < I_{с.з.}$ 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:

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

В реле вводим значение тока срабатывания от перегруза:

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

Выдержка времени ступени от перегрузки $t_{пер} = 8$ 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:

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

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

По условию готовности выключателя:

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

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

По условию деионизации дуги в месте КЗ:

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

где $t_д$ -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 $t_д = 0,1$ с, для сетей 110 кВ $t_д = 0,17$ с.

В случае использования на подстанции в качестве источника оперативного тока конденсаторных батарей выдержка времени АПВ должна быть больше времени $t_{зар}$, 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. Электроснабжение предприятия осуществляется от главной понижающей подстанции (ГПП). На ГПП установлен понижающий трансформатор 115/10,5 кВ с номинальной полной мощностью $S_{т.ном} = 16\,MBA$ и напряжением короткого замыкания $u_к = 10{,}5\%$. 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	$0{,}1x_т$	100

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

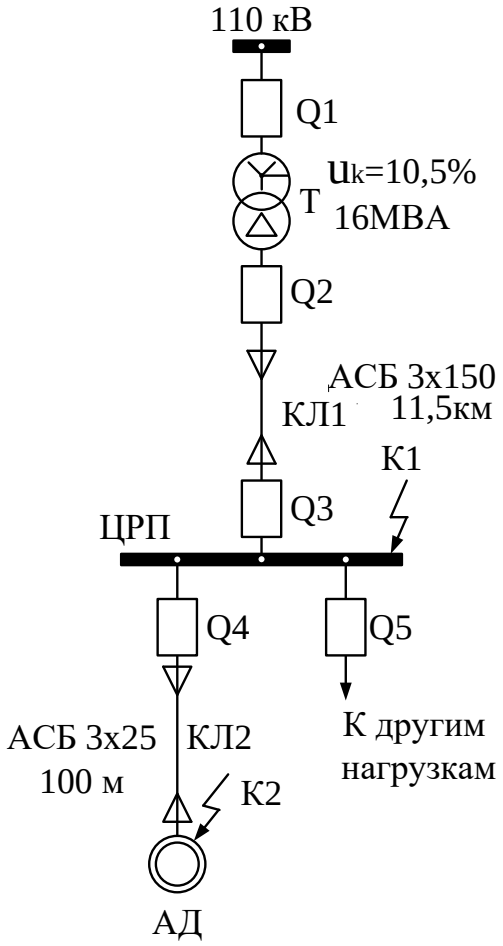


Рисунок 3.1 - Расчётная схема участка сети промышленного предприятия

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 К1, и на выводах защищаемого асинхронного двигателя (АД) в точке К2. Таким образом, получаем элементарную схему замещения, приведенную на рисунке 3.2.

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

$$x_т = \frac{u_к(\%) \cdot U^2_{т\,ном}}{100\, S_{т.ном}} = \frac{10{,}5 \cdot 10{,}5^2}{100 \cdot 16} = 0{,}72\ Ом.$$

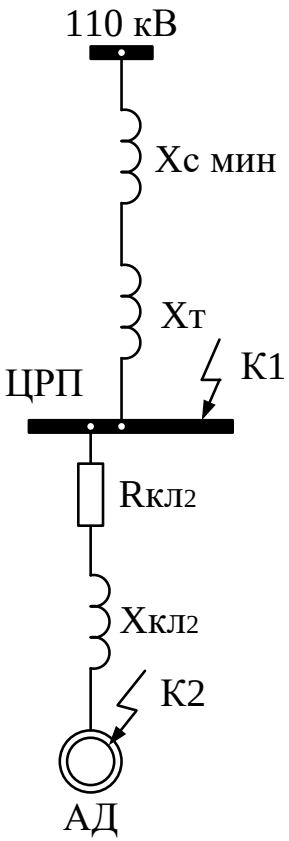


Рисунок 3.2. Схема замещения участка сети промышленного предприятия

Тогда сопротивление питающей энергосистемы в минимальном режиме

$$x_{с\,мин} = 0{,}1x_т = 0{,}072\ Ом.$$

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

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

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

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

Суммарное сопротивление до точки короткого замыкания К1 равно:

$$z_{к1} = x_{с\,мин} + x_т + r_{уд1} + jx_{уд1} = j0{,}072 + j0{,}72 + 2{,}3 + j0{,}91 = 2{,}3 + j1{,}702\ Ом.$$

$$z_{к1} = \sqrt{2{,}3^2 + 1{,}702^2} = 2{,}86Ом$$

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

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

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

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

$$z_{к2} = r_{кл1} + r_{кл2} + x_{с\ мин} + x_т + x_{кл2} + x_{кл1} =$$

$$= 0{,}117 + j0{,}072 + j0{,}72 + j0{,}0099 + 2{,}3 + j1{,}702 =$$

$$= 2{,}42 + j1{,}71\ Ом.$$

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

$$I^{(3)}_{к2\ t=0} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3}z_{к2}} = \frac{10{,}5}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{2{,}42^2 + 1{,}71^2}} = 2{,}05\ кА.$$

Ток двухфазного КЗ составит $I^{(2)}_{к2\ t=0} = \frac{\sqrt{3}}{2}2{,}05 = 1{,}775\ кА.$

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:

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

где номинальный ток двигателя

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

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

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

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:

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

и на выводах асинхронного двигателя:

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

Видно, что отсечка надёжно защищает АД от тяжёлых междуфазных КЗ, так как $k^{(2)}_ч$ 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

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

$k_в = 0{,}93$ –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:

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

$k_в = 0{,}93$ –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:

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

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:

$$I_{3I0} \geq \frac{k_{отс}}{k_в} k_{бр} \left(I_{емк.АД} + I_{емк.КЛ2}\right) = \frac{1{,}2}{0{,}93} 2(0{,}011 + 0{,}065) = 0{,}196 \text{ А}$$

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

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

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

В реле вводится величина тока срабатывания защиты от ОЗЗ равная

$$I_{3I0\ с.р.} = \frac{I_{3I0}}{k_{ттнп}} = \frac{0{,}196}{30} = 0{,}0065\text{А},$$

здесь $k_{ттнп} = 30$ –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 $t_{с.з.Сириус}$:

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

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

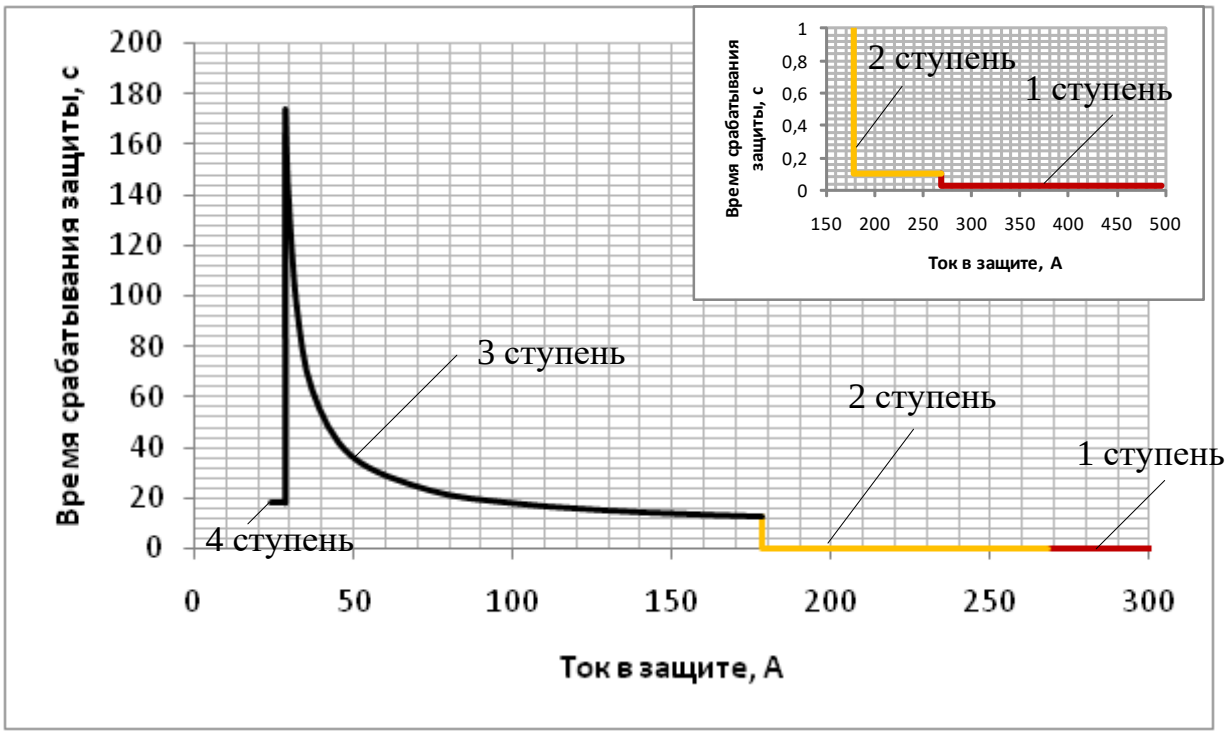


Рисунок 3.3 - Полученная защитная характеристика реле «Сириус-21-Л»

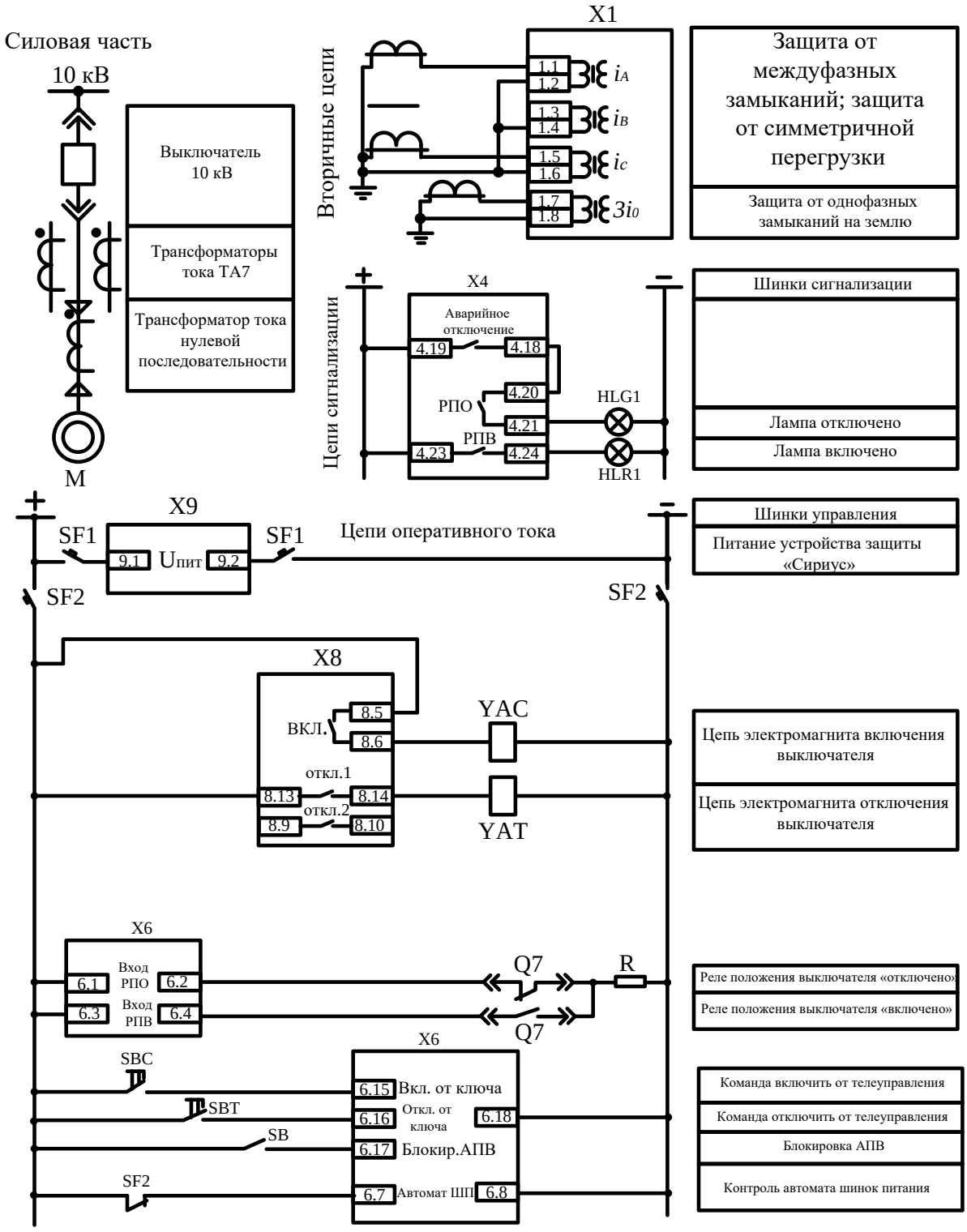


Рисунок 3.4 - Схема подключения цифрового реле «Сириус-21-Л»

Комплект задания для контрольной работы

Таблица П1 – Исходные данные. Часть 1.

Варианты	Мощность КЗ системы	Номинальная мощность		Данные по потребителям								Данные по автоматике	
		Трансформаторы T_1, T_2	Двигатели M_1, M_2	H_1 (H_2)			H_3 (H_4)			Длина линии			
				Нагрузка	Уставки защиты		Нагрузка	Уставки защиты					
	$S_{КЗ}$	$S_Н$	$P_Д$	$S_{НΣ}$	$t_{сз}$	$I_{сз}$	$S_{НΣ}$	$t_{сз}$	$I_{сз}$	$Л_3Л_4$	$Л_1Л_2$	АВР	АПВ
	МВА	МВА	МВт	МВА	С	кА	МВА	С	кА	км	км	–	–
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
01,39,75	5000	6,3	1,0	1,0	0,8	0,21	2,5	1,2	0,32	3,0	14	Q1	–
2,40,76	4700	10	1,25	2,0	1,0	0,30	4,0	1,0	0,35	1,0	6	–	H1
3,41,77	4000	16	1,6	3,0	0,8	0,42	8,0	1,6	0,4	2,5	10	Q2	–
4,42,78	3800	25	2,0	4,0	0,5	0,50	11,0	1,0	0,56	5,0	17	–	H3
5,43,79	3500	40	1,25	1,5	0,7	0,30	3,0	0,9	0,35	2,0	12	Q1	–
6,44,80	3250	63	1,0	3,0	0,8	0,35	5,0	1,0	0,5	4,0	18	–	H1
7,45,81	3000	80	1,6	1,5	0,5	0,25	7,0	1,2	0,6	3,0	11	Q2	–
8,46,82	2800	125	2,6	3,5	0,6	0,45	12,0	1,4	0,7	2,0	10	–	H3
9,47,83	2500	6,3	1,6	0,5	0,7	0,14	2,8	1,3	0,41	5,0	20	Q1	–
10,48,84	2200	10	2,0	1,3	0,9	0,21	4,2	2,0	0,58	2,5	12	–	H1
11,49,85	2000	16	1,25	1,5	0,8	0,20	7,7	1,4	0,65	3,0	15	Q2	–
12,50,86	1800	25	1,6	5,0	0,5	0,60	15,0	1,6	0,9	1,6	8	–	H3
13,51,87	1000	40	2,5	4,0	0,6	0,55	17,0	1,0	1,0	2,0	15	Q1	–
14,52,88	1500	63	1,25	3,5	0,7	0,50	13,0	1,2	0,9	3,5	16	–	H1
15,53,89	1700	80	2,5	2,5	0,9	0,40	7,0	1,6	1,0	1,8	10	Q2	–
16,54,90	2000	125	1,6	2,1	0,5	0,41	4,5	2,0	0,9	1,6	12	–	H2
17,55,91	2300	6,3	1,25	1,7	0,6	0,35	2,0	1,5	0,5	2,0	15	Q1	–
18,55,92	2500	6,3	1,0	1,0	0,7	0,25	3,2	1,8	0,6	1,3	7	–	H3
19,56,93	2700	40	1,0	2,0	0,8	0,30	4,8	2,0	0,8	2,0	9	Q2	–
20,57,94	3000	63	1,25	3,0	1,0	0,40	3,8	1,5	0,8	3,0	20	–	H1
21,58,95	3200	16	1,6	3,5	0,9	0,43	6,2	2,0	1,0	4,0	21	Q1	–
22,59,96	3500	80	1,25	3,0	0,8	0,43	7,5	1,0	1,0	5,0	17	–	H2
23,60,97	3700	125	2,0	6,0	0,7	0,75	10,0	1,2	0,9	1,5	9	Q2	–
24,61,98	1000	25	2,5	4,5	0,6	0,60	11,0	1,4	0,9	2,0	11	–	H3
25,62,99	1200	6,3	0,8	0,8	0,5	0,20	4,1	1,6	0,7	2,5	15	Q1	–
26,63,00	1500	16	1,0	1,2	0,6	0,20	3,5	1,8	38,0	3,0	14	–	H1
27,64	1800	40	1,25	1,5	0,7	0,25	6,0	2,0	1,2	2,7	13	Q2	–

Продолжение таблицы П1

28,65	1500	10	1,6	2,5	0,8	0,40	4,2	1,9	0,8	2,2	10	–	H2
29,66	3500	16	2,0	1,0	0,9	0,20	9,0	1,7	1,1	1,8	10	Q1	–
30,67	2500	63	0,8	1,5	1,0	0,29	3,0	1,5	0,6	1,5	10	–	H3
31,68	2600	40	2,5	1,8	0,9	0,30	7,5	1,3	1,0	3,0	12	Q2	–
32,69	2700	25	1,6	3,0	0,8	0,40	15,5	1,1	1,1	4,0	20	–	H1
33,70	2800	25	2,0	5,0	0,7	0,70	12,0	1,5	0,9	3,5	17	Q1	–
34,71	2900	32	1,0	3,0	0,6	0,50	6,0	2,0	1,0	4,5	17	–	H2
35,72	3000	16	2,5	1,5	0,5	0,30	7,1	1,0	1,2	2,5	8	Q2	–
36,73	3400	10	1,25	2,0	0,5	0,30	5,0	1,0	0,9	1,5	9	–	H3
37,74	3600	63	1,6	0,8	0,8	0,15	5,1	1,5	0,7	1,2	11	Q1	–
38,75	1600	32	3,2	7,0	0,6	0,80	14,0	2,0	1,0	2,8	12	–	H1

Таблица П2 – Исходные данные. Часть 2. Последняя цифра шифра

Вариант	Обознач. ас. двигателя	Ном. Мощ-сть, кВт	Кратность пуск. тока	Коэф. мощ-ти	Коэф. полез-го действия,%	Коэф. пер.
1,2,3	M1	25	6	0,9	85	2,5
	M2	14	5	0,88	87	2,5
	M3	10	5,5	0,88	88	2,5
4,5,6	M1	20	6,5	0,9	89	2,5
	M2	17	5	0,88	80	2,5
	M3	8	5,5	0,88	83	2,5
7,8,9,0	M1	15	5	0,88	89	2,5
	M2	7	5	0,9	85	2,5
	M3	23	6	0,88	80	2,5

Теоретические вопросы по предмету «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для контрольной работы
(выбирается по предпоследней цифре зачетной книжке)

1. Назначение релейной защиты в СЭС. Требования к релейной защите.
2. Дистанционная защита
3. Классические электромеханические реле
4. Назначение АПВ и АВР в СЭС
5. Назначение и виды трансформаторов тока. Схемы включения трансформаторов тока
6. Назначение, виды и схемы включения трансформаторов напряжения
7. Токовая отсечка
8. Дифференциальная токовая отсечка
9. Максимальная токовая защита
10. Направленная токовая защита

Оформление вопросов к экзамену

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «Электроснабжение»

Вопросы к экзамену

7.8 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.

8.9 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.

Образец экзаменационного билета для промежуточной аттестации

СЕВЕРО - КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электроснабжение»

2025-2026 учебный год

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль 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, $P_н$= 0,75 кВт, $I_п/I_н$= 4, cos φ= 0,7, $\eta_н$ = 71 .
Автоматический выключатель устанавливается в закрытом шкафу.

Зав. кафедрой Шпак О.В.

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра Электроснабжение

по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Тесты для текущей аттестации

№ п/п	Вопросы	Ответы	Компетенции
1.	Назначение релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения?	1. Повышение надежности. 2. Экономичность. 3. Безопасность обслуживания. 4. Экономия финансов	ОПК-1
2.	Какие бывают ненормальные режимы электроустановок?	1. Загрязнение окружающей среды. 2. Недокомплектация оборудования. 3. Короткое замыкание, перегрузка. 4. Плохие погодные условия	ОПК-6
3.	Какие из перечисленных типов реле относятся к измерительным реле?	1.РП-25 2.РТ-40 3.ПП-67 4. ЗР-10	ПК-1
4.	Какие из перечисленных типов реле относятся к промежуточным реле?	1.РП-25 2.РТ-40 3.ПП-67 4. ЗР-10	ПК-1
5.	Какой элемент относится к полупроводниковому реле?	1. Транзистор. 2. Возвратная пружина. 3. Короткозамкнутый виток. 4. Вращающийся диск	ПК-1
6.	Какой элемент относится к индукционному реле?	1. Транзистор. 2. Червяк. 3. Стальной вращающийся диск. 4. Биметаллическая пластина	ПК-1
7.	Какой элемент относится к автомату «Электрон»?	1. Биметалл. 2. Триггер. 3. Якорь. 4. Диск	ПК-1
8.	Назовите измерительный элемент автомата «Электрон»	1. Биметалл. 2. Триггер. 3. Якорь. 4.Диск	ПК-1
9.	Что входит в состав плавкого предохранителя?	1. Патрон. 2. Микровыключатель. 3. Инертный газ. 4. Якорь	ПК-1 ПК-4
10.	Выбор плавкой вставки предохранителя к двигателю выполняется по формуле?	1. $I_{в.с.н.} = I_{н.дв}$. 2. $I_{в.с.н.} = I_{н.дв} \cdot K_{тяж}$.	ОПК-6

		3. $I_{в.с.н.} = K_п I_{н.} / K_{тяж.}$ 4. $I_{в.с.н.} = I_{н.дв} \cdot P_{тяж.}$	
11.	Выбор автоматического выключателя выполняется по формуле?	1. $I_{рас.} \geq I_{раб.макс.}$ 2. $I_{рас.} = 2I_{ном.}$ 3. $I_{рас.} \geq I_{ном.} / 2$ 4. $I_{рас.} \geq I_{ном.} / 10$	ОПК-6
12.	Назовите элемент трансформатора тока?	1. Стальной сердечник. 2. Электромагнит. 3. Медный сердечник. 4. Сигнальная лампа	ПК-1
13.	Назовите элемент трансформатора напряжения?	1. Многовитковые обмотки. 2. Маловитковые обмотки. 3. Разрядник. 4. Сигнальная лампа	ПК-1
14.	Какой режим работы трансформатора то ка считается нормальным?	1. Холостой ход. 2. Короткое замыкание. 3. Подключение к амперметру. 4. Перенапряжение	ПК-2
15.	Назовите вид токовых защит?	1. МТЗ. 2. АВР. 3. АПВ. 4. АЧР	ПК-1 ПК-5
16.	Расчет тока срабатывания МТЗ выполняется по формуле?	1. $I_{ср.} = I_{ном.}$ 2. $I_{ср.} = K_н I_{к.з.}$ 3. $I_{ср.} = \frac{K_н \cdot K_{с.з}}{K_в} \cdot I_{раб.макс.}$ 4. $I_{ср.} = 5I_{к.з.}$	ОПК-6
17.	Назовите измерительный орган МТЗ?	1. РТ 2. РП 3. РБМ 4. АПВ	ПК-1
18.	Назовите измерительный орган Т.О. (токовой отсечки)?	1. РТ-40. 2. РВ-274. 3. Реле указательное. 4. АПВ	ПК-1
19.	Расчет тока срабатывания токовой отсечки выполняется по формуле?	1. $I_{ср.} = I_{ном.}$ 2. $I_{ср.} = K_н I_{к.з.}$ 3. $I_{ср.} = \frac{K_н \cdot K_{с.з}}{K_в} \cdot I_{раб.макс.}$ 4. $I_{ср.} = 5I_{к.з.}$	ОПК-6 ПК-5

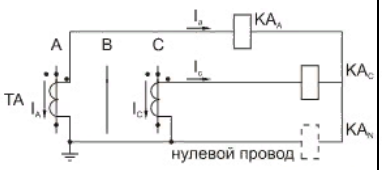
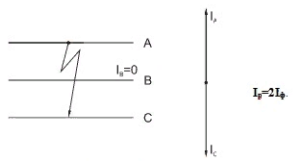
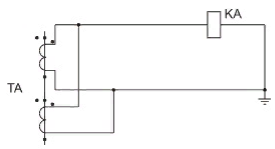
20.	Назовите недостатки токовой отсечки?	1. Быстрота срабатывания. 2. Медленное срабатывание. 3. Малая зона защиты. 4. Большая стоимость	ПК-2
21.	Назовите недостатки максимальной токовой защиты?	1. Быстрота срабатывания. 2. Медленное срабатывание. 3. Малая зона защиты. 4. Большая стоимость	ПК-2
22.	Назовите элемент дифференциальной защиты?	1. Насыщающийся трансформатор. 2. Реле времени. 3. Реле минимального напряжения. 4. Трансформатор тока	ПК-1
23.	Отстройка дифференциальной защиты от токов небаланса осуществляется …	1. Изменением напряжения. 2. Выдержкой времени. 3. Насыщением промежуточного трансформатора. 4. Коэффициентов трансформации	ОПК-6
24.	Какова величина тока намагничивания силового трансформатора?	1. Номинальный ток трансформатора. 2. Меньше номинального тока. 3. Больше номинального тока. 4. Не измеряется	ОПК-6
25.	Назовите параметр, измеряемый дистанционной защитой?	1. Сопротивление. 2. Ток. 3. Напряжение. 4. Частота	ОПК-6 ПК-5
26.	Что из перечисленного относится к направленной токовой защите?	1. Реле РНТ. 2. Реле РПВ-358. 3. Реле РБМ. 4. Реле АПВ	ПК-1
27.	Какая защита применяется для кольцевых сетей?	1. Защита с реле РНТ. 2. Защита с реле ДЗТ-11. 3. Направленная защита. 4. Реле АПВ	ПК-1
28.	В каких осях строиться карта селективности?	1. Ток- время. 2. Напряжение – время. 3. Напряжение – ток. 4. Частота-время	ПК-1
29.	Назовите допустимую токовую погрешность измерительного трансформатора тока в релейной защите?	1. 10%. 2. 5%. 3. 70%. 4. 2%	ОПК-6
30.	Что может произойти при неполнофазном режиме?	1. Сгорание обмотки. 2. Отказ защиты. 3. Увеличение скорости. 4. Нет опасности	ПК-1
31.	Что из перечисленного относиться к системной автоматике?	1. МТЗ. 2. ТО. 3. АВР.	ПК-2

		4. РТВ	
32.	Назовите назначение телемеханики?	1. Отключение к. з. 2. Повторное включение. 3. Дистанционное управление. 4. Резервирование защит	ОПК-1
33.	Назовите количество фаз, охватываемых трансформатором тока нулевой последовательности?	1. Одна. 2. Две. 3. Три. 4. Четыре	ПК-2
34.	Выберите правильный способы уплотнения каналов телемеханики?	1. Частотный. 2. Количеством проводов. 3. Дифференциальный. 4. Силовой	ПК-2
35.	Как установить уставку РТ-40?	1. Регулировкой резистора. 2. Натяжением пружины. 3. Регулированием зазора. 4. Нельзя изменять уставку	ПК-1
36.	Выберите правильный промежуток времени срабатывания АПВ?	1. t=0. 2. t>0. 3. t=∞. 4. t=100.	ОПК-6
37.	Назовите назначение АПВ?	1. Ввод резерва. 2. Отключение повреждения. 3. Восстановление питания. 4. Защита от К.З.	ПК-1
38.	Пуск АПВ осуществляется при…..	1. Повышение напряжения. 2. Понижение напряжения. 3. Отключение выключателя. 4. Включение выключателя	ОПК-6
39.	На что воздействует реле РТ-40?	1. На промышленное реле. 2. На привод выключателя. 3. На сигнал. 4. На привод	ОПК-6

40.	На что воздействует реле РТМ?	1. На промышленное реле. 2. На привод выключателя. 3. На сигнал. 4. На привод	ОПК-6
41.	Назовите назначение АВР?	1. Ввод резерва. 2. Отключение к. з. 3. Вывод резерва 4. Отключение К.З.	ПК-2
42.	Выберите из перечисленных типов реле, реле для выполнения АПВ?	1. РПВ – 358. 2. ДЗТ – 21. 3. РТ – 80. 4. АПВ-10	ПК-1
43.	Выберите правильное условие повышение частоты в энергосистеме?	1. Рг > Рн. 2. Рг < Рн. 3. Рг = Рн 4. Рг = 50% Рн	ОПК-6
44.	Назовите параметр, измеряемый устройством частотной разгрузки?	1. Ток. 2. Напряжение. 3. Частота. 4. Мощность	ОПК-6
45.	Устройство сетевой автоматики ЧАПВ необходимо…	1. Для подключения отключенных потребителей при возникновении нормального уровня частоты в системе (49,5 - 49,7 Гц) 2. Для поддержания частоты в системе электроснабжения промышленных предприятий на заданном уровне 3. Для изменения напряжения и тока возбуждения при изменении режима работы генератора 4. Для предотвращения снижения частоты в системе электроснабжения при возникновении дефицита мощности	ПК-2
46.	Сигнализация необходима для...	1. Информации оперативного персонала о состоянии системы электрических соединений в нормальном и аварийном режимах работы 2. Ведения оперативных переключений в нормальном режиме работы и при ликвидации аварий 3. Обеспечения бесперебойной работы	ПК-2

		аппаратов 4. Предупреждения входящих лиц или ремонтного персонала в камеры распределительных устройств и испытательного оборудования	
47.	АПВ бывают:	1. Прямые и косвенные 2. Постоянного и переменного тока 3. Индукционные и электромагнитные 4. Однофазные и двухфазные	ПК-2
48.	Релейная защита — комплекс……., предназначенных для быстрого, автоматического (при повреждениях) ……..и отделения от электроэнергетической системы повреждённых …….этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью ……..нормальной работы всей системы.	1.устройств 2. элементов 3. обеспечения 4. выявления	ПК-1
49.	При возникновении ……..релейная защита должна ……повреждённый участок и …….его от энегосистемы, воздействуя на специальные силовые выключатели, предназначенные для размыкания токов повреждения (……..).	1.отключить 2. выявить 3.повреждений 4.короткого замыкания	ПК-1
50.	Селективность — свойство релейной защиты, характеризующее способ-	1. поврежденный 2. выявлять 3. отключать	ПК-1

	ность …….именно ……..элемент электро-энергетической системы и ……..этот элемент от ……части электроэнергетической системы	4. исправной	
51.	Показателем быстродействия является ……срабатывания защиты — это …….времени от момента возникновения ……до момента ……от сети повреждённого элемента.	1. повреждения 2. интервал 3. отделения 4. время	ПК-1
52.	Надежность — это свойство, характеризующее ……релейной защиты действовать правильно и безотказно во всех режимах контролируемого объекта при всех видах повреждений и ……режимов, при которых данная защита предназначена, и не действовать в ……..условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального……, при которых действие данной защиты не предусмотрено.	1. нормальных 2. ненормальных 3. способность 4. режима	ПК-1
53.	……..токовая защита, включается при достижении определенной величины тока, заданной при настройке.	1. Направленная 2. Максимальная 3. Логическая 4. Дифференциальная	ПК-5

	…….наибольшая токовая защита, кроме настройки тока учитывает направление мощности. ……., применяется для защиты сборки генераторов, трансформаторов, шин путем сравнения величин токов на выходе и входе. При разнице, превышающей заданное значение, срабатывает релейная защита. ……., защищает шины, применяется для определения места короткого замыкания на питающих линиях, которые отходят от шин электростанции, и на шинах.		
54.	Это схема подключения…… 	1. Трансформаторов напряжения на две фазы 2. Трансформаторов тока в полную звезду 3. Трансформаторов тока в неполную звезду 4. Токовых реле на три фазы	ПК-2
55.	На рисунке показана схема и векторная диаграмма 	1. Однофазного кз 2. Двухфазного кз 3. Двухфазного кз на землю 4. Однофазного кз на землю	ПК-2
56.	На рисунке показана схема …… 	1. Последовательное соединение трансформаторов тока 2. Параллельное соединение трансформаторов тока 3. Последовательное соединение трансформаторов напряжения	ПК-2

		4. Параллельное соединение трансформаторов напряжения	
57.	Для выбора токов срабатывания и проверки чувствительности релейной защиты необходимо выполнять расчет в следующей последовательности…. 1 2 3 4	1.Определить сопротивления элементов сети 2.Выбрать токи срабатывания релейной защиты 3.Рассчитать токи короткого замыкания 4.Проверить чувствительность релейной защиты	ОПК-6
58.	Неустойчивые повреждения могут	1. Самоустраняться 2. Саморазвиваться 3. Не влияют на работу релейной защиты 4. Приводят к механическим повреждениям	ПК-2
59.	Газовая защита защищает от	1. Внешних кротких замыканий 2. От падения напряжения 3. От коротких замыканий внутри бака трансформатора и повышения уровня масла 4. От коротких замыканий внутри бака трансформатора и повышения напряжения	ПК-2
60.	Устройства АПВ должны иметь	1. Автоматический возврат в исходное состояние 2. Возврат в исходное состояние средствами телемеханики 3. Возврат в исходное состояние оперативным персоналом 4. Не иметь возврата в исходное состояние	ПК-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. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

Промежуточная аттестация по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» проходит в устной форме.

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 «Электрические станции и подстанции» 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»

Приложение 2.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина (Модуль)	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Реализуемые компетенции	ОПК-1, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5
Результаты освоения дисциплины (модуля) Индикаторы достижения компетенций	Индикаторы достижения компетенций: ОПК-1.2 Умеет работать с современным программным обеспечением при решении задач профессиональной деятельности ОПК-6.1 Демонстрирует знание основных методов и средств проведения экспериментальных исследований, систем стандартизации и сертификации ОПК-6.2 Выбирает средства измерений, проводит измерения электрических и неэлектрических величин ОПК-6.3 Обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность ПК-1.1. Осуществляет работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований ПК-1.2. Выполняет эксперименты и оформляет результаты исследований ПК-1.3. Подготавливает элементы документации, проектов, планов и программ проведения отдельных этапов исследовательских работ ПК-2.1. Выполняет оформление отчета о проведенном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения ПК-2.2. Выполняет оформление технического задания на разработку проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства ПК-2.3. Выполняет оформление комплектов проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства ПК-2.4. Осуществляет разработку проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства ПК-4.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи ПК-4.2. Способен осуществлять техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи ПК-5.1. Способен сформировать планы и программы деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи ПК-5.2. Техническое ведение проектов на работы в зоне обслуживания воздушных линий электропередачи
Трудоемкость, з.е./час	7/252
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	Экзамен 7,8 семестр ОФО, экзамен 8,9 семестр ЗФО