

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о декана факультета энергетики и систем
управления

_____/А.В. Бурковский/

21 _____ 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2025

Автор программы

Заведующий кафедрой

Электромеханических

систем и электроснабжения

С.А. Горемыкин

А.В. Тикунов

Руководитель ОПОП

Н.В. Ситников

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

обеспечение будущих бакалавров достаточным уровнем знаний в области конструкций, принципа действия и области применения автоматических устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

-ознакомление с основными повреждениями и ненормальными режимами, и их негативными последствиями возникающие в системах электроснабжения;

- изучение состава и принципа действия устройств релейной защиты производящих отключение поврежденных элементов системы, а также устройств сигнализирующих о появлении ненормальных режимов работы защищаемых элементов, и устройств автоматики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен выполнять инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций, кабельных и воздушных линий электропередачи

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать организацию технического обслуживания и ремонта электрооборудования устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения
	уметь применять методы, технические средства испытаний и диагностики поврежденного электрооборудования систем электроснабжения
	владеть задачами взаимосвязи при эксплуатации и проектирования устройств релейной защиты систем электроснабжения

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» составляет 8 з.е.

**Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	120	72	48
В том числе:			
Лекции	60	36	24
Практические занятия (ПЗ)	42	18	24
в том числе в форме практической подготовки	12	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	-
в том числе в форме практической подготовки	4	4	-
Самостоятельная работа	132	108	24
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	180	108
зач.ед.	8	5	3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		9	10
Аудиторные занятия (всего)	32	20	12
В том числе:			
Лекции	12	6	6
Практические занятия (ПЗ)	12	6	6
в том числе в форме практической подготовки	8	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	8	8	-
в том числе в форме практической подготовки	4	4	-
Самостоятельная работа	243	84	159
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы релейной защиты и автоматики	Роль и назначение релейной защиты и автоматики в электроэнергетических системах. Основные элементы релейной защиты, источники оперативного тока, особенности использования трансформаторов тока и трансформаторов напряжения в измерительных цепях защиты.	8	8	-	28	44
2	Защиты ЛЭП на контактной и бесконтактной элементной базе	МТЗ, реализованная с зависимой и независимой характеристиками срабатывания, их состав и принцип действия. Токовая отсечка на линиях с односторонним и двухсторонним питанием. Особенности состава и принципа действия максимальной токовой направленной защиты. Состав, принцип действия, достоинства и недостатки максимальных токовых защит нулевой последовательности. Применительно к линиям с большим и малым током замыкания на землю. Продольные и поперечные дифференциальные защиты ЛЭП. Дистанционные и высокочастотные защиты ЛЭП. Особенности построения защит на бесконтактных элементах.	28	10	8	80	126
		<i>практическая подготовка</i>	-	6	4	-	10

		<i>обучающихся</i>					
3	Защиты элементов станции, подстанции и отдельных электроустановок	Защиты низковольтных и высоковольтных генераторов. Защиты силовых трансформаторов от повреждений и ненормальных режимов. Защиты низковольтных. высоковольтных электродвигателей и отдельных электроустановок.	12	12	4	12	40
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	6	-	-	6
4	Устройства автоматики и телемеханики в энергетических объектах	Устройства АВР, АПВ, АЧР для ЛЭП. Особенности автоматики для элементов станций, подстанций и отдельных потребителей. Особенности телемеханики и систем АСУ.	12	12	6	12	42
Итого			60	42	18	132	252

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы релейной защиты и автоматики	Роль и назначение релейной защиты и автоматики в электроэнергетических системах. Основные элементы релейной защиты, источники оперативного тока, особенности использования трансформаторов тока и трансформаторов напряжения в измерительных цепях защиты.	2	-	-	24	26
2	Защиты ЛЭП на контактной и бесконтактной элементной базе	МТЗ, реализованная с зависимой и независимой характеристиками срабатывания, их состав и принцип действия. Токовая отсечка на линиях с односторонним и двухсторонним питанием. Особенности состава и принципа действия максимальной токовой направленной защиты.	4	6	8	60	78

		Состав, принцип действия, достоинства и недостатки максимальных токовых защит нулевой последовательности. Применительно к линиям с большим и малым током замыкания на землю. Продольные и поперечные дифференциальные защиты ЛЭП. Дистанционные и высокочастотные защиты ЛЭП. Особенности построения защит на бесконтактных элементах.					
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	4	-	8
3	Защиты элементов станции, подстанции и отдельных электроустановок	Защиты низковольтных и высоковольтных генераторов. Защиты силовых трансформаторов от повреждений и ненормальных режимов. Защиты низковольтных, высоковольтных электродвигателей и отдельных электроустановок.	3	4	-	79	86
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
4	Устройства автоматики и телемеханики в энергетических объектах	Устройства АВР, АПВ, АЧР для ЛЭП. Особенности автоматики для элементов станций, подстанций и отдельных потребителей. Особенности телемеханики и систем АСУ.	3	2	-	80	85
Итого			12	12	8	243	275

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах.

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	На практических занятиях в рамках практической подготовки обучающиеся выполняют элементы работ по чтению электрических схем	ПК-3
2	На лабораторных занятиях в рамках практической подготовки обучающиеся выполняют работы по получению практических навыков реализации расчетных параметров устройств релейной защиты и автоматики применительно к лабораторному оборудованию	ПК-3

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1 «Исследование режимов работы поперечной дифференциальной направленной защиты параллельных линий», Лабораторная работа №2 «Максимальная токовая направленная защита ЛЭП», Лабораторная работа №3 «Защита низковольтного короткозамкнутого асинхронного двигателя», Лабораторная работа №4 «Защита ЛЭП от токов перегрузки и токов КЗ с однократным АПВ».

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения, в 10 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Проектирование устройств защиты объектов электроэнергетических систем»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- выбор типов защит и их состава применительно к защищаемым объектам электроэнергетики;
- выбор и оценка работоспособности схемных решений применительно к защитам электроэнергетических объектов;
- расчет параметров защит электроэнергетических объектов;
- характеристика реализованных защит по селективности действия;
- оценка используемых защит по чувствительности.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать организацию технического обслуживания и ремонта электрооборудования устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения	активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы, технические средства испытаний и диагностики поврежденного электрооборудования систем электроснабжения	решение типовых практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть задачами взаимосвязи при эксплуатации и проектирования устройств релейной защиты систем электроснабжения	решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения, 9, 10 семестре для заочной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	знать организацию технического обслуживания и ремонта электрооборудования устройств релейной	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	защиты и автоматики систем электроснабжения			
	уметь применять методы, технические средства испытаний и диагностики поврежденного электрооборудования систем электроснабжения	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть задачами взаимосвязи при эксплуатации и проектирования устройств релейной защиты систем электроснабжения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знать организацию технического обслуживания и ремонта электрооборудования устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять методы, технические средства испытаний и диагностики поврежденного электрооборудования систем электроснабжения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть задачами взаимосвязи при эксплуатации и проектирования устройств релейной защиты систем электроснабжения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Назначение релейной защиты и автоматики?

- а) Выявлять и отключать от энергосистемы возникающие повреждения на защищаемом участке;
- б) Наблюдать за короткими замыканиями на поврежденном участке;
- в) Сигнализировать о выходе из строя защищаемого элемента;
- г) Определить поврежденную опору ЛЭП;
- д) Передавать по радио о повреждении.

2. Требования, предъявляемые к релейной защите?

- а) Обеспечивать селективность, обеспечивать быстродействие, чувствительность и надежность;
- б) Как можно медленнее отключать повреждения;
- в) Передавать сведения о наличии повреждений;
- г) фиксировать повреждения;
- д) Определить величину тока повреждения.

3. К скольким принципам относятся защиты по способам обеспечения селективности?

- а) К двум основным принципам;
- б) К четырем принципам;
- в) К шести принципам;
- г) К десяти принципам;
- д) К одной группе.

4. Назовите защиты, обладающие относительной селективностью?

- а) К этой группе относятся токовые и дистанционные защиты;
- б) Газовые защиты;
- в) Защиты, выполненные на светодиодах;
- г) Защиты, выполненные на оптоволокне;
- д) Защиты, выполненные на принципе давления;

5. Защиты, обладающие абсолютной селективностью?

- а) Дифференциальные продольные; дифференциальные поперечные; дифференциальные фазные защиты;
- б) Повышения температуры масла трансформаторов;
- в) МТЗ трансформаторов;
- г) Защита от перегрузки;
- д) Защита от снижения уровня масла.

6. Из каких органов состоит релейная защита?

- а) Каждое устройство защиты и его схема подразделяются на две части: измерительную и логическую;
- б) Из органов сигнализации и информации;
- в) Каждое устройство состоит из красной и зеленой линии и табло;
- г) Из указательных реле;
- д) Из приемников и передатчиков.

7. Что является признаком появления к.з.?

- а) Возрастание тока, понижение «U» и уменьшение сопротивления защищаемого участка;
- б) Повышение температуры масла;

- в) Появления дыма в месте повреждения;
- г) Увеличение частоты;
- д) Снижение частоты.

8. В каком режиме должен работать трансформатор тока?

- а) В режиме короткого замыкания;
- б) В режиме холостого хода;
- в) В режиме сопротивления нагрузки равной ∞ ;
- г) В режиме замыкания на землю;
- д) В режиме постоянной подзарядки.

9. На какой ток выполняются вторичные обмотки трансформаторов тока?

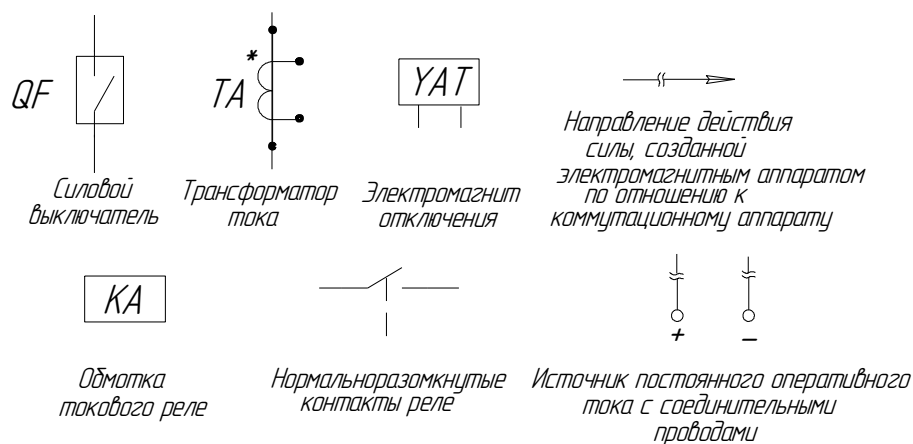
- а) На 5 А или 1 А;
- б) На 10 А;
- в) На 15 А;
- г) На 6 А;
- д) на 20 А.

10. Чем обуславливается ток замыкания на землю в сети 6-10-35 кВ?

- а) Ёмкостью электрически связанной сети;
- б) Индуктивностью сети;
- в) Сечением проводов линии;
- г) Маркой проводов;
- д) Материалом проводов.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения типовых задач

1. Вычертить структурные схемы, поясняющие для токового реле способ включения (первичные, вторичные) и способ воздействия на выключатель (прямой, косвенный). Какие типы и виды реле используются для реализации каждого из способов? Набор типовых элементов для вычерчивания схем следующий:



2. Вычертить схему соединения трансформаторов тока и обмоток токового реле по двухфазной однорелейной схеме и трехтрансформаторной схеме в фильтр токов нулевой последовательности. Установить два амперметра: РА2 – во вторичной цепи одного из трансформаторов тока; РА0 – в нулевом проводе трансформаторов тока (провод по которому протекает ток, обусловленный суммой вторичных токов трансформаторов тока). Построить векторные диаграммы и оценить соотношение токов I_0/I_2 для следующих

режимов: а) схема собрана верно; б) обрыв вторичной цепи трансформатора тока в фазе А; в) перепутана полярность зажимов трансформатора тока в фазе С. Для режима а) записать выражение для коэффициента схемы и оценить его числовое значение. Для всех режимов принять, что по первичным обмоткам трансформаторов тока протекают симметричные номинальные токи. Сделать вывод о том, каким образом по величине тока I_0 можно обнаружить нарушение в схеме.

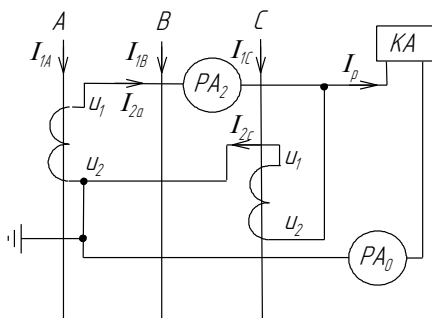


Рис.1. Схема соединения трансформаторов тока и обмоток токового реле по двухфазной однорелейной схеме.

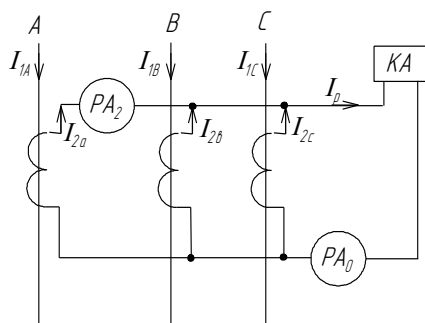


Рис.2. Трехтрансформаторная схема соединения трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности.

3. Определить степень селективности между смежными максимальными токовыми защитами с выдержкой времени 1 и 2 (рис.1), для случаев: А) защиты имеют независимую от тока характеристику времени срабатывания; Б) защиты имеют ограниченно зависимую характеристику; В) 1 комплект имеет зависимую, 2 – независимую характеристику.

$$t_{3.1 \text{ нез}} = 1,4 \text{ с};$$

$$t_{3.1 \text{ зав}} = 1 \text{ с} - \text{в независимой части};$$

$$t_{\text{зан.}} = 0,1 \text{ с}.$$

$$t_{\text{о.в.}} = 0,1 \text{ с}.$$

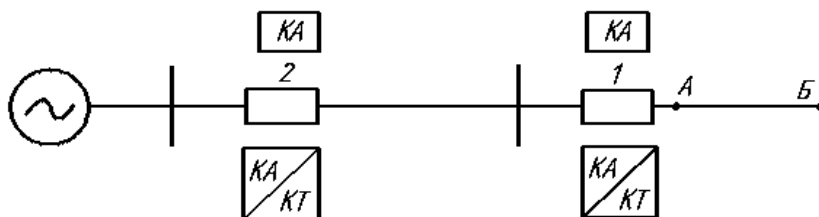
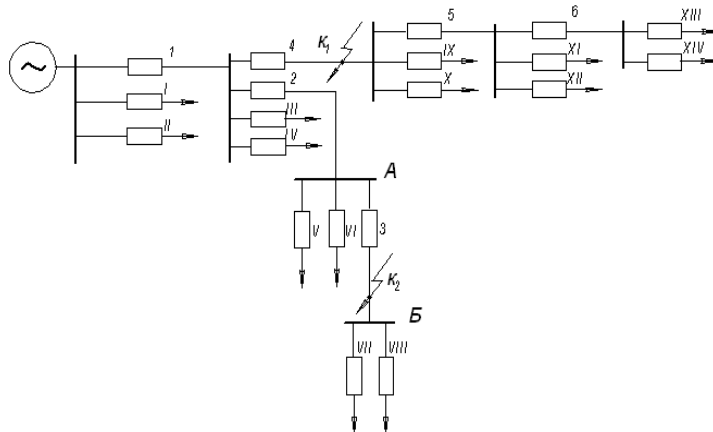


Рис.3.

4. Для радиальной сети 35кВ рассчитать выдержки времени комплектов защит 1, 2, 4, 5, 6, выполненных при помощи МТЗ с независимой характеристикой времени срабатывания. При этом у шин А и Б установлены МТЗ с зависимой характеристикой. Известно что погрешности реле времени в сторону увеличения и уменьшения временны срабатывания $t_{н.в.} = \pm 0,15c$. Погрешности реле времени в сторону увеличения и уменьшения временны срабатывания индукционного реле $t_{н.м.} = 0,1c$, время инерционной ошибки $t_{и.о.} = \pm 0,5c$. Запас по времени для всех комплектов защит $t_{зан} = 0,1c$. Время отключения всех выключателей сети принять одинаковыми.

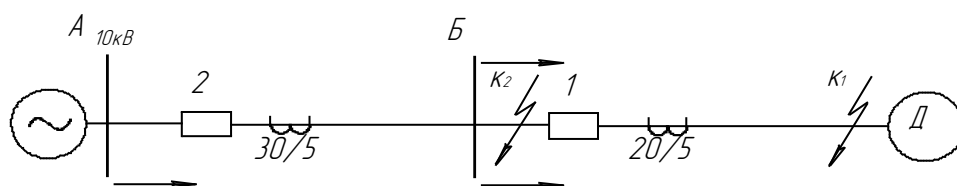
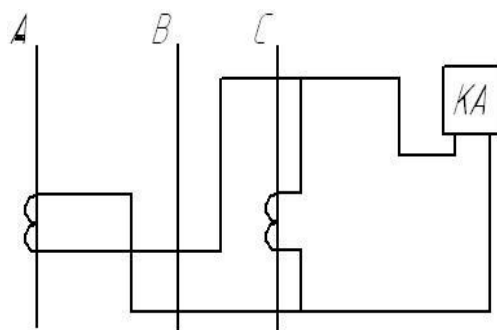
$$\begin{array}{llll} t_I = 1c, & t_{IV} = 2,5c, & t_{VIII} = 0c, & t_{XII} = 1c, \\ t_{II} = 1c, & t_V = 0,5c, & t_{IX} = 1c, & t_{XIII} = 0,5c, \\ t_I = 1c, & t_{VI} = 1c, & t_X = 1,5c, & t_{XIV} = 1,5c, \\ t_{III} = 0,5c, & t_{VII} = 0,5c, & t_{XI} = 0,5c, & t_3 = 1c. \end{array}$$

- 1) Определить $t_1 - t_6$?
- 2) Как ликвидируются К.З. в точке К₁; К.З. в точке К₂, и в каких защитах приходит в действие реле времени?
- 3) Каким недостатком будет обладать защита по сравнению с выбранной, если уменьшить на $0,5c$. $t_{с.з.1}$?
- 4) Какими недостатками будет обладать защита по сравнению с выбранной, если увеличить на $0,5c$. $t_{с.з.3}$?
- 5) Какими недостатками будет обладать защита по сравнению с выбранной, если увеличить на $0,5c$. $t_{с.з.6}$?



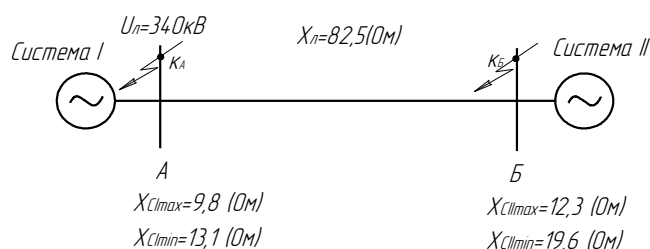
5. Рассчитать токи срабатывания $I_{сз}$ и $I_{ср}$ реле МТЗ защит 1,2, а также коэффициент чувствительности в основной зоне и в зоне резервирования. Схема включения: одно реле на разность токов двух фаз. МТЗ выполнены с использованием реле РТ-80.

$K_{\text{зан}} = 1,1$;
 $K_{\text{сз}} = 2$;
 $K_{\text{в03}} = 0,85$;
 $K_{\text{сх.}}^{(3)} = \sqrt{3}$ - при трехфазном К.З.;
 $K_{\text{сх.AC}} = 2$;
 $K_{\text{сх.AB=AC}} = 1$.
 $K_{\text{в03.}} = 0,85$.
 $I_{\text{к1}} = 25\text{A}$
 $I_{\text{к2}} = 35\text{A}$
 $I_{\text{рmax}} = 4\text{A}$

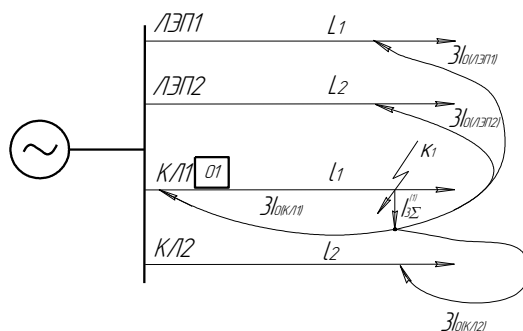


6. Для ЛЭП с двухсторонним питанием, по исходным данным, приведенным на рис. 2, рассчитать токи срабатывания, максимальных фазных отсечек без выдержки времени.

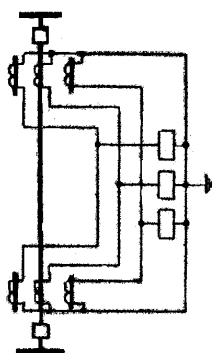
$k_{\text{зан}} = 1,2$.



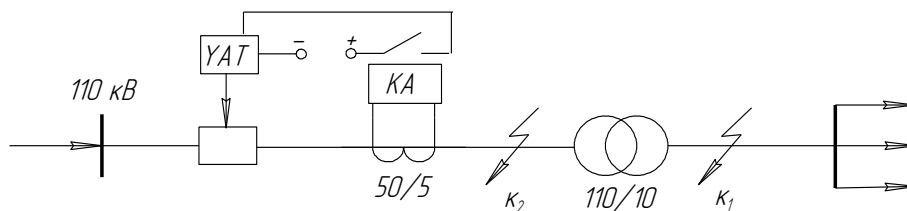
7. Выбрать ток срабатывания защиты от однофазного замыкания на землю в сети напряжением 10 кВ с изолированной нейтралью, обеспечивающий защиту отходящего присоединения (кабельной линии, длиной $l_1=6$ км). Общая длина двух кабельных линий, подключенных к шинам подстанции составляет $l=30$ км. Длина двух воздушных ЛЭП подключенных также к шинам данной подстанции составляет соответственно $L_1=50$ и $L_2=25$ км. Известно, что в среднем 15% общей длины воздушных и 20% кабельных ЛЭП находится в ремонте. Выполнить иллюстрацию к задаче, на которой показать однофазное повреждение в конце защищаемой ЛЭП и пути замыкания данного тока. Оценить чувствительность защиты и сделать вывод о составе защит с выдержкой времени и без выдержки времени.



8. Для защиты ЛЭП от межфазных коротких замыканий используется продольная дифференциальная защита в двухфазном исполнении. Ток трехфазного К.З. в зоне действия защиты - $I_{K1}^{(3)}$ и двухфазного вне зоны - $I_{K2}^{(2)}$. Оценить какую минимальную погрешность могут иметь трансформаторы тока, установленные в схеме данной защиты. Расставить направление мгновенных токов для произвольного момента времени между фазами А и В при К.З. в зоне действия защиты (т. K_3) и между фазами А и С при внешних к.з. (т. K_4), для этого выполнить два рисунка и сделать вывод по работоспособности защиты.

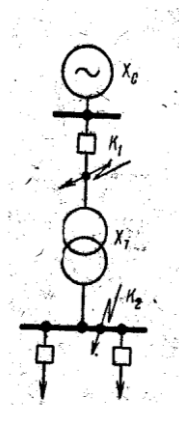


9. Рассчитать ток отсечки силового трансформатора, выполненного по схеме неполной звезды при помощи реле *PT-40* от межфазных КЗ. Определить ток срабатывания защиты, ток срабатывания реле, коэффициент чувствительности. Исходные данные: $K_{зан}=1.2$, $S=4000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $I_{K2}^{(2)}=580 \text{ А}$, $I_{K1}^{(3)}=1200 \text{ А}$.



10. К шинам системы с сопротивлением X_C и напряжением U_C (линейное) подключен понижающий трансформатор, обеспечивающий питание тупиковой подстанции. Определить соотношение между сопротивлением системы X_C и сопротивлением трансформатора X_T , при котором токовая отсечка трансформатора, выполненная по схеме неполной звезды, будет иметь: минимальный коэффициент чувствительности при КЗ до трансформатора (т. $K1$) не менее двух ($K_{\text{ч}}^{(2)} \geq 2$). Оценить чувствительность защиты при

трехфазном КЗ (ток срабатывания защиты определять, исходя из отстройки от тока



внешнего КЗ – т. К2). Коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 1,3$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
Прикладные задачи по данной дисциплине в полном объеме реализованы в курсовой работе.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Понятие релейной защиты, ее роль и назначение в энергетических системах. Классификация основных типов релейной защиты.
2. Требования, предъявляемые к релейной защите.
3. Основные виды повреждений и ненормальных режимов в электроустановках., чем они сопровождаются, в чем проявляется их негативное влияние.
4. Разновидности реле в зависимости от их конструктивного исполнения. Классификация реле в зависимости от функций, выполняемых в релейной защите.
5. Классификация, преимущества и недостатки различных способов включения реле и способов их воздействия на выключатель.
6. Источники постоянного и переменного оперативного тока. Особенности их использования в тех или иных режимах.
7. Условия работы и требования, предъявляемые к трансформаторам тока и трансформаторам напряжения в схемах РЗ, чем обусловлены их погрешности. Возможные схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле, понятие коэффициента схемы.
8. Пояснить графически ступенчатый принцип выбора выдержек времени МТЗ. Понятие тока срабатывания защиты и тока срабатывания реле. Возможные схемы защиты. Состав МТЗ с зависимыми и независимыми характеристиками срабатывания.
9. МТЗ с зависимой и независимой характеристиками времени срабатывания, особенности выбора ступени селективности для данных характеристик. Оценка и область применения МТЗ.
10. Выбор тока срабатывания МТЗ. Чувствительность защиты.
11. Принцип действия токовой отсечки на ЛЭП с односторонним питанием. Выбор тока срабатывания отсечки.
12. Расширение защищаемой зоны токовой отсечки (защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени). Оценка токовых отсечек.
13. Особенности отсечки на ЛЭП с двусторонним питанием. Принцип действия токовой направленной защиты. Чем вызвана необходимость ее применения (пояснения сопровождать графическим материалом).
14. Состав токовой направленной защиты и выбор ее тока срабатывания. Оценка токовых

направленных защит.

15. Принцип выполнения реле направления мощности и схемы его включения (привести векторную диаграмму). Понятие мертвой зоны.
16. Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сети с большим током замыкания на землю (состав, ее принцип действия, ток небаланса, выражение для тока протекающего по обмотке токового реле).
17. Ток срабатывания токовой защиты нулевой последовательности в сети с большим током замыкания на землю. Чувствительность защиты. Отсечки нулевой последовательности. Оценка и область применения защит нулевой последовательности.
18. Особенности выполнения защиты от однофазных замыканий на землю в сети с малым током замыкания на землю. Токи и напряжения в нормальном режиме и при однофазном замыкании на землю.
19. Общая сигнализация от замыканий на землю в сетях с малым током замыкания на землю.
20. Токовая защита нулевой последовательности в сетях с малым током замыкания на землю.
21. Необходимость использования дифференциальных защит ЛЭП. Работа продольной дифференциальной защиты при КЗ в зоне и вне зоны действия (пояснения сопровождать графическим материалом).
22. Ток небаланса дифференциальных защит ЛЭП (пояснения сопровождать графическим материалом). Выбор тока срабатывания, чувствительность продольных дифференциальных защит.
23. Применение промежуточных быстроснабжающихся трансформаторов тока и дифференциальных реле с торможением в дифференциальных защитах.
24. Особенности выполнения продольной дифференциальной защиты ЛЭП, ее оценка.
25. Принцип действия поперечной дифференциальной защиты ЛЭП. Выбор тока ее срабатывания.
26. Особенности исполнения и работы поперечной дифференциальной токовой направленной защиты ЛЭП. Мертвая зона, зона каскадного действия.
27. Выбор тока срабатывания пускового органа поперечной дифференциальной токовой направленной защиты. Оценка поперечных дифференциальных направленных защиты в сравнении с ненаправленными.
28. Поперечная дифференциальная направленная защита нулевой последовательности. Чувствительность поперечных дифференциальных защит.
29. Принцип действия дистанционной защиты. Зона действия каждой из ступеней защиты. Что используется в качестве пускового органа, пояснить принцип его действия.
30. Основные элементы дистанционной защиты и их взаимодействие для защиты с трехступенчатой характеристикой.
31. Характеристики срабатывания реле сопротивления. Оценка дистанционных защит.
32. Состав и принцип действия направленной защиты с высокочастотной блокировкой.
33. Состав и принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты.
34. Область применения высокочастотных защит, их классификация и особенности работы. Оценка высокочастотных защит.
35. Назначение АВР ЛЭП. Требования предъявляемые к схемам АВР.
36. На каких коммутационных аппаратах может реализоваться АВР? В чем особенности принципа действия различных схем АВР?
37. Назначение АПВ ЛЭП. Требования, предъявляемые к ним.
38. Особенности АПВ на выключателях с различными приводами. Понятие электрического и механического АПВ.
39. Устройства АЧР, необходимость их использования. Понятие регулирующего эффекта нагрузки.

40. Категории АЧР. Пояснить работу АЧР – I.
41. Необходимость использования устройств АЧР – II. Согласование действий АЧР с другими устройствами автоматики.
42. Назначение АВР генераторов, их классификация, на чем основан их принцип действия. Автоматика конденсаторных установок.
43. Виды автоматики трансформаторов, их назначение. Пояснить, в чем состоят особенности АПВ и АВР трансформаторов от аналогичной автоматики ЛЭП.
44. Каким образом реализуется автоматика низковольтных электродвигателей. Привести в пример работу одной из схем.
45. Понятие телемеханики, ее подразделения. Функции, выполняемые каждой из систем телемеханики.
46. Назначение и функции, выполняемые автоматизированной системой управления в электроснабжении.
47. Реле защиты, реализованные на полупроводниковой интегральной и неинтегральной элементной базе, их преимущества и недостатки. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы.
48. Структурная схема программной защиты с описанием элементов входящих в ее состав. Примеры отечественных микропроцессорных комплексов, их достоинства.
49. Назначение и описание элементов, входящих в функциональную схему цифрового устройства защиты.
50. Повреждений и ненормальные режимы синхронных генераторов.
51. Защита низковольтных генераторов (виды защиты от междуфазных КЗ, защита от замыканий на землю, защита от перегрузки).
52. Защита высоковольтных генераторов (защиты от междуфазных КЗ, от замыканий на землю, виды защит от ненормальных режимов).
53. Повреждения и ненормальные режимы трансформаторов. Виды защиты трансформаторов от междуфазных КЗ.
54. Дифференциальная защита трансформаторов. Газовая защита.
55. Защита трансформатора от однофазных замыканий на землю с заземленной нейтралью со стороны низшего напряжения.
56. Виды повреждений и ненормальные режимы, возникающие в электродвигателях переменного тока.
57. От каких повреждений и ненормальных режимов защищают низковольтные асинхронные двигатели и какие типы защиты для каждого из режимов используют?
58. От чего и каким образом защищают высоковольтные асинхронные двигатели?
59. Необходимость использования защиты шин. Типы защиты, которые при этом применяют, пояснить принцип действия одной из защит. Особенности защиты синхронных двигателей.
60. Какие виды повреждений и ненормальных режимов возникают в конденсаторных установках, какие виды защиты при этом используются? Назначение и состав УЗО.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент

набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы релейной защиты и автоматики	ПК-3	Тест, контрольная работа.
2	Защиты ЛЭП на контактной и бесконтактной элементной базе	ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе.
3	Защиты элементов станции, подстанции и отдельных электроустановок	ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе.
4	Устройства автоматики и телемеханики в энергетических объектах	ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение типовых задач осуществляется, с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1 Андреев В.А., Релейная защита и автоматика систем

электрооборудования, М.: Высш. шк. 2007г

8.1.2 Горемыкин, С.А. Устройства релейной защиты и автоматики: Учеб. пособие. - Воронеж: Кварта, 2008. - 123 с. - (Учебная серия "Открытое образование"). - ISBN 1814-0130: 83-20.

8.1.3 Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / М. В. Андреев, Н. Ю. Рубан, А. А. Суворов [и др.]. - Релейная защита электроэнергетических систем ; 2025-08-25. - Томск : Томский политехнический университет, 2018. - 167 с. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 25.08.2025 (автопродление). - ISBN 978-5-4387-0796-7. URL: <http://www.iprbookshop.ru/98969.html>

8.1.4 Горемыкин, Сергей Александрович. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: практикум / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. электромеханических систем и электрооборудования. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2021. - Электрон. текстовые и граф. данные (2,6 Мб): ил.: табл. - Библиогр.: с. 69 (13 назв.). - ISBN 978-5-7731-0933-4.

8.1.5 Булычев А.В. Релейная защита в распределительных электрических сетях [Электронный ресурс]: пособие для практических расчетов/ Булычев А.В., Наволочный А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ЭНАС, 2017.— 206 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76939.html>.— ЭБС «IPRbooks»

8.1.6. Релейная защита и автоматика электрических систем : учебное пособие / составители: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, Ю. П. Мясоходов. - Релейная защита и автоматика электрических систем ; 2026-02-04. - Благовещенск : Амурский государственный университет, 2017. - 160 с. - Текст. - Лицензия до 04.02.2026. - ISBN 2227-8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/103824.html>

8.1.7. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / Л. Г. Мигунова, А. И. Земцов, Е. М. Шишков, А. В. Гофман. - Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем ; 2026-09-20. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. - 205 с. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 20.09.2026 (автопродление). - ISBN 978-5-7964-2120-8. URL: <http://www.iprbookshop.ru/111415.html>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных

профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader;
- Internet explorer;
- Компас-График LT;
- SMath Studio.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- ФГУП «Стандартинформ». Адрес ресурса: <http://www.gostinfo.ru/catalog/gostlist/>
- Электроцентр Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>
- Netelectro Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

- Marketelectro Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты,

библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса:

<https://marketelectro.ru/>

- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>
- БАЗА ДАННЫХ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ и ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ URL: <https://online-electric.ru/dbase.php>
- База данных ГОСТов по энергетике. Адрес ресурса: <https://www.ruscable.ru/doc/docgost/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой. При проведении лабораторных занятий, используется специализированная учебная лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не

нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета цепей защиты электроэнергетических объектов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.

Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
---------------------------------------	--

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--